



**LEONARDO RAFAEL DA SILVA**

**RACTOPAMINA PARA SUÍNOS MACHOS  
IMUNOCASTRADOS**

**LAVRAS – MG**

**2013**

**LEONARDO RAFAEL DA SILVA**

**RACTOPAMINA PARA SUÍNOS MACHOS IMUNOCASTRADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Vinícius de Souza Cantarelli

Coorientadores

Dr. Paulo Borges Rodrigues

**LAVRAS – MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Silva, Leonardo Rafael da.

Ractopamina para suínos machos imunocastrados / Leonardo  
Rafael da Silva. – Lavras : UFLA, 2013.

128 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Vinícius de Souza Cantarelli.

Bibliografia.

1. Imunocastração. 2. Lisina. 3. Desempenho. 4. Balanço de  
nitrogênio. 5. Qualidade de carne. 6. Viabilidade econômica. 7.  
Bem-estar. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.40877

**LEONARDO RAFAEL DA SILVA**

**RACTOPAMINA PARA SUÍNOS MACHOS IMUNOCASTRADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de março de 2013.

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu | UFLA |
| Dr. Peter Bitencourt Faria         | UFLA |
| Dr. Raimundo Vicente de Sousa      | UFLA |
| Dr. Rony Antônio Ferreira          | UFLA |

Dr. Vinícius de Souza Cantarelli  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2013**

*A Deus, por me guiar e iluminar em todos os momentos!!!*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos a cada dia;*

*À Universidade Federal de Lavras, e ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.*

*À Fundação de Amparo à pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudo;*

*Ao professor e orientador Dr. Vinícius de Souza Cantarelli, pela orientação e apoio durante minha formação acadêmica e, principalmente, pelos preciosos conselhos;*

*Aos professores Dr. Márvio, Dr. Paulo Borges, Dr. Peter, Dr. Raimundo e Dr. Rony, pela colaboração no delineamento e condução do projeto, bem como a participação na banca examinadora;*

*Aos funcionários do Setor de Suinocultura, Hélio Rodrigues e Fabiano (Binho), pelo apoio e amizade durante esses anos;*

*Ao Núcleo de Estudo em Suinocultura (NESUI), por ter me proporcionado oportunidade de crescimento pessoal e profissional;*

*Aos meus amigos do NESUI: Leonardo Rocha, Juliano, Rhuan, Hebert, César, Ítalo, Túlio, Rafael Fernandes, Rafael Betarelli, Danúbia, Bárbara, Carolina, Marseile, Giâne, Leticia, Eloiza, Jéssica e Ingrid, que me ajudaram durante a condução do experimento. MUITO OBRIGADO!!!*

*À Pollyana, pelo companheirismo em minha vida;*

*Aos amigos; Gustavo Freire e Leticia Makiyama pela amizade e companheirismo desde os tempos de graduação.*

## **BIOGRAFIA**

Leonardo Rafael da Silva, filho de Antônio Raimundo da Silva e Glória Regina Santos Silva, nasceu em 02 de julho de 1986, na cidade de Lavras, no estado de Minas Gerais.

Em dezembro de 2004 concluiu o ensino médio no Instituto Presbiteriano Gammon de Lavras – MG.

Em março de 2005, ingressou na Universidade Federal de Lavras, graduando-se em Zootecnia em janeiro de 2011.

Em março de 2011, iniciou a Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Monogástricos.

Em 22 de março de 2013, submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de “Mestre”.

## RESUMO GERAL

Três experimentos foram conduzidos a fim de o efeito de planos nutricionais (PN) em suínos machos imunocastrados (MIC), durante as etapas de produção e manejo pré-abate. No primeiro experimento, avaliou-se efeito dos PN sobre o desempenho, características de carcaça e a viabilidade econômica das dietas de suínos MIC. Foram utilizados 48 suínos MIC, com peso inicial de  $59,22 \pm 3,39$  kg, em delineamento em blocos casualizados (DBC). Os animais foram distribuídos em quatro PN (PN 1: 0,9% lisina digestível (LISd) na fase de crescimento – 0 ppm de ractopamina (RAC) na fase de terminação; PN 2: 0,9% LISd na fase de crescimento – 10 ppm RAC na terminação; PN 3: 1,0% LISd na fase de crescimento – 0 ppm RAC na fase de terminação; PN 4: 1,0% LISd na fase de crescimento – 10 ppm RAC na fase de terminação), com seis repetições e parcela experimental composta por dois animais. O período experimental foi de 56 dias. Observou-se que o PN 2 resulta em melhora ( $P < 0,05$ ) na conversão alimentar, redução ( $P < 0,05$ ) na espessura de toucinho e melhora ( $P < 0,10$ ) no rendimento de carne na carcaça. No segundo experimento avaliou-se o balanço de nitrogênio de suínos MIC em fase de terminação suplementados ou não com RAC. Foram utilizados 12 suínos MIC com peso inicial de  $88,38 \pm 7,26$  kg. O delineamento experimental foi em DBC, constituídos de dois tratamentos (0 e 10 ppm RAC), com seis repetições, sendo a unidade experimental composta por um animal. O período experimental foi de 28 dias. A adição de RAC em dietas para suínos MIC aumentou ( $P < 0,05$ ) a quantidade de  $N_{\text{ingerido}}$  e as porcentagens de  $N_{\text{retido}}$  e  $N_{\text{retido/absorvido}}$  na média dos períodos. O terceiro experimento avaliou o efeito da RAC e da densidade de carregamento (DC) na etapa de transporte pré-abate dos animais sobre os parâmetros fisiológicos relacionados ao bem-estar animal e qualitativos da carne. Foram utilizados 32 animais, com peso final de  $125,94 \pm 7,24$  Kg. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 2 x 3, sendo dois níveis de RAC (0 e 10 ppm) e três DC (0,32; 0,39 e 0,49  $\text{m}^2/100$  kg), totalizando seis tratamentos. A adição de 10 ppm de RAC da dieta de suínos MIC aumentou ( $P < 0,05$ ) o nível de creatinina e no sangue do animal. A DC de 0,39  $\text{m}^2/100$  kg diminuiu ( $P < 0,05$ ) o nível de creatinina e lactato no sangue de suínos MIC. A RAC altera ( $P < 0,05$ ) a textura da carne. Por meio do presente trabalho pode-se concluir que a utilização do PN 2 atende as necessidades nutricionais de suínos MIC. A utilização de RAC permite melhor aproveitamento de N pelo animal. A utilização da RAC nas dietas de suínos MIC e a densidade de carregamento durante o transporte pré-abate dos animais altera os parâmetros fisiológicos dos animais, mas não a ponto de comprometer o bem-estar animal e a qualidade de carne.

Palavras chave: Suínos imunocastrados. Desempenho. Balanço de nitrogênio. Bem estar-animal.

## GENERAL ABSTRACT

Three experiments were conducted in order to evaluate the effect of nutritional plans (NP) on immunocastrated male (ICM) pig's, during growing and finishing stages. In the first experiment we evaluated the effect of NP over performance, carcass characteristics and economic viability. Forty eight ICM pigs, with initial weight of  $59.22 \pm 3.39$  kg, were used in a randomized block design. The animals were distributed into four NPs (NP 1: 0.9% digestible lysine (dLYS) in the growing phase – 0 ppm of ractopamine (RAC) in the finishing phase; NP 2: 0.9% dLYS in the growing phase – 10 ppm of RAC in the finishing phase; NP 3: 1.0% dLYS in the growing phase – 0 ppm RAC in the finishing phase; NP 4: 1.0% dLYS in the growing phase – 10 ppm RAC in the finishing phase), with six replicates and an experimental plot comprised of two animals. The experimental period was of 56 days. We observed that the NP 2 results in an improvement ( $P < 0.05$ ) in food conversion, reduction ( $P < 0.05$ ) in bacon width and improvement ( $P < 0.05$ ) in carcass meat yield. In the second experiment, we evaluated the nitrogen balance of ICM pigs in finishing phase supplied with RAC or not. Twelve ICM pigs with initial weight of  $88.38 \pm 7.26$  kg were used. The experimental design was in randomized blocks, with two treatments (0 and 10 ppm of RAC), with six replicates and the experimental unit comprised of one animal. The experiment period was of 28 days. The addition of RAC in diets for ICM pigs increased ( $P < 0.05$ ) the amount of  $N_{\text{ingested}}$ , as well as the percentages of  $N_{\text{retained}}$  and  $N_{\text{retained/absorbed}}$  in the period averages. The third experiment evaluated the effect of RAC and of loading density (LD) in the pre-slaughter transportation stage over the physiological parameters related to animal welfare and meat quality. Thirty two animals, with final weight of  $125.94 \pm 7.24$  kg were used. We used a completely randomized design, in a 2x3 factorial arrangement, with two RAC levels (0 and 10 ppm) and three loading densities (0.32, 0.39 and 0.49  $\text{m}^2/100$  kg), in a total of six treatments. The addition of 10 ppm of RAC in ICM pig diet increased ( $P < 0.05$ ) the levels of blood creatinine. The LD of 0.39  $\text{m}^2/100$  kg decreased ( $P < 0.05$ ) the levels of blood creatinine and lactate. RAC alters ( $P < 0.05$ ) the texture of the meat. With the present work, we concluded that the use of NP 2 meets ICM pigs' nutritional needs. The use of RAC allows for a better use of nitrogen by the animals. This use and the loading density during pre-slaughter transportation alter the physiological parameters of the animals, although not enough to compromise animal welfare and meat quality.

Keywords: Immunocastrated pigs. Development.. Nitrogen balance. Animal welfare.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Composição das dietas experimentais para suínos machos imunocastrados dos 70 aos 100 kg de peso vivo – fase de crescimento .....  | 55 |
| Tabela 2 | Composição das dietas experimentais para suínos, machos imunocastrados dos 100 aos 120 kg de peso vivo – fase de terminação .....   | 57 |
| Tabela 3 | Desempenho de suínos machos imunocastrados, recebendo dietas com diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento – 94 aos 122 dias de idade.....   | 64 |
| Tabela 4 | Consumo diário e eficiência de utilização de lisina digestível e energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento – 94 aos 122 dias de idade ..... | 65 |
| Tabela 5 | Desempenho de suínos machos imunocastrados, recebendo dietas suplementadas ou não com ractopamina na fase de terminação – 123 aos 150 dias de idade .....   | 66 |
| Tabela 6 | Consumo diário e eficiência de utilização de lisina e energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de terminação – 123 aos 150 dias de idade .....            | 67 |
| Tabela 7 | Efeitos de diferentes planos nutricionais sobre o desempenho de suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade .....  | 68 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabela 8  | Consumo diário e eficiência de utilização de lisina digestível e energia metabolizável de suínos, machos imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, alimentados com diferentes planos nutricionais ..... | 69 |
| Tabela 9  | Característica de carcaça de suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais .....   | 71 |
| Tabela 10 | Composição centesimal da carne de suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais .....  | 72 |
| Tabela 11 | Análise econômica de suínos, machos imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais .....   | 73 |
| Tabela 12 | Balanço de nitrogênio de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) na fase de terminação (123 aos 150 dias de idade) .....                    | 74 |

### **CAPÍTULO 3**

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Tabela 1 | Composição das dietas experimentais para suínos, machos imunocastrados dos 70 aos 120 kg de peso vivo.....  | 99  |
| Tabela 2 | Parâmetros fisiológicos de estresse de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.) ..... | 103 |
| Tabela 3 | Qualidade de carne de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.) .....                  | 104 |

## ANEXOS

- Tabela 1 Análise de variância para peso (Kg), ganho de peso (Kg/dia), consumo de ração (kg) e conversão alimentar de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento ..... 115
- Tabela 2 Análise de variância para peso (Kg), ganho de peso (Kg/dia), consumo de ração (kg) e conversão alimentar de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas suplementadas ou não com ractopamina na fase de terminação ..... 116
- Tabela 3 Análise de variância para peso (Kg), ganho de peso (Kg/dia), consumo de ração (kg) e conversão alimentar de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais.. 117
- Tabela 4 Análise de variância para consumo diário de lisina digestível, eficiência de utilização de lisina digestível, consumo diário de energia metabolizável e eficiência de utilização de energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes níveis de lisina digestível na fase de crescimento.. 118
- Tabela 5 Análise de variância para consumo diário de lisina digestível, eficiência de utilização de lisina digestível, consumo diário de energia metabolizável e eficiência de utilização de energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados ou não com ractopamina na fase de terminação ..... 119
- Tabela 6 Análise de variância para consumo diário de lisina digestível, eficiência de utilização de lisina digestível, consumo diário de energia metabolizável e eficiência de utilização de energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais ..... 120

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tabela 7  | Análise de variância para peso de abate, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, rendimento de carcaça, comprimento de carcaça e compactidade de suínos, machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais.....  | 121 |
| Tabela 8  | Análise de variância para peso de abate, ET, PL, AOL rendimento de carcaça, comprimento de carcaça e compactidade de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais.....                                     | 122 |
| Tabela 9  | Análise de variância para a composição centesimal da carne de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais.....  | 123 |
| Tabela 10 | Análise de variância para análise econômica de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais..  | 124 |
| Tabela 11 | Análise de variância para o balanço de nitrogênio e de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC).....  | 125 |
| Tabela 12 | Análise de variância para pH inicial, pH final, PPC, PPD e textura da carne de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.) .....  | 126 |
| Tabela 13 | Análise de variância para os componentes de cor L*, a*, b*, c* e h* da carne de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.) ..... | 127 |
| Tabela 14 | Análise de GLM para lactato, creatina e cortisol machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis ractopamina (RAC) em diferentes densidades de transporte (Dens.).....  | 128 |

## SUMÁRIO

|              |  |    |
|--------------|--|----|
|              | <b>CAPÍTULO 1 Introdução geral</b> .....   | 15 |
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 15 |
| <b>2</b>     | <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 17 |
| <b>2.1</b>   | <b>Categorias sexuais dos suínos</b> .....   | 17 |
| <b>2.1.1</b> | <b>Compostos responsáveis pelo odor sexual</b> .....   | 17 |
| <b>2.1.2</b> | <b>Suínos machos castrados imunologicamente</b> .....  | 19 |
| <b>2.2</b>   | <b>Estratégias nutricionais na produção de suínos</b> .....  | 21 |
| <b>2.2.1</b> | <b>Exigência aminoacídica em situação de maior demanda metabólica</b> .....  | 22 |
| <b>2.3</b>   | <b>Ractopamina para suínos em fase de terminação</b> .....   | 23 |
| <b>2.3.1</b> | <b>Absorção e metabolismo da ractopamina</b> .....   | 25 |
| <b>2.3.2</b> | <b>Efeito da ractopamina sobre o balanço de nitrogênio em suínos em fase de terminação</b> .....   | 26 |
| <b>2.3.3</b> | <b>Efeito da ractopamina sobre o desempenho de suínos em fase de terminação</b> .....  | 27 |
| <b>2.3.4</b> | <b>Efeitos da ractopamina sobre as características de carcaça e qualidade de carne</b> .....   | 29 |
| <b>2.4</b>   | <b>Bem-estar de suínos em fase de terminação</b> .....   | 31 |
| <b>2.4.1</b> | <b>Parâmetros fisiológicos do estresse</b> .....   | 32 |
| <b>2.4.2</b> | <b>Ractopamina: bem-estar de suínos em fase de terminação</b> .....  | 33 |
| <b>2.4.3</b> | <b>Manejo pré-abate de suínos</b> .....  | 34 |
| <b>2.4.4</b> | <b>Densidade de carregamento</b> .....   | 36 |
|              | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 38 |
|              | <b>CAPÍTULO 2 Planos nutricionais para suínos machos imunocastrados: desempenho, características de carcaça, viabilidade econômica e balanço de nitrogênio</b> ..... | 47 |
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 50 |
| <b>2</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 52 |
| <b>2.1</b>   | <b>Local, animais e instalações</b> .....  | 52 |
| <b>2.2</b>   | <b>Delineamento experimental</b> .....   | 53 |
| <b>2.3</b>   | <b>Dietas experimentais</b> .....  | 54 |
| <b>2.4</b>   | <b>Procedimentos experimentais</b> .....   | 58 |
| <b>2.4.1</b> | <b>Desempenho</b> .....  | 58 |
| <b>2.4.2</b> | <b>Características de carcaça</b> .....  | 59 |
| <b>2.4.3</b> | <b>Viabilidade econômica</b> .....   | 60 |
| <b>2.4.4</b> | <b>Metabolismo</b> .....   | 62 |
| <b>2.5</b>   | <b>Análises estatísticas</b> .....   | 63 |
| <b>3</b>     | <b>RESULTADOS</b> .....  | 64 |
| <b>3.1.1</b> | <b>Fase de crescimento</b> .....   | 64 |
| <b>3.1.2</b> | <b>Fase de terminação</b> .....  | 65 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 3.1.3   | Planos nutricionais .....                 | 67  |
| 3.2   | Características de carcaça.....           | 69  |
| 3.3   | Composição centesimal da carne .....      | 71  |
| 3.4   | Viabilidade econômica .....               | 72  |
| 3.5   | Balanco de nitrogênio.....                | 73  |
| 4   | DISCUSSÃO.....                            | 75  |
| 4.1   | Fase de crescimento .....                 | 75  |
| 4.2   | Fase de terminação.....                   | 76  |
| 4.3   | Planos nutricionais .....                 | 79  |
| 4.4   | Característica de carcaça .....           | 80  |
| 4.5   | Composição centesimal da carne suína..... | 81  |
| 4.6   | Viabilidade econômica .....               | 82  |
| 4.7   | Balanco de nitrogênio.....                | 83  |
| 5   | CONCLUSÕES .....                          | 85  |
|   | REFERÊNCIAS .....                         | 86  |
| <b>CAPÍTULO 3 Efeito da ractopamina e da densidade de transporte de suínos machos imunocastrados sobre o bem-estar na produção e qualidade de carne .....</b> |   |     |
|   |   | 92  |
| 1   | INTRODUÇÃO .....                          | 95  |
| 2   | MATERIAL E MÉTODOS .....                  | 97  |
| 2.1   | Animais e instalações.....                | 97  |
| 2.2   | Delineamento .....                        | 97  |
| 2.3   | Dietas experimentais .....                | 97  |
| 2.4   | Procedimento experimental .....           | 100 |
| 2.5   | Análises estatísticas .....               | 101 |
| 3   | RESULTADOS .....                          | 102 |
| 3.1   | Parâmetros fisiológicos de estresse ..... | 102 |
| 3.2   | Qualidade de carne.....                   | 103 |
| 4   | DISCUSSÃO.....                            | 105 |
| 4.1   | Parâmetros fisiológicos de estresse ..... | 105 |
| 4.2   | Qualidade de carne.....                   | 107 |
| 5   | CONCLUSÕES .....                          | 110 |
|   | REFERÊNCIAS .....                         | 111 |
|   | ANEXOS .....                              | 115 |

## **CAPÍTULO 1 Introdução geral**

### **1 INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas a suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, tornou-se uma atividade altamente dinâmica, em virtude de mudanças que vão desde os hábitos dos consumidores, até aumento *per capita* no consumo de carne. Estimativas da Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2009) revelam que até 2050 a demanda de alimentos tende a duplicar, porém em virtude de limitações territoriais, o aumento da produção por si só não será capaz de suprir tamanha demanda, tornando-se assim necessário o emprego de novas tecnologias com intuito de promover incremento em produtividade.

Atento a este novo panorama, o complexo agroindustrial da carne suína passou a investir em tecnologias nas áreas de manejo e nutrição, como forma de proporcionar ao consumidor final um produto em quantidade e, sobretudo de qualidade, mas que, não comprometa o meio ambiente e o bem-estar dos animais, evitado assim que se tornem uma barreira ao sistema produtivo.

Neste contexto, o complexo suínico vem sendo motivado a utilizar uma nova técnica de castração de suínos machos inteiros, que é a imunocastração. Esta técnica consiste na utilização do próprio sistema imune dos animais para castrá-los, com a vantagem de permitir a atuação da testosterona na fase de crescimento, melhorando, assim, o desempenho, a relação carne: gordura na carcaça, além de preservar a integridade física e psicológica do animal e atender a legislação vigente.

No segmento de nutrição, a utilização de aditivos em dietas de suínos em fase de terminação têm se mostrado eficiente tanto na melhora do desempenho, quanto na qualidade de carne. Dentre os aditivos, destaca-se a

utilização de ractopamina (RAC), agonista  $\beta$ -adrenérgico tido como melhorador de desempenho, capaz, ainda, de possibilitar o abate de animais com pesos acima dos padrões atuais, sem que haja acúmulo excessivo de gordura nas carcaças.

Embora muitos sejam os estudos que ressaltem a qualidade deste aditivo, recentemente começaram a surgir dúvidas quanto a uma possível interferência da RAC sobre o bem-estar animal, principalmente no que diz respeito ao manejo pré-abate. Aliado a tais desconfiças, com o advento da imunocastração, se faz necessário estabelecer as exigências nutricionais e as relações de aminoácidos para esta categoria sexual que apresenta dois comportamentos distintos: a de machos inteiros e a de machos castrados cirurgicamente após a aplicação da segunda dose da vacina.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito de planos nutricionais para suínos machos imunocastrados (MIC), sobre o desempenho, características de carcaça, viabilidade econômica e o balanço de nitrogênio. No manejo pré-abate dos animais, objetivou-se avaliar os parâmetros fisiológicos que caracterizam o bem-estar animal e a qualidade de carne de suínos MIC submetidos a diferentes densidades de carregamento pré-abate.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Categorias sexuais dos suínos**

Na produção intensiva de suínos, o sexo do animal exerce forte influência sobre o potencial produtivo e econômico da atividade agrícola. Particularmente, na espécie suína, a ordem crescente de idade à puberdade das categorias sexuais é dada por: machos castrados, fêmeas e machos inteiros, enquanto a ordem de crescimento ocorre de maneira inversa, fator este decorrente dos hormônios sexuais da fêmea (estradiol) e do macho (testosterona) (BARBOSA, 2010).

Os efeitos dos hormônios andrógenos no crescimento somático em suínos são diretos, mediados por receptores localizados nas fibras musculares (SNOCHOWSKI et al., 1981). Já os estrógenos, que circulam em altos níveis tanto na fêmea quanto no macho na espécie suína, provavelmente atuam indiretamente, pois ainda não foram localizados receptores para estes hormônios nos tecidos somáticos desta espécie (CLAUS; WEILER, 1994 citados por HOTZEL, 2012). O mecanismo provável para o aumento do crescimento pode estar relacionado à habilidade dos estrógenos em estimular a hipófise para a liberação de maiores quantidades de hormônios do crescimento, tais como, o GH e o IGF-I (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

#### **2.1.1 Compostos responsáveis pelo odor sexual**

No Brasil, assim como outros países, o abate de suínos machos inteiros e com sinais recentes de castração é proibido (REGULAMENTO..., 2013), o que obriga os produtores a realizarem a castração cirúrgica logo nos primeiros dias de vida dos animais, a fim de evitar o comprometimento da carcaça em

decorrência do odor desagradável causado pelo do acúmulo ou associação de compostos, tais como a androstenona e o escatol.

A androstenona ( $5\alpha$  – androst – 16 ene – 3 ona), identificada por Patterson (1967) é um esteroide sintetizado nos testículos dos suínos sexualmente maduros ou que atingiram a sua maturidade sexual. Uma vez secretado, este é transportado via corrente sanguínea para as glândulas salivares, onde se une a uma proteína denominada feromaxeína (BABOL; SQUIRES; LUNDSTRÖM, 1998; BOOTH, 1984), que quando liberada na saliva, atuam como feromônio, composto volátil de extrema importância na transmissão das informações sexuais, principalmente na indução do estro nas fêmeas, para que ocorra o acasalamento (PERRY et al., 1980; REED; MALROSE; PATTERSON, 1974).

Outra substância indicada como responsável pelo odor na carne é o escatol. Isolado pela primeira vez em 1970 por Vold, o escatol (3 – metil – indol), apresenta intenso odor fecal e é considerado altamente sinérgico ao odor desagradável da androstenona. Produto da degradação bacteriana do triptofano no intestino delgado, o escatol é absorvido no intestino, metabolizado no fígado e parcialmente excretado pela urina, e o restante, como sugerido por Squires, Adeola e Young (1993), é transportado pelo mesmo carreador da androstenona no sangue.

A correlação entre os níveis de escatol e os níveis de androstenona no tecido adiposo de machos inteiros pode ser explicada pela inibição do catabolismo do escatol provocado pelos andrógenos. Resultados de Doran et al. (2004) sugerem que concentrações excessivas de androstenona impeçam a expressão do citocromo hepático CYP2E1, responsável pelo metabolismo de escatol no fígado, provocando a redução na degradação deste composto e, conseqüentemente, o acúmulo no tecido.

Se por um lado a gonadectomia beneficia os atributos sensoriais da carne suína, por outro, estudos demonstram a piora na conversão alimentar e retenção de nitrogênio, bem como menor relação carne magra: gordura, quando comparado aos animais inteiros, sendo ainda, considerada uma cirurgia altamente invasiva e estressante ao animal, fatores estes recriminados por organizações que visam o bem-estar animal.

Desta forma, diante da necessidade de aperfeiçoar os resultados de desempenho (GPD, CRD e CA) e produzir um produto de qualidade, sem a presença de odores desagradáveis, recentemente foi introduzida uma tecnologia de manejo no complexo suinícola, a qual permite a criação de machos inteiros até o período próximo ao abate, sem que, no entanto, provoque o comprometimento da qualidade da carne, que é a imunocastração de machos inteiros.

### **2.1.2 Suínos machos castrados imunologicamente**

Prática recorrente dentro do sistema de produção de suínos, a castração cirúrgica de machos inteiros aos poucos tem sido substituída pela castração imunológica. Este método trata-se de uma prática menos invasiva e estressante ao animal, além de ser considerada benéfica ao sistema de produção de suínos por permitir que o animal utilize seus próprios hormônios para maximizar seu desempenho e melhorar sua conformação corporal.

O princípio da imunocastração baseia-se na aplicação de vacinas contendo uma forma modificada de GnRH conjugada a uma proteína, a qual induz a formação de anticorpos direcionados contra o GnRH (ZAMARATSKAIA et al., 2007).

A utilização do próprio sistema imune do suíno para suprimir o GnRH interrompe o eixo hipotálamo-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 hipófise. A supressão do GnRH impede o estímulo à secreção de LH e FSH pela hipófise, conseqüentemente, reduz o desenvolvimento dos testículos e a síntese de hormônios esteroides (METZ; CLAUS, 2003).

Dentre os hormônios esteroides, a testosterona destaca-se devido seu efeito de *feedback*(*estrangeirismo = opinião*) (Figura 1) para regulação de GnRH, LH e FSH, além de promover o desenvolvimento das características sexuais masculinas, bem como aumento de tecido muscular. Outro esteroide que merece destaque é a androstenona, um hormônio androgênico que se acumula no tecido adiposo dos animais, sendo em parte responsável pelo odor característico de macho inteiro.

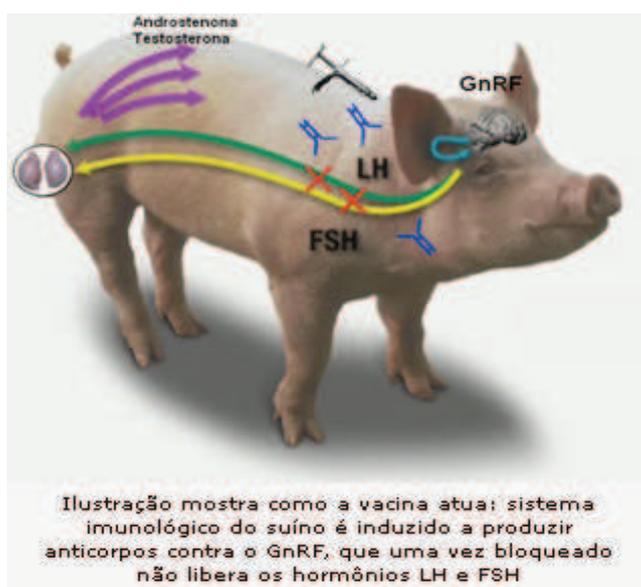


Figura 1 Efeito de *feedback* para regulação de GnRH, LH e FSH

## 2.2 Estratégias nutricionais na produção de suínos

O crescimento animal é influenciado pelo nível energético e proteico da dieta, sendo estes os nutrientes mais onerosos da mesma. Deste modo, dietas antes baseadas no conceito de proteína bruta (quantidade de nitrogênio x 6,25) entraram em desuso, uma vez que níveis de aminoácidos acima do exigido pelos animais, sofrem desanimação, sendo o nitrogênio excretado na forma de ureia pelos mamíferos e o ácido úrico pelas aves, compostos este prejudicial ao meio ambiente, quando em excesso.

Pensando-se nisso, os nutricionistas propuseram o conceito de proteína ideal, que nada mais é, do que, o balanço exato dos aminoácidos, sem deficiências ou excessos, com o objetivo de satisfazer as exigências absolutas de todos os aminoácidos para manutenção e para máximo ganho de proteína corporal, reduzindo seu uso como fonte de energia e diminuindo a excreção de nitrogênio (EMMERT; BAKER, 1997).

No entanto, Gasparotto et al. (2001) salientam que, em decorrência de diferenças no consumo, na taxa e eficiência de crescimento entre as categorias animais, e ainda, que a lisina é um aminoácido limitante em dietas de suínos, existe a necessidade de que a exigência nutricional deste aminoácido seja estabelecida de acordo com categoria animal. Neste sentido, com a advinda de uma nova categoria sexual, suínos MIC, e diante a carência de informações sobre estratégias de nutrição proteica, Iefer, Donzele e Oliveira (2011) ressaltam a necessidade de maiores estudos de programas nutricionais para suíno imunocastrados.

### 2.2.1 Exigência aminoacídica em situação de maior demanda metabólica

Os estudos com aminoácidos têm a lisina como referência nutricional, pois além de ser considerado um aminoácido estritamente essencial, já que não é sintetizada pelos suínos, esta apresenta destino metabólico quase que exclusivamente para deposição de carne.

A biossíntese dos aminoácidos no organismo animal só é possível à medida que o organismo dispõe de grupos amino ( $\text{NH}_2$ ), de cadeias de carbono e de enzimas específicas que assegurem a transaminação. Enquanto que esses grupos amino provêm da degradação de outros aminoácidos, as cadeias de carbono podem ser intermediárias do metabolismo glicídico (derivados  $\alpha$ -cetônicos). No entanto, lisina e treonina, não podem ser sintetizadas a partir dos seus derivados  $\alpha$ -cetônicos, uma vez que não existem transaminases correspondentes no caso dos animais superiores, explicando assim sua característica estritamente indispensável.

Nutricionalmente, as exigências em lisina são condicionadas a fatores como genética, sexo, desafio imunológico, fase de desenvolvimento dos animais e suplementação ou não de aditivos promotores de crescimento, dentre eles a ractopamina.

Segundo Campbell et al. (1990) e Pupa et al. (2002), as diferenças nas exigências nutricionais, com relação ao sexo, começam a partir dos 30 kg de peso vivo, período este que antecede a puberdade do animal. Suínos, machos inteiros e fêmeas, são mais exigentes em lisina quando comparado a machos castrados, uma vez que estes apresentam menor capacidade em incorporar aminoácidos aos tecidos musculares devido à ausência de hormônios sexuais (CROMWELL et al., 1993; SOUZA, 1997).

A exigência de aminoácidos digestíveis em dietas de suínos ocorre em função do estágio de desenvolvimento do animal. Tokach et al. (2011) revisaram

cerca de 80 artigos de 2000 a 2010 sobre as exigências de lisina digestível de leitões em fase de creche, e concluíram que a exigência esta fase é de 19 g LIS/kg P.V, a qual aumenta ao longo do tempo para 20 gramas por quilograma de ganho em animais em terminação. Com o aumento dos níveis de lisina na ração, Lunen e Cole (1998) verificaram a diminuição da cobertura lipídica na carcaça durante crescimento e a terminação, fatores estes de grande importância na diferenciação da qualidade de carne e acúmulo de proteína (TRINDADE NETO et al., 2004).

Direcionado quase que totalmente para deposição de tecido muscular, os níveis de lisina devem ser ajustados quando da utilização de aditivos nas dietas, uma vez que ocorre aumento metabólico na síntese muscular. Xião, Xu e Chen (1999) recomendaram suplementação de 30% a mais nos nível de lisina total quando da utilização de ractopamina à dieta, atingindo desta forma, melhores resultados de desempenho e qualidade de carcaça. Ferreira (dados não publicados – UFLA) ao estudar o efeito do aumento dietético dos aminoácidos em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação, concluiu que o aumento de 15% nos níveis de aminoácidos digestíveis é suficiente para atender o desempenho dos animais.

Deve-se ressaltar ainda que, quando a necessidade em lisina é estabelecida, as relações dos demais aminoácidos deverão ser calculadas proporcionalmente a mesma, evitando assim um desequilíbrio de aminoácidos.

### **2.3 Ractopamina para suínos em fase de terminação**

A nutrição sempre ocupou papel preponderante na evolução da suinocultura mundial, prova disso são as constantes buscas por soluções tecnológicas capazes de promover melhoras nas variáveis de desempenho, bem como nas características quantitativas e qualitativas da carcaça suína.

Na nova era tecnológica enfrentada pelo complexo suinícola, os nutricionistas têm utilizado compostos sintéticos com estruturas químicas e farmacológicas semelhantes à classe das catecolaminas (epinefrina e noradrenalina), destacando-se dentre tais compostos a ractopamina, o clenbuterol e o salbutamol, compostos estes com capacidade de reagirem com os  $\beta$ -adrenérgicos na membrana das células, recebendo assim a denominação de agonistas  $\beta$ -adrenérgicos (SQUIRES; ADEOLA; YOUNG, 1993).

Dentre os agonistas  $\beta$ -adrenérgicos utilizados como melhoradores de desempenho, a ractopamina ainda é o aditivo de maior destaque no complexo agroindustrial da carne suína, devido a sua capacidade de alterar o metabolismo animal, desviando nutrientes para as características desejáveis (PALERMO NETO, 2002).

Estruturalmente, a ractopamina é caracterizada pela presença de anel aromático, cadeia lateral de etanolamina e o nitrogênio alifático (SMITH, 1998). A figura 2 apresenta a estrutura química da ractopamina.

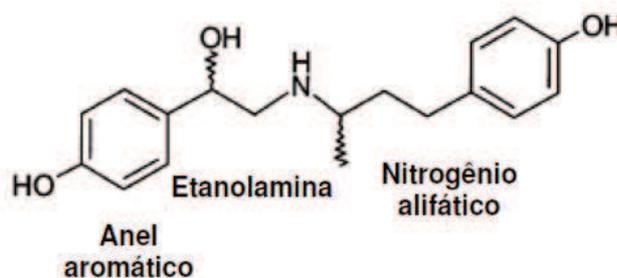


Figura 2 Estrutura química da Ractopamina. Adaptado de Smith (1998)

### 2.3.1 Absorção e metabolismo da ractopamina

O intestino delgado tem seu pH aproximando da neutralidade, próximo de 7, o que promove redução da ionização dos compostos da ractopamina, facilitando assim sua absorção. Após absorvida, a ractopamina é metabolizada pelo fígado (PALERMO NETO, 2002).

Com a utilização da ractopamina ocorre uma série de efeitos em cascata desde a membrana celular até o interior da célula. Os efeitos iniciam após a estimulação do receptor  $\beta$ -agonista (Figura 3). O complexo agonista-receptor fixa-se sobre uma proteína de ligação que, quando ativada, induz a modificação na fluidez da membrana, permitindo assim o seu deslocamento lateral, o que leva a estimulação da ação catalítica da enzima adenilato ciclase (MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000).

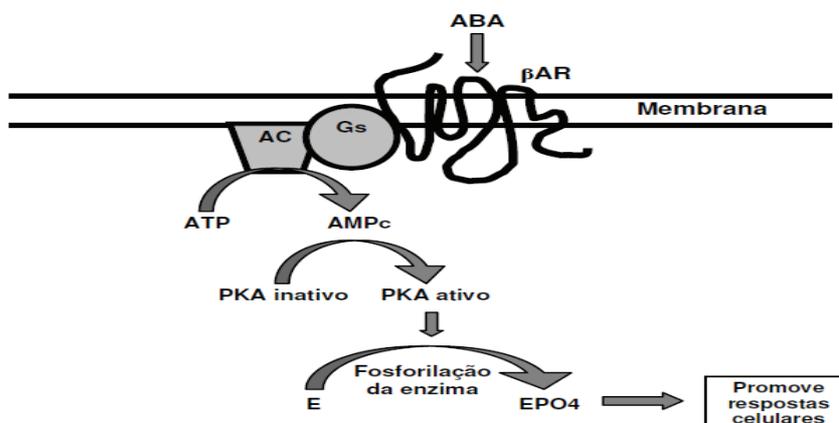


Figura 3 Mecanismo de ação dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos

Nota: ABA: agonista  $\beta$ -adrenérgico;  $\beta$ AR: receptor  $\beta$ -adrenérgico; Gs: proteína ativadora; AC: enzima adenilato ciclase; ATP: adenosina trifosfato; AMPc: adenosina monofosfato cíclica; PKA: proteína quinase A; E: enzima; EPO<sub>4</sub>: Enzima fosforilada. Adaptado de Moody, Hancock e Anderson (2000).

A adenilato ciclase, que está situada na face interna da membrana plasmática, participa da formação do AMPc (monofosfato cíclico de adenosina) a partir do ATP (trifosfato de adenosina), passando esta molécula a atuar como segundo mensageiro. O AMPc por sua vez, ativa a proteína quinase, que conduz a fosforilação de enzimas responsáveis pela resposta final (MERSMANN et al., 1997). Essas enzimas quando estão fosforiladas (na forma de  $EPO_4$ ), promovem respostas celulares que incluem: estimulação da lipólise, glicogenólise, aumentos da insulina e glucagon, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000). Algumas enzimas quando são fosforiladas ficam inativas, como é o caso da acetil-CoA carboxilase, envolvida no processo de biossíntese de ácidos graxos (MERSMANN et al., 1997).

### **2.3.2 Efeito da ractopamina sobre o balanço de nitrogênio em suínos em fase de terminação**

Na suinocultura moderna, a busca pela maximização pelo potencial produtivo do animal tornou-se um desafio aos nutricionistas, uma vez que o desequilíbrio nutricional pode acarretar em queda no desempenho, poluição ambiental, perdas econômicas, dentre outros.

Pensando-se nisso, o fornecimento de dietas com menor teor de proteína bruta, a restrição alimentar, e mais recentemente, a adição de ractopamina a dieta de suínos em fase de terminação, se mostraram bastantes eficientes no processo produtivo da cadeia suinícola, sendo benéficas tanto produtivamente, quanto economicamente ao sistema de produção, contribuindo, ainda, na preservação do meio ambiente.

Estudos demonstram que o fornecimento de rações com baixos teores de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos industriais, torna-se uma

ferramenta eficaz na diminuição da concentração de N das fezes e urina (FIGUEROA et al., 2002; KERR et al., 1995; LE BELLEGO et al., 2001 citados por OLIVEIRA et al., 2007) e, conseqüentemente, diminuindo a quantidade de nitrato a qual seria lixiviado para águas subterrâneas.

A diminuição de proteína bruta, como citado anteriormente, assim como, a inclusão de ractopamina à dieta de suínos em fase de terminação, também tem se mostrado eficiente em reduzir o impacto ambiental associado à produção de suínos. De acordo com Decamp et al. (2001), suínos alimentados com dietas contendo ractopamina apresenta uma redução de 33% na excreção de N (fezes e urina) quando comparados a animais que não recebem este aditivo na dieta. Estes mesmos autores salientam que a retenção de N é devido ao aumento na deposição de tecido muscular quando os animais são suplementados com ractopamina. Ross et al. (2011) ressaltam ainda que, a suplementação de 5 ou 10 ppm de RAC em dietas de suínos em fase de terminação melhora a utilização de N, podendo acarretar em aumento de até 4,7% na retenção de N, quando comparado a dietas controle.

Com relação à restrição alimentar e a suplementação de ractopamina em dietas de suínos em fase de terminação, Cantarelli et al. (2009a) não encontraram interação entre esta técnica de manejo alimentar e a utilização do referido aditivo, no entanto, a adição de ractopamina à dieta é capaz de promover aumento de 4,40% na relação de N retido do absorvido, quando comparado ao grupo controle.

### **2.3.3 Efeito da ractopamina sobre o desempenho de suínos em fase de terminação**

A utilização de ractopamina em dietas de suínos em fase de terminação tem como objetivo viabilizar o abate de animais com peso superior ao

convencional e, além disso, aumentar o rendimento de carne magra na carcaça (GIRÃO et al., 2008). No entanto, deve-se ressaltar que, o efeito da suplementação deste aditivo na dieta de suínos é dependente da genética, da categoria sexual e do nível de inclusão deste (LATORRE et al., 2003).

De acordo com Amaral et al. (2008), os quais avaliaram diferentes níveis de inclusão de ractopamina na dieta de suínos em fase de terminação (5 e 10 ppm), concluíram que o menor nível de suplementação na dieta foi suficiente para melhorar as variáveis de desempenho e características da carcaça, porém, uma maior suplementação deste tornou-se uma opção interessante, pois além de promover melhora no desempenho, proporcionou maior quantidade de carne na carcaça.

Quanto ao efeito da suplementação de ractopamina em dietas de suínos de diferentes categorias sexuais, Dunshea et al. (1993), constataram que a RAC aumenta o ganho de peso nos machos castrados e nas fêmeas, mas não nos machos inteiros. A partir deste e outros estudos, e com a advento de uma nova categoria sexual, a de suínos castrados imunologicamente, surgiu-se a necessidade de avaliar a interação entre as referidas tecnologias.

Rikard-Bell et al. (2009) ao avaliarem o efeito da adição de ractopamina em um programa de *step-up* em suínos, machos castrados imunologicamente, cirurgicamente e fêmeas, concluíram que a imunocastração resulta em aumento do consumo de ração diário e, conseqüentemente, em aumento de ganho de peso, sendo este, melhor pronunciado duas semanas após a segunda dose da vacina de imunocastração. Ainda de acordo com estes pesquisadores, o aumento em ganho de peso é resultado de uma maior deposição de tecido gorduroso, o pode ser atenuado por meio da suplementação de ractopamina a dieta.

A suplementação de ractopamina à dieta, segundo Moraes, Kiefer e Silva (2010), é capaz de melhorar a conversão alimentar dos animais independentemente da categoria sexual. No entanto, salienta-se que a inclusão

de ractopamina em dietas de suínos machos imunocastrados, prejudicou o ganho de peso destes animais, quando comparados às demais categorias sexuais, sem, no entanto, afetar as características quantitativas de carcaça. Uma possível explicação para esse resultado pode estar relacionada com a exigência nutricional diferenciada entre as categorias avaliadas, uma vez que, possivelmente, os suínos machos imunocastrados apresentam exigências aminoacídica semelhante à de machos inteiros.

#### **2.3.4 Efeitos da ractopamina sobre as características de carcaça e qualidade de carne**

A ractopamina é mundialmente conhecida por permitir o abate de animais mais pesados e com menor percentual de gordura na carcaça, no entanto, quando o assunto é qualidade da carne seus resultados ainda são controversos, sejam estes obtidos por meio de avaliações sensoriais (aroma, cor, suculência e textura) ou atributos tecnológicos (capacidade de retenção de água, conteúdo e composição de gordura, pH inicial e final, dentre outros).

Quantitativamente, os benefícios da ractopamina são indiscutíveis, sendo relatados por diversos autores como sendo a responsável por proporcionar uma diminuição da espessura de toucinho (AMARAL et al., 2009; CANTARELLI et al., 2009b), aumento da área de olho de lombo, assim como proporcionar uma carcaça com maior rendimento de cortes, como (ARMSTRONG et al., 2004; CANTARELLI et al., 2009b), por exemplo, o pernil (MARINHO et al., 2007), ou no rendimento de filezinho (AMARAL et al., 2009; CANTARELLI et al., 2008).

Almeida et al. (2010) avaliando a suplementação de ractopamina (0 e 10 ppm) em dietas de suínos nas fases de crescimento e terminação, concluíram que a adição deste aditivo na dieta melhorou a conversão alimentar, o rendimento de

carcaça, a área de olho de lombo, assim como, reduziu a relação carne: gordura e a perda de peso por gotejamento e os teores vermelho e amarelo (sistema CIEL\*a\*b) da carne. Por outro lado, Agostini et al. (2011) não constataram efeitos significativos da influência de diferentes níveis ractopamina sobre as características quantitativas da carcaça de suínos, machos castrados e das fêmeas.

Qualitativamente, os resultados da suplementação deste aditivo em dietas de suínos em fase de terminação ainda são contraditórios. De acordo com Bridi et al. (2006), a suplementação de ractopamina em dietas de suínos não altera os valores de pH inicial e final da carne, a temperatura de carcaça 45 minutos após o abate, o grau de marmoreio e a maciez do produto. Agostini et al. (2011) embora não tenham verificado alterações nos valores de pH da carcaça, verificaram efeitos lineares decrescentes quando da utilização de diferentes níveis de ractopamina (0, 10 e 20 ppm) para os valores de a\* (índice de vermelho), c\* (índice de saturação) e marmoreio, demonstrando assim que o aumento dos níveis de ractopamina na ração resultou em uma carne menos vermelha e com menor saturação e marmoreio. A redução no valor do marmoreio de acordo com o aumento dos níveis de ractopamina é indicativo de um aumento no diâmetro das fibras musculares associado à redução da lipogênese e ao aumento da lipólise do tecido adiposo, ações específicas determinadas pela droga.

Por outro lado, Wood, Wiseman e Cole (1994) salientaram que o pH final da carne de suínos suplementados com dietas contendo ractopamina, tende a ser mais elevados, uma vez que os agonistas  $\beta$ -adrenérgicos promovem o consumo metabólico do glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carne pós abate.

A influência da ractopamina sobre as características quantitativas e qualitativas da carne suína pode ser influenciada pelas diferentes categorias

sexuais, como comprovado por Latorre et al. (2003), no qual avaliando o efeito da suplementação da ractopamina, concluíram que as fêmeas são mais eficientes que os machos castrados, apresentando maior ganho de peso e peso final. Em animais pesados, estas diferenças se tornam mais evidentes, pois possuem maior capacidade de consumo e pior eficiência alimentar, tendo as fêmeas menores quantidades de gordura corporal que machos castrados cirurgicamente (LATORRE et al., 2004).

#### **2.4 Bem-estar de suínos em fase de terminação**

Considerado um dos maiores desafios da agricultura moderna, o bem-estar animal pode ser conceituado como sendo o estado de um indivíduo em relação ao seu ambiente (BROOM, 1991). Se o organismo falha ou tem dificuldades de se adaptar ao ambiente, isto é indicativo de bem-estar pobre. No entanto, segundo Hurnik (1992), o sofrimento normal está relacionado com o bem-estar, mas a falta de bem-estar não é, necessariamente, sinônima de sofrimento.

Machado Filho e Hötzel (2000) ressaltam ainda que, a ausência de bem-estar animal e sofrimento não podem ser confundidos com crueldade animal, uma vez que a crueldade animal é deliberada, sádica, inútil e desnecessária influência de dor, sofrimento e negligência desnecessária aos animais.

O grau de satisfação do animal com seu ambiente é algo de difícil mensuração, mas a manifestação de certos comportamentos se constitui em evidências de desconforto físico e mental. Segundo Broom e Molento (2004), o bem-estar animal pode ser evidenciado por meio de mensurações fisiológicas, como por exemplo, aumento da frequência cardíaca, atividade da adrenal, atividade ou resposta imunológica reduzida, comportamentos anormais, tais como estereotípias, automutilação, canibalismo e comportamento

excessivamente agressivos, podem indicar que o indivíduo em questão encontra-se em condições de baixo grau de bem-estar.

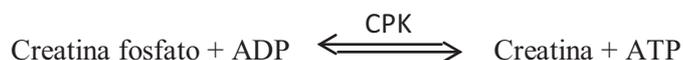
#### 2.4.1 Parâmetros fisiológicos do estresse

O estresse é o principal parâmetro utilizado para avaliar o bem estar animal, podendo este ser constatado por meio de alterações nos padrões fisiológicos, tais como: cortisol, lactato e creatina fosfoquinase.

O cortisol é um hormônio produzido no córtex adrenal, e sua função está na regulação do catabolismo de carboidratos e proteínas (KOOPMANS et al., 2005), sendo sua quantificação no soro sanguíneo. Este hormônio é bastante utilizado para verificar o nível de estresse que o animal foi submetido durante o sistema de criação ou em situação que antecedem o abate dos mesmos (MARIA et al., 2004).

Warris et al. (2003) ao analisarem a correlação existente entre a concentração sanguínea de cortisol e a instalação do processo do *rigor mortis* em carcaças de suínos, concluíram que há uma correlação positiva entre a dosagem deste hormônio e o processo *rigor mortis*.

Altos níveis de cortisol, geralmente, estão associados a condições de estresse psicológico (medo e apreensão). Por outro lado, condições de estresse físico (fadiga muscular) proporcionam o aumento da atividade de certas enzimas, por exemplo, a creatina fosfoquinase, envolvida no processo metabólico de obtenção de energia, como descrito a seguir (BERTOLONI et al., 2006).



Onde:

ADP: di-fosfato de adenosina; ATP: tri-fosfato de adenosina; e CPK: Creatina Fosfoquinase.

O lactato é o produto final da glicólise anaeróbica e um indicador que também pode ser utilizado para avaliar o estresse físico durante a insensibilização de suínos. Elevados níveis de lactato são fortemente correlacionados com a condição PSE (carne pálida, flácida e exsudativa) em carcaças suínas (CHEVILLON, 2000).

#### **2.4.2 Ractopamina: bem-estar de suínos em fase de terminação**

O tema bem-estar animal vem se destacando no complexo agroindustrial da carne suína, sendo considerado juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar um dos três maiores desafios da agricultura moderna.

A utilização de novas tecnologias no campo, sejam elas na área de manejo e nutrição, visam principalmente à maximização do desempenho dos animais e a uma melhora na qualidade dos produtos. Porém, essas tecnologias acabam deixando em segundo plano, questões relacionadas ao comportamento e bem-estar dos animais, o que pode ser comprovado por meio da escassez de trabalhos que abordam este tema.

Dentre os poucos relatos encontrados na literatura, Schaefer et al. (1992) ao avaliarem o efeito da adição de ractopamina sobre as características de desempenho e bem-estar animal, concluíram que a utilização deste aditivo é eficaz como repartidora de nutrientes, não sendo constatadas alterações comportamentais aos animais, tais como, estereotipia ou agressividade, as quais seriam indicativas de comprometimento do bem-estar. Em linha de pesquisa semelhante, Athayde et al. (2011) concluíram que, este aditivo além de não provocar alterações comportamentais, não resulta em aumento na incidência de

lesões de pele, nem alterações nas concentrações de cortisol e lactato nos animais, podendo ainda, segundo Agostini et al. (2011), ser adicionado às rações de suínos, machos castrados e fêmeas, até uma concentração de 20 ppm.

Por outro lado, Marchant-Forde et al. (2003) relatam que, suínos suplementados com dietas contendo ractopamina são mais ativos e demoram mais tempo para se acalmarem após situações estressantes, além de apresentarem maiores taxa de batimentos cardíacos e concentrações de catecolaminas, resultando em animais de difícil manejo. Segundo Polleto et al. (2010), independentemente do sexo, a adição de ractopamina tende a alterar os padrões fisiológicos e comportamentais dos animais, deixando-os mais agressivos.

Embora ainda que sejam poucos os estudos que avaliam a influência da ractopamina sobre o bem-estar animal, a maior parte dos trabalhos aponta não haver alterações comportamentais em suínos, machos castrados cirurgicamente e fêmeas. No entanto, com a advinda de uma nova categoria sexual, a de suínos castrados imunologicamente, torna-se necessários estudos a fim de avaliar os possíveis efeitos de tais tecnologias sobre o bem-estar animal, uma vez que não há relatos na literatura.

### **2.4.3 Manejo pré-abate de suínos**

Considerada uma das etapas de maior impacto dentro do sistema de produção de suínos, o manejo pré-abate é assim considerado devido a sua grande capacidade de comprometimento de todo processo produtivo, envolvendo desde o comprometimento da qualidade de carne até casos extremos de morte dos animais.

Neste contexto, algumas medidas de manejo devem ser adotadas para que não ocorra comprometimento do trabalho realizado durante o processo

produtivo. A primeira delas ocorre ainda na granja, onde após o processo de seleção, os animais devem ser submetidos a um período de jejum, o qual pode variar conforme a logística de transporte da granja ao frigorífico (distância, condição de alojamento nas baias de descanso, velocidade da taxa de abate no frigorífico, dentre outros). Sob o ponto de vista fisiológico, existe uma recomendação específica sobre o tempo ideal de jejum, que segundo Guardia, Gispert e Diestre (1996), sugerem uma redução no tempo de jejum dos suínos (12 a 18 horas), enquanto Magras, Delaunay e Bénétiau (2000) sugerem um maior tempo de jejum, entre 22 a 28 horas, com o objetivo de obter maior porcentagem de suínos com peso estomacal menor que 1,4 quilogramas. Beattie et al. (2002) ressaltam que, jejum de 12 horas antes do abate leva a uma economia de 1,5 kg de ração, além de não ocasionar perdas na qualidade da carcaça.

Decorridas as etapas de seleção e jejum dos animais, a próxima etapa do manejo pré-abate dos suínos é o embarque dos animais nos caminhões. Como este momento é atípico à rotina dos animais, é necessário que haja o mínimo de estresse, requerendo assim, a utilização de mão-de-obra qualificada e a utilização de rampas com piso antiderrapante e inclinação máxima de 20°, para que dessa forma possa se minimizar o estresse animal.

Dentre as etapas de manejo pré-abate, o transporte, segundo Ludkte et al. (2009), é considerado um dos momentos mais críticos para o bem-estar destes animais, já que os expõe a novos fatores estressantes, tais como dificuldade no embarque e desembarque, barulho, vibrações, mudanças bruscas de velocidade do caminhão e variações da temperatura ambiente. Pérez et al. (2002) ressaltam que, os efeitos das condições de transporte, como a densidade, quando feita de forma inadequada, pode comprometer de forma significativa o bem-estar dos animais, podendo inclusive resultar em perdas econômicas em virtude do

aumento da taxa de mortalidade, lesões de carcaça, além de efeitos diretos sobre a qualidade da carne.

O descarregamento dos animais no frigorífico é uma das últimas etapas do processo de manejo pré-abate dos animais, sendo que seus procedimentos devem ser realizados de forma similar ao processo de carregamento. Após o desembarque no abatedouro, os animais devem ser conduzidos até baias de espera a fim de que possam se recuperar do estresse sofrido ao manejo pré-abate os quais foram submetidos, permitindo assim que eliminem o excesso de ácido láctico acumulado com submissão dos suínos a períodos de descansos adequados, que segundo recomendações devem ser ao redor de duas a três horas (MILLIGAN et al., 1998; WARRISS et al., 1998).

#### **2.4.4 Densidade de carregamento**

Os resultados de um manejo correto e do investimento do produtor em um lote de animais não se encerram no momento em que os animais são embarcados para o abatedouro, alias, muito pelo contrário, pois se tem outro ponto que merece atenção, a densidade de carregamento.

A escolha da densidade populacional de suínos na carroceria do caminhão é determinada pelo custo de transporte combinado com o bem-estar animal, uma vez que estes impactam de maneira significativa nos custos de produção. O custo de transporte dos suínos do sistema de produção até o abatedouro frigorífico se dá em função da distância entre estes elos da cadeia (produção e processamento), condições das estradas, condições do veículo de transporte, treinamento do motorista, lotação, clima e genética. Por outro lado, o bem-estar animal durante estas etapas de produção pode comprometer a qualidade da carcaça (fraturas, hematomas, escoriações), qualidade da carne

(carnes com características DFR – *Dark, Firm and Dry*, PSE – *Pale, Soft and Exudative*) e em casos extremos levar o animal a morte.

O transporte como citado anteriormente, é considerado o momento mais estressante da vida dos suínos, o que pode ser comprovado por meio de avaliações dos parâmetros fisiológicos que caracterizam o estresse (cortisol, lactato, creatina fosfoquinase) e alterações nos parâmetros comportamentais (apatias, estereotípias, agressividade). Assim, altas densidades populacionais as quais os suínos são submetidos durante a etapa de transporte contribuem de forma significativa com o aumento do estresse animal.

Diante do exposto, diversos países preocupados com o bem-estar dos animais e, sobretudo com as perdas econômicas ocasionadas em função do transporte dos animais, implementaram(programaram) leis dispostas a coibir certos abusos por partes da cadeia suinícola como um todo. A União Europeia, por exemplo, preocupada com tais perdas instituiu uma lei (95/29/EC) no qual especifica que a densidade populacional de suínos, durante a etapa de transporte, considerado o peso aproximado de 100 kg, não deve exceder 235 kg/m<sup>2</sup>, ou seja, 0,425 m<sup>2</sup>/100 kg de peso vivo.

Segundo Warriss et al. (1998), a recomendação de 250 kg/m<sup>2</sup> (0,40 m<sup>2</sup>/100 kg) para suínos em fase de terminação, de 90 a 100 kg de peso vivo, fundamenta-se nas medidas de espaço necessário para permitir o decúbito esternal do animal. A alta densidade animal por m<sup>2</sup> resulta em maior esforço dos animais, inviabilizando a recuperação da fadiga, por outro lado, as baixas densidades oferecem maior espaço para o suíno deitar, e ainda permite que o animal regule sua temperatura corpórea e se adapte melhor às novas condições ambientais a que foram submetidos. Dalla Costa et al. (2007), no entanto, ressaltam que embora a densidade populacional ideal pra o transporte de suínos seja de 0,45 m<sup>2</sup>/100 kg, este valor possa variar conforme as condições climáticas, física e genética dos animais.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINI, P. S. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 60, n. 231, p. 659-670, 2011.

ALMEIDA, E. C. et al. Ractopamina e níveis de lisina no desempenho e nas características de carcaça de suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 9, p. 1961-1968, set. 2010.

AMARAL, N. O. et al. Cloridrato de ractopamina em rações formuladas para suínos machos castrados ou para fêmeas na fase dos 94 aos 130 kg. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 8, p. 1494-1501, ago. 2009.

\_\_\_\_\_. Viabilidade econômico da suplementação de ractopamina em rações formuladas para suínos machos castrados ou fêmeas, dos 94 aos 130 kg. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Animalword, 2008. p. 126-128.

ARMSTRONG, T. A. et al. 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**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 3245-3253, Nov. 2004.

ATHAYDE, N. B. et al. **Parâmetros fisiológicos do estresse e lesões de suínos suplementados com ractopamina em condições de produção comercial**. Concordia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2011. 6 p (Comunicado Técnico, 487). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50856/1/publicacao-487.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

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

- BARBORA, C. E. T. **Uso de ractopamina e níveis de energia para suínos machos castrados, imunocastrados e fêmeas em terminação**. 2010. 135 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- BEATTIE, V. E. et al. The effect of food deprivation prior to slaughter on performance, behaviour and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 62, n. 4, p. 413-418, 2002.
- BERTOLONI, W. et al. Avaliação de diferentes híbridos suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (CO<sub>2</sub>): parte 1, mensuração de indicadores sanguíneos de estresse. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 564-570, 2006.
- BOOTH, W. D. Sexual dimorphism involving steroidal pheromones and their binding protein in the submaxillary salivary gland of the Göttingen miniature pig. **Journal of Endocrinology**, Bristol, v. 100, p. 195-202, 1984.
- BRIDI, A. M. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, set./out. 2006.
- BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurements. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 10, p. 4167-4175, Jan. 1991.
- BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas: revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 1-11, Jan. 2004.
- CAMPBELL, R. G. et al. Effects of gender and genotype on the response of growing pigs to exogenous administration of porcine growth hormone. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2674-2681, Sept. 1990.
- CANTARELLI, V. D. S. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 844-851, maio/jun. 2009a.

\_\_\_\_\_. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. **Acta Science Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 165-171, 2008.

\_\_\_\_\_. Ractopamine for finishing barrows fed restricted or ad libitum diets: performance and nitrogen balance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 12, p. 2375-2382, dez. 2009b.

CHEVILLON, P. O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e no atordoamento. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: CNPSA/EMBRAPA, 2000. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais00cv\\_portugues.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_portugues.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2013.

CROMWELL, G. L. et al. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 7, p. 1831-1840, 1993.

DALLA COSTA, O. A. et al. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. **Livestock Science**, New York, v. 107, n. 1, p. 29-36, 2007.

DECAMP, S. L. et al. **Effect of ractopamine and dietary crude protein on nitrogen and phosphorus excretion from finishing pigs**. West Lafayette: Purdue University, 2001. 102 p.

DORAN, E. et al. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. **Chemico-Biological Interactions**, Limerick, v. 147, n. 2, p. 141-149, 2004.

DUNSHEA, F. R. et al. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 1, p. 2919-2930, 1993.

EMMERT, J. L. Y.; BAKER, D. H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 6, n. 4, p. 462-470, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **2050**: un tercio más de bocas que alimentar. Rome, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/es/item/35571/icode/>>. Acesso em: 21 jul. 2011.

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**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1742-1749, jun. 2001.

GIRÃO, L. V. C. et al. Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Animalword, 2008. p. 139-141.

GUARDIA, M. D.; GISPERT, M.; DIESTRE, A. Mortality rates during transport and lairage in pigs for slaughter. **Meat Focus International**, Tokyo, v. 5, p. 362-366, 1996.

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

HOTZEL, M. J. **A utilização de hormônios de crescimento, esteroides sexuais e machos inteiros na produção de suínos**. Disponível em: <<http://www.freewebs.com/hotzel/Hotzel%201998%20Castracao%20de%20suinos.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.

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

IEFER, C.; JUAREZ, L. D.; OLIVEIRA, R. F. M. Programas nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 9, p. 1955-1960, set. 2011.

KOOPMANS, S. J. et al. Diurnal rhythms in plasma cortisol, insulin, glucose, lactate and urea in pigs fed identical meals at 12-hourly intervals. **Physiology & Behavior**, Elmsford, v. 84, n. 3, p. 497-503, 2005.

LATORRE, M. A. et al. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 4, p. 1369-1377, 2003.

\_\_\_\_\_. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 526-533, Feb. 2004.

LUDTKE, C. B. et al. **Bem-estar animal no transporte de suínos e sua influência na qualidade da carne e nos parâmetros fisiológicos do estresse**. Concórdia: EMBRAPA, 2009. 6 p. (Comunicado Técnico, 475).

LUNEN, T. A. van; COLE, D. J. A. The effect of dietary concentration and LISdine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of young hybrid pigs. **Animal Science**, Edinburgh, v. 67, n. 1, p. 117-129, 1998.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Bem-estar dos suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2000. v. 5, p. 70-82.

MAGRAS, C.; DELAUNAY, I.; BÉNÉTEAU, E. Quelles durées de mise à jeun des porcs charcutiers pour un optimum de qualité des carcasses?: détermination à partir d'un étude terrain. **Journées Recherche Porcine em France**, Paris, v. 32, p. 351-356, 2000.

MARCHANT-FORDE, J. N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 416-422, Feb. 2003.

MARIA, G. A. et al. Scoring system for evaluating the stress to cattle of commercial loading and unloading. **Veterinary Record**, London, v. 26, p. 818-821, 2004.

- 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 Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1061-1068, jul./ago. 2007.
- MERSMANN, H. J. et al. Influence of nutritional weaning on porcine adipocyte beta-adrenergic and adenosine A1 receptors. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2368-2377, Sept. 1997.
- METZ, C.; CLAUS, R. Active immunization of boars against GnRH does not affect growth hormone but lowers IGF-I in plasma. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 81, n. 2/3, p. 129-137, 2003.
- MILLIGAN, S. D. et al. Resting of pigs and hot-fat trimming and accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 6, n. 1, p. 74-86, Jan. 1998.
- MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. d' (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB International, 2000. p. 65-95.
- MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 379-384, fev. 2010.
- OLIVEIRA, V. de et al. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 257-260, 2007.
- PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores beta2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. (Ed.). **Farmacologia aplicada a medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 545-557.
- PATTERSON, R. L. S. A possible contribution of phenolic components to boar odour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 18, n. 1, p. 8-10, 1967.

PÉREZ, M. P. et al. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. **Meat Science**, Barking, v. 61, n. 4, p. 425-433, 2002.

PERRY, G. C. et al. Pig courtship behaviour: hormonal property of androstene steroids in male submaxillary secretion. **Animal Production**, New York, v. 331, p. 191-199, 1980.

POLETTO, R. et al. Aggressiveness and brain amine concentration in dominant and subordinate finishing pigs fed the  $\beta$ -adrenoreceptor agonist ractopamine. **Journal of animal Science**, Champaign, v. 88, n. 9, p. 3107-3120, Sept. 2010.

PUPA, J. M. R. et al. Atualização sobre nutrição de suínos em crescimento e terminação. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: EMBRAPA-CNPASA, 2002. p. 145-164.

REED, H. C. B.; MALROSE, D. R.; PATTERSON, R. L. S. Androgen steroid as an aid to detection of estrus in pig artificial insemination. **British Veterinary Journal**, Piercy, v. 130, p. 61-66, 1974.

REGULAMENTO da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal - RIISPOA. Disponível em:  
<[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf)>. Acesso em: 9 jul. 2013.

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

ROSS, K. A. et al. The impact of ractopamine hydrochloride on growth and metabolism, with special consideration of its role on nitrogen balance and water utilization in pork production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 7, p. 2243-2256, July 2011.

SCHAEFER, A. L. et al. The effect of feeding the beta-adrenergic agonist ractopamine on the behaviour of market-weight pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, n. 1, p. 15-21, Jan. 1992.

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

SNOCHOWSKI, M. et al. Androgen and glucocorticoid receptors in porcine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 53, p. 80-86, 1981.

SOUZA, A. M. **Exigências nutricionais de lisina para suínos mestiços, de 15 a 95 kg de peso**. 1997. 81 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

SQUIRES, E. J.; ADEOLA, O.; YOUNG, L. G. The role of growth hormones,  $\beta$ -adrenergic agents and intact males in pork production: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 73, n. 1, p. 1-23, Jan. 1993.

TOKACH, M. et al. Amino acids requirements of growing pigs. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF POULTRY AND SWINE, 3., 2011, Viçosa, MG. **Proceedings...** Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 195-218.

TRINDADE NETO, M. A. et al. Níveis de lisina para leitões na fase inicial-1 do crescimento pós-desmame: composição corporal aos 11,9 e 19,0 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1777-1789, 2004. Suplemento.

WARRISS, P. D. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. **Veterinary Record**, London, v. 142, n. 17, p. 449-454, 1998.

\_\_\_\_\_. Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: a review. **Veterinary Record**, London, v. 153, n. 6, 170-176, 2003.

WOOD, J. D.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. (Ed.). **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University, 1994. p. 433-456.

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

ZAMARATSKAIA, G. et al. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, Belfast, v. 43, n. 3, p. 351-359, 2007.

**CAPÍTULO 2 Planos nutricionais para suínos machos imunocastrados:**  
desempenho, características de carcaça, viabilidade econômica e  
balanço de nitrogênio

## RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar uso das tecnologias, imunocastração e ractopamina (RAC) no sistema de produção de suínos. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de: níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento, suplementação ou não RAC na fase de terminação e planos nutricionais (PN) em dietas de suínos machos imunocastrados (MIC). Na fase de crescimento, foram utilizados 48 suínos MIC com peso inicial de  $59,22 \pm 3,39$  kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo dois tratamentos (0,9 e 1,0% LISd), com 12 repetições e parcela experimental composta por dois animais. Na fase de terminação, foram utilizados 48 suínos MIC, com peso inicial de  $91,76 \pm 5,72$  kg, distribuído em DBC, sendo dois tratamentos (0 e 10 ppm RAC) com 12 repetições, com parcela experimental composta por dois animais. Os PN foram constituídos da interação entre os tratamentos utilizados nas fases de crescimento e terminação, totalizando quatro tratamentos, com seis repetições e parcela experimental composta por dois animais. O período experimental foi de 56 dias, sendo 28 dias de crescimento e 28 dias de terminação. Na fase de crescimento, observou-se que suínos MIC recebendo dietas com 1,0% LISd apresentam maior ( $P < 0,05$ ) consumo diário de LISd (CDLISd) e menor ( $P < 0,05$ ) eficiência de utilização de LISd. Na fase de terminação, observou-se que a adição de RAC na dieta resulta em redução ( $P < 0,05$ ) no consumo diário de ração, melhora ( $P < 0,05$ ) na conversão alimentar (CA), aumento ( $P < 0,05$ ) no CDLISd, redução ( $P < 0,05$ ) no consumo diário de energia metabolizável (EM) e melhora ( $P < 0,05$ ) na eficiência de utilização de EM. Quanto avaliado todo o período experimental, observou-se que a utilização do PN constituído em 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido de suplementação de 10 ppm de RAC na fase de terminação resulta em melhora ( $P < 0,05$ ) na CA, redução ( $P < 0,05$ ) na espessura de toucinho, melhora ( $P < 0,10$ ) no rendimento de carne na carcaça e aumento ( $P < 0,05$ ) na bonificação de carcaça. No segundo experimento avaliou-se o balanço de nitrogênio (N) de suínos MIC em fase de terminação alimentados com dietas contendo ou não RAC durante 28 dias. Foram utilizados 12 suínos MIC com peso inicial de  $88,38 \pm 7,27$  kg. O delineamento experimental foi o DBC, constituídos de dois tratamentos (0 e 10 ppm RAC), com seis repetições, com parcela experimental composta por um animal. A adição de RAC na dieta aumentou ( $P < 0,05$ ) a quantidade de  $N_{\text{ingerido}}$ , a porcentagem de  $N_{\text{retido}}$  e  $N_{\text{retido/absorvido}}$  na média dos períodos. Deste modo, pode-se concluir que o fornecimento de dietas com 0,9% LISd na fase de terminação, seguido da adição de 10 ppm de RAC na fase de terminação é capaz de atender as necessidades de suínos MIC. A utilização de RAC em dietas permite melhor aproveitamento de N pelo animal.

Palavras chave: Imunocastração. Lisina. Ractopamina. Desempenho. Metabolismo.

### ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the use of immunocastration and ractopamine (RAC) during swine production. The first experiment evaluated the effect of: digestible lysine (dLYS) levels in the growing phase, the supplementation of RAC or not in the finishing phase and nutritional plans for immunocastrated male (ICM) pigs' diets. In the growing phase, we used 48 ICM pigs, with initial weight of  $59.22 \pm 3.39$  kg, distributed in a randomized block design, with two treatments (0.9 and 1.0% dLYS), twelve replicates and an experimental plot comprised of two animals. In the finishing phase, we used 48 ICM pigs, with initial weight of  $91.76 \pm 5.72$  kg, distributed in randomized block design, with two treatments (0 and 10 ppm RAC) with 12 replicates and an experimental plot comprised of two animals. The NPs were constituted of the interaction between treatments used in the growing and finishing phases, in a total of four treatments, with six replicates and an experimental plot of two animals. The experimental period was of 56 days, with 28 days of growing and 28 days of finishing. In the growing phase, we observed that ICM pigs receiving diets containing 1.0% dLYS presented larger ( $P < 0.05$ ) daily intake of dLYS (CDdLYS) and smaller ( $P < 0.05$ ) efficiency in dLYS use. In the finishing phase, we observed that the addition of RAC in the diet resulted in a reduction ( $P < 0.05$ ) of daily ration intake, improvement ( $P < 0.05$ ) of food conversion (FC), increase ( $P < 0.05$ ) in CDdLYS, reduction ( $P < 0.05$ ) in daily metabolizable energy (ME) intake and improvement ( $P < 0.05$ ) in the efficiency of ME use. When evaluating all the experimental period, we observed that the use of the NP constituted of 0.9% dLYS in the growing phase, followed by the supplementation of 10 ppm of RAC in the finishing phase, resulted in improvement ( $P < 0.05$ ) of FC, reduction ( $P < 0.05$ ) of bacon width, improvement ( $P < 0.10$ ) in carcass meat yield and increase ( $P < 0.05$ ) in carcass bonus index. The second experiment evaluated the nitrogen balance (N) of ICM pigs in finishing phase fed diets containing RAC or not, for 28 days. Twelve ICM pigs with initial weight of  $88.38 \pm 7.26$  kg were used. The experimental design was in randomized blocks, with two treatments (0 and 10 ppm of RAC), with six replicates and the experimental unit comprised of one animal. The addition of RAC in the diets increased ( $P < 0.05$ ) the amount of N ingested, the percentages of N retained and N retained/absorbed in the period means. Thus, we may conclude that providing diets with 0.9% dLYS in the growing phase, followed by the addition of 10 ppm of RAC in the finishing phase meets the necessities of ICM pigs. The use of RAC in diets allows for a better use of nitrogen by the animal.

Keywords: Immunocastration. Lysine. Ractopamine. Performance. Metabolism.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o crescente aumento na demanda mundial de carne estimulou a cadeia suinícola a investir em tecnologias nas áreas de manejo e nutrição, a fim de proporcionar ao consumidor final um produto em quantidade e, sobretudo de qualidade, respeitando o bem-estar dos animais e o meio ambiente. Neste contexto, a criação de suínos separados em função das categorias sexuais e a utilização de aditivos melhoradores de desempenho tem se mostrado bastante promissora como forma de potencializar a produção animal.

Recentemente foi introduzida uma tecnologia de manejo no complexo suinícola, a qual permite a criação de suínos machos inteiros até o período próximo ao abate, que é a imunocastração. Esta técnica consiste na aplicação de vacina contendo uma forma modificada de GnRH conjugada a uma proteína, a qual induz a formação de anticorpos direcionados contra o GnRH (ZAMARATSKAIA et al., 2007), interrompendo, assim, o eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal, que por sua vez inibi o odor e sabor característicos de machos inteiros (DUNSHEA et al., 2001; JAROS et al., 2005).

No segmento de nutrição, a utilização de aditivos em dietas de suínos em fase de terminação tem se mostrado eficiente na melhora do desempenho. Dentre os aditivos, destaca-se a utilização de ractopamina (RAC), um agonista  $\beta$ -adrenérgico que vem sendo utilizado em dietas de suínos em fase de terminação, devido à capacidade de desviar nutrientes para o anabolismo proteico em detrimento ao lipídico (PALERMO NETO, 2002). Porém as alterações metabólicas causadas pela RAC podem interferir nas exigências nutricionais dos animais.

Assim, um aumento substancial no ganho de peso, por exemplo, estaria relacionado com a necessidade de maior aporte de lisina nas dietas, visto a relação direta entre esse nutriente e a deposição proteica (APPLE et al., 2004).

Apesar disso, o aditivo muitas vezes é utilizado a campo sem que a base nutricional das dietas seja alterada. Essa condição ignora as possíveis alterações nas exigências dos suínos e representa um prejuízo produtivo, à medida que não permite aos animais a expressão de seu máximo potencial de desempenho.

No entanto, por se tratar de tecnologias recentes, torna-se necessário a definição de planos nutricionais para esta nova categoria sexual. Deste modo, objetivou-se avaliar o efeito de planos nutricionais para suínos machos imunocastrados (MIC) sobre o desempenho, características de carcaça, composição centesimal da carne e a viabilidade econômica das dietas. Na fase de terminação, avaliou-se o efeito da RAC sobre o balanço de nitrogênio de suínos machos imunocastrados.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local, animais e instalações

Os experimentos de desempenho e balanço de nitrogênio de suínos MIC foram conduzidos no Centro Experimental de Suínos (CES) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, no período de 26 de junho a 26 de agosto de 2012.

Na avaliação de desempenho, utilizou-se 48 suínos, provenientes de linhagem comercial, de alto potencial genético para deposição de tecido magro, com peso inicial de  $59,229 \pm 3,391$  kg, imunocastrados aos 94 e aos 122 dias de vida.

Em uma primeira etapa, os animais foram alojados em duas salas (56 m<sup>2</sup> por sala), sendo cada uma composta de 12 baias de dimensões 1,38m x 2,82m, providas de comedouro semiautomático e bebedouros tipo chupeta com regulagem de altura, onde os animais permaneceram por 21 dias. A temperatura média registrada foi de  $20,4 \pm 3,7$  °C, com a umidade relativa do ar de  $58,6\% \pm 6,68$ .

Posteriormente, os animais foram transferidos para setor de terminação, composto por 24 baias de alvenaria, com dimensões de 1,70 m x 1,80 m por baia, com comedouro semiautomático e bebedouro tipo chupeta, onde permaneceram por mais 35 dias. No galpão de terminação, a temperatura média registrada foi de  $16,5 \pm 6,3$  °C, com a umidade relativa do ar de  $45\% \pm 16,2$ .

Encerrada a etapa de desempenho dos animais, procedeu-se o abate, seguido de avaliações das características quantitativas da carcaça, processos estes realizados em frigorífico certificado pelo Sistema de Inspeção Federal (SIF), localizado no município de Lavras – MG.

A análise da composição centesimal da carne foi realizada no Laboratório de Pesquisa Animal da UFLA.

No ensaio metabólico, foram utilizados 12 suínos MIC, provenientes de linhagem comercial, de alto potencial genético para deposição de tecido magro, com peso inicial de  $88,380 \pm 7,266$  kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhante às descritas por Sales, Fialho e Volpato (2003), as quais permitiram a coleta de fezes e urina. A temperatura média registrada foi de  $15,7 \pm 4,6$  °C, com a umidade relativa do ar de  $65\% \pm 8,9$ .

## **2.2 Delineamento experimental**

Na fase de crescimento, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com dois tratamentos (T1 – 0,9% LISd; T2 – 1,0% LISd) e doze repetições, sendo a parcela experimental composta por dois animais.

Na fase de terminação, o delineamento utilizado foi o DBC, com dois tratamentos (T1 – 0 ppm de RAC; T2 – 10 ppm de RAC) e doze repetições, sendo a parcela experimental composta por dois animais.

Os planos nutricionais utilizados nas avaliações de desempenho, características quantitativas de carcaça, composição centesimal da carne e estudo de viabilidade econômica para suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, consistiram da interação entre as dietas utilizadas nas fases de crescimento e terminação dos animais, conforme descrito a seguir:

- a) Plano nutricional 1: 0,9% LISd na fase de crescimento, sem suplementação de RAC na fase de terminação.
- b) Plano nutricional 2: 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da suplementação de 10 ppm de RAC na fase de terminação.

- c) Plano nutricional 3: 1,0% LISd na fase de crescimento, sem suplementação de RAC na fase de terminação.
- d) Plano nutricional 4: 1,0% LISd na fase de crescimento, seguido da adição de 10 ppm de RAC na fase de terminação.

O delineamento experimental utilizado nas avaliações citadas anteriormente foi em blocos casualizados (DBC), totalizando quatro planos nutricionais, com seis repetições, sendo a unidade experimental composta por dois animais.

No ensaio metabólico, utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), constituído de dois tratamentos (T3 – 0 ppm de RAC; T4 – 10 ppm de RAC), com seis repetições, sendo a parcela experimental representada por um animal. As dietas experimentais foram idênticas às utilizadas na fase de terminação.

### **2.3 Dietas experimentais**

As dietas experimentais (Tabela 1 e 2) foram formuladas a base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos. Em decorrência da ausência de informações a respeito das exigências nutricionais de suínos MIC, as dietas experimentais tiveram como base às recomendações nutricionais para suínos machos inteiros (MI) de alto potencial genético e desempenho médio dos 70 aos 100 kg de peso vivo, descritas nas Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011).

Na fase de crescimento (0 a 28 dias experimentais), foram utilizadas dietas com diferentes níveis de lisina digestível - 0,9 e 1,0% LISd (Tabela 1). No processo de determinação dos níveis de LISd a serem utilizados, considerou-se que: suínos MIC podem ser considerados MI até a segunda imunização

(DUNSHEA et al., 2001; PAULY et al., 2009), e que suínos MIC apresentam características fisiológicas e metabólicas intermediárias entre animais inteiros e castrados, fato estes que pode ocasionar mudanças nas exigências nutricionais, principalmente de proteína (KIEFER; DONZELE; OLIVEIRA, 2011).

Tabela 1 Composição das dietas experimentais para suínos machos imunocastrados dos 70 aos 100 kg de peso vivo – fase de crescimento

| Ingredientes (%)      | Crescimento |           |
|-----------------------|-------------|-----------|
|                       | 0,9% LISd   | 1,0% LISd |
| Milho                 | 73, 231     | 73, 231   |
| Farelo de Soja        | 22, 553     | 22, 553   |
| Óleo de Soja          | 0, 877      | 0, 877    |
| Fosfato Bicálcico     | 1, 208      | 1, 208    |
| Calcário Cálcico      | 0, 656      | 0, 656    |
| Sal comum             | 0, 355      | 0, 355    |
| Premix <sup>1</sup>   | 0, 500      | 0, 500    |
| DL-Metionina 99       | 0, 044      | 0, 076    |
| L-Lisina HCL 78       | 0, 248      | 0, 377    |
| L-Treonina 98         | 0, 055      | 0, 128    |
| Tilosina <sup>2</sup> | 0, 040      | 0, 040    |
| Caulim                | 0, 233      | 0, 000    |
| Total                 | 100,00      | 100,00    |

“Tabela 1, conclusão”

| Ingredientes (%)            | Crescimento |           |
|-----------------------------|-------------|-----------|
|                             | 0,9% LISd   | 1,0% LISd |
| <b>Composição calculada</b> |             |           |
| Proteína bruta (%)          | 16,20       | 16,20     |
| EM (kcal/kg)                | 3230        | 3230      |
| Lisina digestível (%)       | 0,900       | 1,000     |
| Metionina digestível (%)    | 0,277       | 0,308     |
| Treonina digestível (%)     | 0,598       | 0,670     |
| Triptofano digestível (%)   | 0,163       | 0,163     |
| Fósforo disponível (%)      | 0,308       | 0,308     |
| Cálcio (%)                  | 0,624       | 0,624     |

<sup>1</sup> Premix Mineral e Vitamínico (composição, por kg de produto): cálcio, 98.800 mg; cobalto, 185 mg; cobre, 15,750 mg; ferro, 26.250 mg; iodo, 1.470 mg; manganês, 41.850 mg; zinco, 77.999 mg.; ácido fólico, 116,55 mg; ácido pantotênico, 2.333,5 mg; biotina, 5,28 mg; niacina, 5.600 mg; piridoxina, 175 mg; riboflavina, 933,3 mg; tiamina, 175 mg; Vit. A, 1.225.000 U.I.; Vit. D<sub>3</sub>, 315.000 U.I.; Vit. E, 1.400 mg; Vit. K<sub>3</sub>, 700 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 6.825 mg; selênio, 105 mg; antioxidante: 1.500 mg.

<sup>2</sup> Tylan G 250 Elanco<sup>®</sup>

Na fase de terminação (29 aos 56 dias experimentais) utilizou-se dietas suplementadas ou não com ractopamina (0 e 10 ppm de RAC), conforme descrito na Tabela 2. As exigências de minerais e vitaminas foram estabelecidas de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011), enquanto que, os níveis de proteína bruta, aminoácidos e energia metabolizável foram ajustados em função do consumo de ração diário esperado para a fase (3,600 kg ração/dia).

A partir da estimativa de consumo de ração esperado para a fase de terminação, levaram-se em consideração as seguintes informações: suínos MIC recebendo dietas contendo RAC devem apresentar consumo de 22,46 g de LISd/dia (ROSA et al., 2010); dietas contendo RAC devem sofrer ajuste de 15% nos níveis aminoacídicos (FERREIRA – dados não publicados/UFLA); dietas contendo RAC devem apresentar níveis entre 3300 a 3450 kcal de EM (BARBOSA et al., 2012).

Tabela 2 Composição das dietas experimentais para suínos, machos imunocastrados dos 100 aos 120 kg de peso vivo – fase de terminação

| Ingredientes (%)            | Terminação |         |
|-----------------------------|------------|---------|
|                             | Sem RAC    | Com RAC |
| Milho                       | 77,518     | 75,375  |
| Farelo de Soja              | 18,763     | 20,681  |
| Óleo de Soja                | 1,435      | 1,569   |
| Fosfato Bicálcico           | 0,815      | 0,803   |
| Calcário Cálcico            | 0,537      | 0,534   |
| Sal comum                   | 0,329      | 0,329   |
| Premix <sup>1</sup>         | 0,500      | 0,500   |
| DL-Metionina 99             | 0,000      | 0,008   |
| L-Lisina HCL 78             | 0,041      | 0,112   |
| Tilosina <sup>2</sup>       | 0,040      | 0,040   |
| Caulim                      | 0,022      | 0,000   |
| Ractosuín <sup>®3</sup>     | 0,000      | 0,050   |
| Total                       | 100,00     | 100,00  |
| <b>Composição Calculada</b> |            |         |
| Proteína bruta (%)          | 14,61      | 15,31   |
| EM (kcal/kg)                | 3300       | 3330    |
| Lisina digestível (%)       | 0,650      | 0,750   |
| Metionina digestível (%)    | 0,217      | 0,233   |
| Treonina digestível (%)     | 0,496      | 0,521   |
| Triptofano digestível (%)   | 0,144      | 0,153   |
| Fósforo disponível (%)      | 0,231      | 0,231   |
| Cálcio (%)                  | 0,474      | 0,474   |

<sup>1</sup> Premix mineral e vitamínico (composição, por kg de produto): cálcio, 98.800 mg; cobalto, 185 mg; cobre, 15,750 mg; ferro, 26.250 mg; iodo, 1.470 mg; manganês, 41.850 mg; zinco, 77.999 mg.; ácido fólico, 116,55 mg; ácido pantotênico, 2.333,5 mg; biotina, 5,28 mg; niacina, 5.600 mg; piridoxina, 175 mg; riboflavina, 933,3 mg; tiamina, 175 mg; Vit. A, 1.225.000 U.I.; Vit. D<sub>3</sub>, 315.000 U.I.; Vit. E, 1.400 mg; Vit. K<sub>3</sub>, 700 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 6.825 mg; selênio, 105 mg; antioxidante: 1.500 mg.

<sup>2</sup> Tylan G 250 Elanco<sup>®</sup>

<sup>3</sup> Cloridrato de Ractopamina a 2,05%.

Os planos nutricionais adotados no experimento são oriundos da interação entre os níveis de LISd adotados na fase de crescimento e os níveis de RAC adotados na fase de terminação.

## **2.4 Procedimentos experimentais**

Na fase pré-experimental foram criados 88 leitões, machos inteiros, do desmame aos 94 dias de idade dos animais, quando se procedeu à pesagem e seleção de 60 animais (pesos uniformes), os quais foram submetidos ao processo de imunocastração. No processo de imunocastração, foram administradas duas doses (aplicações subcutâneas de 2 mL) da vacina *Improvac Vivax\** Pfizer Saúde Animal, na região da base da orelha de cada suíno MI. A primeira aplicação da vacina ocorreu aos 94 dias e a segunda dose aos 122 dias de vida dos animais, coincidindo assim com o início das fases de crescimento e terminação, respectivamente. O ensaio metabólico ocorreu na fase de terminação dos animais.

### **2.4.1 Desempenho**

O ensaio de desempenho teve duração de 56 dias, divididos nas fases de crescimento (94 aos 122 dias de vida dos animais) e terminação (123 aos 150 dias de vida dos animais).

Durante a avaliação de desempenho os animais receberam água e ração à vontade. Os animais foram pesados no início, 28 e 56 dias de experimento, para determinação do ganho de peso diário (GPD). As rações fornecidas e o desperdício foram pesados diariamente para determinação do consumo de ração diário (CRD). Com base no CRD e no GPD, foi calculado a conversão alimentar (CA), o consumo diário de lisina digestível (CDLISd), a eficiência na utilização

de lisina digestível (EULISd), o consumo diário de energia metabolizável (CDEM) e a eficiência de utilização de energia metabolizável (EUEM).

#### **2.4.2 Características de carcaça**

Ao término do experimento de desempenho, os suínos passaram por um período de jejum de 12 horas, com livre acesso a água. Após esse período, os animais foram pesados e manejados para embarque.

Uma vez embarcados, os animais foram transportados até frigorífico certificado pelo Sistema de Inspeção Federal (SIF), localizado no município de Lavras – MG, sendo o trajeto do CES até o frigorífico percorrido em uma hora e vinte minutos (52 km).

No frigorífico, os animais foram desembarcados seguindo protocolo de manejo determinado pelo SIF. Os animais foram retirados do caminhão utilizando-se, apenas, pistola de ar comprimido (objetivo de provocar efeito sonoro), e em seguida foram utilizadas tábuas de contenção de modo a facilitar a condução dos animais até as baias de descanso. Nestas baias, os animais passaram por um período de descanso de três horas, respeitando a densidade mínima de 0,75 m<sup>2</sup>/100 kg, com livre acesso a água.

Terminado o período de descanso, os animais foram conduzidos em lotes de seis animais por vez para o *restrainer* e posteriormente insensibilizados por meio de eletronarcose, seguido de sangria, evisceração. Após o preparo das carcaças, as mesmas passaram por processo de pesagem, sendo em seguida, acondicionadas em câmaras frias por um período de 24 horas, para posteriores avaliações lineares e quantitativas da carcaça, tais como: peso vivo ao abate (PV<sub>abate</sub>) peso de carcaça quente (PCARQ), peso de carcaça fria (PCARF), rendimento de carcaça (Rcarcaça), rendimento de carne (Rcarne), espessura de toucinho (ET), profundidade de lombo (PL), área de olho de lombo (AOL),

comprimento de carcaça (CC) e compacidade da carcaça, segundo metodologia descrita por Bridi e Silva (2006).

### 2.4.3 Viabilidade econômica

A viabilidade econômica dos planos nutricionais utilizados foi realizada segundo metodologia descrita por Cantarelli et al. (2009a). Quando adotado o sistema de tipificação de carcaça, utilizou-se como base o índice de bonificação (IB) descrito por Guidoni (2000). O rendimento de carne na carcaça (Rcarne) foi realizado por meio de cálculo de predição, conforme a equação descrita por Guidoni (2000):

$$\mathbf{IB = 23,6 + 0,286 * PCARQ + PCMF}$$

$$\mathbf{Rcarne = 65,92 - (0,685 * ET) + (0,094 * PL) - (0,026 * PCARQ)}$$

Onde:

IB = índice de bonificação (%).

PCARQ = peso da carcaça quente.

PCMF = % de carne estimada na carcaça resfriada.

RCarne = rendimento de carne (%).

ET = espessura de toucinho (mm).

PL = profundidade de lombo (mm).

O estudo de viabilidade econômica dos planos nutricionais foi realizado levando-se em conta ou não o índice de bonificação de carcaça (IB). O valor, em reais, recebido pelos suínos, ou seja, a receita bruta (RB), dentro do sistema de tipificação, foi determinada com base no IB, segundo Guidoni (2000), no

rendimento de carcaça médio (75,48) e no peso de carcaça quente (PCARQ), seguindo a fórmula:

$$\mathbf{RB = (IB * [preço\ do\ quilograma\ do\ suíno\ vivo/0,7548]) * PCARQ}$$

Com base nos preços dos ingredientes das dietas praticados em Lavras, em Fevereiro 2013, foi determinado o custo com alimentação ( $C_{\text{alimentação}}$ ) de cada suíno, por meio do consumo total de ração de cada animal, durante o período experimental, e do custo das dietas experimentais, conforme a fórmula:

$$\mathbf{C_{\text{alimentação}} = consumo\ total\ de\ ração * custo\ da\ dieta}$$

O custo do peso inicial ( $C_{\text{suíno}}$ ) foi calculado para isolar a variável peso inicial. Levou-se em conta o preço do suíno no início do período experimental, de acordo com o preço do quilograma praticado pela Bolsa de Suínos de Minas Gerais no mês de Fevereiro de 2013, cujo cálculo foi realizado pela fórmula:

$$\mathbf{C_{\text{suíno}} = peso\ do\ animal * preço\ do\ quilograma\ do\ suíno}$$

O custo total ( $C_{\text{total}}$ ) foi calculado pela soma do custo com a alimentação ( $C_{\text{alimentação}}$ ) mais o custo do peso inicial do suíno ( $C_{\text{suíno}}$ ), de acordo com a fórmula descrita a seguir:

$$\mathbf{C_{\text{total}} = C_{\text{alimentação}} + C_{\text{suíno}}}$$

Por fim, a receita líquida (RL) foi calculada subtraindo-se o custo total ( $C_{\text{total}}$ ) da receita bruta (RB):

$$RL = RB - C_{total}$$

Desta forma, a viabilidade econômica dos planos nutricionais analisados no presente estudos foi obtida por meio de análise da receita bruta (RB), da receita líquida (RL), do custo total (CT) e índice de bonificação (IB), índice este que permite o cálculo da receita bruta (RBIB) e receita líquida (RLIB) quando há bonificação pela qualidade do produto.

#### 2.4.4 Metabolismo

O balanço de nitrogênio, realizado por meio de ensaio metabólico, ocorreu na fase de terminação, a partir dos 123 dias de vida do animal.

O experimento teve duração de 28 dias, divididos em dois períodos de 14 dias, de modo a possibilitar a avaliação do efeito da adição de RAC ao longo dos 28 dias de fornecimento do aditivo. As variáveis analisadas foram quantidade de nitrogênio ingerido ( $N_{ingerido}$ ), nitrogênio excretado nas fezes e urina ( $NE_{fezes}$ ;  $NE_{urina}$ ) e porcentagem de nitrogênio absorvido ( $\%N_{absorvido}$ ), nitrogênio retido ( $\%N_{retido}$ ), e a relação nitrogênio retido do absorvido ( $\%N_{retido/absorvido}$ ).

O fornecimento das dietas foi as 8 e às 16 horas, sendo a quantidade total diária estabelecida com base no peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ). A quantidade de ração foi ajustada pelo consumo do animal de menor ingestão, observado durante o período de adaptação de cada fase, permitindo, assim, que todos os animais consumissem quantidades iguais de nutrientes em relação ao peso metabólico durante a época de coleta de material (dez dias de adaptação e quatro dias de coleta, por período).

As dietas foram umedecidas com água na proporção de 2:1 (água: ração). Após o consumo do alimento todos os animais receberam água à

vontade. Diariamente, foram recolhidas as sobras de ração no comedouro e determinada a matéria seca da mesma, a qual foi descontada da ração fornecida para avaliar o consumo real. O óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) foi utilizado como marcador fecal, sendo adicionado em 2% à ração na primeira e na última refeição do período de coleta. Os demais procedimentos foram similares ao descrito por Fialho et al. (1979).

As rações e as fezes obtidas neste experimento foram secas e moídas antes da realização das análises bromatológicas. A matéria seca das dietas e fezes foi determinada após pesagem e secagem das amostras em estufa a 65 °C com ventilação forçada, até atingir peso constante e, posteriormente, em estufa 105 °C por 24 horas. O nitrogênio das dietas, fezes e urina foi determinado usando-se o método de kjedahlj (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990) e a energia bruta, por meio da bomba calorimétrica adiabática (IKA<sup>®</sup> C-200). Foram analisados o teor de matéria seca (com exceção da urina) e nitrogênio total, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), para avaliar o balanço de nitrogênio. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal da Universidade Federal de Lavras.

## **2.5 Análises estatísticas**

Os dados de desempenho, características quantitativas de carcaça, composição centesimal de carne, viabilidade econômica e o balanço de nitrogênio de suínos machos imunocastrados foram analisados utilizando-se o programa computacional SAEG<sup>®</sup> SAEG 8.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) desenvolvido na UFV em 2000. Quando houve diferença significativa pelo teste F ( $P < 0,05$ ), os tratamentos foram estudados por meio de teste Tukey.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1.1 Fase de crescimento

Os resultados de desempenho de suínos MIC, submetidos à dietas com diferentes níveis LISd na fase de crescimento encontram-se na Tabela 3.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis LISd sobre as variáveis CRD, GPD, CA, PV.

Tabela 3 Desempenho de suínos machos imunocastrados, recebendo dietas com diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento – 94 aos 122 dias de idade

|              | Período | Tratamento |           | P        | CV <sup>1</sup> |
|--------------|---------|------------|-----------|----------|-----------------|
|              |         | 0,9% LISd  | 1,0% LISd |          |                 |
| CRD (kg/dia) | 0-28    | 2, 511     | 2, 559    | $P>0,05$ | 4,31            |
| GPD (kg/dia) | 0-28    | 1, 151     | 1, 171    | $P>0,05$ | 5,72            |
| CA           | 0-28    | 2,19       | 2,20      | $P>0,05$ | 4,37            |
| PV (kg)      | Inicial | 59, 192    | 59, 263   | $P>0,05$ | 0,22            |
|              | 28      | 91, 417    | 92, 042   | $P>0,05$ | 1,96            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

CRD = consumo diário de ração; GPD = ganho de peso diário; CA = conversão alimentar; PV = peso vivo.

Os dados referentes ao consumo diário de lisina digestível (CDLISd), consumo diário de energia metabolizável (CDEM), eficiência de utilização de lisina digestível (EULISd) e eficiência de utilização de energia metabolizável (EUEM) de suínos em fase de crescimento encontram-se representados na Tabela 4.

O fornecimento de dietas com nível de 0,9% LISd resultou em uma redução ( $P < 0,05$ ) de 11,7% no CDLISd, quando comparado ao nível de 1,0% de

LISd. Por outro lado, o menor nível de inclusão de LISd na dieta proporcionou aumento ( $P<0,05$ ) de 10,2% na EULISd.

O CDEM e a EUEM não foram afetadas ( $p>0,05$ ) pelo nível de inclusão de LISd na dieta de suínos MIC em fase de crescimento (94 aos 122 dias de idade).

Tabela 4 Consumo diário e eficiência de utilização de lisina digestível e energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento – 94 aos 122 dias de idade

|                | Período | Tratamento         |                    | p        | CV <sup>1</sup> |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|----------|-----------------|
|                |         | 0,9% LISd          | 1,0% LISd          |          |                 |
| CDLISd (g/dia) | 0-28    | 22,60 <sup>B</sup> | 25,59 <sup>A</sup> | 0,00*    | 4,36            |
| EULISd (g/g)   | 0-28    | 51,02 <sup>A</sup> | 45,82 <sup>B</sup> | 0,00*    | 4,10            |
| CDEM (kcal)    | 0-28    | 8112               | 8264               | $P>0,05$ | 4,31            |
| EUEM (g/kcal)  | 0-28    | 0,142              | 0,142              | $P>0,05$ | 4,09            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

CDLISd = consumo diário de lisina digestível; EULISd = eficiência de utilização de lisina digestível; CDEM = consumo diário de energia metabolizável; EUEM = eficiência de utilização de energia metabolizável.

### 3.1.2 Fase de terminação

Os resultados de desempenho de suínos MIC, recebendo ou não suplementação de RAC na dieta encontram-se na Tabela 5.

Não foram observado efeito ( $P>0,05$ ) das dietas utilizadas na fase de terminação para as variáveis GPD e PV.

O fornecimento de dietas suplementadas com RAC implicou em redução ( $P<0,05$ ) de 7,7% no CRD, seguido de melhora ( $P<0,05$ ) de 9,3% na CA, quando comparado a não suplementação do aditivo à dieta.

Tabela 5 Desempenho de suínos machos imunocastrados, recebendo dietas suplementadas ou não com ractopamina na fase de terminação – 123 aos 150 dias de idade

|              | Período | Tratamento         |                    | P      | CV <sup>1</sup> |
|--------------|---------|--------------------|--------------------|--------|-----------------|
|              |         | Sem RAC            | Com RAC            |        |                 |
| CRD (kg/dia) | 29-56   | 3,333 <sup>A</sup> | 3,076 <sup>B</sup> | 0,002* | 5,54            |
| GPD (kg/dia) | 29-56   | 1,260              | 1,282              | P>0,05 | 9,91            |
| CA           | 29-56   | 2,68 <sup>A</sup>  | 2,43 <sup>B</sup>  | 0,003* | 6,90            |
|              | Inicial | 59,192             | 59,263             | P>0,05 | 0,22            |
| PV (kg)      | 28      | 91,417             | 92,042             | P>0,05 | 1,96            |
|              | 56      | 127,063            | 127,625            | P>0,05 | 3,01            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

CRD = consumo diário de ração; GPD = ganho de peso diário; CA = conversão alimentar; PV = peso vivo.

Os dados referentes ao consumo diário de lisina digestível (CDLISd), consumo diário de energia metabolizável (CDEM), eficiência de utilização de lisina digestível (EULISd) e eficiência de utilização de energia metabolizável (EUEM) de suínos em terminação encontram-se representados na Tabela 6.

O fornecimento de dietas suplementadas com ractopamina resultou aumento (P<0,05) de 6% no CDLISd. No entanto, não se observou efeito do aditivo (P>0,05) sobre a variável EULISd.

A suplementação de 10 ppm de RAC em dietas de suínos MIC, em fase de terminação, resulta em redução (P<0,05) de 6,9% no CDEM, seguido de aumento (P<0,05) de 8% na EUEM.

Tabela 6 Consumo diário e eficiência de utilização de lisina e energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de terminação – 123 aos 150 dias de idade

|                   | Período | Tratamento         |                    | P      | CV <sup>1</sup> |
|-------------------|---------|--------------------|--------------------|--------|-----------------|
|                   |         | Sem RAC            | Com RAC            |        |                 |
| CDLISd<br>(g/dia) | 29-56   | 21,67 <sup>B</sup> | 23,07 <sup>A</sup> | 0,016* | 5,72            |
| EULISd<br>(g/g)   | 29-56   | 58,19              | 55,47              | P>0,05 | 6,20            |
| CDEM<br>(kcal)    | 29-56   | 11000 <sup>A</sup> | 10242 <sup>B</sup> | 0,006* | 5,55            |
| EUEM<br>(g/kcal)  | 29-56   | 0,115 <sup>B</sup> | 0,125 <sup>A</sup> | 0,004* | 6,38            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

CDLISd = consumo diário de lisina digestível; EULISd = eficiência de utilização de lisina digestível; CDEM = consumo diário de energia metabolizável; EUEM = eficiência de utilização de energia metabolizável.

### 3.1.3 Planos nutricionais

Os resultados de desempenho de suínos MIC, submetidos a diferentes planos nutricionais encontram-se representados na Tabela 7.

Os planos nutricionais utilizados durante o período experimental não influenciaram (P>0,05) as variáveis CRD, GPD e PV.

A variável CA foi influenciada (P<0,05) em função dos níveis de LISd e RAC utilizados durante o período experimental, sendo o melhor plano nutricional composto pelo nível de 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da adição de 10 ppm de RAC na fase de terminação - plano nutricional 2.

A utilização do plano nutricional 2 resultou em melhora (P<0,05) de 7% na CA, quando comparada ao mesmo nível de LISd na fase de crescimento, porém, sem a suplementação de RAC na dieta.

Planos nutricionais constituídos do nível de 1,0% LISd na fase crescimento, seguida da suplementação ou não de RAC à dieta, não diferiram

estatisticamente ( $P>0,05$ ) entre si e entre os demais planos, quando analisado a variável CA.

Tabela 7 Efeitos de diferentes planos nutricionais sobre o desempenho de suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade

|              | Período | Planos Nutricionais |                   |                    |                    | P          | CV <sup>1</sup> |
|--------------|---------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------|-----------------|
|              |         | 1                   | 2                 | 3                  | 4                  |            |                 |
| CRD (kg/dia) | 0-56    | 2,935               | 2,798             | 2,926              | 2,818              | $p>0,05$   | 4,11            |
| GPD (kg/dia) | 0-56    | 1,202               | 1,226             | 1,221              | 1,216              | $p>0,05$   | 6,02            |
| CA           | 0-56    | 2,46 <sup>A</sup>   | 2,29 <sup>B</sup> | 2,40 <sup>AB</sup> | 2,33 <sup>AB</sup> | $P<0,01^*$ | 3,63            |
| PV, kg       | Inicial | 59,16               | 59,23             | 59,30              | 59,23              | $p>0,05$   | 0,22            |
|              | 28      | 91,46               | 91,38             | 92,13              | 91,968             | $p>0,05$   | 2,08            |
|              | 56      | 126,46              | 127,88            | 127,67             | 127,38             | $p>0,05$   | 3,16            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

Plano nutricional 1: 0,9% LISd – sem RAC; plano nutricional 2: 0,9%LISd – com RAC; plano nutricional 3: 1,0% LISd – sem RAC; plano nutricional 4: 1,0%LISd – com RAC. CRD = consumo diário de ração; GPD = ganho de peso diário; CA = conversão alimentar; PV = peso vivo.

Os dados referentes ao consumo diário de lisina digestível (CDLISd), consumo diário de energia metabolizável (CDEM), eficiência de utilização de lisina digestível (EULISd) e eficiência de utilização de energia metabolizável (EUEM) de suínos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais encontram-se representados na Tabela 8.

A utilização de planos nutricionais contendo RAC em sua composição - planos 2 e 4 - resultaram em aumento ( $P<0,05$ ) de 9,5% no CDLISd, quando comparado aos programas alimentares os quais não continham o aditivo na dieta. Por outro lado, a utilização de RAC em planos nutricionais de suínos MIC resultou em redução ( $P<0,05$ ) de 9% na EULISd.

Os planos nutricionais utilizados não influenciaram ( $P>0,05$ ) o CDEM e a EUEM de suínos MIC.

Tabela 8 Consumo diário e eficiência de utilização de lisina digestível e energia metabolizável de suínos, machos imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, alimentados com diferentes planos nutricionais

|                | Período | Planos nutricionais |                     |                    |                    | p          | CV <sup>1</sup> |
|----------------|---------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------|-----------------|
|                |         | 1                   | 2                   | 3                  | 4                  |            |                 |
| CDLISd (g/dia) | 0-56    | 19,08 <sup>B</sup>  | 20,99 <sup>A</sup>  | 19,02 <sup>B</sup> | 21,14 <sup>A</sup> | $P<0,01^*$ | 4,22            |
| EULISd (g/g)   | 0-56    | 45,62 <sup>AB</sup> | 43,79 <sup>BC</sup> | 46,36 <sup>A</sup> | 43,13 <sup>C</sup> | $P<0,01^*$ | 3,52            |
| CDEM (kcal)    | 0-56    | 9686                | 9320                | 9656               | 9384               | $P>0,05$   | 4,12            |
| EUEM (g/kcal)  | 0-56    | 0,124               | 0,131               | 0,126              | 0,129              | $P>0,05$   | 3,47            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

Plano nutricional 1: 0,9% LISd – sem RAC; plano nutricional 2: 0,9%LISd – com RAC; plano nutricional 3: 1,0% LISd – sem RAC; plano nutricional 4: 1,0%LISd – com RAC. CDLISd = consumo diário de lisina digestível; EULISd = eficiência de utilização de lisina digestível; CDEM = consumo diário de energia metabolizável; EUEM = eficiência de utilização de energia metabolizável.

### 3.2 Características de carcaça

Os dados referentes às avaliações das características quantitativas da carcaça de suínos MIC estão representados na Tabela 9.

Não foram observados efeitos ( $P>0,05$ ) dos planos nutricionais para as variáveis PVabate, PCARQ, PCARF, Rcarcaça, PL, AOL e Comp. da carcaça.

Às variáveis ET e CC foram influenciadas ( $P<0,05$ ) em função dos planos nutricionais utilizados. O Rcarne sofreu influência ( $P<0,10$ ) dos planos nutricionais em estudo.

Suínos, machos imunocastrados aos 94 e 123 dias de vida, recebendo dietas com 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da adição de 10 ppm de

RAC na fase de terminação (plano nutricional 2) ou 1,0% de LISd na fase de crescimento, sem suplementação de RAC na fase de terminação (plano nutricional 3), apresentaram redução ( $P<0,05$ ) de 24,5 % na ET, quando comparado com o plano nutricional 1.

Com relação à variável CC, observou-se que, independente do nível de LISd utilizado na fase de crescimento (0,9 ou 1,0% de LISD), a não suplementação de RAC em dietas de suínos na fase de terminação – planos nutricionais 1 e 3, respectivamente – resulta em aumento ( $P<0,05$ ) de 3,8% no CC, quando comparado com o plano nutricional 4. Plano nutricional 2 (0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da adição de RAC na fase de terminação) não difere estatisticamente dos demais planos alimentares.

O fornecimento de dietas contendo 0,9% LISd, seguido de suplementação de 10 ppm de RAC – plano nutricional 2 – resultou em melhora ( $P<0,10$ ) de 4,9% no Rcarne, quando comparado a dietas contendo 0,9 % LISd, sem suplementação de RAC – plano nutricional 1. Planos nutricionais contendo o nível de 1,0 % LISd na fase de crescimento, seguido ou não de suplementação de RAC na fase de terminação – planos nutricionais 3 e 4 - não diferem estatisticamente entre si e entre os demais planos utilizados.

Tabela 9 Característica de carcaça de suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais

|                      | Planos nutricionais |                     |                     |                     | p       | CV <sup>1</sup> |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|-----------------|
|                      | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   |         |                 |
| PVabate, kg          | 126,47              | 127,88              | 127,67              | 126,54              | P>0,05  | 4,51            |
| PCARQ, kg            | 95,10               | 97,31               | 95,96               | 96,08               | P>0,05  | 5,73            |
| PCARF, kg            | 93,63               | 95,60               | 94,32               | 94,43               | P>0,05  | 5,71            |
| Rcarcaça, %          | 75,20               | 76,08               | 75,18               | 75,47               | P>0,05  | 1,32            |
| Rcarne, %            | 58,47 <sup>B</sup>  | 61,51 <sup>A</sup>  | 60,95 <sup>AB</sup> | 60,20 <sup>AB</sup> | 0,068*  | 3,14            |
| ET, mm               | 16,35 <sup>A</sup>  | 11,97 <sup>B</sup>  | 12,71 <sup>B</sup>  | 14,02 <sup>AB</sup> | 0,033*  | 17,53           |
| PL, mm               | 66,21               | 67,27               | 66,32               | 67,91               | p>0,05  | 6,46            |
| AOL, cm <sup>2</sup> | 51,24               | 52,42               | 48,82               | 52,63               | p>0,05  | 8,26            |
| CC, cm               | 103,00 <sup>A</sup> | 99,83 <sup>AB</sup> | 102,17 <sup>A</sup> | 98,67 <sup>B</sup>  | 0,0146* | 2,21            |
| Comp., kg/cm         | 0,91                | 0,95                | 0,92                | 0,96                | p>0,05  | 4,58            |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

Plano nutricional 1: 0,9% LISd – sem RAC; plano nutricional 2: 0,9%LISd – com RAC; plano nutricional 3: 1,0% LISd – sem RAC; plano nutricional 4: 1,0%LISd – com RAC. PVabate = peso vivo ao abate; PCARQ = peso de carcaça quente; PCARF = peso de carcaça fria; Rcarcaça = rendimento de carcaça; Rcarne = rendimento de carne; ET = espessura de toucinho; PL = profundidade de lombo; AOL = área de olho de lombo; CC = comprimento de carcaça; Comp. = compacidade da carcaça.

### 3.3 Composição centesimal da carne

Os resultados referentes à composição centesimal da carne de suínos MIC estão apresentados na Tabela 10.

Os planos nutricionais utilizados não apresentaram efeito (P>0,05) sobre as variáveis analisadas.

Tabela 10 Composição centesimal da carne de suínos machos, imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais

|            | Plano nutricional |       |       |       | p      | CV <sup>1</sup> |
|------------|-------------------|-------|-------|-------|--------|-----------------|
|            | 1                 | 2     | 3     | 4     |        |                 |
| Umidade, % | 74,80             | 74,74 | 74,47 | 74,35 | p>0,05 | 0,55            |
| MM, %      | 1,19              | 1,12  | 1,15  | 1,16  | p>0,05 | 10,22           |
| PB, %      | 20,95             | 21,40 | 20,82 | 21,67 | p>0,05 | 5,92            |
| EE, %      | 4,27              | 4,26  | 4,42  | 4,74  | p>0,05 | 20,71           |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

Plano nutricional 1: 0,9% LISd – sem RAC; plano nutricional 2: 0,9%LISd – com RAC; plano nutricional 3: 1,0% LISd – sem RAC; plano nutricional 4: 1,0%LISd – com RAC. MM =matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo

### 3.4 Viabilidade econômica

Os dados referentes à análise de viabilidade econômica encontram-se na Tabela 11.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos planos nutricionais utilizados sobre as variáveis RB, RL e CT.

Quando adotado o índice de bonificação da carcaça (IB), observou-se que, o fornecimento de dietas contendo nível de 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da adição de 10 ppm de RAC na fase de terminação – plano nutricional 2 – resulta em aumento ( $P<0,05$ ) de 3,2% no IB, quando comparado ao plano nutricional composto por dietas contendo nível de 0,9% LISd na fase de crescimento, sem suplementação de RAC – plano nutricional 1. Planos nutricionais compostos pelo nível de 1,0% de LISd na fase de crescimento, suplementados ou não com RAC na fase de terminação – planos 3 e 4, respectivamente – não diferem estatisticamente ( $P>0,05$ ) entre si e entre os demais planos utilizados.

Por outro lado, a adoção do índice de bonificação não resultou ( $P>0,05$ ) em aumento da RBIB e RLIB.

Tabela 11 Análise econômica de suínos, machos imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, submetidos a diferentes planos nutricionais

|           | Tratamento          |                     |                      |                      | p        | CV <sup>1</sup> |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------|
|           | 1                   | 2                   | 3                    | 4                    |          |                 |
| RB, R\$   | 493,18              | 498,71              | 497,90               | 496,72               | $p>0,05$ | 3,17            |
| RL, R\$   | 141,30              | 147,75              | 144,37               | 143,42               | $p>0,05$ | 8,47            |
| CT, R\$   | 351,89              | 350,97              | 353,53               | 353,35               | $p>0,05$ | 1,34            |
| IB, R\$   | 109,27 <sup>B</sup> | 112,94 <sup>A</sup> | 111,99 <sup>AB</sup> | 111,28 <sup>AB</sup> | 0,046*   | 1,86            |
| RBIB, R\$ | 567,06              | 600,33              | 587,00               | 584,10               | $p>0,05$ | 6,83            |
| RLIB, R\$ | 215,17              | 249,36              | 233,47               | 230,76               | $p>0,05$ | 16,09           |

<sup>1</sup>nível de significância de 5%.

Plano nutricional 1: 0,9% LISd – sem RAC; plano nutricional 2: 0,9%LISd – com RAC; plano nutricional 3: 1,0% LISd – sem RAC; plano nutricional 4: 1,0%LISd – com RAC. RB = receita bruta; RL = receita líquida; CT = custo total; RBIB = receita bruta bonificada; RLIB = receita líquida bonificada; IB = índice de bonificação.

### 3.5 Balanço de nitrogênio

Os resultados de balanço de nitrogênio de suínos machos imunocastrados, em fase de terminação recebendo dietas suplementadas com ractopamina estão demonstrados na Tabela 12.

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os níveis de ractopamina e os períodos avaliados.

A adição de ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados aumentou ( $P<0,05$ ) em 3% o  $N_{\text{ingerido}}$ , em 7,5% a porcentagem de  $N_{\text{retido}}$  e 6,6% a relação  $N_{\text{retido/absorvido}}$  na média dos períodos.

Nos primeiros 14 dias, a quantidade de  $N_{\text{ingerido}}$  e relação  $N_{\text{retido/absorvido}}$  aumentaram ( $P<0,05$ ) em 9% quando da suplementação com ractopamina em

dietas para suínos machos imunocastrados. Embora, as quantidades de  $N_{\text{ingerido}}$  e relação  $N_{\text{ret/abs}}$ , mantiveram-se superiores quando utilizada ractopamina à dieta, com um aumento de 5 e 3%, respectivamente, nota-se que, estes valores foram inferiores aos encontrados no primeiro período experimental.

Em relação ao período experimental, observou-se que, suínos machos imunocastrados, em fase de terminação, apresentaram quantidades inferiores ( $P < 0,05$ ) de  $N_{\text{ingerido}}$  e de  $N_{\text{urina}}$ , e superiores de  $N_{\text{retido}}$  e na relação  $N_{\text{retido/absorvido}}$ , em 2,5; 16; 7 e 7%, respectivamente, nos primeiros 14 dias experimentais, quando comparado aos 14 dias finais.

Tabela 12 Balanço de nitrogênio de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) na fase de terminação (123 aos 150 dias de idade)

|                            | Período 1   |              | Período 2   |              | Probabilidades <sup>2</sup> |         |                 |
|----------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|---------|-----------------|
|                            | 0ppm<br>RAC | 10ppm<br>RAC | 0ppm<br>RAC | 10ppm<br>RAC | RAC                         | Período | RAC*<br>Período |
| $N_{\text{ingerido/dia}}$  | 56,997      | 58,672       | 58,440      | 60,150       | <0,0001*                    | 0,0001* | 0,952           |
| $N_{\text{fecal/dia}}$     | 7,837       | 7,912        | 8,220       | 7,488        | 0,563                       | 0,902   | 0,478           |
| $N_{\text{urina/dia}}$     | 18,318      | 15,825       | 19,885      | 19,820       | 0,179                       | 0,008*  | 0,202           |
| $N_{\text{absorvido, \%}}$ | 86,327      | 86,558       | 85,980      | 87,447       | 0,370                       | 0,772   | 0,512           |
| $N_{\text{retido, \%}}$    | 54,367      | 59,715       | 51,968      | 54,593       | 0,044*                      | 0,055   | 0,463           |
| $N_{\text{ret/abs, \%}}$   | 62,913      | 69,013       | 60,385      | 62,435       | 0,038*                      | 0,023*  | 0,277           |

<sup>1</sup>ep: erro padrão residual; <sup>2</sup>nível de significância de 5%.

Período 1 = 0 aos 14 dias de suplementação de ractopamina à dieta; período 2 = 15 aos 28 dias de suplementação de ractopamina à dieta.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Fase de crescimento

Por se tratar de uma categoria sexual relativamente nova, são poucas as pesquisas destinadas ao estabelecimento das exigências nutricionais destes animais.

Deste modo, comparações entre exigências nutricionais de suínos pertencentes a diferentes categorias sexuais devem ser evitadas, uma vez que animais suínos MI apresentam exigências nutricionais superiores a MIC e, estes por sua vez, aparentam serem superiores a MC e fêmeas (sobretudo no intervalo compreendido entre a primeira e a segunda dose da vacina de imunocastração).

Os níveis de LISd utilizados na fase de crescimento não influenciaram as variáveis de desempenho (CRD, GPD e CA) de suínos, imunocastrados aos 94 dias de vida. Resultados semelhantes foram encontrados por Kiefer, Donzele e Oliveira (2011), os quais trabalhando com níveis entre 0,8 a 1,1% LISd, concluíram não haver influência dos níveis de LISd sobre o GPD e CRD em suínos, imunocastrados aos 107 e 135 dias de idade.

Alguns estudos relatam que as características de desempenho de machos imunocastrados são semelhantes aos dos machos inteiros até que ocorra administração da segunda dose da vacina, onde então, o desempenho dos animais passa a apresentar características de machos castrados (PAULY et al., 2009). Sendo assim, suínos MIC poderiam ser considerados machos inteiros até a segunda imunização (DUNSHEA et al., 2001; PAULY et al., 2009).

No entanto, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a redução de 12% nos níveis de LISd (redução de 1,0% para 0,9% de LISd) não afeta as variáveis de desempenho (CRD, GPD e CA) de suínos submetidos ao processo de imunocastração aos 94 dias de vida (primeira dose da vacina).

Ainda em relação à redução nos níveis de LISd na fase de crescimento de suínos MIC, observou-se que, se por um lado ocorre redução no CDLISd, por outro, há uma melhora na EULISd, aumentando a eficiência de produção animal e reduzindo a poluição ambiental.

O adequado balanço de aminoácidos das dietas tem contribuído para o aumento da retenção corporal de nitrogênio e possibilitado a redução da quantidade total de dejetos produzidos, por meio da redução do consumo de água e da melhora da eficiência alimentar (RELANDEAU; CAUWENBERGHE; LE TUTOUR, 2000), minimizando a poluição ambiental causado pela atividade suinícola.

#### **4.2 Fase de terminação**

Na fase de terminação, 123 aos 150 dias de idade dos animais, o fornecimento de dietas suplementadas com RAC tornou-se uma opção interessante no controle do CRD e na melhora na CA de suínos MIC, não sendo, no entanto, obtidas melhoras nas variáveis GPD e peso final.

Segundo Havel (2000), a ingestão alimentar é influenciada por diversos hormônios, dentre eles a leptina, a qual é produzida proporcionalmente ao acúmulo de tecido adiposo no organismo. As ações catabólicas do tecido adiposo são reguladas pelo sistema nervoso simpático (PÉNICAUD et al., 2000), deste modo, se a inervação simpática for ativada pelos agonistas beta-adrenérgicos, haverá um aumento da expressão gênica da leptina. Deste modo, não inibição da expressão gênica da leptina pelo uso da RAC pode não ter ocorrido com os animais utilizados neste trabalho, justificando, assim, a redução no apetite e consequentemente no CRD.

A redução no CRD na categoria sexual macho imunocastrados, tem sido alvo de estudo por pesquisadores (PAULY et al., 2009; RIKARD-BELL et al.,

2009 uma vez que o processo de imunocastração de suínos, sobretudo a partir da aplicação da segunda dose da vacina, promove uma alteração no comportamento alimentar do animal, estando à produção de testosterona e o consumo de ração negativamente correlacionado em suínos machos não castrados (WEILER et al., 1996).

Como forma de conter o aumento no CRD, Dunshea (2010) recomenda a utilização de RAC, no período de 2 a 3 semanas antes do abate, como alternativa viável econômica e tecnicamente para os suínos MIC. Esta afirmação pode ser comprovada por meio do presente trabalho, no qual demonstra que o fornecimento de dietas suplementadas com RAC resultou em redução de 8,8% CDR, seguido de melhora de 11,6% na CA, quando comparado a não suplementação do aditivo à dieta.

Por outro lado, Barbosa et al. (2012) concluíram que a inclusão de RAC em dietas de suínos MIC não afeta o CRD, mas promove uma melhora no GPD. A melhoria no GPD também é relatada por Rosa et al. (2010), o qual observou que suínos MIC recebendo dietas contendo RAC (5 ou 10 ppm), apresentam aumento no peso final, GPD e melhora na CA.

Moraes et al. (2010) concluíram que a suplementação de 10 ppm de RAC na dieta de suínos MIC prejudica o GPD. No entanto, estes mesmos autores ressaltam que a piora nesta variável pode estar relacionada com a exigência nutricional diferenciada entre as categorias avaliadas, uma vez que, possivelmente, os suínos MIC apresentam exigência aminoacídica semelhante à dos machos inteiros.

Como pode ser observado, há uma divergência entre informações em relação ao fornecimento de dietas contendo RAC para suínos MIC, o que torna necessário maiores estudos que abordem a interação entre as tecnologias de nutrição e manejo, respectivamente.

Com relação ao consumo diário de lisina digestível e energia metabolizável e a eficiência de utilização de lisina digestível e energia metabolizável, observou-se que os ajustes nutricionais realizados nas dietas a fim de otimizar(aperfeiçoar) o efeito da RAC no organismo animal resultaram em alterações nas variáveis nas referidas variáveis.

Se por um lado a adição de RAC em dietas de suínos MIC promoveu redução no CDR, por outro, observou-se aumento de 6% no CDLISd, aumento este que não repercutiu em melhora na EULISd.

O aumento no CDLISd pode ser explicado em função do maior aporte de aminoácidos quando da utilização de RAC. No presente trabalho, dietas contendo RAC sofreram ajuste de 15% nos níveis aminoácídicos, conforme recomendações de Ferreira (dados não publicados/UFLA).

A piora na EULISd pode estar relacionada ao excesso de aminoácidos na dieta, já que o incremento aminoácido não repercutiu em melhora na variável GPD.

O fornecimento de dietas contendo RAC resultou em redução de 6,8% no CDEM, no entanto, em melhora de 8% na EUEM.

Embora dietas contendo RAC tenham sofrido acréscimo nos níveis de energia metabolizável, conforme as recomendações de Barbosa et al. (2012), a redução no CDR impactou o CDEM e a EUEM. A consequência desta redução no CDEM pode ser entendida como positiva dentro da cadeia suinícola, uma vez que as fontes energéticas de alimentação podem ser consideradas onerosas dentro do sistema de produção.

### 4.3 Planos nutricionais

Diante da ausência de informações a respeito das exigências nutricionais de suínos MIC, a utilização de planos nutricionais surge como uma possível alternativa para maximizar o potencial produtivo desta categoria sexual.

Os planos nutricionais utilizados para suínos, machos imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, não promoveram alterações nas variáveis GPD, CRD e peso final. No entanto, observa-se que o plano nutricional constituído fornecimento de dietas com nível 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido de suplementação de RAC na fase de terminação, mostra-se que eficiente na melhora da CA.

A melhora na CA obtida Por meio da utilização do plano nutricional 2 pode ser atribuída principalmente à fase de terminação, uma vez que o fornecimento de RAC por si só resultou em uma redução no CRD e uma melhora na CA, enquanto os níveis de lisina utilizados na fase de crescimento não apresentaram efeito sobre as variáveis de desempenho.

Com relação ao CDLISd, observou-se que independente do nível de LISd utilizado na fase de crescimento, animais que receberam planos nutricionais contendo RAC na dieta apresentaram consumo superior nesta variável analisada. Por outro lado, a utilização de RAC na dieta prejudicou a EULISd. Uma possível explicação para este resultado pode estar relacionada ao baixo CDLISd obtidos neste experimento. Rosa et al. (2010) recomendam que suínos machos imunocastrados, em fase de terminação recebendo dietas contendo RAC apresentem consumo de 23,36 g lisina por dia para que possam expressar todo seu potencial produtivo.

#### 4.4 Característica de carcaça

O delineamento experimental deste trabalho permitiu, somente, avaliar o efeito dos planos nutricionais em dietas de suínos, machos imunocastrados aos 94 e 123 dias de idade.

Os planos nutricionais utilizados não apresentaram efeito sobre as variáveis PVabate, PCARQ, PCARF, RCarça, PL, AOL e Comprimento da carcaça. Por outro lado, a utilização de planos nutricionais em suínos MIC resulta em melhoras significativas nas principais variáveis de interesse comercial, dentre elas a ET, o CC e o Rcarne.

Planos nutricionais compostos pelos níveis 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da suplementação de RAC na fase de terminação (plano nutricional 2) e 1,0% LISd na fase de crescimento, sem suplementação de ractopamina na fase de terminação (plano nutricional 3) apresentaram menor espessura de toucinho.

A redução na ET pode ser explicada, dentre outros fatores, pelo menor consumo diário de energia metabolizável, seguido pela maior eficiência de utilização de energia metabolizável. Na categoria sexual, machos imunocastrados, a redução na ET é algo desejável pela indústria produtora de carne suína, uma vez que os consumidores desejam uma carne com menor teor de gordura na carcaça.

Com relação ao CC, observa-se que planos nutricionais em que não há suplementação de RAC na fase de terminação apresentam maior comprimento de carcaça, resultados estes que contrários aos obtidos por Bridi et al. (2008), os quais concluíram que suínos tratados com RAC apresentam maior CC.

A sobreposição de resultados obtidos quando avaliado o CC pode não ser decorrente em função da suplementação ou não da RAC durante o processo produtivo, e sim, do material genético ou categoria sexual estudada. No caso de

suínos MIC, estes permanecem a maior parte do tempo utilizando-se de seus hormônios testiculares, mais especificamente a testosterona, hormônio este reconhecido pelo seu efeito anabólico na produção animal.

Por fim, observou-se que o Rcarne também foi influenciado pelos planos nutricionais em estudo, sendo o plano nutricional 2 - 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da suplementação de 10 ppm de RAC na fase de terminação - responsável pelo aumento de 5% nesta variável. A melhora desta variável pode ser explicada principalmente em decorrência da diminuição da ET, já que a PL e o PCARQ não diferiram estatisticamente quando da utilização de planos nutricionais.

#### **4.5 Composição centesimal da carne suína**

Os programas nutricionais utilizados no presente estudo não apresentaram efeito sobre as variáveis analisadas. Por se tratar de uma categoria sexual relativamente nova, são poucos ou até mesmo inexistentes os relatos das características nutricionais da carne de suínos MIC.

No entanto, o teor de umidade médio do músculo *Longissimus dorsi* de 74,59%, obtidos Por meio da utilização de planos nutricionais em dietas de suínos MIC, mostraram-se superiores aos encontrados por Estévez, Morcuende e Cava López (2003) e Virgilli et al. (2003), os quais verificaram que a umidade média do músculo *Longissimus dorsi* de suínos MC é de 73%.

A divergência destes resultados pode, em decorrente do aumento na deposição proteica em suínos MIC, e/ ou pelo efeito da utilização de RAC. Dunshea et al. (1993) e Uttaro et al. (1993) constataram maior deposição proteica e maiores teores de umidade no músculo quando do fornecimento de RAC na dieta de suínos.

Não foram observados efeitos dos planos nutricionais em dietas de suínos MIC sobre a variável EE. Carr et al. (2005) e Garbossa et al. (2013) observaram aumento para o extrato etéreo do músculo *Longissimus dorsi* de suínos suplementados com 20 ppm de RAC, podendo este aumento estar relacionado à diminuição do número de receptores, fenômeno este conhecido como “*down – regulation*” (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999).

Com relação aos teores de matéria mineral do músculo *Longissimus dorsi*, há relatos na literatura (ADEOLA et al., 1990; GARBOSSA et al., 2013) de que a inclusão de RAC à dieta de suínos MC tem como consequência a redução nos valores percentuais de matéria mineral da carne. No entanto, como mostrado no presente trabalho, a inclusão de RAC na dieta não altera os teores de matéria mineral do músculo *Longissimus dorsi* de suínos MIC.

#### **4.6 Viabilidade econômica**

Os programas nutricionais utilizados neste estudo não influenciaram as variáveis analisadas quando não adotado o IB da carcaça suína. No entanto, embora não estatisticamente significativo, observa-se que os diferentes planos nutricionais utilizados apresentam diferenças monetárias que podem atingir grande proporção dentro do sistema de produção, como por exemplo, o custo total de produção, que varia até R\$2,56/ animal.

Sistemas de produção em que se adota o IB da carcaça notam-se maior bonificação quando utilizado programas nutricionais constituídos por dietas contendo o nível 0,9% LISd na fase de crescimento, seguido da suplementação de 10 ppm de RAC. Esse resultado pode ser explicado em função da melhor CA, bem como pelo maior Rcarne obtido quando da utilização deste plano nutricional.

No entanto, deve-se ressaltar que esta melhora no IB não repercute, estatisticamente, em melhora na RBIB e na RLIB. Mesmos não havendo diferença significativa, seja no efeito da RAC ou da LISd sobre as variáveis RBT, CT e RL, em econômica de grande escala, quaisquer diferenças de poucos centavos de real, fazem diferença ao produtor.

Em trabalho realizado por Cantarelli et al. (2008) utilizando RAC em dietas de suínos, observou-se maior RBIB, CT e RLIB em animais que consumiram o aditivo na dieta. Barbosa et al. (2012) não observaram efeito da inclusão de RAC sobre a viabilidade econômica do sistema.

Brumatti e Kiefer (2010) ressaltam que a toada de decisão por parte do produtor em relação ao nível de suplementação de RAC na dieta dependerá do tipo de comercialização empregado no sistema. A recomendação técnica da indústria nem sempre condiz com a eficiência econômica do sistema produtivo, necessitando ajuste quanto ao nível nutricional utilizado.

#### **4.7 Balanço de nitrogênio**

O maior aporte de aminoácidos quando utilizado dietas contendo ractopamina é recomendado, visto que, as alterações metabólicas causadas por este aditivo estão ligadas à deposição proteica (APPLE et al., 2004). Portanto, o aumento na ingestão diária de N pode estar relacionado a este aumento do nível de proteína bruta e lisina na dieta, quando os suínos foram suplementados com ractopamina (XIÃO; XU; CHEN, 1999).

Metabolicamente, a suplementação de ractopamina na dieta de suínos melhora a utilização de nitrogênio (N), aumentando a retenção de N (ROSS et al., 2011) e melhorando a relação N retido/ absorvido (CANTARELLI et al., 2009b). Tornando-se assim, uma ferramenta eficaz na diminuição da

concentração de N das fezes e urina e, conseqüentemente, diminuindo a poluição ambiental.

Excesso de produção de dejetos animais pode acarretar em poluição do ar e do solo. A contaminação do ar ocorre com a evaporação de compostos voláteis dos dejetos que por sua vez causam prejuízos ao bem-estar humano e animal (CROMWELL et al., 1996; VOOLBURG, 1991). Anderson, Baekbo e Nielsen (1994) e Cole, Schurink e Koning (1996) constataram que suínos expostos a altos níveis de amônia, embora que, por curto período de tempo, apresentam redução no ganho de peso.

Com relação ao período de suplementação, foi constatado que as quantidades de  $N_{\text{ingerido/dia}}$  e  $NE_{\text{urina}}$  aumentaram nos últimos 14 dias, independente da suplementação ou não de ractopamina à dieta. Esse aumento ocorre em virtude da maior quantidade de alimento fornecido neste período, devido à maior demanda metabólica do animal, estimada com base no peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ).

O decréscimo na  $\%N_{\text{retido}}$ , assim como menor relação na  $\%N_{\text{retido/absorvido}}$  no período 2 (15 a 28 dias experimentais), pode ser devido à redução das respostas celulares em função do fenômeno chamado *down-regulation* ou dessensibilização dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos (MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000). A intensidade da resposta mediada pelo receptor  $\beta$ -adrenérgico celular é reduzida com a exposição prolongada da célula à ractopamina (RUTZ; XAVIER, 1998). O aumento da retenção de nitrogênio, quando utilizadas dietas suplementadas com ractopamina é mais bem pronunciado durante as primeiras semanas do fornecimento do aditivo (HE; BAIDOO; YANG, 2013).

## 5 CONCLUSÕES

Recomenda-se para suínos, machos imunocastrados aos 94 e 122 dias de idade, a utilização de planos nutricionais constituídos pelo nível 0,9% de LISd na fase de crescimento, seguido de suplementação de 10 ppm de RAC na fase de terminação, uma vez que a utilização deste plano resulta em melhora na conversão alimentar, redução na espessura de toucinho, maior rendimento de carne na carcaça e maior índice de bonificação da carcaça.

A ractopamina resulta em melhor aproveitamento de nitrogênio, diminuição da concentração de nitrogênio nas fezes e urina e, conseqüentemente, redução na poluição ambiental.

## REFERÊNCIAS

ADEOLA, O. et al. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. **Jornal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 3633-3641, Nov. 1990.

ANDERSON, M.; BAEKBO, P.; NIELSEN, K. The effect of aerial ammonia on the MIRD complex. In: INTERNATIONAL CONGRESSO PIG VETERINARY SOCIETY, 13., 1994, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: IPVS, 1994. p. 429.

APPLE, J. K. et al. Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, Illinois, v. 23, n. 3, p. 179-196, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15<sup>th</sup> ed. Washington, 1990. 406 p.

BARBOSA, C. E. T. et al. Ractopamine in diets for finishing pigs of different sexual categories. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 5, p. 1173-1179, maio 2012.

BARROS, R. D. A.; OKOSHI, M. P.; CICOGNA, A. C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 72, n. 5, p. 641-648, 1999.

BRIDI, A. M. et al. Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 713-722, jul./set. 2008.  
BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: MIDIOGRAF, 2006. v. 1, 97 p.

BRUMATTI, R. C.; KIEFER, C. Simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 163-171, 2010.

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

\_\_\_\_\_. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. **Acta Science Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 165-171, 2008.

\_\_\_\_\_. Ractopamine for finishing barrows fed restricted or ad libitum diets: performance and nitrogen balance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 12, p. 2375-2382, dez. 2009b.

CARR, S. N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 8, n. 12, p. 2886-2890, Dec. 2005.

COLE, D. J. A.; SCHURINK, G.; KONING, W. J. Ammonia on pig buildings in the Netherlands. **Pig News and Information**, Farnham Royal, v. 17, n. 2, p. 53-56, 1996.

CROMWELL, G. L. et al. Reducing the excretion of nitrogen and phosphorus in growing and finishing pigs by dietary manipulation. In: INTERNATIONAL CONGRESS PIG VETERINARY SOCIETY, 14., 1996, Bologna. **Proceedings...** Bologna: IPVS, 1996. p. 418.

DUNSHEA, F. R. Castration in the swine industry and the impact on growth performance: physical versus vaccination. In: LODON SWINE CONFERENCE, FOCUS ON THE FUTURE, 1., 2010, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: LSC, 2010. p. 85-97.

\_\_\_\_\_. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 11, p. 2919-2930, Nov. 1993.

\_\_\_\_\_. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 10, p. 2524-2535, Oct. 2001.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; CAVA LÓPEZ, R. Physico-chemical characteristics of m. *Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 4, p. 499-506, 2003.

FIALHO, E. T. et al. Efeito do peso vivo sobre o balance de nitrogênio e protéico de rações à base de milho e de sorgo com diferentes conteúdos de tanino para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 8, n. 3, p. 386-397, 1979.

GARBOSSA, C. A. P. et al. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 42, n. 5, p. 325-333, 2013.

GUIDONI, A. L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2000. p. 1-14.

HAVEL, P. J. Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptina production and energy balance. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 59, p. 359-371, 2000.

HE, G.; BAIDOO, S. K.; YANG, Q. **Interactive effect of ractopamine and protein/lysine level on growth performance, carcass characteristics and nutrient utilization in finishing pigs**: swine research project list. Disponível em:  
<<http://sroc.cfans.umn.edu/research/swine/projects/2004SwineNutrition.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2013.

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

KIEFER, C.; JUAREZ, L. D.; OLIVEIRA, R. F. M. Programas nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 9, p. 1955-1960, set. 2011.

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

MORAES, E. et al. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 379-384, fev. 2010.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores beta2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. (Ed.). **Farmacologia aplicada a medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 545-557.

PAULY, C. et al. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, Cambridge, v. 3, p. 1-10, 2009.

PÉNICAUD, L. et al. The autonomic nervous system, adipose tissue plasticity, and energy balance. **Nutrition**, London, v. 16, n. 10, p. 903-908, 2000.

RELANDEAU, C.; CAUWENBERGHE, S. van; LE TUTOUR, L. **Prevenção da poluição por nitrogênio na criação de suínos através de estratégias nutricionais**. São Paulo: Ajinomoto, 2000. 12 p. (Informativo Técnico, 9).

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

ROSA, B. O et al. Efeitos dos níveis de lisina digestível sobre o desempenho de machos imunocastrados dos 97 aos 127 kg. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4., 2010, São Pedro. **Anais...** São Pedro: EDUSP, 2010. 1 CD-ROM.

ROSS, K. A. A. D. et al. The impact of ractopamine hydrochloride on growth and metabolism, with special consideration of its role on nitrogen balance and water utilization in pork production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 7, p. 2243-2256, July 2011.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: UFV, 2011. 201 p.

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

SALES, G. T.; FIALHO, E. T.; VOLPATO, C. E. S. Modificação nas gaiolas metabólicas para experimentos com suínos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS, 26., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p. 249.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

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

VIRGILI, R. et al. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of italian heavy pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 10, p. 2448-2456, Oct. 2003.

VOOLBURG, J. H. **The utilization of animal manure with protection of the environment.** Wageningen: Intitute of Agricultural Engineering IMAG-DLO, 1991. 41 p.

WEILER, U. et al. Influence of the photoperiod and a light reverse programo on metabolically active hormones and food intake in domestic pigs compared with a wild boar. **Canadian Jornal of Animal Science**, Ottawa, v. 76, n. 4, p. 531-539, 1996.

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

ZAMARATSKAIA, G. et al. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, Belfast, v. 43, n. 3, p. 351-359, 2007.

**CAPÍTULO 3 Efeito da ractopamina e da densidade de transporte de suínos machos imunocastrados sobre o bem-estar na produção e qualidade de carne**

## RESUMO

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da ractopamina (RAC) e da densidade de carregamento na etapa de transporte pré-abate sobre os parâmetros fisiológicos relacionados ao bem-estar animal e qualitativo da carne de suínos machos imunocastrados (MIC), em fase de terminação. Foram utilizados 32 animais, com peso final de  $125,94 \pm 7,24$  Kg. O delineamento experimental utilizado foi em inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 2x3, sendo dois níveis de RAC (0 e 10 ppm) e três densidades de carregamento (0,32; 0,39 e 0,49 m<sup>2</sup>/100 kg), totalizando seis tratamentos. Em virtude das condições experimentais, houve um desbalanceamento no número de repetições por tratamento. Foram avaliados os níveis de cortisol, lactato, creatinina, pH<sub>inicial</sub>, pH<sub>final</sub>, perda de peso por cocção (PPC), perda de peso por descongelamento (PPD), textura da carne e padrão de coloração (CIEL\*a\*b\*). Não houve interação (P>0,05) entre as variáveis estudadas. A adição de 10 ppm de RAC da dieta de suínos MIC aumentou (P<0,05) em 16% o nível de creatinina no sangue. A densidade de transporte 0,39 m<sup>2</sup>/100 kg diminuiu (P<0,05) em 20 e 13% o nível de creatinina de suínos MIC, em relação às densidades 0,32 e 0,48 m<sup>2</sup>/100 kg, respectivamente. O nível de lactato no sangue de suínos MIC diminuiu (P<0,05) em 81 e 46% quando os animais foram submetidos à densidade de transporte de 0,39 m<sup>2</sup>/100 kg, em relação às densidades 0,32 e 0,48 m<sup>2</sup>/100 kg, respectivamente. Com relação aos parâmetros qualitativos da carne suína, observou-se que a RAC não altera (P>0,05) o pH<sub>inicial</sub> e pH<sub>final</sub>, a PPC, a PPD e os componentes de cor: a\*, b\*, L\*, c\* e h\* do músculo *Longissimus dorsi*, no entanto, altera (P<0,05) a textura da carne. A densidade de carregamento dos animais tem efeito (P<0,05) apenas sobre a PPD. Por meio do presente trabalho pode-se concluir que embora a RAC não altere o nível de cortisol plasmático no momento pré-abate, mas os altos níveis de lactato e de CPK demonstram o maior estresse físico dos animais quando suplementados com o respectivo aditivo. A qualidade de carne, com exceção da textura, não apresenta alterações significativas quando da utilização de ractopamina. A densidade de carregamento tem efeito direto sobre os parâmetros fisiológicos e qualitativos da carne suína, sendo a densidade de 0,39 m<sup>2</sup>/100 kg a que melhor atende as necessidades dos animais.

Palavras-chave: Ractopamina. Densidade de carregamento. Bem-estar e qualidade de carne.

## ABSTRACT

The present work aimed at evaluating the effect of ractopamine (RAC) and of loading density in the pre-slaughter transportation phase over physiological parameters related to animal welfare and the quality of the meat of immunocastrated male (ICM) pigs in finishing phase. Thirty two animals with final weight of  $125.94 \pm 7.24$  kg were used. The experimental design was completely randomized, in a 2x3 factorial arrangement, with two levels of RAC (0 and 10 ppm) and three loading densities (0.32, 0.39 and 0.49 m<sup>2</sup>/100 kg), in a total of six treatments. Due to the experimental conditions, there was an unbalancing in the number of replicates per treatment. The levels of cortisol, lactate, creatinine,  $\text{initial pH}$ ,  $\text{final pH}$ , weight loss by cooking (WLC), weight loss by thawing (WLT), meat texture and coloring pattern (CIEL\*a\*b\*) were evaluated. There was no interaction ( $P > 0.05$ ) between the studied variables. The addition of 10 ppm of RAC in the diet of ICM pigs increased ( $P < 0.05$ ) the level of blood creatine in 16%. The transport density of 0.39 m<sup>2</sup>/100 kg decreased ( $P < 0.05$ ) in 20 and 13% the level of creatinine in ICM pigs in relation to the densities of 0.32 and 0.48 m<sup>2</sup>/100kg, respectively. The level of blood lactate of ICM pigs decreased ( $P < 0.05$ ) in 81 and 46% when the animals were submitted to the transport density of 0.39 m<sup>2</sup>/100 kg in relation to the densities of 0.32 and 0.49 m<sup>2</sup>/100 kg, respectively. In regard to pig meat qualitative parameters, it was observed that RAC does not alter ( $P > 0.05$ )  $\text{initial pH}$ ,  $\text{final pH}$ , WLC, WLT and the color components: a\*, b\*, L\*, c\* and h\* of the *Longissimus dorsi* muscle. However, it alters ( $P < 0.05$ ) meat texture. The loading density presents effect ( $P < 0.05$ ) only over WLT. With the present work, we may conclude that, though RAC does not alter blood cortisol levels in the pre-slaughter moment, the high levels of lactate and CPK show larger physical stress of the animals when supplied with the respective additive. Meat quality, with exception to the texture, does not present significant alterations with the use of ractopamine. The loading density presents direct effect over physiological and qualitative parameters of pig meat, with the density of 0.39m<sup>2</sup>/100 kg that which better meets the animals' needs.

Key-words: Ractopamine. Loading density. Welfare. Meat quality.

## 1 INTRODUÇÃO

Com crescente preocupação nos meios técnico-científicos, motivados pela cobrança do mercado consumidor, o tema bem-estar animal vem se destacando no complexo suinícola, sendo considerado, juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, os três maiores desafios da suinocultura moderna. Atento a este novo panorama, o complexo agroindustrial da carne suína passou a investir em tecnologias nas áreas de manejo e nutrição, como forma de proporcionar ao consumidor final um produto em quantidade e, sobretudo de qualidade, mas que, no entanto, não comprometa o bem-estar dos animais, evitando assim que se torne uma barreira ao sistema produtivo.

Dentre as novas tecnologias empregadas durante a etapa de manejo, destaca-se a imunocastração de suínos machos inteiros. Este método consiste na aplicação de vacinas contendo uma forma modificada de GnRH conjugada a uma proteína, a qual induz a formação de anticorpos direcionados contra o GnRH (ZAMARATSKAIA et al., 2007), interrompendo, assim, o eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal. Em termos práticos, a castração imunológica de suínos machos inteiros, trata-se de uma prática menos invasiva e estressante ao animal.

Nutricionalmente, a utilização de ractopamina em dietas de suínos em fase de terminação tem se tornado uma prática usual dentro do sistema de produção, uma vez que altera o metabolismo do animal desviando nutrientes para características desejáveis (PALERMO NETO, 2002), repercutindo em melhoras no desempenho (AMARAL et al., 2009; BARBOSA et al., 2012; CANTARELLI et al., 2009; MORAES; KIEFER; SILVA, 2010) e quantidade de carne na carcaça (ALMEIDA et al., 2010; AMARAL et al., 2009; CANTARELLI et al., 2009). No entanto, há poucas informações na literatura mostrando os efeitos deste aditivo sobre o bem-estar de suínos. Independente do

sexo, a adição de ractopamina tende a alterar os padrões fisiológicos e comportamentais dos animais (POLLETO et al., 2010).

O manejo pré-abate dos animais, também se tornou uma fonte de preocupação ao complexo suinícola, devido à capacidade de comprometimento de todo processo produtivo. Considerada um dos momentos mais críticos para o bem-estar animal, o manejo pré-abate expõe os animais a novos fatores ambientais, tais como dificuldade no embarque e desembarque, barulho, vibrações, mudanças bruscas de velocidade do caminhão e variações da temperatura ambiente, tempo de transporte e densidade animal (LUDKE et al., 2009).

A densidade de carregamento durante o transporte pré-abate dos animais contribui de forma significativa com o aumento do estresse animal. A recomendação para suínos em fase de terminação, de 90 a 100 kg de peso vivo é de 250 kg/m<sup>2</sup> (0,40 m<sup>2</sup>/100 kg) (LUDKE et al., 2009). Densidade esta inferior à recomendada por Dalla Costa et al. (2007), que sugere 0,45 m<sup>2</sup>/100 kg, podendo, ainda, esta variar conforme as condições climáticas, física e genética dos animais.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o bem-estar animal e a qualidade da carne de suínos, machos imunocastrados, recebendo dietas contendo ractopamina e submetidos à diferentes densidades no transporte pré-abate.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Animais e instalações**

Para análise dos parâmetros fisiológicos de estresse e qualitativos da carne, foram utilizados 32 suínos, machos imunocastrados aos 94 e 123 dias de vida, com peso médio final de  $125,94 \pm 7,240$  kg, os quais foram submetidos às diferentes densidades durante o transporte pré-abate (0,32; 0,39 e 0,49 m<sup>2</sup>/100 kg).

### **2.2 Delineamento**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x3, sendo dois níveis de ractopamina (0 e 10 ppm) e três densidades de carregamento no transporte para o frigorífico (0,32; 0,39 e 0,49 m<sup>2</sup>/100 kg), totalizando seis tratamentos. Em virtude das condições experimentais, houve um desbalanceamento no número de repetições por tratamento, onde a maior densidade (0,32 m<sup>2</sup>/100 kg) foi composta por 16 repetições, enquanto as menores densidades apresentavam oito repetições cada uma, totalizando 32 animais.

### **2.3 Dietas experimentais**

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas a base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos.

Em decorrência da ausência de informações a respeito das exigências nutricionais de suínos machos imunocastrados, as dietas experimentais tiveram como base às recomendações nutricionais para suínos machos inteiros de alto

potencial genético e desempenho médio dos 70 aos 100 kg de peso vivo, descritas nas Tabelas Brasileira de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011). As exigências de minerais e vitaminas foram estabelecidas de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011), enquanto que, os níveis de proteína bruta, aminoácidos e energia metabolizável foram ajustados em função do consumo de ração diário esperado para a fase (3,600 kg ração/dia).

A partir da estimativa de consumo de ração esperado para a fase de terminação, levaram-se em consideração as seguintes informações: suínos MIC recebendo dietas contendo RAC devem apresentar consumo de 22,46 g de LISd/dia (ROSA et al., 2010); dietas contendo RAC devem sofrer ajuste de 15% nos níveis aminoacídicos (FERREIRA – dados não publicados/UFLA); dietas contendo RAC devem apresentar níveis entre 3300 a 3450 kcal de EM (BARBOSA et al., 2012).

Tabela 1 Composição das dietas experimentais para suínos, machos imunocastrados dos 70 aos 120 kg de peso vivo

| Ingredientes (%)            | Terminação |         |
|-----------------------------|------------|---------|
|                             | Sem RAC    | Com RAC |
| Milho                       | 77,518     | 75,375  |
| Farelo de Soja              | 18,763     | 20,681  |
| Óleo de Soja                | 1,435      | 1,569   |
| Fosfato Bicálcico           | 0,815      | 0,803   |
| Calcário Cálcico            | 0,537      | 0,534   |
| Sal comum                   | 0,329      | 0,329   |
| Premix <sup>1</sup>         | 0,500      | 0,500   |
| DL-Metionina 99             | 0,000      | 0,008   |
| L-Lisina HCL 78             | 0,041      | 0,112   |
| Tilosina <sup>2</sup>       | 0,040      | 0,040   |
| Caulim                      | 0,022      | 0,000   |
| Ractosuin <sup>3</sup>      | 0,000      | 0,050   |
| Total                       | 100,00     | 100,00  |
| <b>Composição Calculada</b> |            |         |
| Proteína bruta (%)          | 14,61      | 15,31   |
| EM (kcal/kg)                | 3300       | 3330    |
| Lisina digestível (%)       | 0,650      | 0,750   |
| Metionina digestível (%)    | 0,217      | 0,233   |
| Treonina digestível (%)     | 0,496      | 0,521   |
| Triptofano digestível (%)   | 0,144      | 0,153   |
| Fósforo disponível (%)      | 0,231      | 0,231   |
| Cálcio (%)                  | 0,474      | 0,474   |

<sup>1</sup> Premix mineral e vitamínico (composição, por kg de produto): cálcio, 98.800 mg; cobalto, 185 mg; cobre, 15,750 mg; ferro, 26.250 mg; iodo, 1.470 mg; manganês, 41.850 mg; zinco, 77.999 mg.; ácido fólico, 116,55 mg; ácido pantotênico, 2.333,5 mg; biotina, 5,28 mg; niacina, 5.600 mg; piridoxina, 175 mg; riboflavina, 933,3 mg; tiamina, 175 mg; Vit. A, 1.225.000 U.I.; Vit. D<sub>3</sub>, 315.000 U.I.; Vit. E, 1.400 mg; Vit. K<sub>3</sub>, 700 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 6.825 mg; selênio, 105 mg; antioxidante: 1.500 mg.

<sup>2</sup> Tylan G 250 Elanco<sup>®</sup>

<sup>3</sup> Cloridrato de Ractopamina a 2,05%.

## 2.4 Procedimento experimental

Os suínos machos imunocastrados, provenientes da avaliação do desempenho, foram pesados e separados em função da suplementação ou não de ractopamina na dieta e nas densidades de carregamento, pré-determinadas em 0,32; 0,39 e 0,49 m<sup>2</sup>/100 kg. O período de avaliação do fornecimento ou não de ractopamina para os animais foi de 28 dias. Realizado estes procedimentos, os animais foram submetidos a um período de jejum de 12 horas (livre acesso à água).

No momento do embarque, os animais foram manejados de forma consciente, em grupos de no máximo seis animais, com auxílio de tábuas de contenção e equipe treinada.

Os animais foram embarcados em caminhão marca Volkswagen trucado modelo 12.140, ano 1999, dotado de carroceria metálica, compartimentalizada, seis gaiolas/ andar (dimensões de 1,98 e 2,48 m<sup>2</sup>). Uma vez embarcado, os animais foram transportados até frigorífico certificado pelo Sistema de Inspeção Federal (SIF), localizado no município de Lavras – MG, sendo o trajeto percorrido até o frigorífico realizado em uma hora e vinte minutos (52 km).

No frigorífico, os animais foram desembarcados seguindo protocolo de manejo determinado pelo SIF, onde os animais foram retirados do caminhão utilizando-se, apenas, pistola de ar comprimida (objetivo de efeito sonoro) e em seguida manejada com o auxílio de tábuas de contenção, de modo a facilitar a condução dos animais até as baias de descanso. Nestas baias, os animais passaram por um período de descanso de três horas, respeitando a densidade mínima de 0,75 m<sup>2</sup>/100 kg, com livre acesso a água.

Terminado o período de descanso, os animais foram conduzidos em lotes de seis animais por vez para o *restrainer* e posteriormente insensibilizados por meio de eletronarcose. No momento da sangria, amostras de sangue foram

coletadas, para avaliação dos parâmetros fisiológicos que caracterizam o estresse, como dosagem do hormônio cortisol e atividade das enzimas lactato-oxidase e creatina fosfoquinase, segundo metodologia descrita por Athayde et al. (2011).

Após o preparo das carcaças foi aferido o pH aos 45 minutos. Em seguida, as carcaças foram acondicionadas em câmaras frias por um período de 24 horas. Decorridas às 24 horas de resfriamento em câmara fria, procedeu-se a avaliação do pH final (24 horas) e coleta de amostras do músculo *Longissimus dorsi* (lado esquerdo da carcaça) para determinação de características físico-químicas da qualidade da carne. Amostras do músculo *Longissimus dorsi* também foram coletadas e congeladas em freezer para posterior avaliação de perda de peso por descongelamento, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento, segundo metodologia descrita por Bridi e Silva (2006).

## **2.5 Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o PROC GLM do programa computacionais Software Stastiscical Analysis System® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2001). Quando houve diferença significativa pelo teste F ( $P < 0,05$ ), os tratamentos foram estudados Por meio de teste de média (Tukey).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Parâmetros fisiológicos de estresse

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros fisiológicos que caracterizam o estresse.

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os níveis de ractopamina e as densidades de transporte no manejo pré-abate de suínos machos imunocastrados, para as variáveis fisiológicas de bem-estar animal.

A adição de 10 ppm de ractopamina da dieta de suínos machos imunocastrados aumentou ( $P<0,05$ ) em 16% o nível de creatinina no sangue. Nota-se, também, tendência ( $P<0,10$ ) de a ractopamina atuar sobre a produção de lactato no músculo, sendo observado aumento de 26% quando de sua utilização, comparada a dieta sem o respectivo aditivo.

A densidade de transporte também influenciou ( $P<0,05$ ) o nível de creatinina e lactato.

A densidade de transporte 0,39 m<sup>2</sup>/100 kg diminuiu ( $P<0,05$ ) em 17 e 12% o nível de creatina de suínos machos imunocastrados, em relação às densidades 0,32 e 0,48 m<sup>2</sup>/100 kg, respectivamente.

O nível de lactato no sangue de suínos machos imunocastrados, diminuiu ( $P<0,05$ ) em 45 e 32% quando os animais foram submetidos à densidade de transporte de 0,39 m<sup>2</sup>/100 kg, em relação às densidades 0,32 e 0,48 m<sup>2</sup>/100 kg, respectivamente.

Tabela 2 Parâmetros fisiológicos de estresse de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.)

|                       | 0,32 m <sup>2</sup> /100 kg<br>Dens. |               | 0,39 m <sup>2</sup> /100 kg<br>Dens. |               | 0,48 m <sup>2</sup> /100<br>kg<br>Dens. |               | epr <sup>1</sup> | Probabilidades <sup>2</sup> |       |                |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|---|---------------|------------------|-----------------------------|-------|----------------|
|                       | 0 ppm<br>RAC                         | 10 ppm<br>RAC | 0 ppm<br>RAC                         | 10 ppm<br>RAC | 0<br>ppm<br>RAC                         | 10 ppm<br>RAC |                  | RAC                         | Dens. | RAC *<br>Dens. |
| Lactato<br>(mg/dL)    | 67,61                                | 95,14         | 40,63                                | 48,85         | 54,78                                   | 75,93         | 14,975           | 0,101                       | 0,030 | 0,760          |
| Creatinina<br>(mg/dL) | 1,76                                 | 1,98          | 1,38                                 | 1,73          | 1,60                                    | 1,93          | 0,117            | 0,002                       | 0,016 | 0,752          |
| Cortisol<br>(mcg/dL)  | 5,99                                 | 6,34          | 5,55                                 | 5,70          | 5,85                                    | 6,15          | 1,079            | 0,743                       | 0,848 | 0,994          |

<sup>1</sup>epr: erro padrão residual; <sup>2</sup>nível de significância de 5%.

### 3.2 Qualidade de carne

Os resultados referentes à avaliação qualitativa da carne suína, de machos imunocastrados, esta representada na tabela 2.

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de ractopamina e as densidades de transporte no manejo pré-abate dos animais.

A adição de ractopamina em dietas de suínos machos imunocastrados, em fase de terminação não altera ( $P > 0,05$ ) o pH<sub>inicial</sub>, o pH<sub>final</sub>, a PPC, a PPD e os componentes de cor: a\*, b\*, L\*, c\* e h\* do músculo *Longissimus dorsi*. No entanto, observou-se aumento de 13% na textura da carne, em comparação a carne de suínos não suplementados com este aditivo. A inclusão de ractopamina a dieta apresentou tendência ( $P < 0,10$ ) na redução de 2% no valor do pH<sub>inicial</sub>.

No transporte pré-abate dos animais, a densidade de carregamento dos animais tem efeito ( $P < 0,05$ ) apenas sobre a PPD. Densidade de 0,48 m<sup>2</sup>/100 kg reduz ( $P < 0,05$ ) em 15 e 23% a PPD em relação às densidades 0,32 e 0,39 m<sup>2</sup>/100

kg, respectivamente. A densidade de transporte de suínos machos imunocastrados de 0,39 m<sup>2</sup>/100 kg tende (P<0,10) a elevar o pH<sub>inicial</sub> da carne.

Tabela 3 Qualidade de carne de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.)

|                       | 0,32 m <sup>2</sup> /100 kg |               | 0,39 m <sup>2</sup> /100 kg |               | 0,48 m <sup>2</sup> /100 kg |               | epr <sup>1</sup> | Probabilidades <sup>2</sup> |        |        |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|------------------|-----------------------------|--------|--------|
|                       | Dens. 1                     |               | Dens.                       |               | Dens.                       |               |                  | RAC                         | Dens.  | RAC*   |
|                       | 0 ppm<br>RAC                | 10 ppm<br>RAC | 0 ppm<br>RAC                | 10 ppm<br>RAC | 0 ppm<br>RAC                | 10 ppm<br>RAC |                  |                             |        |        |
| pH <sub>inicial</sub> | 5,91                        | 5,97          | 6,23                        | 6,04          | 6,09                        | 5,82          | 0, 103           | 0, 094                      | 0, 097 | 0, 156 |
| pH <sub>final</sub>   | 5,51                        | 5,54          | 5,50                        | 5,52          | 5,52                        | 5,53          | 0, 024           | 0, 278                      | 0, 700 | 0, 808 |
| PPC                   | 28,63                       | 28,72         | 26,67                       | 30,23         | 27,28                       | 27,98         | 2, 296           | 0, 407                      | 0, 871 | 0, 685 |
| PPD                   | 13,10                       | 14,41         | 16,57                       | 14,37         | 12,23                       | 11,60         | 1, 160           | 0, 579                      | 0, 020 | 0, 271 |
| Textura               | 6,36                        | 6,67          | 6,38                        | 8,12          | 6,86                        | 7,72          | 0, 590           | 0, 044                      | 0, 239 | 0, 401 |
| L*                    | 56,27                       | 55,49         | 56,24                       | 56,17         | 56,70                       | 56,36         | 0, 704           | 0, 480                      | 0, 601 | 0, 841 |
| a*                    | 1,24                        | 1,02          | 1,01                        | 0,51          | 0,55                        | 1,13          | 0, 279           | 0, 838                      | 0, 284 | 0, 165 |
| b*                    | 11,64                       | 11,55         | 11,37                       | 11,11         | 11,48                       | 12,02         | 0, 347           | 0, 801                      | 0, 335 | 0, 471 |
| c*                    | 11,71                       | 11,64         | 11,41                       | 11,13         | 11,49                       | 12,10         | 0, 360           | 0, 751                      | 0, 318 | 0, 437 |
| h*                    | 84,11                       | 85,18         | 85,01                       | 87,45         | 87,28                       | 86,41         | 1, 132           | 0, 339                      | 0, 094 | 0, 407 |

PPC = perda de peso por cocção; PPD = perda de peso por descongelamento; L\* = luminosidade; a\* = vermelho - verde; b\* = amarelo - azul; c\* = saturação; h\* tonalidade.  
<sup>1</sup>epr: erro padrão residual; <sup>2</sup>nível de significância de 5%.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros fisiológicos de estresse

Fisiologicamente, a avaliação do estresse animal pode ser feita por meio da dosagem do hormônio cortisol e atividade das enzimas lactato-oxidase e creatina-quinase. Segundo Warriss et al. (1998), o cortisol plasmático, está diretamente associado com estresse psicológico, enquanto lactato ou creatina fosfoquinase com estresse físico.

Embora pouco descrito na literatura, tem-se adotado que, suínos abatidos em condições estressantes trazem resultados de cortisol próximos a 17,02 mcg/dL e, em situações de mínimo estresse, 7,62 mcg/dL. Ludke et al. (2012), avaliando o bem-estar animal durante etapa de manejo pré-abate, obtiveram valores médios de cortisol de 8,55 mcg/dL, lactato 98,56 mg/ dL e CPK de 1, 2231 mg/dL<sup>1</sup>, valores estes, segundo os autores, insuficientes para causarem queda no bem-estar animal e provocarem alterações na musculatura.

Neste sentido, o presente trabalho demonstra que a utilização de ractopamina em dietas de suínos machos imunocastrados, não resulta em comprometimento do bem-estar animal, mas, no entanto, o estresse físico se torna evidente, podendo resultar em comprometimento das variáveis qualitativas da carne.

Athayde et al. (2011), ao avaliarem os parâmetros fisiológicos de suínos suplementados com ractopamina em condições de produção comercial, constataram que, embora não haja efeito deste aditivo sobre os níveis de cortisol e lactato, há aumento nos níveis de creatina fosfoquinase, indicando assim ocorrência de lesões musculares.

Palermo Neto (2002) relatou que os agonistas beta-adrenérgicos são capazes de aumentar os níveis sanguíneos de lactato, sendo um indicador da

ocorrência de glicogenólise muscular. Agostini et al. (2011) constataram ainda que, na medida em que há aumento nos níveis de ractopamina nas dietas, há aumento nos níveis séricos de lactato.

O aumento nos níveis de creatinina quando da suplementação de ractopamina, pode ser atribuído a dois fatores. Primeiro, credita-se este aumento à hipertrofia no diâmetro das fibras musculares, causado pela ação dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos, uma vez que para ocorrer aumento no diâmetro destas, são causadas microlesões, o que pode ter estimulado a liberação e a atividade da enzima CPK. Outro fator seria a suposição de que animais que recebem ractopamina possuem maior susceptibilidade ao estresse, como constatado por Marchant-Forde et al. (2003), os quais atribuem a este aditivo, possíveis alterações comportamentais e agitações nos animais.

A densidade de carregamento durante o transporte pré-abate, assim como a utilização de ractopamina, também promove alterações nos padrões fisiológicos dos animais. Segundo Guise e Penny (1989), as altas densidades de carregamento pode ocasionar em aumento nas brigas e conseqüentemente em maior incidência de danos na pele do animal. Por outro lado, uma densidade muito baixa pode fazer com que os suínos sejam jogados de um lado para o outro enquanto estiverem em pé. Assim, a recomendação básica descrita por Driessse e Geers (2000) é a densidade ideal para suínos é aquela que permita aos animais se sentarem ou deitarem durante o transporte.

No presente trabalho, a densidade de carregamento intermediária (0,39 m<sup>2</sup>/100 kg) resultou em menores níveis séricos do hormônio cortisol, bem como em menores atividades das enzimas lactato e creatina-quinase. Densidade esta semelhante à recomendada por Ludke et al. (2009) e inferior à recomendada por Dalla Costa et al. (2007), que sugere 0,45 m<sup>2</sup>/100 kg, podendo, ainda, esta variar conforme as condições climáticas, física e genética dos animais.

## 4.2 Qualidade de carne

A inclusão ou não de ractopamina à dieta de suínos, machos imunocastrados não promoveu alterações nas variáveis:  $pH_{final}$ , PPC, PPD e valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  e  $h^*$ , no entanto, nota-se uma tendência de menores valores de  $pH_{inicial}$ , e de aumento na textura da carne, quando adicionado a RAC na dieta.

A partir dos valores de  $pH_{inicial}$ ,  $pH_{final}$  e  $L^*$  obtidos no presente trabalho e, comparando com o Método de classificação de carne suína em normal, PSE, DFD e RN, descrita por Bridi e Silva (2006), pode-se inferir que, independente da suplementação ou não de ractopamina à dieta, as carnes de suínos MIC apresentaram tendência a serem classificadas em PSE. Segundo estes autores, carne suína é classificada como PSE quando apresentarem valor de  $pH_{inicial}$  inferior a 5,8,  $pH_{final}$  igual ou menor que 5,6 valores de  $L^*$  maior que 50 e perda de água por gotejamento maior que 5%.

Valores de  $L^*$  aumentados estão diretamente relacionados ao baixo  $pH_{final}$  da carne, decorrente do rápido consumo de glicogênio anaerobicamente, resultando em grande produção de ácido lático. O acúmulo do ácido lático iniciará a desnaturação das proteínas da carne, resultando em maior perda de água e maior reflexão da luz, conferindo aparência pálida (JUNCHER et al., 2001).

A carne PSE apresenta as propriedades funcionais alteradas frente à rápida glicólise, a qual acelera a queda do pH muscular nas primeiras horas, enquanto a temperatura da carcaça ainda esta alta, o que leva à desnaturação das proteínas musculares (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999). Com o rápido declínio do pH *post-mortem*, a composição celular e extracelular das fibras musculares é alterada, resultando em redução de grupos reativos disponíveis

para reter água nas proteínas, por isso, a carne PSE tem aspecto exudativo, o que leva a diminuição da maciez da carne (GAYA; FERRAZ, 2006).

Não foram observadas alterações significativas nos valores de coloração  $a^*$  e  $b^*$ , quando fornecidas dietas suplementadas com RAC. Estes resultados estão de acordo com Dunshea et al. (1993), os quais concluíram que a ractopamina não promove alteração sobre a variável teor de vermelho ( $a^*$ ) e teor de amarelo ( $b^*$ ). Por outro lado, resultados contrários aos encontrados são apresentados por Patience et al. (2009), os quais observaram menores valores nestas variáveis quando fornecido dietas com 5 ppm de RAC, indicando assim, mudança de cor, com diminuição da intensidade de cor vermelha e amarela.

Com relação à textura da carne, a qual pode ser alterada em decorrência de variação do  $pH_{inicial}$ , como citado anteriormente, também pode ser influenciada Por meio da utilização de aditivos adicionados à dieta.

Apple et al. (2007) e Wood, Wiseman e Cole (1994) relatam que o uso de agonistas  $\beta$ -adrenérgicos em suínos leva à obtenção de uma carne menos macia. O aumento na textura da carne é resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou, possivelmente, pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína, que, em decorrência da eficiência de crescimento magro, apresenta-se mais baixa, resultando em menor degradação *post mortem* da proteína miofibrilar (WOOD; WISEMAN; COLE, 1994).

As densidades de carregamento, não influenciaram as variáveis,  $pH_{final}$ , PPC, textura e valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$ , no entanto, em virtude do maior esforço do animal causado em decorrência de brigas ou quedas durante o transporte, nota-se uma tendência de  $pH_{inicial}$  mais baixo tanto na densidade mais alta, quando na mais baixa, sendo a densidade intermediária (0,39  $m^2/100$  kg) a que apresenta uma queda moderada no pH, o que é ideal no processo de transformação de músculo em carne.

Ao analisar os valores de  $pH_{\text{inicial}}$ , com os parâmetros fisiológicos relacionados ao estresse animal, percebe-se uma influência direta do  $pH_{\text{inicial}}$  com os níveis de lactato.

A perda de peso por descongelamento (PPD) foi influenciada pela densidade de carregamento, sendo a densidade intermediária ( $0,39 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ ) a que apresentou maior porcentagem de perda. No entanto, é possível notar que esta perda de água está diretamente relacionada com o  $pH_{\text{inicial}}$  da carcaça, uma vez que nesta densidade, o pH encontra-se acima de 6, o que reduz a quantidade de perda de água nas primeiras horas após o abate do animal, aumentando, assim, a possibilidade de maior perda de água durante o descongelamento.

O ângulo de tonalidade da carne ( $h^*$ ) foi influenciado pela densidade de carregamento no transporte pré-abate dos animais. O ângulo de tonalidade ( $h^*$ ), dado em função da fórmula  $h^* = \arctan(b^*/a^*)$ , permite estimar a posição de uma amostra no sólido de cor. O sólido de cor é dividido em quadrantes, e a interpretação das diferenças de tonalidade, pode ser feita da seguinte forma: vermelho ( $330^\circ$  a  $25^\circ$ ), laranja ( $25^\circ$  a  $70^\circ$ ), amarelo ( $70^\circ$  a  $100^\circ$ ), verde ( $100^\circ$  a  $200^\circ$ ), azul ( $200^\circ$  a  $295^\circ$ ) e violeta ( $295^\circ$  a  $330^\circ$ ). A partir desta explicação, pode-se observar que as densidades utilizadas na etapa de transporte pré-abate dos animais, resultam em uma carne com padrão de cor mais amarelada.

## **5 CONCLUSÕES**

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, é possível concluir que a utilização de ractopamina em dietas de suínos machos imunocastrados, bem como a densidade de carregamento durante o manejo pré-abate dos animais, não afetam os parâmetros fisiológicos que caracterizam o estresse animal, preservando-se assim a qualidade de carne.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINI, P. S. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 60, n. 231, p. 659-670, 2011.

ALMEIDA, E. C. et al. Ractopamina e níveis de lisina no desempenho e nas características de carcaça de suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 9, p. 1961-1968, set. 2010.

AMARAL, N. O. et al. Cloridrato de ractopamina em rações formuladas para suínos machos castrados ou para fêmeas na fase dos 94 aos 130 kg. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 8, p. 1494-1501, ago. 2009.

APPLE, J. K. et al. Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, Illinois, v. 23, n. 3, p. 179-196, 2004.

ATHAYDE, N. B. et al. **Parâmetros fisiológicos do estresse e lesões de suínos suplementados com ractopamina em condições de produção comercial**. Concordia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2011. 6 p (Comunicado Técnico, 487). Disponível em:  
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50856/1/publicacao-487.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

BARBOSA, C. E. T. et al. Ractopamine in diets for finishing pigs of different sexual categories. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 5, p. 1173-1179, maio 2012.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: MIDIOGRAF, 2006. v. 1, 97 p.

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

DALLA COSTA, O. A. et al. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. **Livestock Science**, New York, v. 107, n. 1, p. 29-36, 2007.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 5, p. 743-746, 1999.

DRISSEN, B.; GEERS, R. **Estresse durante o transporte e qualidade da carne suína: uma visão europeia**. Brasília: EMBRAPA, 2000. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais00cv\\_driessen\\_pt.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_driessen_pt.pdf)>. Acesso em: 7 fev. 2013.

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

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 349-356, jan./fev. 2006.

GUISE, H. J.; PENNY, R. H. C. Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs. **Animal Production**, Edinburgh, v. 49, p. 511-515, 1989.

JUNCHER, D. et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. **Meat Science**, Barking, v. 58, n. 4, p. 347-357, 2001.

LUDTKE, C. B. et al. Bem-estar animal no manejo pré-abate e a influência na qualidade da carne suína e nos parâmetros fisiológicos do estresse. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 532-537, mar. 2012.

\_\_\_\_\_. **Bem-estar animal no transporte de suínos e sua influência na qualidade da carne e nos parâmetros fisiológicos do estresse**. Concórdia: EMBRAPA, 2009. 8 p. (Comunicado Técnico, 475).

MARCHANT-FORDE, J. N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 416-422, Feb. 2003.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 379-384, fev. 2010.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores beta2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. (Ed.). **Farmacologia aplicada a medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 545-570.

PATIENCE, J. F. et al. Effect of ractopamine supplementation of swine finishing diets on growth performance, carcassa composition and ultimate por quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, n. 1, p. 53-66, Jan. 2009.

POLETO, R. et al. Aggressiveness and brain amine concentration in dominant and subordinate finishing pigs fed the  $\beta$ -adrenoreceptor agonist ractopamine. **Journal of animal Science**, Champaign, v. 88, n. 9, p. 3107-3120, Sept. 2010.

ROSA, B. O et al. Efeitos dos níveis de lisina digestível sobre o desempenho de machos imunocastrados dos 97 aos 127 kg. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4., 2010, São Pedro. **Anais...** São Pedro: EDUSP, 2010. 1 CD-ROM.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 2011. 201 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **System for Microsoft Windows**. Release 8.2. Cary, 2001. 1 CD-ROM.

WARRISS, P. D. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. **Veterinary Record**, London, v. 142, n. 17, p. 449-454, 1998.

WOOD, J. D.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. (Ed.). **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University, 1994. p. 433-456.

ZAMARATSKAIA, G. et al. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, Belfast, v. 43, n. 3, p. 351-359, 2007.

## ANEXOS

Tabela 1 Análise de variância para peso (Kg), ganho de peso (Kg/dia), consumo de ração (kg) e conversão alimentar de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de lisina digestível (LISd) na fase de crescimento

|  | GL | SQ       | QM       | F        | Pr>F   | CV   |
|--|----|----------|----------|----------|--------|------|
| <b>Peso inicial</b>                                  |    |          |          |          |        |      |
| Planos   | 1  | 0,0301   | 0,0301   | 1,833    | 0,1936 |      |
| Bloco  | 5  | 274,7104 | 59,9421  | 3344,480 | 0,0000 | 0,22 |
| Erro   | 17 | 0,2792   | 0,0164   |          |        |      |
| <b>Peso aos 28 dias experimentais</b>                |    |          |          |          |        |      |
| Planos   | 1  | 2,3437   | 2,3437   | 0,727    | 0,4057 |      |
| Bloco  | 5  | 573,5833 | 114,7167 | 35,579   | 0,0000 | 1,96 |
| Erro   | 17 | 54,8125  | 3,2242   |          |        |      |
| <b>Ganho de peso aos 28 dias experimenrais</b>       |    |          |          |          |        |      |
| Planos   | 1  | 0,0023   | 0,0023   | 0,531    | 0,4763 |      |
| Bloco  | 5  | 0,0958   | 0,0191   | 4,347    | 0,0099 | 5,72 |
| Erro   | 17 | 0,0749   | 0,0044   |          |        |      |
| <b>Consumo de ração aos 28 dias experimentais</b>    |    |          |          |          |        |      |
| Planos   | 1  | 0,0134   | 0,0134   | 1,128    | 0,3031 |      |
| Bloco  | 5  | 0,8511   | 0,1702   | 14,279   | 0,000  | 4,31 |
| Erro   | 17 | 0,2026   | 0,0119   |          |        |      |
| <b>Conversão alimentar aos 28 dias experimentais</b> |    |          |          |          |        |      |
| Planos   | 1  | 0,0000   | 0,0000   | 0,004    | 0,9498 |      |
| Bloco  | 5  | 0,0900   | 0,0180   | 1,958    | 0,1372 | 4,37 |
| Erro   | 17 | 0,1563   | 0,0091   |          |        |      |

Tabela 2 Análise de variância para peso (Kg), ganho de peso (Kg/dia), consumo de ração (kg) e conversão alimentar de suínos machos imunocastrados, alimentados com dietas suplementadas ou não com ractopamina na fase de terminação

|   | GL | SQ       | QM       | F      | Pr>F   | CV   |
|---|----|----------|----------|--------|--------|------|
| <b>Peso 28 dias experimentais</b>                         |    |          |          |        |        |      |
| Planos  | 1  | 0,0234   | 0,0234   | 0,007  | 0,9358 |      |
| Bloco   | 5  | 582,4817 | 116,4963 | 33,254 | 0,0000 | 2,04 |
| Erro  | 17 | 59,5546  | 3,5032   |        |        |      |
| <b>Peso aos 29 – 56 dias experimentais</b>                |    |          |          |        |        |      |
| Planos  | 1  | 1,8984   | 1,8984   | 0,130  | 0,7233 |      |
| Bloco   | 5  | 784,2734 | 156,8546 | 10,707 | 0,0001 | 3,01 |
| Erro  | 17 | 259,0546 | 14,6502  |        |        |      |
| <b>Ganho de peso aos 29 – 56 dias experimentais</b>       |    |          |          |        |        |      |
| Planos  | 1  | 0,0029   | 0,0029   | 0,189  | 0,6696 |      |
| Bloco   | 5  | 0,0449   | 0,0089   | 0,566  | 0,7246 | 9,91 |
| Erro  | 17 | 0,2698   | 0,015    |        |        |      |
| <b>Consumo de ração aos 29 – 56 dias experimentais</b>    |    |          |          |        |        |      |
| Planos  | 1  | 0,3978   | 0,3978   | 12,626 | 0,0024 |      |
| Bloco   | 5  | 0,4616   | 0,0923   | 2,930  | 0,0436 | 5,54 |
| Erro  | 17 | 0,5356   | 0,0315   |        |        |      |
| <b>Conversão alimentar aos 29 – 56 dias experimentais</b> |    |          |          |        |        |      |
| Planos  | 1  | 0,3675   | 0,3675   | 11,836 | 0,0031 |      |
| Blocos  | 5  | 0,0551   | 0,0110   | 0,355  | 0,8719 | 6,90 |
| Erro  | 17 | 0,5278   | 0,0310   |        |        |      |

Tabela 3 Análise de variância para peso (Kg), ganho de peso (Kg/dia), consumo de ração (kg) e conversão alimentar de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais

|                                       | GL | SQ       | QM        | F       | Pr>F   | CV   |
|---------------------------------------|----|----------|-----------|---------|--------|------|
| <b>Peso inicial</b>                   |    |          |           |         |        |      |
| Planos                                | 3  | 0,603125 | 0,201042  | 1,211   | 0,3398 |      |
| Bloco                                 | 5  | 274,7105 | 54,94210  | 3308,94 | 0,0000 | 0,21 |
| Erro                                  | 15 | 0,249063 | 0,1660417 |         |        |      |
| <b>Peso aos 28 dias experimentais</b> |    |          |           |         |        |      |
| Planos                                | 3  | 2,447917 | 0,8159722 | 0,224   | *****  |      |
| Bloco                                 | 5  | 573,5833 | 114,7167  | 31,453  | 0,0000 | 2,08 |
| Erro                                  | 15 | 54,70833 | 3,647222  |         |        |      |
| <b>Peso aos 56 dias experimentais</b> |    |          |           |         |        |      |
| Planos                                | 3  | 7,028646 | 2,342882  | 0,144   | *****  |      |
| Bloco                                 | 5  | 784,2734 | 156,8547  | 9,646   | 0,0003 | 3,17 |
| Erro                                  | 15 | 243,9245 | 16,2616   |         |        |      |
| <b>Ganho de peso 56 dias</b>          |    |          |           |         |        |      |
| Planos                                | 3  | 0,193930 | 0,646435  | 0,121   | *****  |      |
| Bloco                                 | 5  | 0,552625 | 0,110525  | 2,062   | 0,1275 | 6,02 |
| Erro                                  | 15 | 0,804060 | 0,536040  |         |        |      |
| <b>Consumo de ração 56 dias</b>       |    |          |           |         |        |      |
| Planos                                | 3  | 0,911188 | 0,303729  | 2,184   | 0,1324 |      |
| Bloco                                 | 5  | 0,568863 | 0,113772  | 8,180   | 0,0006 |      |
| Erro                                  | 15 | 0,208641 | 0,139094  |         |        |      |
| <b>Conversão alimentar 56 dias</b>    |    |          |           |         |        |      |
| Planos                                | 3  | 0,105421 | 0,351405  | 4,757   | 0,0159 |      |
| Bloco                                 | 5  | 0,477732 | 0,955464  | 1,293   | 0,3180 | 3,63 |
| Erro                                  | 15 | 0,110801 | 0,738676  |         |        |      |

Tabela 4 Análise de variância para consumo diário de lisina digestível, eficiência de utilização de lisina digestível, consumo diário de energia metabolizável e eficiência de utilização de energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes níveis de lisina digestível na fase de crescimento

|  | GL | SQ         | QM         | F      | Pr>F   | CV   |
|--|----|------------|------------|--------|--------|------|
| <b>Consumo diário de lisina digestível 0 - 28 dias</b>               |    |            |            |        |        |      |
| Planos   | 1  | 53,4613    | 53,4613    | 48,357 | 0,000  | 4,36 |
| Bloco  | 5  | 77,4151    | 15,4830    | 14,005 | 0,000  |      |
| Erro   | 17 | 18,7945    | 1,1055     |        |        |      |
| <b>Eficiência de utilização de lisina digestível 0 - 28 dias</b>     |    |            |            |        |        |      |
| Planos   | 1  | 162,1880   | 162,1880   | 41,071 | 0,000  | 4,10 |
| Bloco  | 5  | 32,4656    | 6,4931     | 1,644  | 0,020  |      |
| Erro   | 17 | 67,1325    | 3,9489     |        |        |      |
| <b>Consumo diário de energia metabolizável 0 - 28 dias</b>           |    |            |            |        |        |      |
| Planos   | 1  | 140064,12  | 140064,12  | 1,125  | 0,3037 | 4,31 |
| Bloco  | 5  | 8883716,51 | 1776743,30 | 14,271 | 0,0000 |      |
| Erro   | 17 | 2116558,67 | 124503,45  |        |        |      |
| <b>Eficiência de utilização de energia metabolizável 0 - 28 dias</b> |    |            |            |        |        |      |
| Planos   | 1  | 3,75000000 | 3,75000000 | 0,011  | 0,9173 | 4,09 |
| Bloco  | 5  | 0,000273   | 0,000055   | 1,616  | 0,2093 |      |
| Erro   | 17 | 0,000574   | 0,000034   |        |        |      |

Tabela 5 Análise de variância para consumo diário de lisina digestível, eficiência de utilização de lisina digestível, consumo diário de energia metabolizável e eficiência de utilização de energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados ou não com ractopamina na fase de terminação

|   | GL | SQ         | QM         | F      | Pr>F   | CV   |
|---|----|------------|------------|--------|--------|------|
| <b>Consumo diário de lisina digestível 29 - 56 dias</b>               |    |            |            |        |        |      |
| Planos  | 1  | 11,7040    | 11,7040    | 7,163  | 0,0159 | 5,72 |
| Bloco   | 5  | 22,2426    | 4,4485     | 2,723  | 0,0553 |      |
| Erro  | 17 | 27,7770    | 1,6339     |        |        |      |
| <b>Eficiência de utilização de lisina digestível 29 - 56 dias</b>     |    |            |            |        |        |      |
| Planos  | 1  | 44,2273    | 44,2273    | 3,557  | 0,0765 | 6,20 |
| Bloco   | 5  | 15,4666    | 3,0933     | 0,249  | 0,9347 |      |
| Erro  | 17 | 211,3994   | 12,4352    |        |        |      |
| <b>Consumo diário de energia metabolizável 29 - 56 dias</b>           |    |            |            |        |        |      |
| Planos  | 1  | 3450826,17 | 3450826,17 | 9,919  | 0,0058 | 5,55 |
| Bloco   | 5  | 5066509,04 | 1013301,80 | 2,913  | 0,0445 |      |
| Erro  | 17 | 5914102,50 | 347888,38  |        |        |      |
| <b>Eficiência de utilização de energia metabolizável 29 - 56 dias</b> |    |            |            |        |        |      |
| Planos  | 1  | 0,000641   | 0,000641   | 10,964 | 0,0041 | 6,38 |
| Bloco   | 5  | 0,000067   | 0,000013   | 0,230  | 0,9439 |      |
| Erro  | 17 | 0,000993   | 0,000058   |        |        |      |

Tabela 6 Análise de variância para consumo diário de lisina digestível, eficiência de utilização de lisina digestível, consumo diário de energia metabolizável e eficiência de utilização de energia metabolizável de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais

|  | GL | SQ        | QM        | F       | Pr>F    | CV   |
|--|----|-----------|-----------|---------|---------|------|
| <b>Consumo diário de lisina digestível 0- 56 dias</b>                |    |           |           |         |         |      |
| Planos   | 3  | 24, 3982  | 8, 1327   | 11, 330 | 0, 0003 | 4,22 |
| Bloco  | 5  | 27, 4111  | 5, 4822   | 7, 638  | 0, 0009 |      |
| Erro   | 15 | 10, 7667  | 0, 7177   |         |         |      |
| <b>Eficiência de utilização de lisina digestível 0 - 56 dias</b>     |    |           |           |         |         |      |
| Planos   | 3  | 202, 6509 | 67, 5502  | 14, 556 | 0, 0001 | 3,54 |
| Bloco  | 5  | 27, 8060  | 5, 5612   | 1, 198  | 0, 3564 |      |
| Erro   | 15 | 69, 6083  | 4, 6405   |         |         |      |
| <b>Consumo diário de energia metabolizável 0 - 56 dias</b>           |    |           |           |         |         |      |
| Planos   | 3  | 626990,3  | 208996,8  | 1, 364  | 0, 2916 | 4,11 |
| Bloco  | 5  | 6244668,0 | 1248934,0 | 8, 152  | 0, 0006 |      |
| Erro   | 15 | 2298050,0 | 153203,4  |         |         |      |
| <b>Eficiência de utilização de energia metabolizável 0 - 56 dias</b> |    |           |           |         |         |      |
| Planos   | 3  | 0, 1792   | 0, 5975   | 3, 0032 | 0, 0620 | 3,46 |
| Bloco  | 5  | 0, 1126   | 0, 2252   | 1, 143  | 0, 3808 |      |
| Erro   | 15 | 0, 2956   | 0, 1971   |         |         |      |

Tabela 7 Análise de variância para peso de abate, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, rendimento de carcaça, comprimento de carcaça e compacidade de suínos, machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais

|   | GL | SQ        | QM        | F     | Pr>F   | CV    |
|---|----|-----------|-----------|-------|--------|-------|
| <b>Peso de abate, kg</b>                |    |           |           |       |        |       |
| Planos                                  | 3  | 9,773750  | 3,257917  | 0,099 | *****  |       |
| Bloco                                   | 5  | 682,4375  | 136,4875  | 4,146 | 0,0145 | 4,51  |
| Erro                                    | 15 | 493,8500  | 32,92333  |       |        |       |
| <b>Peso de carcaça quente (PCQ), kg</b> |    |           |           |       |        |       |
| Planos                                  | 3  | 14,88198  | 4,960660  | 0,164 | *****  |       |
| Bloco                                   | 5  | 357,5605  | 71,51210  | 2,362 | 0,0904 | 5,73  |
| Erro                                    | 15 | 454,0574  | 30,27049  |       |        |       |
| <b>Peso de carcaça fria (PCF), kg</b>   |    |           |           |       |        |       |
| Planos                                  | 3  | 12,08115  | 4,027049  | 0,138 | *****  |       |
| Bloco                                   | 5  | 338,4409  | 67,68819  | 2,325 | 0,0943 | 5,71  |
| Erro                                    | 15 | 436,7895  | 29,11930  |       |        |       |
| <b>Rendimento de carcaça, %</b>         |    |           |           |       |        |       |
| Planos                                  | 3  | 3,134966  | 1,044989  | 1,045 | 0,4011 |       |
| Bloco                                   | 5  | 15,37916  | 3,075831  | 3,077 | 0,0415 | 1,32  |
| Erro                                    | 15 | 14,99327  | 0,0005514 |       |        |       |
| <b>Comprimento de carcaça, cm</b>       |    |           |           |       |        |       |
| Planos                                  | 3  | 72,83333  | 24,27778  | 4,869 | 0,0147 |       |
| Bloco                                   | 5  | 105,2083  | 21,04167  | 4,220 | 0,0135 | 2,213 |
| Erro                                    | 15 | 74,79167  | 4,986111  |       |        |       |
| <b>Compacidade, kg/cm</b>               |    |           |           |       |        |       |
| Planos                                  | 3  | 0,9991536 | 0,3330512 | 1,817 | 0,1873 |       |
| Bloco                                   | 5  | 0,1102603 | 0,2205206 | 1,203 | 0,3544 | 4,58  |
| Erro                                    | 15 | 0,2749052 | 0,1832702 |       |        |       |

Tabela 8 Análise de variância para peso de abate, ET, PL, AOL rendimento de carcaça, comprimento de carcaça e compacidade de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais

|                                    | GL | SQ       | QM       | F     | Pr>F    | CV    |
|------------------------------------|----|----------|----------|-------|---------|-------|
| <b>Espessura de toucinho</b>       |    |          |          |       |         |       |
| Planos                             | 3  | 66,34948 | 22,11649 | 3,80  | 0,032   |       |
| Bloco                              | 5  | 73,00593 | 14,60119 | 2,509 | 0,076   | 17,53 |
| Erro                               | 15 | 87.29946 | 5,819964 |       |         |       |
| <b>Profundidade</b>                |    |          |          |       |         |       |
| Planos                             | 3  | 11,81847 | 3,939490 | 0,210 | *****   |       |
| Bloco                              | 5  | 21,66422 | 4,332844 | 0,232 | *****   | 6,46  |
| Erro                               | 15 | 280,7246 | 18,71497 |       |         |       |
| <b>Área de olho de lombo (AOL)</b> |    |          |          |       |         |       |
| Planos                             | 3  | 55,19836 | 18,39945 | 1,025 | 0,40957 |       |
| Bloco                              | 5  | 32,07150 | 6,414300 | 0,357 | *****   | 8,26  |
| Erro                               | 15 | 296,3321 | 17,95547 |       |         |       |

Tabela 9 Análise de variância para a composição centesimal da carne de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais

|                           | GL | SQ         | QM          | F      | Pr>F     | CV    |
|---------------------------|----|------------|-------------|--------|----------|-------|
| <b>Umidade, %</b>         |    |            |             |        |          |       |
| Planos                    | 3  | 0, 867733  | 0, 28922442 | 1, 698 | 0, 21010 |       |
| Bloco                     | 5  | 1, 03462   | 0, 2069232  | 1, 215 | 0, 34952 | 0,55  |
| Erro                      | 15 | 2, 554940  | 0, 1703294  | 1, 215 |          |       |
| <b>Matéria mineral, %</b> |    |            |             |        |          |       |
| Planos                    | 3  | 0, 170698  | 0, 5689940  | 0, 408 | *****    |       |
| Bloco                     | 5  | 0, 923724  | 0, 1847450  | 1, 324 | 0, 30657 | 10,21 |
| Erro                      | 15 | 0, 209279  | 0, 1395195  |        |          |       |
| <b>Proteína bruta, %</b>  |    |            |             |        |          |       |
| Planos                    | 3  | 10, 884121 | 2, 17682502 | 0,92   | 0, 4781  |       |
| Bloco                     | 5  | 0, 3680252 | 0, 36802519 | 0,16   | 0, 6954  |       |
| Erro                      | 15 | 3, 6217547 | 3, 62175469 | 1,53   | 0, 2233  |       |
| <b>Extrato etéreo, %</b>  |    |            |             |        |          |       |
| Planos                    | 3  | 0, 914071  | 0, 3046904  | 0, 363 | *****    |       |
| Bloco                     | 5  | 7, 53744   | 1, 507489   | 1, 798 | 0, 1739  |       |
| Erro                      | 15 | 12, 5785   | 0, 8385679  |        |          |       |

Tabela 10 Análise de variância para análise econômica de suínos machos imunocastrados, alimentados com diferentes planos nutricionais

|                                   | GL | SQ       | QM       | F      | Pr>F   | CV    |
|-----------------------------------|----|----------|----------|--------|--------|-------|
| <b>Receita bruta</b>              |    |          |          |        |        |       |
| Planos                            | 3  | 106,9057 | 35,63523 | 0,144  | *****  |       |
| Bloco                             | 5  | 11928,80 | 2385,760 | 9,646  | 0,0002 | 3,17  |
| Erro                              | 15 | 3710,091 | 247,339  |        |        |       |
| <b>Receita Líquida</b>            |    |          |          |        |        |       |
| Planos                            | 3  | 129,8056 | 43,2685  | 0,290  | *****  |       |
| Bloco                             | 5  | 471,6748 | 94,3349  | 0,633  | *****  | 8,47  |
| Erro                              | 15 | 2236,031 | 149,0687 |        |        |       |
| <b>Custo total</b>                |    |          |          |        |        |       |
| Planos                            | 3  | 26,92831 | 8,976104 | 0,401  | *****  |       |
| Bloco                             | 5  | 8762,423 | 1752,485 | 78,207 | 0,0000 | 1,34  |
| Erro                              | 15 | 336,1254 | 22,40836 |        |        |       |
| <b>Índice de bonificação</b>      |    |          |          |        |        |       |
| Planos                            | 3  | 43,6410  | 14,5470  | 3,376  | 0,0464 |       |
| Bloco                             | 5  | 19,9471  | 3,9894   | 0,926  | *****  | 1,86  |
| Erro                              | 15 | 64,6289  | 4,3085   |        |        |       |
| <b>Receita bruta bonificada</b>   |    |          |          |        |        |       |
| Planos                            | 3  | 3367,951 | 1122,650 | 0,704  | *****  |       |
| Bloco                             | 5  | 14796,39 | 2959,278 | 1,856  | 0,1623 | 6,83  |
| Erro                              | 15 | 23918,82 | 1594,588 |        |        |       |
| <b>Receita líquida bonificada</b> |    |          |          |        |        |       |
| Planos                            | 3  | 3531,305 | 1177,102 | 0,843  | *****  |       |
| Bloco                             | 5  | 1828,305 | 365,6609 | 0,262  | *****  | 16,09 |
| Erro                              | 15 | 20936,72 | 1395,781 |        |        |       |

Tabela 11 Análise de variância para o balanço de nitrogênio e de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC)

|                              | GL | QM         | SQ         | F      | Pr>F    |
|------------------------------|----|------------|------------|--------|---------|
| <b>N ingerido/dia</b>        |    |            |            |        |         |
| Bloco                        | 5  | 278,605571 | 55,7211145 | 111,91 | <0,0001 |
| RAC                          | 1  | 17,1873375 | 17,1873375 | 34,52  | <0,0001 |
| Período                      | 1  | 12,8042042 | 12,8042042 | 25,72  | 0,0001  |
| RAC *Período                 | 1  | 0,0018375  | 0,0018375  | 0,00   | 0,9524  |
| Erro                         | 15 | 7,4686458  | 0,4979097  |        |         |
| <b>N fecal/dia</b>           |    |            |            |        |         |
| Bloco                        | 5  | 11,6955833 | 2,33911667 | 1,27   | 0,3286  |
| RAC                          | 1  | 0,64681667 | 0,64681667 | 0,35   | 0,5628  |
| Período                      | 1  | 0,00250000 | 0,00250000 | 0,00   | 0,9717  |
| RAC *Período                 | 1  | 0,97606667 | 0,97606667 | 0,53   | 0,4785  |
| Erro                         | 15 | 27,7055167 | 1,84703444 |        |         |
| <b>N urina/dia</b>           |    |            |            |        |         |
| Bloco                        | 5  | 172,749371 | 34,5498742 | 6,97   | 0,0015  |
| RAC                          | 1  | 9,8176042  | 9,8176042  | 1,98   | 0,1798  |
| Período                      | 1  | 46,3982042 | 46,3982042 | 9,36   | 0,0080  |
| RAC *Período                 | 1  | 8,8452042  | 8,8452042  | 1,78   | 0,2016  |
| Erro                         | 15 | 74,3956125 | 4,95970750 |        |         |
| <b>N absorvido, %</b>        |    |            |            |        |         |
| Bloco                        | 5  | 17,7802208 | 3,55604417 | 0,70   | 0,6311  |
| RAC                          | 1  | 4,32650417 | 4,32650417 | 0,85   | 0,3703  |
| Período                      | 1  | 0,44010417 | 0,44010417 | 0,09   | 0,7723  |
| RAC *Período                 | 1  | 2,28783750 | 2,28783750 | 0,45   | 0,5120  |
| Erro                         | 15 | 76,0669292 | 5,07112860 |        |         |
| <b>N retido, %</b>           |    |            |            |        |         |
| Bloco                        | 5  | 309,414933 | 61,8829867 | 3,15   | 0,0385  |
| RAC                          | 1  | 95,3610667 | 95,3610667 | 4,85   | 0,0437  |
| Período                      | 1  | 84,8256000 | 84,8256000 | 4,32   | 0,0553  |
| RAC *Período                 | 1  | 11,1248167 | 11,1248167 | 0,57   | 0,4635  |
| Erro                         | 15 | 294,797167 | 19,6531444 |        |         |
| <b>N retido/absorvido, %</b> |    |            |            |        |         |
| Bloco                        | 5  | 396,238333 | 79,2476667 | 4,11   | 0,0150  |
| RAC                          | 1  | 99,633750  | 99,633750  | 5,16   | 0,0382  |
| Período                      | 1  | 124,397067 | 124,397067 | 6,44   | 0,0227  |
| RAC *Período                 | 1  | 24,603750  | 24,6037500 | 1,27   | 0,2766  |
| Erro                         | 15 | 289,521033 | 19,3014022 |        |         |

Tabela 12 Análise de variância para pH inicial, pH final, PPC, PPD e textura da carne de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.)

|  | GL | QM         | SQ         | F    | Pr>F   |
|--|----|------------|------------|------|--------|
| <b>pH inicial</b>                              |    |            |            |      |        |
| RAC  | 1  | 0,12880125 | 0,12880125 | 3,03 | 0,0938 |
| Dens.  | 2  | 0,21706875 | 0,10853438 | 2,55 | 0,0975 |
| RAC *Dens.                                     | 3  | 0,17010625 | 0,08505312 | 2,00 | 0,1559 |
| Erro   | 26 | 0,10691250 | 0,04257356 |      |        |
| <b>pH final</b>                                |    |            |            |      |        |
| RAC  | 1  | 0,00288000 | 0,00288000 | 1,23 | 0,2785 |
| Dens.  | 2  | 0,00170000 | 0,00085000 | 0,36 | 0,7000 |
| RAC *Dens.                                     | 2  | 0,00101250 | 0,00050625 | 0,22 | 0,8077 |
| Erro   | 26 | 0,06112500 | 0,00235096 |      |        |
| <b>Perda de peso por cocção (PPC)</b>          |    |            |            |      |        |
| RAC  | 1  | 14,9713884 | 14,9713884 | 0,71 | 0,4075 |
| Dens.  | 2  | 5,84987685 | 2,92493842 | 0,14 | 0,8712 |
| RAC *Dens.                                     | 2  | 16,1910449 | 8,09552248 | 0,38 | 0,6853 |
| Erro   | 25 | 527,415271 | 21,0966109 |      |        |
| <b>Perda de peso por descongelamento (PPD)</b> |    |            |            |      |        |
| RAC  | 1  | 1,71243503 | 1,71243503 | 0,32 | 0,5787 |
| Dens.  | 2  | 50,7224381 | 25,3612190 | 4,71 | 0,0199 |
| RAC *Dens.                                     | 2  | 14,9539622 | 7,47698109 | 1,39 | 0,2708 |
| Erro   | 22 | 118,581136 | 5,39005160 |      |        |
| <b>Textura</b>                                 |    |            |            |      |        |
| RAC  | 1  | 6,28553656 | 6,28553656 | 4,50 | 0,0444 |
| Dens.  | 2  | 4,23772808 | 2,11886404 | 1,52 | 0,2395 |
| RAC *Dens.                                     | 2  | 2,64988208 | 1,32494104 | 0,95 | 0,4012 |
| Erro   | 24 | 33,5083725 | 1,39618219 |      |        |

Tabela 13 Análise de variância para os componentes de cor L\*, a\*, b\*, c\* e h\* da carne de suínos, machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de ractopamina (RAC) transportados em diferentes densidades (Dens.)

|            | GL | QM         | SQ         | F    | Pr>F   |
|------------|----|------------|------------|------|--------|
| <b>L*</b>  |    |            |            |      |        |
| RAC        | 1  | 1,01997327 | 1,01997327 | 0,51 | 0,4804 |
| Dens.      | 2  | 2,06703080 | 1,03351540 | 0,52 | 0,6007 |
| RAC *Dens. | 2  | 0,69269985 | 0,34634993 | 0,17 | 0,8409 |
| Erro       | 24 | 47,6356760 | 1,98481984 |      |        |
| <b>a*</b>  |    |            |            |      |        |
| RAC        | 1  | 0,01331028 | 0,01331028 | 0,04 | 0,8380 |
| Dens.      | 2  | 0,82740235 | 0,41370117 | 1,33 | 0,2839 |
| RAC *Dens. | 2  | 1,21323016 | 0,60661508 | 1,95 | 0,1647 |
| Erro       | 24 | 7,48006786 | 0,31166949 |      |        |
| <b>b*</b>  |    |            |            |      |        |
| RAC        | 1  | 0,03133373 | 0,03133373 | 0,06 | 0,8013 |
| Dens.      | 2  | 1,10785381 | 0,55392690 | 1,15 | 0,3349 |
| RAC *Dens. | 2  | 0,75048595 | 0,37524298 | 0,78 | 0,4715 |
| Erro       | 24 | 11,6085036 | 0,48312515 |      |        |
| <b>c*</b>  |    |            |            |      |        |
| RAC        | 1  | 0,05349172 | 0,05349172 | 0,10 | 0,7512 |
| Dens.      | 2  | 1,25012663 | 0,62506332 | 1,20 | 0,3179 |
| RAC *Dens. | 2  | 0,89217649 | 0,44608825 | 0,86 | 0,4366 |
| Erro       | 24 | 12,4765086 | 0,51985453 |      |        |
| <b>h*</b>  |    |            |            |      |        |
| RAC        | 1  | 4,87983887 | 4,87983887 | 0,95 | 0,3392 |
| Dens.      | 2  | 26,9051226 | 13,4525631 | 2,63 | 0,0939 |
| RAC *Dens. | 2  | 9,56767095 | 4,78383547 | 0,93 | 0,4075 |
| Erro       | 23 | 117,836552 | 5,12332840 |      |        |

Tabela 14 Análise de GLM para lactato, creatina e cortisol machos imunocastrados, alimentados com dietas contendo diferentes níveis ractopamina (RAC) em diferentes densidades de transporte (Dens.)

|                 | GL | QM          | SQ          | F     | Pr>F   |
|-----------------|----|-------------|-------------|-------|--------|
| <b>Lactato</b>  |    |             |             |       |        |
| RAC             | 1  | 2590,088000 | 2590,088000 | 2,89  | 0,1012 |
| Dens.           | 2  | 7246,178438 | 3623,089219 | 4,04  | 0,0297 |
| RAC*Dens.       | 2  | 496,658438  | 248,329219  | 0,28  | 0,7604 |
| Erro            | 26 | 23323,98000 | 897,07615   |       |        |
| <b>Creatina</b> |    |             |             |       |        |
| RAC             | 1  | 0,63012500  | 0,63012500  | 11,41 | 0,0023 |
| Dens.           | 2  | 0,54187500  | 0,27093750  | 4,90  | 0,0156 |
| RAC*Dens.       | 2  | 0,03187500  | 0,01593750  | 0,29  | 0,7517 |
| Erro            | 26 | 1,43625000  | 0,05524038  |       |        |
| <b>Cortisol</b> |    |             |             |       |        |
| RAC             | 1  | 0,51200000  | 0,51200000  | 0,11  | 0,7431 |
| Dens.           | 2  | 1,54250000  | 0,77125000  | 0,17  | 0,8485 |
| RAC*Dens.       | 2  | 0,05375000  | 0,02687500  | 0,01  | 0,9943 |
| Erro            | 26 | 121,2775000 | 4,6645192   |       |        |