



**CESAR AUGUSTO POSPISSIL GARBOSSA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS E PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA DA  
CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM  
DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA**

**LAVRAS - MG**

**2010**

**CESAR AUGUSTO POSPISSIL GARBOSSA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E  
PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA DA CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS  
COM DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Raimundo Vicente de Sousa

Coorientadores

Dr. Marcio Gilberto Zangeronimo

Dr. Vinicius de Souza Cantarelli

**LAVRAS - MG**

**2010**

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

Garbossa, Cesar Augusto Pospissil.

Composição química, características físicas e peroxidação lipídica da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina / Cesar Augusto Pospissil Garbossa. – Lavras : UFLA, 2010.

70 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Raimundo Vicente de Sousa.

Bibliografia.

1. TBARS. 2. Agonista  $\beta$ -adrenérgico. 3. Qualidade de carne. 4. Desempenho. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.4089

**CESAR AUGUSTO POSPISSIL GARBOSSA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E  
PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA DA CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS  
COM DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 03 de agosto de 2010.

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo UFLA

Dra. Maria Emília de Souza Gomes Pimenta UFLA

Dr. Vinícius de Souza Cantarelli UFLA

Dr. Raimundo Vicente de Sousa  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2010**

## **OFEREÇO**

A Deus, por me abençoar, acompanhar, dar força e assim tornar possível a realização deste trabalho.

Aos meus familiares, por todo o incentivo e amor recebido.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Medicina Veterinária, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao orientador, Prof. Raimundo Vicente de Sousa, pela orientação, amizade, respeito e confiança.

Aos professores Vinícius de Souza Cantarelli e Márcio Gilberto Zangeronimo, pela orientação, ensinamentos na elaboração deste trabalho e amizade.

A minha família mineira, os “piás” da República Caruncho, Hebert, Thiago, Gustavo, Leonardo, Ricardo, Marney e Rafael, pela amizade, incentivo e imensa colaboração neste trabalho e em minha vida.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Suinocultura (NESUI), Leonardo, Hebert, Leandro, Gustavo, Renato, Daniel, Diane, Carlos Enrique, Tiago, Letícia, Louise, Amanda, Leonardo, Valéria, Fernando, Carolina, Daiane, Nikolas, Rafael, Nair, Evandro, Rafael, Tarciso, Asdrúbal e Flávio, grandes parceiros na realização dos trabalhos.

Aos amigos da pós graduação, Matheus, Vivian, Fernando e Carol.

Ao pessoal do Departamento de Ciências dos Alimentos, que não mediram esforços para a realização das análises de qualidade de carne, Renato e Luis.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFLA, Hélio Rodrigues binho, pela amizade e dedicação durante a realização das atividades.

Aos demais professores e funcionários do DMV e DZO.

## **BIOGRAFIA**

CESAR AUGUSTO POSPISSIL GARBOSSA, filho de Angelo Garbossa Neto e Maria Bernadete Pospissil Garbossa, nasceu em 29 de janeiro de 1985, na cidade de Curitiba, no estado do Paraná.

Em março de 2004, ingressou na Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), graduando-se em Medicina Veterinária em dezembro de 2008.

Em março de 2009, iniciou a pós-graduação em Ciências Veterinárias na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Monogástricos.

Em de agosto de 2010, submeteu-se à defesa de dissertação para a obtenção do título de “Mestre”.

## RESUMO

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da UFPA com o objetivo de avaliar o desempenho e a qualidade de carne de suínos em terminação recebendo na dieta ractopamina hidroclorada (RAC) durante 28 dias. Foram utilizados 70 suínos híbridos, sendo 35 suínos machos castrados e 35 fêmeas, selecionados para alta deposição de carne magra, com peso inicial de  $77,1 \pm 0,32$  kg. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, com cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20 ppm de RAC) e sete repetições, com a parcela experimental representada por um macho e uma fêmea. Ao final do período experimental, os suínos foram abatidos e a carcaça esquerda resfriada para avaliação. Com relação às variáveis de desempenho, observou-se um aumento linear dos níveis de RAC para o peso final ( $P < 0,05$ ), bem como para o ganho médio diário. Para a conversão alimentar ( $P < 0,05$ ), observou-se diminuição para os animais que a receberam, sendo o nível melhor próximo a 5 ppm. Para as variáveis de consumo de ração diária, consumo de lisina digestível e consumo de energia metabolizável não foi observado efeito significativo. Para as variáveis de rendimento de carcaça, cinzas, Cor  $b^*$ , e perda de peso por gotejamento foi observado efeito linear. Observou-se, ainda, diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a porcentagem de extrato etéreo e proteína bruta no lombo, sendo que o tratamento com 20 ppm apresentou menor quantidade de proteína bruta e maiores valores de extrato etéreo, quando comparado aos outros tratamentos. Para a variável força de cisalhamento, foi observado aumento ( $P < 0,05$ ) para o músculo de animais suplementados com 20 ppm. Para as variáveis de umidade, cor  $L^*$ , perda de peso por cocção e por descongelamento e pH não foi observado efeito significativo. Com relação à oxidação lipídica, não foi observado efeito da RAC sobre a concentração de TBARS, tanto para as amostras sob resfriamento como para as sob congelamento. Dessa forma, a suplementação de 5 ppm de ractopamina para suínos em terminação melhora os índices zootécnicos, bem como não afeta de forma negativa a qualidade da carne.

Palavras-chave: TBARS. Agonista  $\beta$ -adrenérgico. Qualidade de carne.

## ABSTRACT

The experiment was conducted at the Department of Animal Science of UFLA with the objective of evaluating the performance and meat quality of finishing pigs receiving dietary ractopamine hydrochloride (RAC) for 28 days. We used 70 crossbred pigs, 35 barrows and 35 females, selected for high lean gain, initial weight of  $77.1 \pm 0.32$  kg. The experiment was done in randomized blocks with five treatments (0, 5, 10, 15 and 20 ppm RAC) and seven replicates, with the plot represented by one male and one female. At the end of the experiment, pigs were slaughtered and the left chilled carcass was used for the evaluation. Related with performance variables, there was a linear increase in the levels of RAC for the final weight ( $P < 0.05$ ) and for average daily gain. The feed conversion ( $P < 0.05$ ) decrease for the animals that received RAC, and the best level was near of 5 ppm. For variables of daily feed intake, intake of digestible lysine and energy intake no differences were observed. For carcass yield, ash, color b\*, and drip loss was observed a linear effect. There was also a significant difference ( $P < 0.05$ ) for percentage of ether extract and crude protein in the loin, but the treatment with 20 ppm showed lower amounts of crude protein and higher amounts of fat, compared to other treatments. For the variable shear force increase was observed ( $P < 0.05$ ) for muscle from animals supplemented with 20 ppm. For the variables of moisture, color L \*, weight loss due to cooking and thawing and pH was not significantly affected. For lipid oxidation, there was no effect of RAC on the TBARS concentration for both samples under cooling and freezing. Thus, the addition of 5 ppm of ractopamine to finishing pigs improved the indexes and not adversely affects the quality of the meat.

Keywords: TBARS.  $\beta$ -adrenergic agonist. Meat quality.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1	Estrutura química e atividade biológica da ractopamina.....	11
2.2	Modo de ação da ractopamina .....	13
2.3	Efeito da ractopamina sobre o tecido adiposo e muscular.....	15
2.4	Efeito da ractopamina sobre o desempenho de suínos em terminação.....	16
2.5	Efeito da ractopamina sobre a qualidade de carne de suínos.....	18
2.6	Oxidação lipídica .....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1	Local de realização do experimento.....	24
3.2	Animais e instalações.....	24
3.3	Delineamento experimental.....	25
3.4	Dietas experimentais .....	25
3.5	Procedimento experimental.....	27
3.5.1	Desempenho .....	27
3.5.2	Qualidade da carne .....	27
3.5.2.1	pH.....	28
3.5.2.2	Capacidade de retenção de água .....	28
3.5.2.3	Força de cisalhamento.....	29
3.5.2.4	Cor .....	29
3.5.3	Oxidação lipídica .....	30
3.5.4	Composição centesimal .....	31
3.6	Análises estatísticas .....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1	Desempenho .....	33
4.2	Qualidade de carne.....	37
5	CONCLUSÕES .....	47
	REFERÊNCIAS .....	48
	ANEXOS .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a proteína de origem animal mais consumida no mundo, tanto por sua grande capacidade de processamento, como por oferecer várias opções de comercialização. Dessa forma, o mercado consumidor impõe várias exigências com relação à melhoria na qualidade de carcaça e carne dos animais abatidos, sendo foco a produção de animais precoces, eficientes e que apresentem carcaças com elevada relação carne:gordura.

Devido à prospecção de aumento na demanda de alimentos, deve-se atentar para a produção mais eficiente, que maximize a utilização dos alimentos e minimize o impacto ambiental. São várias as opções que a cadeia suinícola vem adotando para alcançar estes objetivos, tais como a seleção genética, manejo alimentar e uso de aditivos. Com relação ao uso de aditivos a ractopamina, um agonista  $\beta$ -adrenérgico, vem sendo muito utilizada como modificador de carcaça, melhorando o produto final e aumentando a lucratividade. Este promotor age modificando o metabolismo animal, melhorando os índices de desempenho e as características de carcaça, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas que são desejáveis para o produtor e o consumidor.

Entretanto, ainda que sejam bastante conhecidos os benefícios desta classe de promotor de crescimento sobre o desempenho e as características de carcaça, as indústrias sugerem haver problemas relacionados principalmente à qualidade da carne para processamento. Também se questiona a formação de radicais livres decorrentes do intenso metabolismo. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo verificar se há influência da RAC na qualidade de carne suína em terminação e, ao mesmo tempo, avaliar o desempenho dos animais recebendo o aditivo durante 28 dias.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Estrutura química e atividade biológica da ractopamina

A ractopamina (RAC) é reconhecida como um agonista beta-adrenérgico (ABA) que pertence ao grupo das fenetanolaminas e sua estrutura constituída de uma cadeia lateral com o grupo etanolamina, um nitrogênio alifático e um anel aromático substituível (Figura 1) (SMITH, 1998). Segundo Watkins et al. (1990), os ABA são considerados agentes partidores de nutrientes, pois redirecionam os que seriam utilizados para a síntese lipídica no sentido de deposição de tecido magro, sendo a RAC um agente repartidor fenetanolamina (MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000). Estes repartidores fenetanolaminas beta-adrenérgicos são combinações quirais, ou seja, possuem assimetria molecular no carbono  $\beta$  hidroxilateral a um nitrogênio alifático e  $\alpha$  para um grupo benzil substituído comum a todas as fenetanolaminas (RICKE et al., 1999).

Segundo Mills et al. (2003), a RAC possui dois carbonos quirais ligados a quatro estereoisômeros. Dessa forma, para o ABA possuir atividade biológica, este deve possuir um anel aromático com seis membros substituíveis, grupo hidroxila ligado ao carbono  $\beta$  na configuração R e nitrogênio positivamente carregado na cadeia etilamina, plenamente substituível no nitrogênio alifático para favorecer especificidade para o receptor beta. Estas propriedades são comuns a todas as fenetanolaminas beta-adrenérgicas e, a não ser pela falta do grupo de nitrogênio alifático, são também comum ao hormônio adrenalina e ao neurotransmissor adrenérgico noradrenalina (RICKE et al., 1999). A RAC pode ser constituída por dois centros quirais, sendo formada de quatro estereoisômeros, RR, RS, SR e SS, assim sendo, a preparação comercial da RAC é uma mistura equimolar dos quatro estereoisômeros (MILLS et al., 2003).

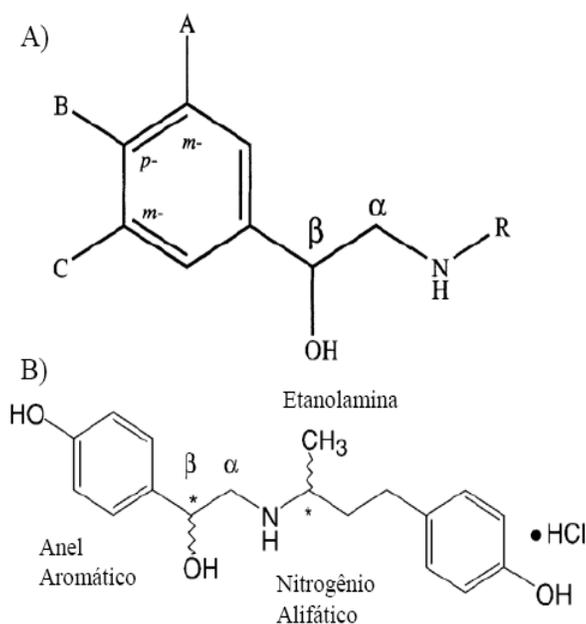


Figura 1 A) estrutura química geral das fenetanolaminas. B) estrutura da ractopamina HCL: \*Carbono quiral (assimétrico)

Fonte: Smith (1998) e Mills et al. (2003)

A potência dos agonistas beta-adrenérgicos está mais ligada ao anel aromático, sendo os mecanismos químicos envolvidos principalmente relacionados às ligações de hidrogênio e às transferências de cargas, enquanto a afinidade para os receptores beta depende, basicamente, da propriedade estereoseletiva da cadeia lateral aminada (RAMOS; SILVEIRA, 2001). Dessa forma, a atividade biológica de um ABA está ligada ao anel aromático, possuindo, pelo menos, uma substituição em A/B e/ou C (SMITH, 1998). É necessário ainda um grupo hidroxila no carbono beta do radical amina em configuração R e um nitrogênio carregado positivamente na cadeia etanolamina, sendo este inteiramente substituível no nitrogênio alifático para conferir especificidade aos receptores do tipo beta.

Uma forma de se minimizar a inativação rápida dos ABA pela ação da enzima catecol-O-metil transferase (COMT) é através da síntese de compostos, onde as hidroxilas do anel aromático são substituídas por átomos de halogêneos. Substituições compatíveis com a ligação aos receptores beta<sub>2</sub>-adrenérgicos desfavorecem a rápida metabolização da fenetanolamina, levando a uma meia-vida maior para os compostos obtidos. Porém, pelo fato de a RAC apresentar substituição da posição “*para*” (carbono 4) do anel aromático pelo grupo hidroxila, não é considerada substrato para a COMT, sendo rapidamente hidrolisada por enzimas presentes no fígado e intestino delgado (SMITH, 1998).

## **2.2 Modo de ação da ractopamina**

A estimulação dos receptores  $\beta$  por beta-adrenérgicos acontece na membrana, causando efeitos intracelulares de transdução de sinais, que são responsáveis pelo efeito biológico (GONZALEZ; SILVA, 2006). O complexo formado pelo agonista e o receptor é acoplado a uma proteína G<sub>s</sub>, que consiste de subunidades alfa<sub>s</sub>, beta e gama. Quando na forma desativada, a subunidade alfa<sub>s</sub> encontra-se ligada à guanosina difosfato (GDP) (LEHNINGER; NELSON; COX, 2007). Após a ação da RAC, atuando como primeiro mensageiro sobre o receptor  $\beta$ , a subunidade alfa<sub>s</sub> substitui o GDP por GTP, se desliga das subunidades beta e gama e, conseqüentemente, o complexo alfa<sub>s</sub>-GTP leva à modificação na fluidez da membrana, permitindo seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da adenilato ciclase (Figura 2) (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999). Esta cataliza a formação do AMPc a partir do ATP, que passa a atuar como segundo mensageiro (MCGRAW; LIGGETT, 2005). O AMPc ativa a proteína quinase (PKA), que se encontra na forma inativa, organizada sob a forma de tetrâmeros com duas subunidades regulatórias (R) e duas subunidades catalíticas (C) (LINHART et al., 2001; MERSMANN, 1998).

Dessa forma, o AMPc interage com a PKA inativa, ligando-se às subunidades R, liberando, assim as subunidades C, tornando-a ativa e levando-a à fosforilação de enzimas, o que causa a resposta biológica da célula ( MCGRAW; LIGGETT, 2005; MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000).

Porém, com a utilização contínua (28 dias) do ABA, o AMPc ativa uma proteína quinase, a beta-adreno-receptor quinase (beta-ARK) que, ao fosforilar o receptor, torna-o inativo e desacopla o complexo receptor- $G_s$ -adenilato ciclase (LEEB-LUNDBERG et al., 1987). O efetor não acoplado migra para o espaço intracitoplasmático, levando à diminuição de receptores disponíveis na membrana. Essa redução na quantidade de receptores é denominada dessensibilização, causando a diminuição da resposta à estimulação beta-adrenérgica da RAC (MILLS, 2002; SPURLOCK; CUSUMANO; MILLS, 1993). Da mesma forma, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode ser consumido, conhecido como sequestro, o que acarreta a diminuição de receptores celulares (BENOVIC, 1988). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada “*down-regulation*” (BARROS; OKPSHI; CICOGNA, 1999). Receptores  $\beta_1$  e  $\beta_2$ -adrenérgicos podem sofrer o processo de dessensibilização e “*down-regulation*”, porém, estes fenômenos são mais frequentemente observados em receptores do tipo  $\beta_2$  (MILLS, 2002).

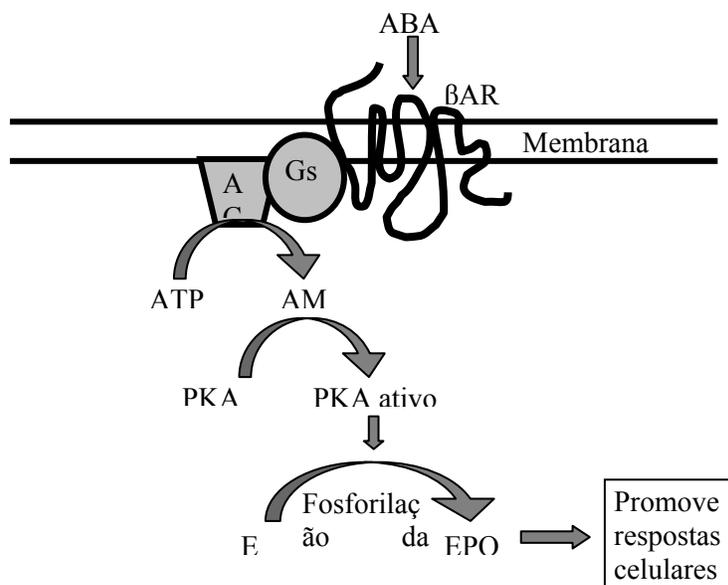


Figura 2 Mecanismo de ação dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos, em que: ABA: agonista  $\beta$ -adrenérgico,  $\beta$ AR: receptor  $\beta$ -adrenérgico, Gs: proteína G estimulatória, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína quinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada

Fonte: Adaptado de Moody, Hancock e Anderson (2000) por Cantarelli (2007).

### 2.3 Efeito da ractopamina sobre o tecido adiposo e muscular

O efeito mais conhecido e observado em suínos suplementados com RAC é o aumento da musculatura esquelética devido à hipertrofia das fibras musculares, principalmente, das fibras intermediárias e brancas (AALHUS et al., 1992). Este efeito se deve à maior síntese protéica e/ou à diminuição da degradação (BARK et al., 1992; SEE; ARMSTRONG; WELDON, 2004). O aumento na síntese de proteína muscular se deve ao aumento na expressão gênica das miofibrilas, sendo observado um aumento na concentração de RNAm de alfa-actina na musculatura de suínos suplementados com RAC (BERGEN et

al., 1989). No entanto, as atividades enzimáticas associadas à degradação protéica, à catepsina e proteases dependentes de cálcio não se alteram em suínos recebendo RAC (BEERMANN, 2002).

Em animais recebendo RAC, também se observa a diminuição de deposição de gordura na carcaça (MARINHO et al., 2007a). A eficiência da RAC na redução de tecido adiposo pode estar ligada a sua capacidade em bloquear a lipogênese e/ou estimular a lipólise (MILLS; SPURLOCK; SMITH, 2003). A RAC reduz a sensibilidade à insulina nos adipócitos suínos, inibindo assim a lipogênese (MILLS, 2002). No entanto, estudos *in vitro* com suínos evidenciam que os agonistas beta-adrenérgicos aumentam a produção de AMPc, levando à ativação de quinases e, assim, fosforilando a enzima limitante na lipólise, ou seja, a lipase hormônio sensível (MOODY; HANCOCK; ANDERSON, 2000). Quando ativada, a enzima quebra os triacilgliceróis e, portanto, aumenta a lipólise (HERMSDORFF; MONTEIRO, 2004). Segundo Page et al. (2004), verificou-se em ratos que a RAC aumenta a apoptose no tecido adiposo branco, explicando assim a razão pela qual suínos que recebem RAC apresentam carcaças com menor quantidade de gordura (WEBER et al., 2006).

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

São várias as ferramentas utilizadas para a melhora do desempenho de suínos em terminação, considerando que as grandes empresas da cadeia suinícola têm enfatizado a maximização da síntese protéica e a diminuição da deposição de gordura. A RAC vem sendo utilizado com grande êxito para cumprir estes objetivos desde a sua liberação nos Estados Unidos no ano de 1999 (MARCHANT-FORDE et al., 2003). Na literatura, são encontrados vários relatos de benefícios ligados a sua utilização. De acordo com See, Armstrong e

Weldon (2004), Weber et al. (2006) e Sanches et al. (2010), há um maior ganho de peso em animais suplementados com RAC. Schinckel, Richert e Herr (2002) observaram aumento em 10 a 12% no peso quando a ractopamina é administrada durante cinco semanas para um ganho de 40 kg antes do abate. Marinho et al. (2007a,b), Pereira et al. (2008) Rikard-Bell et al. (2009), See, Armstrong e Weldon (2004) e Stoller et al. (2003), verificaram que houve melhor conversão alimentar para animais recebendo RAC. Cantarelli et al. (2009) verificaram que a suplementação de 5 ppm de RAC na dieta de suínos em terminação melhora as características de carcaça, viabilizando economicamente a produção. De Lange, Birkett e Morel (2001) afirmam que a deposição de tecido magro é energeticamente mais eficiente que a deposição de gordura, este fator pode explicar o fato de que animais suplementados com RAC possuem melhor eficiência alimentar.

Ao avaliar diferentes níveis de RAC (5 e 10 ppm), Amaral (2008) observou que 5 ppm foram suficientes para melhorar as variáveis de desempenho e composição de carcaça. Porém, a suplementação com 10 ppm é uma opção interessante, pois proporciona maior quantidade de carne na carcaça.

A utilização da RAC faz com que a deposição muscular na carcaça seja aumentada em maior proporção em relação ao crescimento dos órgãos viscerais, causando melhora no rendimento de carcaça (SCHINCKEL et al., 2001). Estima-se que as concentrações de 10 ou 20 ppm de ractopamina nas dietas no período de seis a 34 dias aumentem o peso de carcaça quente (ARMSTRONG et al., 2004).

A resposta à ractopamina é dose dependente, pois, com baixa taxa de inclusão (5 ppm), os animais apresentam maior ganho, melhor eficiência alimentar e em menor grau nos parâmetros de carcaça (MOODY ; HANCOCK; ANDERSON, 2000). Por outro lado, altas doses (20 ppm) demonstram maior ganho, melhor eficiência e melhorias adicionais na carcaça. No entanto,

considera-se que o ganho de peso é otimizado em baixas doses (5 a 10 ppm) e diminuído em doses superiores a 20 ppm devido à redução de seu consumo (CROME et al., 1996).

## **2.5 Efeito da ractopamina sobre a qualidade de carne de suínos**

A qualidade da carne suína é avaliada por meio de atributos sensoriais como aroma, cor, sabor, suculência e textura, além de atributos tecnológicos como capacidade de retenção de água (CRA), conteúdo e composição de gordura, pH inicial (45 minutos após o abate), pH final (24 horas após o abate), estabilidade oxidativa e uniformidade (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003).

Os efeitos da RAC sobre a qualidade da carne suína são controversos, pois alguns trabalhos indicam que não há impacto significativo na cor, marmorização, firmeza e valores de pH final (STITES et al., 1991; UTTARO et al., 1993). Porém, trabalhos mais recentes indicam o efeito da RAC sobre a cor da carne, que verificada em função de mudanças na composição das fibras musculares ( CHANG et al., 2003; DEPREUX et al., 2002 ).

Carr et al. (2005b) observaram que a utilização de 10 ppm e 20 ppm de RAC aumentou o peso de vários cortes comerciais em comparação ao tratamento controle, bem como diminuiu a quantidade de gordura nestes cortes.

Carr et al. (2009) e Patience et al. (2009) observaram que as carcaças de animais suplementados com RAC não diferiram com relação à perda de água por gotejamento, demonstraram também que a perda de água durante a cocção foi semelhante as dos animais do grupo controle.

Uma meta-análise conduzida por Apple et al. (2007) mostrou que a força de cisalhamento aumentou em 4,4, 10,9 e 8,6% quando os animais foram suplementados com 5, 10 e 20 ppm de RAC respectivamente. Através de análise sensorial, demonstrou-se a menor maciez para animais recebendo RAC, o que

está de acordo com os maiores valores para a força de cisalhamento (PATIENCE et al., 2009). Outro fator determinante para o aumento da força de cisalhamento e menor índice de fragmentação miofibrilar se deve ao aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (Calp 1 – 1 $\alpha$  e Calp 3 – 1 $\mu$ ) (PARR et al., 2004).

Patience et al. (2009) verificaram que 5 ppm de RAC não tiveram efeito sobre a coloração visual e o marmoreio. Porém, foi observado um pequeno efeito sobre a coloração da carne através do sistema de cor CIELAB, onde os valores para a coloração a\* e b\* foram menores, indicando mudança na cor, com diminuição da intensidade de cor vermelha e amarela.

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).

Avaliando a qualidade de carne de suínos suplementados com 5 ppm de RAC, Almeida (2008) observou que não há influência deste aditivo sobre a qualidade de carne.

Adeola et al. (1990) não observaram diferenças significativas para a composição de proteína bruta, extrato etéreo e cinzas do músculo *Longissimus dorsi* de animais suplementados com 20 ppm de RAC. No entanto, Uttaro et al. (1993) e Xiao, Xu e Chen (1999) observaram maiores valores para proteína bruta e, como consequência, diminuição da porcentagem de gordura destes.

## 2.6 Oxidação lipídica

A redução da vida de prateleira dos produtos alimentícios industrializados e também de sua matéria-prima está intimamente relacionada aos processos de oxidação de substâncias orgânicas. Nestes produtos, as principais reações de oxidação observadas são o escurecimento enzimático e a oxidação de lipídios (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

Em relação à oxidação de lipídios (Figura 3), a principal alteração sensorial observada pelos consumidores é o desenvolvimento de odores desagradáveis, comumente denominados como odor rançoso. Os substratos para estas reações são os ácidos graxos, normalmente encontrados na composição dos glicerídeos. Quando verificada em produtos, esta alteração é o principal parâmetro de controle físico-químico, que define o prazo de validade de vários produtos alimentícios industrializados, principalmente quando estes apresentam valores de atividade água ( $a_w$ ) inferior a 0,3 (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). A zona de adsorção primária ou a monocamada, que favorece a ação catalítica de metais, se aproxima destes valores de  $a_w$ , colaborando para o incremento das reações de oxidação de lipídios (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

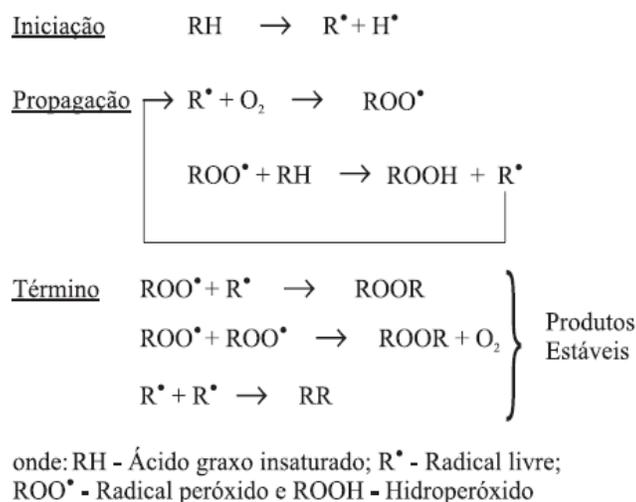


Figura 3 Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica

Fonte: Ramalho e Jorge (2006)

A oxidação de lipídios no organismo resulta da ação dos radicais livres (SOARES, 2002). Estas moléculas possuem um elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron. Assim, são extremamente reativas, podendo ser geradas por fontes endógenas ou exógenas. Quando provenientes de fontes endógenas, são derivadas de processos biológicos que ocorrem naturalmente no organismo, tais como: resultado da atividade de oxidases, cicloxigenases, lipoxigenases, desidrogenases e peroxidases; redução de flavinas e tíóis; presença de metais de transição no interior da célula e sistemas de transporte de elétrons. Esta geração de radicais livres está ligada a várias organelas celulares como lisossomos, núcleo, membranas, mitocôndrias e retículo endoplasmático (MACHLIN; BENDICH, 1987). As fontes exógenas que geram radicais livres compreendem solventes orgânicos, tabaco, medicamentos, defensivos agrícolas, radiações e poluição do ar (SOARES, 2002).

De acordo com Rice-Evans e Burdon (1993), os processos biológicos levam à formação de vários radicais livres tais como: radicais de oxigênio ou espécies reativas de oxigênio (íon superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ); hidroxila ( $OH^{\bullet}$ ); peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ); alcoxila ( $RO^{\bullet}$ ); peroxila ( $ROO^{\bullet}$ ); peridroxila ( $HOO^{\bullet}$ ); oxigênio singlete ( $^1O_2$ ); complexos de metais de transição ( $Fe^{+3}/Fe^{+2}$ ;  $Cu^{+2}/Cu^{+}$ ); radicais de carbono (triclorometil,  $CCl_3^{\bullet}$ ); radicais de enxofre como: tiol ( $RS^{\bullet}$ ) e radicais de nitrogênio como: fenildiazina ( $C_6H_5N = N^{\bullet}$ ) e óxido nítrico ( $NO^{\bullet}$ ).

A forma com que as reações ocorrem nestes processos de deterioração em lipídios ainda não está totalmente elucidada. Porém, sabe-se que os mesmos podem ser oxidados por meio de mecanismos enzimáticos ou não enzimáticos (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Os radicais causam alterações nas células, agindo diretamente sobre algum componente destas. Como exemplo, os ácidos graxos poli-insaturados das membranas são muito vulneráveis ao ataque dos radicais livres (SOARES, 2002). Estas moléculas levam a reações de oxidação nos ácidos graxos da membrana lipoprotéica, conhecida como peroxidação lipídica, afetando a integridade estrutural e funcional da membrana celular e alterando sua fluidez e permeabilidade (LEE; KOO; MIN, 2004).

Os produtos da oxidação dos lipídios da membrana podem causar alterações em certas funções celulares (RICE-EVANS; BURDON, 1993). Além disso, os radicais livres podem causar modificações nas proteínas celulares, resultando em sua fragmentação, *cross linking*, agregação e, em alguns casos, ativação ou inativação de certas enzimas em função da reação dos radicais livres com aminoácidos que constituem a cadeia polipeptídica (LEE; KOO; MIN, 2004). A reação de radicais livres com ácidos nucleicos também foi verificada, ocasionando mudanças em moléculas de DNA e causando certas aberrações cromossômicas (MCCLEMENTS; DECKER, 2000). Além destes efeitos

indiretos, há ação tóxica resultante de altas concentrações de íon superóxido e peróxido de hidrogênio na célula (LEE; KOO; MIN, 2004).

O índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é utilizado para avaliação da oxidação lipídica na carne suína.

Leick et al. (2010) verificaram que a suplementação de 5 ppm de RAC não afetou o índice de TBARS durante os períodos de armazenamento de 0, 7 e 14 dias. Segundo estes autores, a maior quantidade de gordura, ácidos graxos insaturados e a presença de oxigênio são os principais fatores que levam a maiores valores de TBARS e não a RAC.

Porém, são escassos os trabalhos observados na literatura relacionando à utilização de RAC e à oxidação lipídica, sendo de extrema importância verificar se existe interação entre estes fatores.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de realização do experimento**

O experimento foi conduzido no período de novembro a dezembro de 2009, no Centro Experimental de Suínos (CES) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, região Sul de Minas Gerais, latitude 21<sup>o</sup>14'30'' (S), longitude 45<sup>o</sup>00'10'' (O) e 910 metros de altitude.

O clima da região é mesotérmico, apresentando verões brandos e chuvosos. As temperaturas médias anuais situam-se em torno de 19,4<sup>o</sup>C, com máximas de 27,8<sup>o</sup>C e mínimas de 13,5<sup>o</sup>C. A precipitação média é de 1.411 mm, sendo que 65% a 70% desse total concentram-se entre os meses de dezembro a março.

Durante o período experimental no galpão, a temperatura média foi de 19,0<sup>o</sup>C, registrando mínimas e máximas, respectivamente, de 13,7<sup>o</sup>C e 26,8<sup>o</sup>C.

#### **3.2 Animais e instalações**

Foram utilizados 35 suínos machos, castrados e 35 fêmeas, híbridos (fêmea C40 X reprodutor TopPi), selecionados para alto ganho de tecido magro, com peso inicial de 77,1 ± 0,32 kg.

Os animais foram alojados em grupos de dois (um macho e uma fêmea, compondo a parcela experimental), em galpão de terminação com baias de piso concreto (2,3 x 1,5 m), dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta.

### **3.3 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, com dois animais por parcela experimental, cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20 ppm) e sete repetições. Para pH e oxidação lipídica após resfriamento e congelamento, o mesmo delineamento foi utilizado, porém, em parcela subdividida no tempo. O critério para a formação dos blocos foi o peso dos animais.

### **3.4 Dietas experimentais**

Segundo Mitchell, Solomon e Steele (1990) e Xiao, Xu e Min (1999), para atingirem resultados significativos de desempenho e qualidade de carcaça, os animais suplementados com RAC devem receber um valor mínimo de 16% de PB e 30% a mais de lisina total em sua dieta

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos, de forma a atender as exigências sugeridas pela linhagem genética, com um acréscimo de 30% nos níveis de lisina, em função da maior taxa de síntese protéica em animais suplementados com ractopamina.

A composição centesimal e os valores calculados das dietas experimentais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dieta Experimental				
	T1	T2	T3	T4	T5
Milho	71,66	71,66	71,66	71,66	71,66
Farelo de Soja	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70
Óleo de soja	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84
Fosfato Bicálcico	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Calcário Cálcico	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Premix.Mineral <sup>1</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PremixVitamínico <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metionina 99%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
L-Lisina 78%	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
L-Treonina 98%	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Tylan <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ractosuín <sup>4</sup>	0,00	0,025	0,050	0,075	0,100
Composição calculada					
Proteína bruta (%)	16,06	16,06	16,06	16,06	16,06
EM (kcal/kg)	3300	3300	3300	3300	3300
Lisina digestível (%)	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002
Metionina digestível (%)	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267
Treonina digestível (%)	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661
Fósforo disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Cálcio (%)	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Composição, por kg de produto: 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>3</sup> Antibiótico à base de tilosina granulada.

<sup>4</sup> Cloridrato de ractopamina 2,05%.

### **3.5 Procedimento experimental**

As dietas foram fornecidas à vontade, durante um período experimental de 28 dias. Os suínos foram pesados no início e no final do experimento para a determinação do ganho de peso. Diariamente, a limpeza das baias foi diária e, duas vezes ao dia, a ração foi fornecida e os desperdícios foram pesados para a determinação do consumo dos animais.

#### **3.5.1 Desempenho**

Para comprovar a eficiência da RAC, avaliou-se o desempenho dos animais por meio do peso final, consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA) e ganho de peso diário (GPMD).

Após 28 dias de suplementação com RAC, os animais foram submetidos ao jejum sólido por um período de 12 horas. Após o jejum, todos os animais foram pesados e abatidos no frigorífico Nutrilli, localizado em Lavras-MG

Após dessensibilização elétrica, os animais foram sangrados e eviscerados, sendo as carcaças pesadas antes e após o resfriamento por 24 horas.

#### **3.5.2 Qualidade da carne**

Vinte e quatro horas após o abate, foram retiradas as amostras do músculo *Longissimus dorsi* das meias-carcaças esquerdas para análises subsequentes.

Os cortes foram identificados e transportados sob refrigeração para o Laboratório Central de Análises do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. De cada animal, foram retiradas cinco fatias do músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 3 cm de espessura, no sentido

crânio dorsal. O primeiro corte foi utilizado para avaliação da cor e da perda de peso por gotejamento, o segundo, para determinação da perda de peso por descongelamento, cocção e força de cisalhamento, o terceiro para a oxidação lipídica sobre resfriamento, o quarto para oxidação lipídica sobre congelamento e o quinto para avaliação da composição centesimal da carne.

### **3.5.2.1 pH**

Para avaliar a qualidade da carne, foram feitas medidas de pH no músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela da meia carcaça esquerda, 45 minutos após o abate (pH inicial) e após o período de 24 horas de resfriamento (pH final) a 4°C.

### **3.5.2.2 Capacidade de retenção de água**

A capacidade de retenção de água da carne foi avaliada considerando-se as perdas de peso por gotejamento, descongelamento e cocção. A perda de peso por gotejamento foi avaliada segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981), que consiste em pesar a amostra de aproximadamente 3 cm de espessura, suspendendo a amostra envolta com embalagem plástica durante 24 horas e realizar a repesagem. A perda por descongelamento é obtida através da relação entre o peso da amostra congelada e o peso da amostra descongelada por 24 horas a  $2 \pm 2^\circ\text{C}$ . A perda por cocção foi obtida de acordo com a metodologia descrita por Bridi e Silva (2007), que consiste na diferença entre o peso da amostra descongelada e a amostra assada. As amostras foram assadas em forma com grelha, forrada com papel alumínio, sem adição de qualquer condimento até que a temperatura interna atingisse 40°C. Em seguida, foram viradas e mantidas no forno até a temperatura interna de 71°C, sendo então retiradas. Após

atingirem a temperatura ambiente, foram embaladas e armazenadas por 24 horas na geladeira e novamente pesadas.

### **3.5.2.3 Força de cisalhamento**

A mesma amostra empregada para avaliação da perda de água por cocção foi utilizada para determinação instrumental da força de cisalhamento. Foram cortadas subamostras de 1,30 cm de diâmetros, livres de gordura e tecido conectivo a força de cisalhamento foi medido perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se uma lâmina com corte em “V” invertido, acoplada ao aparelho texturometro. As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré-teste, 2 mm/s no teste e 5 mm/s no pós-teste. Os resultados foram expressos como força máxima necessária para corte das amostras em quilogramas força (kgf) (BRIDI; SILVA, 2007).

### **3.5.2.4 Cor**

A cor foi analisada no músculo *Longissimus dorsi* 24 horas após o abate, utilizando-se o colorímetro portátil Konica Minolta, modelo CR-10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8°, ou seja, iluminação d/8 e iluminante C. Os componentes L\* (luminosidade), a\* (componente vermelho-verde) e b\* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB (KONICA MINOLTA HOLDINGS, 1998). As leituras foram obtidas pela movimentação do equipamento, em três posições distintas, de tal forma que praticamente toda a superfície da carne foi amostrada. A média das leituras foi utilizada para a análise estatística.

### 3.5.3 Oxidação lipídica

A fim de estudar a estabilidade oxidativa das carnes sob armazenamento, as amostras (carne *in natura*) foram armazenados em sacos plásticos devidamente etiquetados e armazenadas sob refrigeração (5 a 8°C), sendo avaliadas 24 horas após o abate (tempo zero) e durante os dias 5, 8 e 12 de estocagem. Para a avaliação da estabilidade oxidativa das carnes sob congelamento, as amostras foram armazenadas da mesma forma porém a uma temperatura de -12°C, sendo avaliadas no tempo zero, aos 15, 30, 60 e 90 dias.

As análises de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) foram realizadas de acordo com metodologia descrita por Raharjo, Sofos e Schimidt (1992). Foram utilizadas 10g de amostra, às quais foram adicionados 40mL de ácido tricloroacético a 5%, 1 mL de antioxidante BHT 0,15% em etanol e homogeneizou-se por 1 minuto em Bag Mixer. A seguir, procedeu-se à filtragem e o volume foi ajustado para 50 mL em balão volumétrico, com ácido tricloroacético a 5%. Utilizando pipeta volumétrica, foram retiradas alíquotas de 2 mL dos balões, sendo, depois colocadas em tubos de ensaio (2 tubos para cada balão). Em seguida, foram adicionados 2 mL do reagente de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,08 M em ácido acético 50%, procedendo-se à homogeneização. Os tubos foram, então, levados ao banho-maria fervente por 5 minutos. As leituras foram obtidas em absorbância, por meio de espectrofotômetro, a 531 nm. Os valores foram expressos em miligramas de dialdeído malônico por quilo de amostra ( $\text{mgMA.Kg}^{-1}$ ), utilizando-se a seguinte expressão:  $\text{TBARS} = \text{absorbância} \times 7,38$ .

### **3.5.4 Composição centesimal**

Para avaliação da composição centesimal da carne as amostras foram liofilizadas e a metodologia utilizada encontra-se descrita na Association of Official Analytical Chemist - AOAC (2000). A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, com emprego de calor, baseando-se na perda de peso do material submetido ao aquecimento a 105°C, até peso constante. Para o extrato etéreo, foi utilizado o método de “Soxhlet” (gravimétrico), baseando-se na quantidade do material solubilizada por solvente. A fração de proteína foi determinada pelo método de “Kjeldahl”, por meio de determinação da porcentagem total de nitrogênio, multiplicado pelo fator de correção médio de 6,25. O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado pela calcinação da amostra na mufla, a 550°C, até a obtenção de cinzas claras ou ligeiramente acinzentadas.

### **3.6 Análises estatísticas**

Após o teste de normalidade (Shapiro-Wilk), as variáveis de desempenho e qualidade de carne foram submetidas à análise de variância, as quais se apresentaram significativas foram submetidas à análise de regressão para as doses de ractopamina. Para cinzas, lipídios, cor B, perda de peso por cocção, perda de peso por gotejamento e oxidação lipídica após resfriamento e congelamento, foi utilizada a opção de transformação raiz quadrada. Utilizou-se o delineamento em parcelas subdivididas para a avaliação de oxidação lipídica e do pH.

Quando se obteve efeito cúbico ou de quarto grau, as médias das doses foram comparadas pelo teste SNK a 5%. A análise estatística foi feita no programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2000).

Porém, para a avaliação da variável de conversão alimentar, foi utilizado o modelo de regressão descontínua LRP (*linear response plateau*) para a estimação do nível ótimo de ractopamina, por permitir resultados mais coerentes relativamente aos outros modelos não lineares, que podem superestimar os valores encontrados (PORTZ; DIAS; CYRINI, 2000), esta análise foi realizada através do software SAEG versão 9.1 (FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES, 2007).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Desempenho**

Os resultados obtidos com o desempenho estão apresentados na tabela 2. A suplementação de suínos com RAC resultou em para maior peso final e ganho médio diário de peso, bem como melhor conversão alimentar, demonstrando a capacidade que este promotor tem de melhorar o desempenho de suínos em terminação. Observou-se efeito linear para o peso final, sendo que animais recebendo dietas suplementas com 20 ppm apresentaram peso superior a 4,19%. Resultados similares foram encontrados por Carr et al. (2009) ao testarem os níveis de 0, 5, 10 e 20 ppm de RAC para suínos terminados pesados (133 kg). Avaliando a inclusão de 5 ppm deste promotor, associada à fitase Corassa, Lopes e Teixeira (2009) também observaram maior peso final para os animais que receberam este aditivo. Moore et al. (2009) observaram maior peso final destes animais em relação ao grupo controle quando suplementaram machos inteiros ou imunocastrados durante 26 dias com RAC (5 ppm nos primeiros 14 e 10 ppm nos 12 dias subsequentes). Entretanto, Rikard-Bell et al. (2009), avaliando machos inteiros, imunocastrados e fêmeas recebendo RAC durante 31 dias (5 ppm durante 14 dias e 10 ppm durante 17dias) e Sanches et al. (2010), testando os níveis de 0, 5, 10 e 20 ppm de RAC para suínos machos castrados mantidos sobre conforto térmico não observaram diferença para peso final. Com relação ao ganho médio diário de peso, observou-se um efeito significativo da RAC, causando aumento linear no ganho com a maior inclusão da mesma, considerando-se o nível de 20 ppm comparado ao controle foi verificado incremento de 18,87% no ganho dos animais. Estes resultados corroboram os observados por Watkins et al. (1990), ao testarem os níveis de 0, 5, 10, 15 e 20 ppm em períodos de 45 ou 50 dias e por Armstrong et al. (2004), testando

diferentes níveis de RAC (0, 5, 10 e 20 ppm) em períodos de fornecimento variando de 6 a 34 dias. Porém, os dados obtidos neste experimento diferem dos observados por Brumm, Miller e Thaler (2004) que avaliaram 0 ou 10 ppm de RAC para machos castrados durante 28 dias e os de Mimbs et al. (2005) ao testarem dois grupos genéticos (magro ou gordo) suplementados com 0 ou 10 ppm de RAC durante 28 dias durante os quais não se observou aumento significativo no ganho de peso dos animais.

Tabela 2 Desempenho de suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de ractopamina (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias

Variável	Doses de ractopamina (ppm)					Média	CV (%)
	0	5	10	15	20		
Peso final <sup>1</sup> (Kg)	102,7	105,3	106,5	105,6	107,0	105,4	2,52
Ganho de peso médio diário (g/dia)	901	1023	1050	1012	1071	1011	8,22
Consumo de ração médio diário (g/dia)	2823	2741	2871	2746	2919	2820	8,55
Conversão alimentar <sup>3</sup>	3,15	2,68	2,73	2,76	2,87	2,84	4,47
Consumo diário de lisina digestível (g/dia)	29,08	28,24	29,58	28,28	30,06	29,0	8,55
Consumo diário de energia metabolizável (Kcal/dia)	9118	8855	9275	8869	9427	9109	8,55

<sup>1</sup> Regressão linear significativa (P<0,05)

<sup>2</sup> Regressão quadrática significativa (P<0,05)

<sup>3</sup> Linear response plateau (P<0,05)

O consumo de ração médio diário dos animais suplementados com este promotor não diferiu entre os tratamentos, sendo semelhante ao observado por Aalhus et al. (1992) que analisaram os níveis de 0, 5, 10, 15 e 20 ppm de RAC para machos castrados e fêmeas e por Marinho et al. (2007a) ao avaliarem o nível de 5 ppm de RAC, durante 21 ou 28 dias, para machos castrados. Estes resultados diferem dos verificados por Carr et al. (2005a) e por Mimbs et al.

(2005). Sugere-se que estas diferenças observadas na literatura sobre o consumo médio diário de ração estão relacionadas às diferentes linhagens genéticas utilizadas.

Com relação à variável de conversão alimentar, o ponto ótimo de suplementação de ractopamina pelo modelo LRP foi de 3,88 (Figura 4), resultando num valor de 2,78. Utilizando o nível ideal estimado pelo modelo LRP, a melhora da conversão alimentar -- comparada ao tratamento controle -- foi de 29%. Resultados semelhantes foram verificados por Ferreira (2009) que avaliou os níveis de 0, 5, 10, 15 e 20 ppm para suínos machos castrados e fêmeas estimando o nível ótimo de 4,41 ppm do aditivo para a melhor conversão alimentar, resultados semelhantes encontrados por Schinckel et al. (2001) e Amaral (2008), os quais concluíram que, para o ganho de peso, a maior parte da resposta do animal à RAC pode ser alcançada com suplementação de 5 ppm na dieta. Porém, estas observações diferem das verificadas por Armstrong et al. (2004) quando testaram os níveis de 0, 5, 10 e 20 ppm e verificaram uma resposta significativa quanto à melhora da conversão alimentar em todos os tratamentos, porém de forma mais eficiente para os tratamentos de 10 e 20 ppm. Stites et al. (1991) observaram que o efeito da RAC em suínos não apresenta comportamento dose-dependente, o que pode em parte explicar os resultados obtidos por este trabalho.

Kessler (2001) afirma que a conversão alimentar é altamente correlacionada com variáveis que representam o ganho de tecido magro e, em função disso, persiste como medida de desempenho, sendo usada como a principal referência para avaliar a eficiência de sistemas de produção de suínos. Por apresentar menor valor energético agregado, o maior ganho de tecido magro melhora a resposta em relação à conversão alimentar.

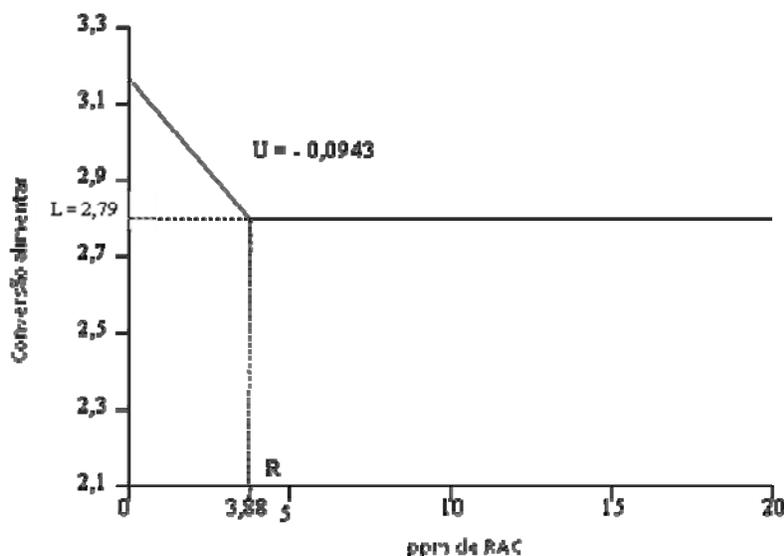


Figura 4 Curva ajustada pelo modelo de regressão LRP (*linear response plateau*) para conversão alimentar de suínos alimentados com rações contendo diferentes níveis de ractopamina, durante 28 dias.\*

\*R = estimativa do nível ótimo de suplementação; L = ponto de platô; U = coeficiente de inclinação da reta.

A melhor eficiência alimentar observada em animais recebendo RAC pode explicar o seu melhor desempenho em relação ao maior peso final e melhor ganho de peso médio diário. Isto se deve ao fato de este aditivo ser reconhecido como repartidor de nutrientes, favorecendo uma menor deposição de tecido adiposo e aumentando a deposição de tecido magro na carcaça. Considerando que o tecido muscular é rico em água, este demanda menos nutrientes para sua formação, sendo que o gasto energético para deposição de tecido muscular é aproximadamente 3 vezes inferior ao gasto para deposição do tecido adiposo (ENGLISH et al., 1988).

Respostas divergentes observadas na literatura podem ser explicadas pela utilização de diferentes populações genéticas, níveis de inclusão e tempo de

utilização do promotor, bem como pelo manejo nutricional (DUNSHEA et al., 1993; SMITH et al., 1995).

Não foram observadas diferenças significativas para o consumo de lisina digestível e consumo de energia metabolizável, demonstrando que as diferenças observadas não foram influenciadas por estes fatores.

#### **4.2 Qualidade de carne**

Os resultados de rendimento de carcaça, cinzas, extrato etéreo, proteína bruta, umidade, componente de cor: a\*, b\*, L\*, perda de peso na cocção, perda de peso no descongelamento, perda de peso por gotejamento e força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação recebendo dietas suplementadas durante 28 dias com RAC são apresentados na Tabela 3.

A inclusão de diferentes níveis deste promotor favoreceu o aumento linear do rendimento de carcaça. Os animais tratados com 20 ppm de RAC apresentaram peso superior, de 1,24%, em relação ao tratamento controle. Adeola et al. (1990), suplementando machos castrados e fêmeas com 20 ppm de RAC durante 28 dias e Stites et al. (1991), avaliando durante 48 dias o fornecimento de 0, 5, 10 ou 20 ppm de RAC para suínos em terminação observaram efeito semelhante sob o aumento do peso de carcaça com a suplementação deste aditivo. No entanto, ao avaliarem a suplementação de 20 ppm do promotor para machos castrados e fêmeas dos 64 aos 100 kg de peso vivo, Carr et al. (2005a) e Uttaro et al. (1993) não observaram diferença significativa para animais recebendo este aditivo. Porém, é importante enfatizar que, a fim de que comparações de valores de rendimento de carcaça obtidos em trabalhos científicos distintos sejam válidos, há necessidade de que os rendimentos tenham sido determinados em condições semelhantes, pois esta variável é altamente afetada pelo tempo de jejum pré-abate, bem como pela dieta

do animal (OLIVEIRA, 2005). A RAC possui a capacidade de aumentar a percentagem de carne na carcaça (MILLS, 2002), bem como o rendimento de carcaça por ser substância capaz de aumentar a proporção de nutrientes depositados na carcaça em relação à deposição nos órgãos internos (STAHLY; BARK, 1991).

O músculo *Longissimus dorsi* apresentou umidade média de 72,5%, o que está de acordo com Estévez, Morcuende e Cava Lopez (2003) e Virgili et al. (2003), os quais verificaram umidade média de 73%. A deposição de água no músculo está relacionada à deposição de proteína, o que não ocorre com a deposição de gordura, que apresenta baixa quantidade de água (PENA et al., 2008). Assim, com a inclusão de RAC às dietas, ocorre maior deposição protéica e maiores teores de umidade no músculo (DUNSHEA et al.; UTTARO et al., 1993). Porém, a inclusão de RAC não influenciou os teores de umidade do lombo dos animais deste ensaio.

Foi observado menor quantidade de proteína bruta no músculo *Longissimus dorsi* dos animais recebendo suplementação com 20 ppm de RAC, isto se deve ao fato de estes apresentarem maior quantidade de extrato etéreo, diminuindo, conseqüentemente, a quantidade de proteína.

Os níveis de extrato etéreo no músculo *Longissimus dorsi* diferiram apenas no tratamento com maior nível de inclusão de RAC. Da mesma forma, avaliando a utilização dos níveis de 0, 10 e 20 ppm de RAC para suínos machos castrados, Carr et al. (2005b) observaram aumento para o extrato etéreo do músculo *Longissimus dorsi* de suínos, comparando-se os tratamentos de 20 ppm marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* quando avaliaram suínos machos castrados e fêmeas, recebendo dieta suplementada com os níveis de 0, 10, 15 e 20 ppm de RAC. Este aumento da deposição de gordura pode estar relacionado à diminuição do número de receptores denominado “*down-regulation*” (BARROS;

Tabela 3 Rendimento de carcaça, cinzas, extrato etéreo, proteína bruta, umidade, Componente de cor: a\*, cor b\*, cor L\*, perda de peso na cocção, perda de peso no descongelamento, perda de peso por gotejamento e força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de ractopamina (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias

Variável	Doses de ractopamina (ppm)					Média	CV (%)
	0	5	10	15	20		
Rendimento de carcaça <sup>1</sup>	80,7	81,0	81,1	81,8	81,7	81,3	1,16
Umidade	72,47	72,61	72,49	72,16	72,74	72,5	1,06
Proteína bruta	18,03 a	18,16 a	17,91 a	19,85 a	15,91 b	17,97	7,96
Extrato etéreo	6,26 a	5,57 a	6,27 a	5,04 a	11,34 b	6,90	9,38
Cinzas <sup>1</sup>	3,96	3,80	3,75	3,82	3,55	3,78	3,37
Componente de cor a* <sup>2</sup>	7,86	6,88	6,91	6,79	6,98	7,08	6,82
Componente de cor b* <sup>1</sup>	1,16	0,75	0,46	0,62	0,57	0,71	24,82
Componente de cor L*	52,2	51,7	51,2	51,8	51,7	52	3,43
Perda de peso por cocção (%)	26,8	26,7	27,4	29,6	27,7	28	4,49
Perda de peso no descongelamento (%)	2,79	2,91	3,20	3,00	3,05	2,99	30,36
Perda de peso por gotejamento <sup>1</sup> (%)	1,16	1,11	0,93	0,95	0,95	1,02	7,75
Força de cisalhamento	7,364 abc	7,608 bc	6,639 a	7,005 ab	8,078 c	7,338	8,83

<sup>1</sup> Regressão linear significativa (P<0,05)

<sup>2</sup> Regressão quadrática significativa (P<0,05)

<sup>a, b, c</sup> Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha diferem pelo teste SNK (P<0,05)

OKOSHI; CICOGNA, 1999). Portanto, é possível que esse fenômeno possa ter ocorrido neste estudo.

Os teores de cinzas do músculo *Longissimus dorsi* (LD) sofreram influência da utilização de RAC. Observou-se efeito linear, sendo que as maiores doses do aditivo apresentaram menores porcentagens de cinzas. Comparando-se a dose de 20 ppm com o tratamento controle, observou-se uma diminuição de aproximadamente 10,35% do valor de cinzas. Estes dados estão de acordo com Adeola et al. (1990) que também observaram a diminuição nos níveis de cinzas de animais suplementados com 20 ppm do promotor, quando comparados ao tratamento controle. Todavia, Uttaro et al. (1993) e Xiao, Xu e Chen (1999) observaram aumento no teor de cinzas em suínos quando avaliaram estes animais em terminação, com peso inicial de 64 e final 90 kg, suplementados com 20 ppm de RAC.

Com relação à coloração da carne, não houve efeito significativo da RAC para o componente de cor L\* (valores maiores indicam carnes mais claras). Carr et al. (2005a,b) e Uttaro et al. (1993), também não observaram diferença significativa para esta variável. Este achado é de extrema importância, pois reafirma que a suplementação de RAC para suínos em terminação não favorece a apresentação da carne como PSE (pálida, mole e exsudativa). Este defeito das carnes suínas tem grande impacto econômico, uma vez que são inadequadas para a industrialização e têm aspecto desagradável para o consumidor.

Valores aumentados de L\* estão relacionados ao baixo pH final da carne, característico de animais com rápido consumo de glicogênio de forma anaeróbica, resultando em grande produção de ácido lático. O acúmulo de ácido lático iniciará a desnaturação das proteínas da carne, resultando em maior perda de água e maior reflexão da luz, conferindo-lhe uma aparência pálida (JUNCHER et al., 2001).

No entanto, foi observado efeito quadrático para  $a^*$  (valores maiores indicam maior intensidade da cor vermelha) e efeito linear para  $b^*$  (valores maiores indicam maior intensidade da cor amarela). Aalhus et al. (1990), Carr et al. (2005a) e Uttaro et al. (1993), observaram dados semelhantes, sendo que o aumento do nível de RAC levou à diminuição do valor de cor  $b^*$ .

Valores mais altos para a coloração  $a^*$  podem ser explicados pela quantidade de ferro presente no tecido, sendo que amostras com maior quantidade deste íon apresentam valores mais elevados de  $a^*$  (JUNCHER et al., 2001).

De modo geral, o valor de  $b^*$  avalia pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (BRESSAN et al., 2004). Pela tendência dos suínos de apresentar maior deposição lipídica na camada subcutânea e mais tardiamente no músculo, o abate de animais mais pesados pode resultar em alterações dos valores de  $b^*$  (CISNEROS et al., 1996). Além disso, alterações no valor de  $b^*$  podem ser indicativas de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular (JOO et al., 2002).

Outro fator determinante para definir a coloração do músculo é o tipo de fibra. Mudanças no tipo de fibra muscular verificadas em função do tratamento com RAC demonstraram aumento da fibra tipo 2A, com queda do tipo 1 (DEPREUX et al., 2002). A isoforma de miosina da fibra tipo 2A apresenta correlação negativa para o valor de  $a^*$  para a raça Large White. Segundo com Chang et al. (2003), assim é possível supor que os valores mais baixos de  $a^*$  podem estar ligados à maior quantidade de fibras do tipo 2A devido à suplementação de RAC.

No entanto, segundo Apple et al. (2007), apesar de serem observadas diferenças significativas na coloração da carne suína, estas diferenças não podem ser visivelmente notadas pelos consumidores na maioria das vezes.

Para as variáveis de perda de peso na cocção e no descongelamento, não se verificou influência significativa dos diferentes níveis de RAC. No entanto, a inclusão de RAC nas dietas ocasionou diminuição da perda de peso por gotejamento, sendo que o tratamento com 20 ppm de RAC levou a uma diminuição de 18,10% na perda, quando comparada ao tratamento controle. Estes dados são contrários aos verificados por Apple et al. (2004) , Bridi et al. (2006) e Stoller et al. (2003) , que não observaram alteração desta variável. No entanto, é interessante salientar que a perda de água por gotejamento influencia o processamento industrial da carne (Roça, 2010). A quantidade de água perdida é um problema para as indústrias, pois juntamente com a água são exsudados proteínas solúveis, vitaminas e minerais (BONAGURIO et al., 2003). Assim, o resultado deste ensaio indica que a RAC favorece a fabricação de produtos nobres como presuntos cozidos e crus, como também, após a realização de cortes para a venda, o produto se apresenta de com melhor aspecto para os consumidores, por apresentar menor acúmulo de água nas embalagens.

O parâmetro de força de cisalhamento apresentou incremento, quando comparado aos tratamentos de 20 ppm em relação aos de 10 e de 15 ppm. Estes dados estão de acordo com os observados por Warris et al. (1990) e por Wood, Wiseman e Cole (1994), ao verificarem que, com o consumo de RAC, suínos apresentam carne com maior força de cisalhamento, possivelmente como resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína.

Na Tabela 4, são apresentando os resultados de pH inicial (45 minutos) e pH final (24 horas) do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, recebendo diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação de RAC sobre o pH final e inicial. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Bridi et al. (2006), Carr et al. (2005b, 2009) e Stites et al. (1991). No entanto, Warriss et al. (1990)

verificaram que o pH final da carne de suínos tratados com agonistas  $\beta$ -adrenérgicos foi mais elevado. Isto porque estes consomem o glicogênio muscular, podendo resultar em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate, dessa forma, dificultando uma redução do pH.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) do lombo de suínos, armazenados sob resfriamento durante os períodos de 0, 5, 8 e 12 dias.

Os valores de TBARS não foram afetados pelos diferentes níveis de RAC, bem como não foi observada interação entre RAC e tempo de armazenamento. No entanto, o tempo de armazenamento levou a aumento linear dos valores de TBARS. Estes dados estão de acordo com os observados por Apple et al. (2008) que avaliaram o músculo LD de animais recebendo 0 ou 20 ppm de RAC e não observaram diferença para os níveis de ractopamina. Contudo, verificaram aumento em relação ao tempo de armazenamento. Da mesma forma, ao testarem os níveis de 0 ou 5 ppm de RAC, Leick et al. (2010) não observaram diferença para os valores de TBARS no músculo LD, embalados sob atmosfera modificada (80% O<sub>2</sub>/ 20% CO<sub>2</sub>), durante os períodos de 0, 7, 14 e 21 dias. Segundo Dunshea et al. (2005), o limiar de detecção de rancidez para carne suína fresca é de 0,5 mg de dialdeído malônico (MDA) por kg de amostra. Acima deste valor, Leick et al. (2010) afirmam que a ingestão destes produtos passa a ser desagradável para os consumidores. Dessa forma, apenas o tratamento com 20 ppm de RAC continuou dentro dos padrões aceitáveis no 12º dia de avaliação para a carne sob resfriamento, demonstrando assim que a RAC possui a capacidade de melhorar a qualidade da carne de suínos.

Com relação aos lombos submetidos ao congelamento nos períodos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias, os dados são apresentados na Tabela 6. Da mesma forma que para a carne sob resfriamento, foi observado efeito linear significativo

apenas para a variável tempo, ou seja, com o aumento do tempo os níveis de TBARS também aumentavam. No entanto, os níveis de TBARS ficaram abaixo do que a literatura cita como detectável pelos consumidores, determinando, assim, que a carne do músculo LD de suínos suplementados com RAC pode ser armazenada por um período de até 90 dias sem que haja deterioração da sua qualidade.

Tabela 4 pH inicial (45 minutos) e pH final (24 horas) do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de ractopamina (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias

Tempo de avaliação	Dose de ractopamina (ppm)					Média	P =		
	0	5	10	15	20		RAC	Tempo	R*T
pH inicial	6,06	5,90	6,13	6,03	6,11	6,04 a	0,1572	0,0000	0,3351
pH final	5,83	5,76	5,83	5,84	5,75	5,80 b			
Média	5,95	5,83	5,98	5,93	5,93				
CV (%)	2,47								

<sup>a, b</sup> Médias seguidas por diferentes letras na coluna diferem pelo teste F (P<0,05)

Tabela 5 Concentração de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com ractopamina, armazenados sob resfriamento durante os períodos de 0, 5, 8 e 12 dias.

Variável	Dose de ractopamina (ppm)					Média <sup>1</sup>	P =		
	0	5	10	15	20		RAC	Tempo	R*T
0 dias	0,117	0,128	0,106	0,099	0,124	0,115	0,3879	0,0000	0,9893
5 dias	0,269	0,267	0,254	0,241	0,216	0,249			
8 dias	0,458	0,424	0,431	0,361	0,384	0,412			
12 dias	0,598	0,618	0,505	0,513	0,482	0,543			
Média	0,360	0,359	0,324	0,304	0,301				
CV (%)	16,18								

<sup>1</sup> Regressão linear significativa (P<0,05)

Tabela 6 Concentração de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com ractopamina, armazenados sob congelamento durante os períodos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias.

Tempo de avaliação	Dose de ractopamina (ppm)					Média <sup>1</sup>	P =		
	0	5	10	15	20		RAC	Tempo	R*T
0 dias	0,117	0,128	0,106	0,134	0,114	0,120	0,8208	0,0000	0,6239
15 dias	0,104	0,101	0,096	0,083	0,096	0,096			
30 dias	0,138	0,137	0,144	0,116	0,130	0,133			
60 dias	0,173	0,169	0,163	0,140	0,158	0,161			
90 dias	0,225	0,229	0,217	0,196	0,239	0,221			
Média	0,151	0,153	0,145	0,134	0,148				
CV (%)	9,91								

<sup>1</sup> Regressão linear significativa (P<0,05)

## **5 CONCLUSÕES**

A ractopamina melhora os índices zootécnicos, bem como não afeta de forma negativa a qualidade da carne, trazendo benefícios tanto para os produtores, como para as agroindústrias.

Este aditivo tem a capacidade de melhorar os índices zootécnicos não prejudicando a qualidade da carne suína, sendo o nível de 5 pmm adequado para a utilização em dietas de suínos em terminação.

## REFERÊNCIAS

AALHUS, J. L. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, Barking, v. 31, n. 4, p. 397-409, 1992.

AALHUS, J. L. et al. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 70, n. 3, p. 943-952, Sept. 1990.

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

ALMEIDA, E. C. **Ractopamina e níveis de lisina em rações para suínos em terminação**. 2008. 76 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

AMARAL, N. O. **Ractopamina hidroclorada em rações formuladas para suínos machos castrados ou para fêmeas, dos 94 aos 130 kg**. 2008. 48 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

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

APPLE, J. K. et al. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 10, p. 2717-2722, Oct. 2008.

APPLE, J. K. et al. Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 23, n. 3, p. 179-196, Apr. 2007.

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.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17 th ed. Gaithersburg, 2000. 3000 p.

BARK, L. J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3391-3400, Nov. 1992.

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

BEERMANN, D. H. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p.18-23, Jan. 2002. Supplement 1.

BENOVIC, J. L. Regulation of adenylyl cyclase-coupled beta-adrenergic receptors. **Annual Review of Cell Biology**, Palo Alto, v. 4, n. 1, p. 405-428, Nov. 1988.

BERGEN, W. G. et al. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 9, p. 2255-2262, Sept. 1989.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2003. 238 p.

BOCCARD, R. et al. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 8, p. 385-397, Aug. 1981.

BONAGURIO, S. et al. Qualidade de carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1981-1991, 2003. Suplemento 2.

BRESSAN, M. C. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas da carne de capivara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 357-362, jul./set. 2004.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação de carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2007. 97 p.

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.

BRUMM, M. C.; MILLER, P. S.; THALER, R. C. Response of barrows to space allocation and ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 3373-3379, Nov. 2004.

CANTARELLI, V. S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. Lavras: UFLA, 2007. 108 p.

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

CARR, S. N. et al. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 1, p. 223-230, Jan. 2005a.

CARR, S. N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 12, p. 2886-2893, Dec. 2005b.

CARR, S. N. et al. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat Science**, Barking, v. 81, n. 3, p. 533-539, Mar. 2009.

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

CISNEROS, F. et al. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 5, p. 925-933, May 1996.

CORASSA, A.; LOPES, D. C.; TEIXEIRA, A. de O. Ractopamina e fitase em dietas para suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 11, p. 2174-2181, nov. 2009.

CROME, P. K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 4, p. 709-716, Apr. 1996.

DE LANGE, C. F. M.; BIRKETT, S. H.; MOREL, P. C. H. Protein, fat, and bone tissue growth in swine. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Ed.). **Swine nutrition**. Florida: CRC Press, 2001. p. 65-81.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, jan./jun. 2004.

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

DUNSHEA, F. R. et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 8-38, Sept. 2005.

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

ENGLISH, P. R. et al. The basis of efficient systems for the growing-finishing pig. In: \_\_\_\_\_. **The growing and finishing pig: improving efficiency**, [S. l.]: Farming, 1988. 555 p.

ESTÉVEZ, M.; D. 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, Aug. 2003.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. Pacote computacional). Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

FERREIRA, M. S. S. **Níveis de cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação**. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES. **SAEG**: sistema para análises estatísticas, versão 9.1. Viçosa, MG: UFV, 2007. Disponível em: <<http://www.ufv.br/saeg/>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

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

HERMSDORFF, H. H. M.; MONTEIRO, J. B. R. Gordura visceral, subcutânea ou intramuscular: onde está o problema? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 48, n. 6, p. 803-811, dez. 2004.

JOO, S. T. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. 108-112, Jan. 2002.

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, Aug. 2001.

KESSLER, A. M. O significado da conversão alimentar para suínos em crescimento: sua relevância para modelagem e características de carcaça. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2001. p. 375-384. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais01cv2\\_pt.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_pt.pdf)> Acesso em: 03 jun. 2010.

KONICA MINOLTA HOLDINGS. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation Japan. Osaka, 1998. p. 19.

LEE, J.; KOO, N.; MIN, D. B. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, New York, v. 3, n. 1, p. 21-33, Jan. 2004.

LEEB-LUNDBERG, L. M. et al. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation: I agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1-adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 262, n. 7, p. 3098-3105, Mar. 1987.

LEHNINGER, A. L. ; NELSON, D. L. ; COX, M. M.. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2007. 1232 p.

LEICK, C. M. et al. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 8, p. 2751-2766, Aug. 2010.

LINHART, H. G. et al. C/EBP $\alpha$  is required for differentiation of white, but not brown, adipose tissue. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 22, p. 12532-12537, Oct. 2001.

MACHLIN, L.; BENDICH, A. Free radical tissue damage: protective role of antioxidant nutrients. **The FASEB Journal**, Bethesda, v. 1, n. 6, p. 441-445, Dec. 1987.

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.

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

MARINHO, P. C. et al. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, nov./dez. 2007b

MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 65, n. 8, p. 1270-1282, Nov. 2000.

MCGRAW, D. W.; LIGGETT, S. B. Molecular mechanisms of  $\beta_2$ -adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, New York, v. 2, n. 4, p. 292-296, Nov. 2005.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 160-172, Jan. 1998.

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

MILLS, S. E. et al. Stereoselectivity of porcine  $\beta$ -adrenergic receptors for ractopamine stereoisomers **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 1, p. 122-129, Jan. 2003.

MILLS, S. E.; SPURLOCK, M. E.; SMITH, D. J.  $\beta$ -Adrenergic receptor subtypes that mediate ractopaminestimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 3, p. 662-668, Mar. 2003.

MIMBS, K. J. et al. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p.1361-1369, June 2005.

MITCHELL, A.D.; SOLOMON, M.B.; STEELE, N.C. Response of low and high protein select lines of pigs to the feeding of the beta-adrenergic agonist ractopamine (phenethanolamine). **Journal of Animal Science**, v.68, n.10, p.3226-3232, Oct. 1990.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB, 2000. chap. 4, p. 65-95.

MOORE, K. L. et al. Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. **Animal Production Science**, London, v. 49, n. 12, p. 1113-1119, Nov. 2009.

OLIVEIRA, A.L. Búfalos: produção, qualidade de carcaça e de carne: alguns aspectos quantitativos, qualitativos e nutricionais para promoção do melhoramento genético. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, n. 2, p. 122-134, abr./jun. 2005.

PAGE, K. A. et al. [beta]-Adrenergic receptor agonists increase apoptosis of adipose tissue in mice. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, v. 26, n. 1, p. 23-31, Jan. 2004.

PARR, T. et al. Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 427, n. 1, p. 8-15, July 2004.

PATIENCE, J. F. et al. The effect of ractopamine supplementation of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, n. 1, p. 53-66, Mar. 2009.

PENA, S. D. et al. Relações metionina mais cistina digestível: lisina digestível em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 11, p. 1978-1983, Nov. 2008.

PEREIRA, F. A. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 4, p. 943-952, ago. 2008.

PORTZ, L.; DIAS, C. T. S.; CYRINI, J. E. P. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 601-607, out. 2000.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C<sub>18</sub> method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 40, n. 11, p. 2182-2185. Nov. 1992.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, jul./ago. 2006.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal: II - relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 96, n. 540, p. 167-175, out./dez. 2001.

RICE-EVANS, C.; BURDON, R. Free radical-lipid interactions and their pathological consequences. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 32, n. 1, p. 71-110, Jan. 1993.

RICKE, E. A. et al. Effects of ractopamine HCl stereoisomers on growth, nitrogen retention, and carcass composition in rats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 701-707, Mar. 1999.

RIKARD-BELL, C. 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.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Disponível em <<http://puers.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca107.pdf>> Acesso em: 12 jun. 2010.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality-- a review. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 3, p. 219-237, July 2003.

SANCHES, J. F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 373-378, fev. 2010.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 85-89, Jan. 2002. Supplement 2.

SCHINCKEL, A. P. et al. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 2., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 2001. p. 1-12.

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

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.

SMITH, W. C. et al. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 38, n. 3, p. 373- 380, Sept. 1995.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, jan. 2002.

SPURLOCK, M. E.; CUSUMANO, J. C.; MILLS, E. The affinity of ractopamine, clenbuterol, and L-644,969 for the beta-adrenergic receptor population in porcine adipose tissue and skeletal muscle membrane. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2061-2065, Aug. 1993.

STAHLY, T. S.; BARCK, L. J. Impact of somatotropin and beta-adrenergic agonists in swine. In: MILLER, E. R.; ULLREY, D. E.; LEWIS, A. J. (Ed.). **Swine nutrition**. Stoneham: Butterworth Heinemann, 1991. chap. 6, p. 103-117.

STITES, C. R. et al. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 8, p. 3094-3101, 1991.

STOLLER, G. M. et al. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 6, p. 1508-1516, June 2003.

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

WARRIS, P. D. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 3669-3676, Nov. 1990.

WATKINS, L. E. et al. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 3588-3595, Nov. 1990.

WEBER, T. E. et al. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 720-732, Mar. 2006.

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**. London: Nottingham University, 1994. chap. 25, p. 446-448.

XIAO, R.J.; XU , Z. R.; CHEN, H. L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 1/2, p. 119-127, May 1999.

## ANEXOS

### ANEXO A - Tabelas

Tabela 1A	Análise de covariância e coeficiente de variação para peso final de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	63
Tabela 2A	Análise de covariância e coeficiente de variação para ganho de peso médio diário de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	63
Tabela 3A	Análise de covariância e coeficiente de variação para consumo de ração médio diário de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	63
Tabela 4A	Análise de covariância e coeficiente de variação para conversão alimentar de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	64
Tabela 5A	Análise de covariância e coeficiente de variação para consumo de energia metabolizável de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	64
Tabela 6A	Análise de covariância e coeficiente de variação para consumo de lisina digestível de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	64
Tabela 7A	Análise de covariância e coeficiente de variação para rendimento de carcaça de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	65
Tabela 8A	Análise de covariância e coeficiente de variação para as cinzas do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	65

Tabela 9A	Análise de covariância e coeficiente de variação para extrato etéreo do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	65
Tabela 10A	Análise de covariância e coeficiente de variação para proteína bruta do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	66
Tabela 11A	Análise de covariância e coeficiente de variação para umidade do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	66
Tabela 12A	Análise de covariância e coeficiente de variação para cor a* do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	66
Tabela 13A	Análise de covariância e coeficiente de variação para cor b* do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	67
Tabela 14A	Análise de covariância e coeficiente de variação para cor L* do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	67
Tabela 15A	Análise de covariância e coeficiente de variação para perda de líquido por cocção do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	67
Tabela 16A	Análise de covariância e coeficiente de variação para perda de líquido por gotejamento do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	68
Tabela 17A	Análise de covariância e coeficiente de variação para perda de líquido por descongelamento do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	68

Tabela 18 A	Análise de covariância e coeficiente de variação para força de cisalhamento do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	68
Tabela 19A	Análise de covariância e coeficiente de variação para pH do músculo <i>Longissimus dorsi</i> aos 45 minutos e 24 horas de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	69
Tabela 20A	Análise de covariância e coeficiente de variação para oxidação lipídica do músculo <i>Longissimus dorsi</i> sob resfriamento no período de 0, 5, 8 e 12 dias pós abate de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	69
Tabela 21A	Análise de covariância e coeficiente de variação para oxidação lipídica do músculo <i>Longissimus dorsi</i> sob congelamento no período de 0, 15, 30, 60 e 90 dias pós abate de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias .....	70

Tabela 1 A Análise de covariância e coeficiente de variação para peso final de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	309,560714	51,593452	7,286	0,0002
Ractopamina	4	77,242857	19,310714	2,727	0,0530
Linear	1	55,358036	55,358036	7,817	0,010
Quadrático	1	9,648597	9,648597	1,362	0,255
Cúbico	1	9,289286	9,289286	1,312	0,263
Desvio	1	2,946939	2,946939	0,416	0,525
Erro	24	169,957143	7,081548		

Tabela 2 A Análise de covariância e coeficiente de variação para ganho de peso médio diário de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	73099,542857	12183,257143	1,762	0,1498
Ractopamina	4	122381,885714	30595,471429	4,425	0,0080
Linear	1	76428,128571	76428,128571	11,054	0,003
Quadrático	1	18240,500000	18240,500000	2,638	0,117
Cúbico	1	25997,157143	25997,157143	3,760	0,064
Desvio	1	1716,100000	1716,100000	0,248	0,623
Erro	24	165935,314286	6913,971429		

Tabela 3 A Análise de covariância e coeficiente de variação para consumo de ração médio diário de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	279920,000000	46653,333333	0,803	0,5772
Ractopamina	4	168428,571429	42107,142857	0,725	0,5836
Linear	1	26812,857143	26812,857143	0,462	0,503
Quadrático	1	31968,367347	31968,367347	0,550	0,465
Cúbico	1	5315,714286	5315,714286	0,092	0,765
Desvio	1	104331,632653	104331,632653	1,796	0,193
Erro	24	1394051,428571	58085,476190		

Tabela 4 A Análise de covariância e coeficiente de variação para conversão alimentar de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,031630	0,005272	0,932	0,4906
Ractopamina	4	0,082977	0,020744	3,666	0,0182
Linear	1	0,014243	0,014243	2,517	0,126
Quadrático	1	0,053799	0,053799	9,506	0,005
Cúbico	1	0,011061	0,011061	1,955	0,175
Desvio	1	0,003874	0,003874	0,685	0,416
Erro	24	0,135823	0,005659		

Tabela 5 A Análise de covariância e coeficiente de variação para consumo de energia metabolizável de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	G L	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	2920377,368000	486729,561333	0,803	0,5772
Ractopamina	4	1757198,442857	439299,610714	0,725	0,5836
Linear	1	279735,857286	279735,857286	0,462	0,503
Quadrático	1	333522,779694	333522,779694	0,550	0,465
Cúbico	1	55458,315571	55458,315571	0,092	0,765
Desvio	1	1088481,490306	1088481,490306	1,796	0,193
Erro	24	14543999,149143	605999,964548		

Tabela 6 A Análise de covariância e coeficiente de variação para consumo de lisina digestível de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	29,612834	4,935472	0,801	0,5790
Ractopamina	4	17,855069	4,463767	0,724	0,5840
Linear	1	2,848206	2,848206	0,462	0,503
Quadrático	1	3,380000	3,380000	0,548	0,466
Cúbico	1	0,559823	0,559823	0,091	0,766
Desvio	1	11,067040	11,067040	1,795	0,193
Erro	24	147,936651	6,164027		

Tabela 7 A Análise de covariância e coeficiente de variação para rendimento de carcaça de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	15,728897	2,621483	2,969	0,0259
Ractopamina	4	6,421611	1,605403	1,818	0,1582
Linear	1	5,668663	5,668663	6,420	0,018
Quadrático	1	0,010204	0,010204	0,012	0,915
Cúbico	1	0,194516	0,194516	0,220	0,643
Desvio	1	0,548229	0,548229	0,621	0,438
Erro	24	21,189989	0,882916		

Tabela 8 A Análise de covariância e coeficiente de variação para cinzas do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,005302	0,000884	0,207	0,9713
Ractopamina	4	0,042292	0,010573	2,473	0,0716
Linear	1	0,031029	0,031029	7,257	0,013
Quadrático	1	0,000438	0,000438	0,102	0,752
Cúbico	1	0,009388	0,009388	2,195	0,151
Desvio	1	0,001437	0,001437	0,336	0,567
Erro	24	0,102624	0,004276		

Tabela 9 A Análise de covariância e coeficiente de variação para extrato etéreo do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,186831	0,031139	0,529	0,7809
Ractopamina	4	5,586291	1,396573	23,717	0,0000
Linear	1	1,826533	1,826533	31,019	0,000
Quadrático	1	2,254619	2,254619	38,289	0,000
Cúbico	1	0,853412	0,853412	14,493	0,001
Desvio	1	0,651727	0,651727	11,068	0,003
Erro	24	1,413212	0,058884		

Tabela 10 A Análise de covariância e coeficiente de variação para proteína bruta do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	64,779800	10,796633	5,274	0,0014
Ractopamina	4	54,689503	13,672376	6,679	0,0009
Linear	1	4,485691	4,485691	2,191	0,152
Quadrático	1	17,641800	17,641800	8,618	0,007
Cúbico	1	21,241051	21,241051	10,376	0,004
Desvio	1	11,320960	11,320960	5,530	0,027
Erro	24	49,129857	2,047077		

Tabela 11 A Análise de covariância e coeficiente de variação para umidade do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	1,150937	0,191823	0,326	0,9165
Ractopamina	4	1,305229	0,326307	0,555	0,6972
Linear	1	0,008036	0,008036	0,014	0,908
Quadrático	1	0,218744	0,218744	0,372	0,548
Cúbico	1	0,960571	0,960571	1,634	0,213
Desvio	1	0,117878	0,117878	0,201	0,658
Erro	24	14,104491	0,587687		

Tabela 12 A Análise de covariância e coeficiente de variação para cor a\* do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	4,760777	0,793463	3,401	0,0143
Ractopamina	4	5,388771	1,347193	5,774	0,0021
Linear	1	2,418001	2,418001	10,364	0,004
Quadrático	1	2,360654	2,360654	10,118	0,004
Cúbico	1	0,347213	0,347213	1,488	0,234
Desvio	1	0,262903	0,262903	1,127	0,299
Erro	24	5,599309	0,233305		

Tabela 13 A Análise de covariância e coeficiente de variação para cor b\* do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	1,086662	0,181110	4,620	0,0030
Ractopamina	4	0,581291	0,145323	3,707	0,0174
Linear	1	0,350817	0,350817	8,949	0,006
Quadrático	1	0,151016	0,151016	3,852	0,061
Cúbico	1	0,005172	0,005172	0,132	0,720
Desvio	1	0,074287	0,074287	1,895	0,181
Erro	24	0,940889	0,039204		

Tabela 14 A Análise de covariância e coeficiente de variação para cor L\* do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	22,623194	3,770532	1,206	0,3374
Ractopamina	4	3,521246	0,880311	0,281	0,8870
Linear	1	0,626063	0,626063	0,200	0,659
Quadrático	1	1,454731	1,454731	0,465	0,502
Cúbico	1	0,373030	0,373030	0,119	0,733
Desvio	1	1,067422	1,067422	0,341	0,565
Erro	24	75,054634	3,127276		

Tabela 15 A Análise de covariância e coeficiente de variação para perda de líquido por cocção do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	1,503125	0,250521	4,508	0,0034
Ractopamina	4	0,312874	0,078219	1,408	0,2616
Linear	1	0,133102	0,133102	2,395	0,135
Quadrático	1	0,017255	0,017255	0,311	0,583
Cúbico	1	0,135329	0,135329	2,435	0,132
Desvio	1	0,027189	0,027189	0,489	0,491
Erro	24	1,333727	0,055572		

Tabela 16 A Análise de covariância e coeficiente de variação para perda de líquido por gotejamento do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,174664	0,029111	4,794	0,0024
Ractopamina	4	0,071822	0,017956	2,957	0,0405
Linear	1	0,052840	0,052840	8,702	0,007
Quadrático	1	0,011109	0,011109	1,829	0,189
Cúbico	1	0,001976	0,001976	0,325	0,574
Desvio	1	0,005898	0,005898	0,971	0,334
Erro	24	0,145731	0,006072		

Tabela 17 A Análise de covariância e coeficiente de variação para perda de líquido por descongelamento do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	22,140880	3,690147	4,478	0,0035
Ractopamina	4	0,656943	0,164236	0,199	0,9363
Linear	1	0,254406	0,254406	0,309	0,584
Quadrático	1	0,193976	0,193976	0,235	0,632
Cúbico	1	0,004480	0,004480	0,005	0,942
Desvio	1	0,204082	0,204082	0,248	0,623
Erro	24	19,779577	0,824149		

Tabela 18 A Análise de covariância e coeficiente de variação para força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	6,200656	6,200656	1,033443	0,0041
Ractopamina	4	8,535170	8,535170	2,133792	0,0543
Linear	1	0,473472	0,473472	1,129	0,299
Quadrático	1	4,471332	4,471332	10,657	0,003
Cúbico	1	2,578944	2,578944	6,147	0,021
Desvio	1	1,011422	1,011422	2,411	0,134
Erro	24	10,069387			

Tabela 19 A Análise de covariância e coeficiente de variação para pH do músculo *Longissimus dorsi* aos 45 minutos e 24 horas de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,301701	0,050284	1,978	0,1088
Ractopamina	4	0,185407	0,046352	1,823	0,1572
Linear	1	0,008518	0,008518	0,335	0,568
Quadrático	1	0,001042	0,001042	0,041	0,841
Cúbico	1	0,072413	0,072413	2,849	0,104
Desvio	1	0,103433	0,103433	4,069	0,055
Erro a	1	24	0,610063	0,025419	
Tempo	1	1,022935	1,022935	47,732	0,0000
T*R	4	0,102068	0,025517	1,191	0,3351
Erro b	30	0,642919	0,021431		

Tabela 20 A Análise de covariância e coeficiente de variação para oxidação lipídica do músculo *Longissimus dorsi* sob resfriamento no período de 0, 5, 8 e 12 dias pós abate de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,194176	0,032363	2,710	0,0374
Ractopamina	4	0,051643	0,012911	1,081	0,3879
Erro a	24	0,286645	0,011944		
Tempo	3	3,045979	1,015326	129,720	0,0000
Linear	1	3,004961	3,004961	383,921	0,000
Quadrático	1	0,011420	0,011420	1,459	0,230
Desvio	1	0,029597	0,029597	3,781	0,055
T*R	12	0,027445	0,002287	0,292	0,9893
Erro b	90	0,704433	0,007827		

Tabela 21 A Análise de covariância e coeficiente de variação para oxidação lipídica do músculo *Longissimus dorsi* sob congelamento no período de 0, 15, 30, 60 e 90 dias pós abate de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm), durante 28 dias.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Bloco	6	0,103127	0,017188	2,074	0,0944
Ractopamina	4	0,012586	0,003147	0,380	0,8208
Erro a	24	0,198848	0,008285		
Tempo	4	0,522640	0,130660	94,704	0,0000
Linear	1	0,457382	0,457382	331,516	0,000
Quadrático	1	0,025237	0,025237	18,292	0,000
Cúbico	1	0,008472	0,008472	6,141	0,015
Desvio	1	0,031549	0,031549	22,867	0,000
T*R	16	0,018826	0,001177	0,853	0,6239
Erro b	120	0,165560	0,001380		