



RENATO SILVA LEAL

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS
QUÍMICAS, FÍSICAS E SENSORIAIS DA
CARNE DE SUÍNOS RECEBENDO
DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA NA
DIETA**

**LAVRAS - MG
2011**

RENATO SILVA LEAL

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E
SENSORIAIS DA CARNE DE SUÍNOS RECEBENDO DIFERENTES
NÍVEIS DE RACTOPAMINA NA DIETA**

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

Orientadora

Dra. Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta

**LAVRAS - MG
2011**

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

Leal, Renato Silva.

Desempenho, características químicas, físicas e sensoriais da
carne de suínos recebendo diferentes níveis de Ractopamina na dieta
/ Renato Silva Leal – Lavras : UFLA, 2011.

96 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Maria Emilia de Sousa Gomes Pimenta

Bibliografia.

1. Ractopamina. 2. Suínos. 3. Qualidade de carne. 4.
Composição química. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.4

RENATO SILVA LEAL

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E
SENSORIAIS DA CARNE DE SUÍNOS RECEBENDO DIFERENTES
NÍVEIS DE RACTOPAMINA NA DIETA**

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 5 de Agosto de 2011.

Dr. Carlos José Pimenta	DCA/UFLA
Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo	DMV/UFLA
Dr. Rilke Tadeu de Freitas	DZO/UFLA

Dra. Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta
Orientadora

**LAVRAS – MG
2011**

*Àquelas que me ensinaram que a vida tem propósitos,
além de ser feliz e tentar fazer alguém feliz,
minhas avós Maria Moreira Leal e
Maria Madalena Silva Rodrigues (em memória).*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por me dar um dom.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A professora Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta pela orientação e confiança durante todo o curso e pela amizade.

Ao professor Carlos José Pimenta pela orientação e pela confiança durante todos nossos trabalhos e pela amizade.

Aos meus pais, Marilson Alves Leal e Rita de Cássia Mendes Silva pela determinação e confiança em seus filhos e, principalmente, pelo amor dado a todos nós.

A minha esposa Melissa Bertolucci Alves Leal, pelo amor, amizade, paciência com minha falta de tempo, carinho e apoio durante grande parte dessa etapa.

As amigas e técnicas do Departamento de Ciências dos Alimentos, Constatina Maria Braga Torres e Creuza Predroso Amaral Resende, pelos ensinamentos e amizade.

Aos amigos, André Labegalini, Adriano Carvalho Costa, Bruno Olivetti de Mattos, Carlos Cicinato Vieira Melo, Danúbia Aparecida de Carvalho Selvati Rezende, Evandro Galvão Tavares Menezes, Fabiano Vieira da Fonseca, Ivan Bezerra Alaman, Jacyara Thaís Teixeira, Juliana Ribeiro do Carmo, Luciana Marques Torres, Luis Felipe de Freitas Fabrício, Marcel Gomes Paixão, Roseane Maria Evangelista Oliveira, Kátia Lumi Fukushima, pelo auxílio em todas as horas.

Ao Núcleo de Estudo em Suinocultura da Universidade Federal de Lavras, principalmente a doutorando Cesar Augusto Pospissil Garbossa, pelo apoio durante a condução do experimento.

Ao professor Dr. Vinicius de Souza Cantarelli (DZO-UFLA), pelo apoio e ensinamentos durante a execução desse trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de avaliar o desempenho, características químicas, físicas e sensoriais da carne de suínos recebendo rações com diferentes níveis de ractopamina na dieta, durante 28 dias. Foram utilizados 60 suínos híbridos, sendo 30 machos castrados e 30 fêmeas, selecionados para alta deposição de carne magra, com peso inicial de $84,27 \pm 2,26$ Kg. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis tratamentos (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm de ractopamina) e seis repetições, com a parcela experimental representada por um macho e uma fêmea. Os níveis de 3, 6, 9, 12 e 15 ppm resultaram em maior peso final em relação ao grupo controle, sem adição de ractopamina. O ganho de peso médio diário, também apresentou influência dos níveis 9 e 12 ppm de ractopamina em relação ao controle. Enquanto que dietas com 9, 12 e 15 ppm resultaram em melhor conversão alimentar. O consumo de ração médio diário e rendimento de carcaça não foram influenciados ($P>0,05$) pela ractopamina. Tanto para o lombo quanto para a copa sob refrigeração, a adição de ractopamina às dietas de suínos auxiliou na prevenção da oxidação lipídica. Os lombos dos animais que receberam dieta contendo 0, 3 e 6 ppm de ractopamina foram as mais preferidas pelos consumidores, ou seja, a adição desse aditivo não causa efeito na qualidade de carne perante o consumidor, a características física e química.

Palavras-chave: *longissimus dorsi*. copa suína. características química.

ABSTRACT

The experiment was conducted at the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras, with the objective to evaluate the performance, chemical, physical and sensory characteristics of pork meat receiving rations with different levels of ractopamine in the diet during 28 days. Sixty hybrids pigs were used, being 30 castrated males and 30 females, selected for high deposition of lean meat, with initial weight of $84,27 \pm 2,26$ Kg. The experimental design was a completely randomized block design with six treatments (0, 3, 6, 9, 12 and 15 ppm of ractopamine) and six repetitions with the experimental plot represented by a male and a female. The levels of 3, 6, 9, 12 and 15 ppm resulted in a higher final weight in relation to the control group, without the addition of ractopamine. The average daily weight gain, also had some influence in levels 9 and 12 ppm of ractopamine in relation to the control. While that diets with 9, 12 and 15 ppm resulted in better feed conversion. The feed consumption average daily and carcass yield were not affected ($P>0.05$) by ractopamine. Both for the loin as for the cup under refrigeration, the addition of ractopamine diets for pigs helped in the prevention of lipid oxidation. The loins of animals that received diets containing 0, 3, and 6 ppm of ractopamine were the most preferred by consumers, i.e. the addition of this additive does not cause-effect on the quality of meat to the consumer, the physical and chemical characteristics.

Keywords: *longissimus dorsi*. eating pork. chemical characteristics.

LISTA DE ABREVIATURAS

AMPc	Monofosfato cíclico de adenosina
PKA	Proteína quinase A
β AR	Receptor β -adrenérgico
AC	Enzima Adenilato Ciclase
a*	Intensidade de vermelho
ABA	Agonista β -adrenérgico
ATP	Trifostato de adenosina
b*	Intensidade de amarelo
CA	Conversão alimentar
Copa	<i>Longissimus, spinalis dorsi e rhomboideus</i>
CRA	Capacidade de retenção de água (CRA)
CRMD	Consumo de ração médio diário
EPO4	Enzima Fosforilada
GPMD	O ganho de peso médio diário
GS	Proteína Ativa
L*	Luminosidade
Lombo	<i>Longissimus dorsi</i>
MD	Malonaldeído
MDA	Dialdeído malônico
PCV	Cloreto de polivinila
PF	Peso final
pH	Potencial hidrogeniônico
PLC	Perdas de líquido na cocção
PLD	Perdas de líquido no descongelamento
PPM	Parte por milhão ou mg/Kg
RAC	Ractopamina

REC	Rendimento de carcaça
TBA	Ácido Tiobarbitúrico
TEP	1,1,3,3 tetrametoxipropano

SUMÁRIO

	CAPITULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	13
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Estrutura química da Ractopamina	16
2.3	Efeitos da ractopamina nos músculos	19
2.4	Ractopamina x Qualidade de carne	20
2.5	Efeitos da Ractopamina sobre o desempenho e rendimento de carcaça	26
	REFERÊNCIAS	30
	CAPITULO 2 DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARÇA DE SUÍNOS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA	35
	RESUMO	36
	ABSTRACT	37
1	INTRODUÇÃO	38
2	MATERIAL E MÉTODOS	40
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4	CONCLUSÃO	49
	REFERENCIAS	50
	CAPITULO 3 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA	53
	RESUMO	54
	ABSTRACT	55
1	INTRODUÇÃO	56
2	MATERIAL E MÉTODOS	58

2.1	Período, local de realização do experimento e dieta	58
2.2	Procedimento experimental e obtenção das variáveis analisadas	59
2.3	Dietas, delineamento experimental e modelo estatísticos.....	64
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.1	Avaliação do pH, composição química e características físicas do lombo suíno	67
3.2	Composição química da copa suína	74
3.3	Oxidação lipídica dos cortes	76
3.4	Avaliação sensorial	81
4	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS	85
	ANEXOS	88

CAPITULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o setor suinícola no Brasil passou a ser uma atividade dinâmica, pois os consumidores aumentaram suas exigências em relação à qualidade da carne, priorizando aspectos sensoriais e de segurança alimentar, além de exigir uma carne com maior valor nutricional.

A gordura suína tem sido um produto pouco valorizado pelo consumidor, que está cada vez mais exigente em consumir carne com baixa concentração de gordura. A deposição de gordura na carcaça também não é interessante para os produtores, pelo seu alto custo financeiro, por não atender ao sistema de tipificação de carcaça, que busca por animais com que obtenham menores coberturas de gordura nos cortes.

A necessidade de se manter no mercado faz com que os suinocultores, e todos os envolvidos na cadeia da carne suína invistam no desenvolvimento do setor, por meio de emprego de novas tecnologias.

Dentre as etapas de produção, a fase de terminação é a que apresenta maior mudança na composição da carcaça, com menor desenvolvimento muscular e maior deposição de gordura. Nessa etapa, ocorre uma piora na conversão alimentar sendo necessária uma formulação de dieta específica a essa fase, para evitar desperdício de nutrientes e melhorar o desempenho dos animais.

Neste contexto um recurso nutricional que tem sido utilizado é o emprego da ractopamina, que redireciona os nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico, contribuindo para melhorar as características da carcaça. Os aditivos modificadores do metabolismo animal podem alterar as taxas de deposição protéica, modificar a proporção da proteína em relação à gordura, alterar o perfil de ácidos graxos na carne ou alterar o metabolismo *post mortem*.

Assim, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho, rendimento de carcaça, as características químicas e a qualidade da carne de suínos recebendo diferentes níveis de ractopamina na dieta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estrutura química da Ractopamina

A ractopamina, 4-[3-[[2-hidroxi-2-(4-hidroxifenil) etil]] amino butil] fenol, fórmula molecular $C_{18}H_{23}NO_3$, massa molar 301,39g, é um agonista β -adrenérgico do grupo das fenetanolaminas com estrutura semelhante a das catecolaminas e adrenalina, que age alterando o metabolismo animal e modificando a repartição dos nutrientes no organismo.

As fenetanolaminas fazem parte de uma classe de compostos que se ligam aos receptores β -adrenérgicos e são caracterizadas pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (SMITH, 1998). A estrutura química da ractopamina encontra-se na figura 1.



Figura 1 Estrutura química da Ractopamina

Fonte: Adaptado de Smith (1998)

Cada tipo de β -adrenérgico possui uma estrutura química específica, que é a responsável pelas diferenças na farmacocinética. Esta estrutura irá determinar os efeitos da substância no organismo e a presença ou não de resíduos na carne. Esta diferença na resposta é determinada também pela conformação dos receptores β -adrenérgicos do organismo os quais a molécula se unirá para culminar na resposta metabólica final.

2.2 Regulação do metabolismo lipídico pelos agonistas β -adrenérgicos

Os receptores β -adrenérgicos são proteínas que possuem de 450 a 600 aminoácidos em sua composição. Existem dois subtipos conhecidos de receptores β , que são β_1 e β_2 . Os receptores β_1 são encontrados no miocárdio e os β_2 no sistema nervoso e respiratório. Tanto a adrenalina quanto a noradrenalina normalmente se ligam a estes receptores para ativar sua cascata de reações que culminam com diversas respostas biológicas como, por exemplo, o aumento na frequência cardiorrespiratória, sudorese, dentre outras. Estes receptores, em relação à sua distribuição e proporção no organismo, variam entre as espécies (Dominguez-Vara et al., 2010).

De acordo com Pereira et al. (2008) a ractopamina age redirecionando os nutrientes que seriam destinados à produção e deposição de lipídeos para a deposição de tecido muscular. Assim, ao mesmo tempo em que ocorre redução na síntese lipídica (lipogênese) há um aumento na síntese protéica, o que proporciona melhora no desempenho e nas características de carcaça de suínos (Schinckel et al., 2003). Esse redirecionamento ocorre quando a estimulação dos receptores β por β -adrenérgicos, presente na membrana celular, causando efeitos intracelulares de transdução de sinais, que são responsáveis pelo efeito biológico (Silva, 2006). O complexo formado pelo agonista e o receptor é acoplado a uma proteína Gs, que consiste de subunidades alfa, beta e gama. Quando na forma desativada, a subunidade alfa encontra-se ligada à guanosina difosfato (GDP) (Lehninger, 2007). Após a ação da ractopamina, que atua como primeiro mensageiro sobre o receptor β , o complexo alfa-GTP leva à modificação na fluidez da membrana, permitindo seu deslocamento lateral e estimulando a ação catalítica de adenilato ciclase (Cicogna et al., 1999) (Figura2). Esta catalisa a formação do AMPc a partir

do ATP, que passa atuar como segundo mensageiro (Liggett, 2005). O AMPc por sua vez, ativa a proteína quinase que conduz à fosforilação de enzimas, responsáveis pelas respostas finais. Estas enzimas quando estão fosforiladas (EPO4), promovem respostas biológicas das células como: aumento da neoglicogênese, glicogenólise, aumento da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (Moody; Hancock; Anderson, 2000). A Figura 2 representa simplificada este mecanismo de ação.

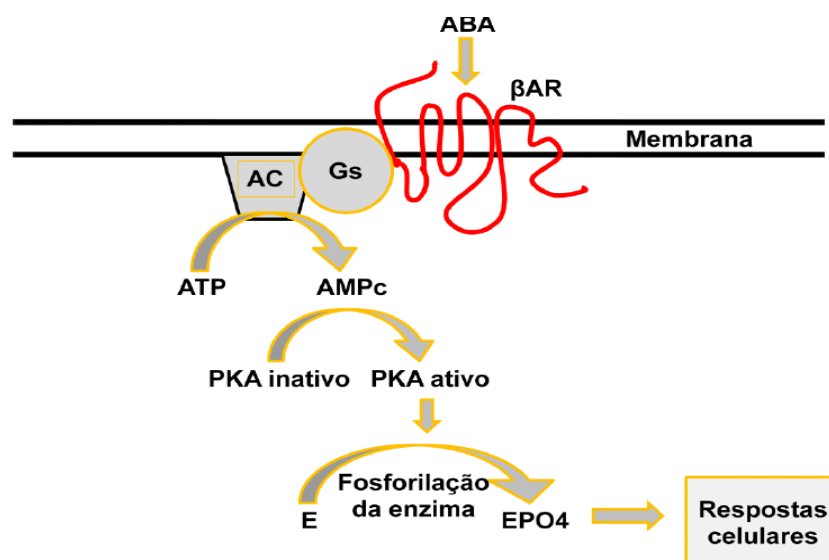


Figura 2 Modo de ação dos agonistas β -adrenérgicos. ABA: Agonista β -adrenérgico, β AR: receptor β -adrenérgico, GS: Proteína Ativa, AC: Enzima Adenilato Ciclase, ATP: Trifostato de adenosina, AMPc: Monofosfato cíclico de adenosina, PKA: Proteína quinase A, E: Enzima Fosforilase glicogênica, EPO4: Enzima Fosforilada

Fonte: Moody, Hancock e Anderson (2000), adaptado por Cantarelli (2007)

É geralmente aceito que os β -agonistas atuam diretamente sobre receptores do tipo β para estimular a lipólise, resultando no aumento nos ácidos graxos livres no plasma. Drogas como a ractopamina reduzem a ligação da insulina a seu receptor em adipócitos suínos, provavelmente pela redução no

número de receptores, promovendo desta forma um antagonismo aos efeitos da insulina, um hormônio basicamente lipogênico e antilipolítico (Liu; Mills, 1988).

2.3 Efeitos da ractopamina nos músculos

No tecido muscular, local onde também existem receptores adrenérgicos, o efeito dos agonistas β -adrenérgicos é aumentar a perfusão sanguínea no músculo, aumentando a disponibilidade de energia e nutrientes para a síntese e deposição de proteínas, o que favorece o aumento no tamanho e na quantidade de aminoácidos no músculo (Mersmann, 1998).

Além de aumentar o tamanho do músculo, ocorrem alterações nos tipos de fibra muscular e na proporção de actina e miosina. A magnitude desta resposta varia com o agonista β -adrenérgico administrado e com outros fatores como a espécie, raça e outros fatores individuais (Mersmann, 1998). Este efeito pode ser percebido nos músculos traseiros do animal, como o *longissimus dorsi* (Castellanos et al., 2006). Este músculo, em suínos, corresponde ao lombo que é considerado um corte magro e tenro (Gomide; Ramos; Fontes, 2006).

Grande parte dos estudos conduzidos, até então com ractopamina, utilizam esse músculo para avaliação das variáveis de interesse. Por exemplo, Rossi et al. (2010) observaram o aumento da concentração de proteína no músculo *longissimus dorsi* ao utilizar ractopamina. Bridi et al. (2006) e Patience et al. (2009) constataram que a porcentagem de perda de água por exsudação não foi afetada pela adição de ractopamina na dieta, quando avaliado este mesmo músculo. Vários autores observaram, no lombo, aumento da força de cisalhamento quando os suínos receberam ractopamina (Jones et al., 1985; Walker et al., 1989; Warriss et al., 2006). Já outros autores, como Rincker et al.

(2009), concluíram que a força de cisalhamento não foi afetada pela suplementação de 5 ppm de ractopamina na ração.

Este fato conduz à curiosidade de verificar os efeitos deste agonista β -adrenérgico em músculos mais marmorizados como, por exemplo, no conjunto, *longissimus*, *spinalis dorsis* e *rhomboideus*, que corresponde à copa lombo (Gomide; Ramos; Fontes, 2006), por ser a sequência do lombo, é um corte constituído das mesmas fibras musculares do *longissimus dorsi*, apesar de possuir mais gordura intramuscular.

2.4 Ractopamina x Qualidade de carne

Qualidade de carne é uma característica complexa de ser definida. Andersen (2000) dividiu as características de qualidade em grupos, conforme o Quadro 1. Para este autor, o conceito global de qualidade de carne deve envolver características sensoriais, nutricionais, tecnológicas, higiênicas e éticas.

Nesse trabalho, foram adotados como parâmetros de qualidade a composição química (incluindo características químicas e o percentual de lipídeos totais), o pH (final e inicial), a estabilidade oxidativa (por meio da determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), as características físicas (cor, força de cisalhamento e perdas de líquidos por descongelamento e cocção) e características sensoriais (cor, sabor, textura e aspecto global).

Em relação à composição química da carne suína, os trabalhos nos quais são relatados resultados com o uso de ractopamina na dieta são insuficientes para afirmar seus efeitos. Garbossa (2010), avaliando adição de ractopamina na dieta de suínos nos níveis 0, 5, 10, 15 e 20 ppm, evidenciou melhora na qualidade de carne em relação à composição química.

Para pH (inicial 48 min. após abate e final 24 horas após abate) alguns autores, (Fernández-Dueñas et al., 2008; Stoller et al., 2003; Xiong et al., 2006)

não evidenciaram diferença significativa para suínos recebendo ractopamina na dieta.

Quadro 1 Grupos de características de qualidade de carne de suínos

Grupos	Atributos individuais
Qualidade Sensorial	Aparência, Sabor Textura, Suculência
Qualidade Nutricional	Composição proteica e lipídica Vitaminas Minerais Digestibilidade
Qualidade Tecnológica	Capacidade de retenção de água Valor de pH Status da proteína (Grau de desnaturação) Tipo e conteúdo de lipídeos (Grau de Saturação) Conteúdo de tecido conectivo Status antioxidativo
Qualidade Higiênica	Microrganismos Resíduos Contaminantes
Qualidade Ética	Manejo de produção Religião Bem-estar

Fonte: Adaptado de Anderser (2000)

Os efeitos da ractopamina 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 outros trabalhos indicam efeito da ractopamina sobre a cor da carne, que ocorre devido a mudanças na composição das fibras musculares (Chang et al., 2003; Depreux et al., 2002). Nestes casos, a carne de animais tratados com ractopamina apresenta maior força de cisalhamento e menor índice de fragmentação miofibrilar durante o período de amaciamento da carne, coincidentes com o aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (Parr et al., 2004).

A calpastatina é uma enzima endógena inibidora das calpaínas, impedindo que estas degradem as proteínas musculares por ocasião da estocagem das carcaças e cortes cárneos. A atividade da calpastatina está relacionada à força de cisalhamento e maciez da carne (Rubensam; Felício; Termignoni, 1998). Quanto maior a força necessária para o corte da carne e menor a maciez, maior a atividade da calpastatina maior será a força de cisalhamento da carne. Entre as espécies de carne vermelha, a bovina é a que apresenta maior quantidade de calpastatina e menor maciez da carne, enquanto a espécie suína apresenta menor calpastatina e maior maciez da carne (Doumit; Koohmaraie, 1999).

A calpastatina possui sítios de fosforilação que, juntamente com sua expressão, são dependentes de estímulo beta-adrenérgico (Cong; Thompson; Goll, 1998). Assim, animais recebendo os agonistas beta adrenérgicos apresentam profundas mudanças no sistema das calpaínas (Parr et al., 2004). Em bovinos, o aumento de 36% na massa muscular resultante do uso de agonistas beta adrenérgicos foi seguido de um aumento de 96% nos níveis de calpastatina e 76% de aumento na sua atividade (Doumit; Koohmaraie, 1999).

Além das calpastatinas, a deterioração oxidativa dos lipídios é um dos principais problemas da produção de alimentos, do ponto de vista tecnológico e econômico, por limitar a estabilidade e a conservação. Nos alimentos, os lipídeos estão relacionados a diversas características sensoriais como aroma, cor, textura, suculência e vida útil. Os lipídeos podem ser degradados de diversas formas, pela oxidação lipídica, hidrólise, polimerização e absorção de sabores e odores estranhos (Araújo, 2004).

A peça central das reações de oxidação lipídica são as espécies moleculares conhecidas com radicais livres, que são moléculas ou átomos que apresentam elétrons não pareados. As espécies de radicais livres podem variar muito no que diz respeito à energia. Radicais como o radical ($\bullet\text{OH}$), apresentam

energia muito elevada e de fato, podem oxidar qualquer molécula, causando abstração de hidrogênio (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010).

A oxidação pode ocorrer tanto em ácidos graxos livres como em grupos acil graxos. A via de oxidação de ácidos graxos pode ser descrita por três etapas gerais: iniciação, propagação e terminação (Figura 3). Sob condições atmosféricas, as reações de terminação podem ocorrer entre radicais peroxil e alcooxil, também pode ocorrer reações de terminação entre radicais alquil, formando dímeros de ácidos graxos. Além de outros produtos como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos.

Os produtos como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos derivados da peroxidação lipídica são apontados como substâncias tóxicas que levam a diminuição da qualidade do alimento, sendo com efeitos negativos nas qualidades sensoriais (Ghiretti et al., 1997). Segundo Morrissey et al. (1998), é considerado um problema para todos os envolvidos na produção de carne, desde produtores primários e processadores, até distribuidores.

Nas carnes, o principal fator de deterioração química é a rancidez oxidativa, resultado da oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados (Araújo, 2008).

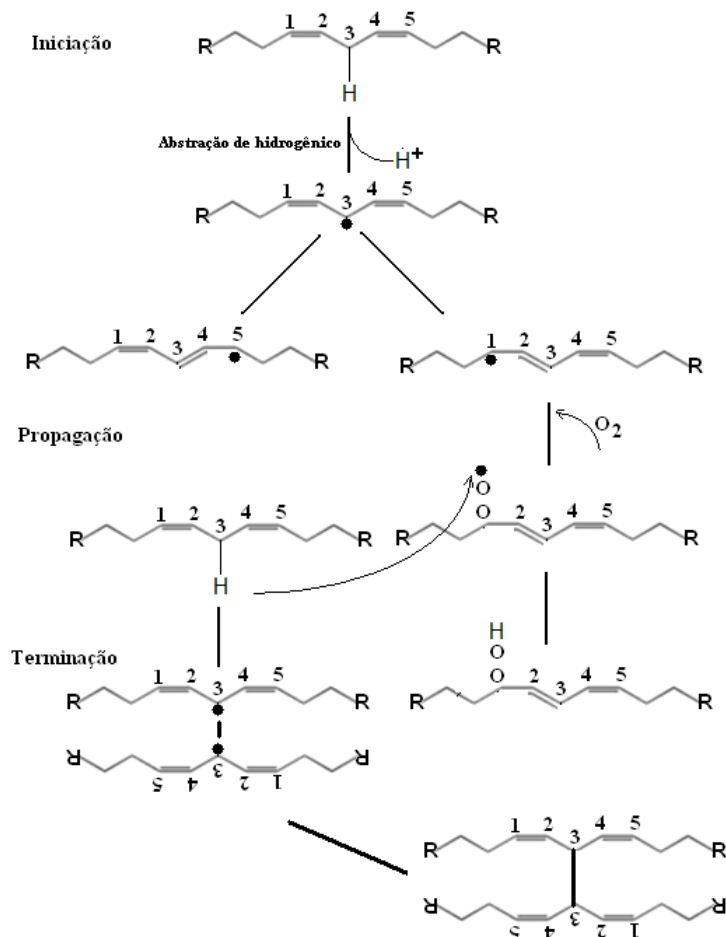


Figura 3 Etapa de iniciação, propagação e terminação da oxidação lipídica de lipídeos

Fonte: Adaptado de Damodaran, Parkin e Fennema (2010)

Os fosfolipídios, que estão presentes nas membranas celulares são os primeiros a sofrerem a oxidação, pois possuem em sua composição grande quantidade de ácidos graxos insaturados (Ferrari, 1999).

Na carne suína o principal sinal da oxidação lipídica é a presença de sabores e odores desagradáveis conhecidos como “*warmed-over-flavor*”, alerta

sobre o sabor e aroma. Estes sabores e odores resultam do acúmulo de produtos de oxidação, oriundos de ácidos graxos, sendo o hexanal o mais volátil e mais presente (Ferrani, 1999). Outros fatores que afetam a qualidade da carne, em relação à oxidação lipídica, são a textura e a coloração, além da diminuição do valor nutricional.

Resumindo, ocorrendo a oxidação, ocorre também a diminuição no valor nutritivo, pela oxidação de vitaminas e proteínas, perda de cor da carne e menor prazo de validade pela rancificação dos lipídeos (Araújo, 2004), já que a oxidação é iniciada nos lipídeos, mas pode afetar proteínas, pigmentos e vitaminas.

O método mais utilizado para mensurar a oxidação lipídica em sistemas biológicos é o índice de TBARS – Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBA), Que corresponde à condensação de dois moles de TBA com um mol de malonaldeído, produto da oxidação de lipídios poli-insaturados, quando aquecido em meio ácido, produzindo uma solução de cor avermelhada, que é medida em comprimento de onda de 531 nm (Turner et al., 1954; Araújo, 2004).

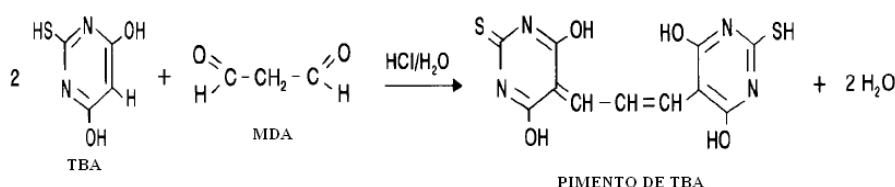


Figura 4 Reação entre o malonaldeído (MDA) e ácido tiobarbitúrico (TBA) para formar o pigmento de TBA

Fonte: Adaptado de Fernández et al. (1996)

A estabilidade lipídica nas carnes e nos produtos cárneos pode ser influenciada por diversos fatores, como a espécie animal, o tipo de tecido muscular, o estresse, o abate, as condições de vida dos animais e pela dieta dos animais. Segundo Ferrani (1999), a carne suína e de frango são mais susceptíveis

à oxidação que a carne bovina pelo elevado teor de ácidos graxos insaturados, principalmente nos fosfolípidios. Em relação ao tipo de tecido muscular, os músculos vermelhos são mais susceptíveis a oxidação lipídica, quando comparados aos músculos brancos, pois os músculos vermelhos apresentam maior concentração de ferro, maior metabolismo oxidativo, e a fração triacilglicerois sofre hidrólise mais rapidamente que os fosfolípidios.

Poucos estudos foram realizados pra constatar o efeito da ractopamina na oxidação lipídica. Garbossa (2010) trabalhando com níveis de ractopamina na dieta de suínos em terminação evidenciou que os valores de TBARS não foram afetados pelos níveis de ractopamina utilizados.

A avaliação da qualidade da carne, baseada na satisfação e preferência do consumidor, deriva do seu consumo e depende de um conjunto de respostas psicológicas e sensoriais únicas de cada indivíduo (Ramos; Gomide, 2007).

Até o momento são poucos trabalhos avaliam sensorialmente, a carne suína proveniente de animais que receberam dietas com diferentes níveis de ractopamina, existem apenas avaliação sensorial de produtos curados como o salame, elaborados com este tipo de carne (Rossi et al., 2010).

2.5 Efeitos da Ractopamina sobre o desempenho e rendimento de carcaça

As respostas de desempenho quando do uso da ractopamina são dependentes de vários fatores, tais como o nível de inclusão utilizado, duração da suplementação, níveis proteicos, porcentagem de lisina na dieta, ambiente, dentre outros. Sendo assim, variações nesses itens podem acarretar em diferentes respostas entre os trabalhos.

Algumas espécies domésticas, como por exemplo, as aves, não respondem ao uso de ractopamina. Uma das possíveis causas seria o fato de que estes animais, por terem sido selecionados ao longo dos anos para apresentar um

crescimento rápido, apresentam um menor potencial de resposta para aumentar ainda mais seu crescimento, pois estão próximos do seu limite biológico máximo. Já outras espécies, como os ovinos e suínos, apresentam uma resposta mais pronunciada ao uso do aditivo. Os suínos são considerados os animais que melhor respondem ao uso de ractopamina como aditivo repartidor de energia, o que pode ser devido à quantidade de receptores β - adrenérgicos nos seu tecido adiposo e muscular, bem como a afinidade destes pelo aditivo (Mersmann, 1998).

O uso da ractopamina pode ocasionar queda no consumo de ração, no entanto, observa-se que suínos que recebem este aditivo apresentam melhoras no ganho de peso, o que leva conseqüentemente, a melhores valores para conversão alimentar, conforme demonstrados por alguns autores, como Bridi et al. (2008), Kiefer e Sanches (2009), Marinho et al. (2007a), Rossi et al. (2010) e Schinckel et al. (2003), que fornecendo ractopamina na dieta para suínos em terminação, evidenciaram melhora no desempenho desses animais. Estes resultados podem ser explicados pelas alterações provocadas no metabolismo animal devido à ação da ractopamina, a qual ocasiona alterações na composição do ganho dos suínos que passam a depositar mais proteína e menos gordura (Schinckel et al., 2003). Quanto maior for o depósito protéico, maior será a quantidade de água ligada, sendo este um dos principais fatores que justificam os melhores resultados encontrados, tanto para ganho de peso quanto para conversão alimentar em suínos que são suplementados com este aditivo (Marinho et al., 2007a).

Uma melhora de aproximadamente 10% no ganho de peso pode ser observada quando é feita suplementação com 5 ppm de ractopamina na dieta de suínos com 16% de proteína bruta (Marinho et al., 2007b). Por outro lado, dietas com 20% de proteína bruta e 10 ppm de ractopamina, não proporcionaram melhora no ganho de peso em animais de alto ou baixo potencial genético (Mimbs et al., 2005). Em razão das melhoras observadas nas variáveis de

desempenho zootécnico quando é feito o uso da ractopamina, é possível afirmar que este aditivo melhora a eficiência de utilização dos nutrientes pelos suínos (Marinho et al., 2007a; Schinkel et al., 2003). Estes nutrientes são direcionados para serem depositados no tecido muscular, já que a síntese de tecido magro requer menos energia que a síntese de gordura (Schinkel et al., 2003).

A conversão alimentar é uma das medidas de eficiência mais utilizada na produção de suínos. Como o custo com a alimentação desses animais representa maior parte do custo de produção, então, pequenas reduções nos valores de conversão alimentar poderão proporcionar impactos econômicos positivos para o produtor.

A conversão alimentar está ainda diretamente relacionada à deposição de gordura na carcaça, sendo que piores valores são obtidos quando a quantidade de gordura aumenta (Ludke et al., 1998). Dessa forma, a ractopamina, ao promover aumento da deposição de tecido magro, contribui para melhoria nos valores de conversão alimentar.

Suínos que recebem ração contendo 5 ppm de ractopamina apresentam melhora de até 15% na conversão alimentar (Crome et al., 1996), sendo mais comum entre vários autores um valor de 12% de melhora para esta variável com o mesmo nível de suplementação (Marinho et al., 2007b).

A adição de 5 ppm de ractopamina na dieta de suínos proporciona um incremento de 12% na taxa de deposição diária de carne magra. No entanto, para que esses resultados possam ser alcançados, é necessário que haja o fornecimento de maiores níveis de lisina, bem como a correção para os demais aminoácidos. Um balanço ideal de aminoácidos promove melhor eficiência de utilização de energia para deposição de carne magra (Marinho et al., 2007b).

Além disso, a adição de ractopamina na dieta de suínos aumenta a deposição muscular na carcaça, numa proporção maior do que o crescimento dos órgãos e vísceras, como descrito por Sanches et al. (2010) e Yen et al. (1991).

Estes autores forneceram ractopamina para suínos e observaram diminuição do pâncreas, fígado, estômago e rins, em relação àqueles animais que receberam a dieta controle (sem ractopamina).

As características da carcaça dos suínos, assim como os resultados de desempenho desses animais, estão diretamente relacionadas, não só aos níveis de ractopamina, mas também com os níveis de lisina na dieta (Xiao et al., 1999). Assim, destaca-se a importância de uma correção para os níveis desses aminoácidos quando é feita suplementação com ractopamina, para que os animais possam expressar eficientemente seu potencial de resposta ao uso do aditivo.

Dessa forma, de maneira geral apesar de resultados, pode-se observar que o uso deste aditivo ocasiona melhoras não só em relação às variáveis de desempenho, mas também naquelas relacionadas às características de carcaça (Fávero; Bellaver, 2001).

Nesse sentido, faz-se necessário obter resultados para melhor elucidar a associação entre ractopamina, desempenho e qualidade de carne.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, H. J. What is pork quality? Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition. **EAAP Publication**, Wageningen, v. 100, p. 15-26, 2000.

ARAÚJO, J. M. A. Conseqüência biológica da oxidação de lipídios. In: _____. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 161-208.

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.

BRIDI, A. M. et al. Effects of ractopamina and gender on performance and carcass quality of swine with different halothane genotypes. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 713-722, July/Sept. 2008.

CANTARELLI, V. S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. 124 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CASTELLANOS, R. A. F. et al. Empleo del zilpa-terol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Maracaibo, v. 14, n. 2, p. 234-243, 2006.

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, 2003.

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

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

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

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

DOMÍNGUEZ-VARA, I. A. et al. Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. **Ciencia Ergo Sum**, Toluca, v. 16, p. 278-284, 2010.

DOUMIT, M. E.; KOOHMARAIE, M. Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, v. 77, n. 6, p. 1467-1473, 1999.

FÁVERO, J. A.; BELLAVER, C. Produção de carne de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2001. p. 2-25.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 3544-3550, 2008.

FERRANI, C. K. B. Oxidação de lipídios e antioxidantes: importância nas ciências animal e dos alimentos. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 60, p. 16-20, 1999.

GARBOSSA, C. A. P. **Composição química, características físicas e peroxidação lipídica da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GHIRETTI, G. P. et al. Comparative evaluation of some antioxidants in salami milano and mortadella production. **Meat Science**, Barking, v. 47, p. 167-176, 1997.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 337-339.

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

KIEFER, C.; SANCHES, J. F. Metanálise dos níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1037-1044, 2009.

LIU, C. Y.; MILLS, S. E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 1603-1608, 1988.

LUDKE, J. V. et al. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: EMBRAPA, 1998. p. 388.

MARINHO, P. C. et al. Effects digestible lysine levels and ractopamine on the performance and carcass characteristics of finishing barrows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, 2007a.

MARINHO, P. C. et al. Effects of ractopamine and the methods of diet formulation on the performance and carcass characteristics of finishing barrows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1061-1068, 2007b.

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.

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

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.

MORRISSEY, P. A. et al. Lipid stability in meat and meat products **Meat Science**, Barking, v. 49, p. 73-86, 1998. Supl.

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

PATIENCE, J. F. et al. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate

pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 53-66, 2009.

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, p. 943-952, 2008.

RINCKER, P. J. et al. The effect of ractopamine and intramuscular fat content on sensory attributes of pork from pigs of similar genetics. **Journal of Muscle Foods**, Hoboken, v. 20, p. 79-88, 2009.

ROSSI, C. A. R. et al. Pigs fed containing ractopamina and citrus extracts: performance and carcass characteristics. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2343-2349, Nov. 2010.

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

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, p. 403-408, 2010.

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

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.

STITES, C. R. et al. The effect of ractopamina 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 ractopamina (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, 2003.

TURNER, E. W. et al. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. **Food Technolgy**, Chicago, v. 8, p. 326-330, 1954.

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, 1993.

WALKER, W. R. et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 168-176, 1989.

WARRIS, P. D. et al. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, Barking, v. 30, p. 75-80, 1991.

XIAO, R. J. et al. 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, p. 119-127, 1999.

XIONG, Y. L. et al. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 600-604, 2006.

YEN, J. T. et al. Effect of ractopamine on growth, carcass traits, and fasting heat production of U.S. contemporary crossbred and Chinese Meishan pure and crossbred pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 4810, 1991.

**CAPITULO 2 DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARÇA DE
SUÍNOS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE
RACTOPAMINA**

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho e o rendimento de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas, recebendo dietas contendo diferentes níveis de ractopamina. Foram utilizados 60 animais, com peso inicial de $84,27 \pm 2,26$ kg,; distribuídos em delineamento em blocos casualizados, compostos por seis níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm) e cinco repetições. Observou-se aumento linear nos níveis de ractopamina para peso final, bem como para o ganho de peso médio diário. Para a conversão alimentar, evidenciou-se decréscimo de 25,50% nos animais que receberam 15ppm de ractopamina na dieta. Para o consumo de ração médio diário e rendimento de carcaça não foi observado efeito significativo. Assim, a adição de ractopamina na dieta de suínos machos castrados e fêmeas em terminação proporciona melhor desempenho aos animais, promovendo aumento no peso final, ganho de peso médio diário, e melhora na conversão alimentar, demonstrando a capacidade que este promotor tem de melhorar o desempenho de suínos em terminação.

Palavras-chave: Agonista β -adrenérgico. Aditivo. Machos castrados. Fêmeas.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the performance and carcass yield of pigs castrated male and female, receiving diets containing different levels of ractopamine. Sixty animals were used, with initial weight of 84.27 ± 2.26 kg.; distributed in a randomized block design, consisting of six levels of ractopamine (0, 3, 6, 9, 12 and 15 ppm) and five repetitions. It was observed linear increase in the levels of ractopamine for final weight, as well as for the average daily weight gain. For feed conversion, it was evident decrease of 25.50 % in animals that received 15ppm of ractopamine in the diet. For feed consumption average daily and carcass yield was not observed significant effect. Thus, the addition of ractopamine in the diet of pigs castrated males and females in the finishing phase provides better performance to the animals, promoting an increase in final weight, average daily weight gain, and improvement in feed conversion, demonstrating the capacity that the sponsor has to improve the performance of pigs in termination.

Keywords: β -adrenergic agonist. Additive. Castrated Males. Females.

1 INTRODUÇÃO

No ciclo de produção de suínos, a fase de terminação é a que apresenta maior transformação na composição da carcaça e, ao mesmo tempo, pior conversão alimentar, sendo necessário um aumento no consumo de ração para produzir um quilo de carne.

Neste contexto, o uso de substâncias que melhorem a eficiência na produção e a utilização de nutrientes, especificamente nesta fase, destaca-se como alternativa promissora. Dentre estas substâncias, a ractopamina é um agonista β -adrenérgico sintético, comprovadamente eficiente na produção de suínos. Seu uso como aditivo nutricional é aprovado para esta espécie em países como Brasil, Estados Unidos, Canadá e Austrália e não aprovado por países como China e União Européia, que alegam poucos resultados científicos de um efeito negativo no ser humano se utilizada de forma controlada (Ferreira et al., 2011).

Atua em vias metabólicas específicas, especialmente nos metabolismos protéico, lipídico e de carboidratos, redirecionando os nutrientes da dieta e favorecendo a síntese protéica em detrimento da deposição de tecido adiposo na carcaça (Gunawan et al., 2007; Watkins et al., 1990).

Vários trabalhos indicam que as modificações metabólicas proporcionadas pela utilização da ractopamina na dieta melhoram de forma significativa o desempenho desses animais (Armstrong et al. 2004; Bridi et al., 2008; Ferreira et al., 2011; Kiefer; Sanches, 2009; Sanches et al., 2010a), além de proporcionar redução na espessura de toucinho e aumento na porcentagem de carne magra e rendimento de carcaça (Kiefer; Sanches, 2009).

Em grande parte das pesquisas realizadas até o momento com suínos, os níveis de ractopamina utilizados situam-se entre 5 e 20 ppm com níveis variando a cada 5 unidades (Armstrong et al. 2004; Bridi et al., 2008; Cantareli et al.,

2009; Ferreira et al., 2011; Kiefer; Sanches, 2009; Sanches et al., 2010a; Stoller et al. 2003; Weber et al., 2006), o que causa algumas discrepâncias nos resultados, que vão desde um maior ganho de peso, menor consumo de ração, maior rendimento de carcaça e melhor conversão alimentar, até uma ausência total de efeitos.

Torna-se necessário, portanto, fracionar os níveis já listados, sobretudo no intervalo em que a ractopamina mostrou-se mais eficiente.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho e o rendimento de carcaça de suínos recebendo dietas com níveis crescentes de ractopamina compreendidos entre 0 e 15 ppm, na fase de terminação, por um período de 28 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante 28 dias, no período entre novembro e dezembro de 2010, no Centro Experimental de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, região Sul de Minas Gerais. Durante o período experimental a temperatura média registrada no galpão foi de $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

Foram utilizados 60 animais, sendo 30 suínos machos castrados e 30 fêmeas, híbrido, selecionados para alto ganho de tecido magro, com peso inicial de $84,27 \pm 2,26$ kg. Estes foram alojados em galpão de terminação em baias de piso de concreto (2,3m x 1,5 m), dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta. A unidade experimental foi de dois animais (um macho castrado e uma fêmea) por baia, sendo a ração e água fornecidos à vontade. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (época de entrada dos animais no experimento), com seis tratamentos (níveis de 0, 3, 6, 9, 12 e 15ppm de ractopamina) e cinco repetições.

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, com um acréscimo de 30% nos níveis de lisina, em função da maior taxa de síntese protéica em animais suplementados com ractopamina (XIAO et al., 1999) (Tabela 1).

Tabela 1 Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Níveis de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
Milho	71,66	71,66	71,66	71,66	71,66	71,66
Farelo de soja	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70
Óleo de soja	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84
Fosfato Bicálcico	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Calcário Cálcico	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Premix Mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metionina 99%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
L-Lisina 78%	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
L-Treonina 98%	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Tylan ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cloridrato de ractopamina 2,05%	0,00	0,015	0,030	0,045	0,060	0,075
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	16,06	16,06	16,06	16,06	16,06	16,06
EM(Kcal/Kg)	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Lisina digestível (%)	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002
Metionina digestível (%)	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267
Treonina digestível (%)	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661
Fósforo disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Cálcio (%)	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647

¹ Composição, por kg de produto: cálcio, 98.800 mg; cobalto, 185.0mg; cobre, 15.750 mg; ferro, 26.250 mg; iodo, 1.470 mg; zinco, 77.999 mg.

² Composição, por kg de produto: ácido fólico, 116.55 mg; ácido pantotênico, 2.333, mg; biotina, 5.28 mg; niacina, 5.600 mg; piridoxina, 175 mg; riboflavina, 933,3 mg; tiamina 175 mg; Vitamina A, 1.225.000 U.I.; Vitamina D3, 315.000 U.I.; Vitamina E, 1.400 mg; Vitamina K3, 700mg; Vitamina B12, 6.825 mg; selênio, 105 mg; antioxidante, 1.500 mg.

³ Antibiótico à base de tilosina granulada

Ao final do período experimental, os animais foram pesados, o consumo e as sobras de ração foram mensurados para as avaliações de desempenho. Após jejum de 12 horas, 60 animais foram novamente pesados em balança digital Marca Weightech Modelo WT 3000-T e abatidos no frigorífico Nutrilli Indústria e Comércio de Carnes Ltda., localizado no município de Lavras – MG, por dessensibilização elétrica, seguida de sangria e evisceração.

Foram estudados os fatores: níveis de ractopamina na alimentação e sexo do animal. Os animais foram pesados inicialmente e divididos em classes

de pesos homogêneos para atribuição dos níveis dos fatores. Os níveis de ractopamina foram: 0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm e os sexos estudados foram: machos castrados e fêmeas.

Foram avaliados: o efeito dos diferentes níveis de ractopamina sobre o desempenho, o peso final (PF), o consumo de ração médio diário (CRMD), o ganho de peso médio diário (GPMD), a conversão alimentar (CA) e o rendimento de carcaça.

Os dados obtidos foram submetidos à ANAVA de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$\text{Resposta} = \text{PI} + \text{S} + \text{R} + (\text{S} \times \text{R}) + \text{erro, onde,}$$

PI é o peso inicial e representa o efeito da classe de peso ou do peso em si, por uma correção linear do peso inicial nas respostas observadas por análise de covariância. Os termos com sexo (S) e ractopamina (R) representam os efeitos dos fatores já descritos e sua interação. O termo de erro associa uma distribuição normal, com erros independentes e de mesma variância (pressupostos da análise de (co)variância).

Foram avaliados os dados e submetidos a análise de variâncias cujo acordo pressuposto foi verificado por inspeção, visualização e aplicação dos testes Shapiro-Wilk (para normalidade) e Bartlett (para homocedasticidade). Para interações significativas foi estudado o efeito de ractopamina em cada sexo. O efeito de sexo foi comparado pelo teste F da análise de variância. Todas as inferências foram aplicadas ao nível nominal de significância de 5%. O estudo dos efeitos, como comparações de médias e predições com os modelos de regressão foi feito com o modelo reduzido. As análises foram realizadas utilizando o programa computacional R *Development Core Team* (2010).

Adicionalmente, para a avaliação das variáveis de peso final e ganho de peso médio diário, foi utilizada regressão descontínua LRP (*linear response plateau*) para estimação do nível ótimo de ractopamina. Esta análise foi realizada por meio do *software* SAEG versão 9.1 (Fund. A. Bernardes, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não observou-se interação de sexo com ractopamina, nem efeito de sexo. Portanto, não evidenciou-se para sexo efeito da ractopamina para os níveis estudados. Os contrastes do nível 0 de ractopamina contra os demais foram significativamente diferentes de zero, onde comprovou-se a influência da ractopamina no peso final dos animais suplementados com rações com esse aditivo (Tabela 2).

Foi constatado efeito linear ($P < 0,05$) dos níveis de ractopamina sobre o peso final dos suínos ($PF = 108,703 + 0,422rac$). Espera-se um aumento de 0,422 kg para cada 1 ppm de ractopamina na ração quando essa é fornecida até 15 ppm, sendo que os animais que receberam a dieta contendo 15 ppm de ractopamina, apresentaram peso final 5,83% superior em relação ao animais que receberam a dieta sem adição de ractopamina.

Tabela 2 Contraste médio para peso final, ganho de peso médio diário, consumo diário médio de ração, conversão alimentar e rendimento de carcaça de suínos alimentados com nível crescente de ractopamina(0, 3, 6, 9, 12 e 15ppm)

Variáveis	Contrastes Médios				
	3vs0	6vs0	9vs0	12vs0	15vs0
Peso Final (kg)	1,267	2,534	3,801	5,068	6,335
Ganho de peso médio diário (kg/dia)	0,045	0,090	0,136	0,181	0,226
Consumo ração médio diário de (kg/dia)*	-	-	-	-	-
Conversão alimentar	-0,161	-0,323	-0,485	-0,646	-0,808
Rendimento de carcaça(%)*	-	-	-	-	-

*não evidenciou contraste para essas variáveis.

Tabela 3 Desempenho de suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

Variável	Doses de ractopamina (ppm)						CV(%)
	0	3	6	9	12	15	
Peso Inicial (kg)	84,15	84,20	84,20	84,25	84,30	84,50	2,68
Peso final ¹ (kg)	108,70	109,97	111,23	112,50	113,77	115,04	5,27
Ganho de peso médio diário ¹ (kg/dia)	0,87	0,92	0,96	1,01	1,05	1,09	5,07
Consumo diário médio de ração (kg/dia)	2,79	2,92	2,66	2,90	2,88	2,78	7,98
Conversão alimentar ¹	3,33	3,17	3,01	2,84	2,68	2,52	6,32
Rendimento de carcaça(%)	80,86	78,62	80,86	80,02	79,88	79,98	4,06

¹Regressão Linear significativa (P>0,05)

O ajuste do modelo LRP para o peso final, indicou que a dose mínima de ractopamina para propiciar um maior peso final foi de 13,14ppm, resultando num valor de 114, 23 kg.

Garbossa (2010) observou efeito linear para o peso final, sendo que animais recebendo dietas suplementadas com 20 ppm de ractopamina apresentaram peso superior. Marinho et al. (2007a) suplementando rações para suínos contendo ractopamina, nos níveis 0 e 5 ppm, observaram aumento de 3% no peso final em relação a dieta controle.

Armstrong et al. (2004), fornecendo os níveis de ractopamina 0, 5, 10 e 20 ppm por diferentes números de dias (6, 13, 20, 27 e 34 dias de fornecimento das dietas experimentais) observaram que nos últimos 27 dias de terminação, os pesos finais das carcaças que receberam dietas suplementadas com 5, 10 ou 20 ppm de ractopamina foram semelhantes entre si e superiores àqueles que receberam a dieta controle.

Carr et al. (2005), testando diferentes níveis de ractopamina (0, 10 e 20 ppm) também por tempos diferentes (25, 27 32, 34 e 39 dias), observaram que

os suínos que receberam os níveis de 10 e 20 ppm apresentaram-se mais pesados ao final do experimento em relação ao controle, e que o nível de 20 ppm apresentou o melhor resultado.

Ferreira et al. (2011) evidenciaram aumento no peso final dos suínos recebendo dietas com ractopamina nos níveis 5, 10, 15 e 20 ppm, em relação ao controle. Ao mesmo tempo, observaram que doses superiores a 5 ppm de ractopamina não apresentaram benefícios adicionais. Outros autores não encontraram efeito da adição de ractopamina na dieta. Pereira et al. (2008) trabalhando com adição da ractopamina (0 e 5 ppm) e dois níveis de lisina digestível (0,67 e 0,87%) na dieta fornecida por tempos diferentes 21 e 28 dias, não evidenciaram resposta nesses períodos estudados. Sanches et al. (2010a) avaliando suínos machos castrados em terminação, recebendo os níveis de 0, 5, 10 e 20 ppm de ractopamina não verificaram efeito sobre o peso final. Mimbs et al. (2005), utilizando até 10 ppm de ractopamina para suínos em terminação, não observaram diferença no peso final.

Com relação ao ganho de peso médio diário (GPMD), observou-se efeito linear ($GMPD = 0,871 + 0,015rac$) esperando-se um aumento de 0,0151 kg/dia no ganho de peso para cada 1 ppm de ractopamina na ração quando essa é fornecida até 15 ppm, considerando-se o nível de 15ppm comparado ao controle foi verificado aumento de 25,29% no ganho de peso dos animais. Os contrastes do nível 0 de ractopamina contra os demais foram significativamente diferentes de zero, onde comprovou-se a influência da ractopamina no ganho de peso médio diário dos animais suplementados com rações contendo esse aditivo (Tabela 2).

No ajuste do modelo LRP, apontou-se que a dose mínima de ractopamina para fornecer um maior ganho de peso foi de 12,96 ppm para ganho de peso médio diário resultando num valor de 1,06 kg/dia.

Com relação ao ganho de peso médio diário Garbossa (2010) observou efeito linear da ractopamina evidenciando um incremento de 18,87% no ganho dos animais, quando utilizaram 20 ppm deste aditivo na dieta.

Em contrapartida, de acordo com os trabalhos de Pereira et al. (2008) e Pozza et al. (2003), os quais testaram o efeito da ractopamina nos níveis 0 e 5 ppm e de dois níveis de lisina digestível (0,67% e 0,87%) na dieta, não foi observado influência da ractopamina no ganho de peso dos animais.

Sanches et al. (2010a, 2010b), testando níveis de ractopamina (0, 5, 10 e 20 ppm) em suínos castrados em terminação, mantidos sob estresse por calor e sob conforto térmico, respectivamente por um período de 28 dias, constataram aumento linear no ganho de peso médio diário.

O consumo de ração médio diário (CRMD) não foi influenciado pelos níveis de ractopamina adicionados nas dietas. Bridi et al. (2008), Ferreira et al. (2011), Garbossa (2010) e Marinho et al. (2007b), estudando a ractopamina em dietas para suínos em terminação também observaram que este aditivo não afetou o consumo.

Quanto à conversão alimentar (CA), observou-se efeito linear positivo ($CA = 3,033 - 0,054 \text{ rac}$), no qual com o aumento de 1 ppm de ractopamina na dieta dos suínos espera-se uma diminuição na conversão alimentar de 0,054, quando essa for fornecida até 15 ppm. Considerando este, o nível 15 ppm comparado ao controle foi verificado redução de 24,54% na conversão alimentar.

Sanches et al. (2010) também observaram efeito linear sobre a conversão alimentar, fornecendo ração com ractopamina nos níveis 0, 5, 10, 15 e 20 ppm. Marinho et al. (2007a, 2007b), observaram melhora na conversão alimentar suplementando ractopamina (0 e 5ppm) na dieta de suínos machos castrados em terminação.

Ferreira et al. (2011), Garbossa (2010) e Rossi et al. (2010), estudando efeito da ractopamina no desempenho de suínos, também observaram melhor conversão alimentar em suínos suplementados com ractopamina.

Em relação ao rendimento de carcaça (REC), não evidenciou-se diferença significativa, entre o grupo controle e os níveis de ractopamina testados e nem do sexo, ou seja, o rendimento de carcaça não depende de nenhum dos fatores.

Bridi et al. (2008), Marinho et al. (2007a) e Sanches (2010a), estudando os níveis de ractopamina 0, 5, 10 e 20ppm, para suínos machos castrados em terminação, não constataram efeito da suplementação com ractopamina, sobre o rendimento de carcaça.

4 CONCLUSÃO

A ractopamina é eficaz em melhorar o desempenho dos animais e o rendimento de carcaça dos suínos machos castrados e fêmeas. O uso de doses superiores a 13 ppm de ractopamina não apresentam benefícios adicionais no peso final e no ganho de peso médio diário.

REFERENCIAS

ARMSTRONG, T. A. et al. The effect of dietary ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3245-3253, 2004.

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

BRIDI, A. M. et al. Effects of ractopamina and gender on performance and carcass quality of swine with different halothane genotypes. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 713-722, July/Sept. 2008.

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

FERREIRA, M. S. S. et al. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2011.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANNE STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipide from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, p. 497-509, 1957.

GARBOSSA, C. A. P. **Composição química, características físicas e peroxidação lipídica da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GUNAWAN, A. M. et al. Ractopamine induces differential gene expression in porcine skeletal muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 9, p. 2115-2124, 2007.

KIEFER, C.; SANCHES, J. F. Metanálise dos níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1037-1044, 2009.

MARINHO, P. C. et al. Effects digestible lysine levels and of ractopamine on the performance and carcass characteristics of finishing barrows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, 2007a.

MARINHO, P. C. et al. Effects of ractopamine and the methods of diet formulation on the performance and carcass characteristics of finishing barrows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1061-1068, 2007b.

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 leitões em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, p. 943-952, 2008.

POZZA, P.C. et al. Efeito da ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados na fase de terminação. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. p. 289-290.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

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, p. 403-408, 2010a.

SANCHES, J. F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 1523-1529, 2010b.

STOLLER, G. M. et al. The effect of feeding ractopamina (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, 2003.

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, 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, 2006

XIAO, R. J. et al. 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, p. 119-127, 1999.

XIONG, Y. L. et al. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 600-604, 2006.

CAPITULO 3 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS RECEBENDO DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE RACTOPAMINA

RESUMO

O Experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de avaliar características químicas, físicas e sensoriais da carne de suínos recebendo diferentes níveis de ractopamina na dieta, no período de 28 dias. Foram utilizados 60 suínos híbridos, sendo 30 machos castrados e 30 fêmeas, selecionados para alta deposição de carne, com peso inicial de $84,27 \pm 2,26$ Kg. O delineamento experimental foi em bloco casualizado, com seis tratamentos (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm de ractopamina) e seis repetições, com a parcela experimental representada por um macho e uma fêmea. A adição de ractopamina nas dietas dos suínos nos níveis testados melhorou a composição química tanto do lombo quanto da copa, contribuindo para uma maior deposição proteica e uma menor porcentagem de lipídeos nos cortes. Nas características físicas os níveis mais altos de ractopamina comprometeram a textura e alteraram a cor, além da aceitação pelos consumidores. Já em relação à estabilidade oxidativa, tanto para os lombos armazenados sob resfriamento quanto sob congelamento, a adição de ractopamina às dietas de suínos em terminação auxiliou na prevenção da oxidação lipídica.

Palavras-chave: Oxidação lipídica. Lombo suíno. Copa suína.

ABSTRACT

The experiment was conducted in the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras with the objective of evaluating chemical, physical and sensory characteristics of pork meat receiving different levels of ractopamine in the diet, in the period of 28 days. Sixty hybrids pigs were used, being 30 castrated males and 30 females, selected for high deposition of lean meat, with initial weight of $84,27 \pm 2,26$ Kg. The experimental design was a completely randomized block design with six treatments (0, 3, 6, 9, 12 and 15 ppm of ractopamine) and six repetitions with the experimental plot represented by a male and a female. The addition of ractopamine in the diets of the pigs at the levels tested improved the chemical composition both for the loin as for the cup, contributing to greater protein deposition and a lower percentage of lipids in the cuts. In physical characteristics the highest levels of ractopamine agreed to texture and changed the color, in addition to the acceptance by consumers. Already in relation to oxidative stability, both for the loins stored under refrigeration as under freezing, the addition of ractopamine diets for pigs in the finishing phase helped in the prevention of lipid oxidation.

Keywords: Lipid oxidation. Pork loin. Cup swine

1 INTRODUÇÃO

Priorizando-se segurança alimentar, a produção de carne suína de qualidade nutricional, sensorial e tecnológica tem atendido a demanda por meio de constantes avanços no melhoramento genético para estas características, ao mesmo tempo em que são disponibilizados vários recursos nutricionais para a otimização destes alvos.

Dentre estes recursos nutricionais, a utilização da ractopamina, um agonista β -adrenérgico, tem ocupado lugar de destaque, uma vez que este aditivo promove aumento no crescimento muscular, acréscimo de proteína (See et al., 2004,) aumento no rendimento de carcaça (Marchant-Forde et al., 2003), e na porcentagem de proteína bruta (Garbossa, 2010).

Qualidade de carne é uma característica complexa de ser definida. Segundo Warris et al. (1990), pode ser considerada como uma medida das características desejadas e valorizadas pelo consumidor. Sua avaliação é feita 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 química, pH inicial (45 minutos após o abate), pH final (24 horas após o abate), estabilidade oxidativa e uniformidade (Rosenvold; Andersen, 2003).

O impacto da ractopamina sobre as propriedades química e física do músculo de suínos relacionadas com palatabilidade não é claramente compreendido. A textura é o fator principal da palatabilidade da carne que leva à aceitação pelo consumidor de produtos de carne fresca.

Sabendo que são muitos os benefícios conhecidos desta classe de droga sobre o desempenho e as características da carcaça, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do uso de diferentes concentrações de

ractopamina na dieta de suínos em terminação sobre características químicas, físicas e sensoriais além da estabilidade oxidativa da carne.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Período, local de realização do experimento e dieta

O experimento foi conduzido durante 28 dias, no período de novembro a início de dezembro de 2010, no Centro Experimental de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, região Sul de Minas Gerais. Durante o período experimental a temperatura média registrada no galpão foi de $23 \pm 2^\circ\text{C}$. As análises propostas foram realizadas no Laboratório Central de Análises do Departamento de Ciências dos alimentos desta mesma universidade.

Foram utilizados 60 animais, sendo 30 suínos machos castrados e 30 fêmeas, híbridos, selecionados para alto ganho de tecido magro, com peso inicial de $84,27 \pm 2,26\text{kg}$. Estes foram alojados em galpão de terminação em baias de piso de concreto (2,3m x 1,5 m), dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta. A unidade experimental foi constituída por cada animal, sendo a ração e água fornecidos à vontade.

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 proteica em animais suplementados com ractopamina (Xiao et al., 1999) (Tabela 1).

Tabela 1 Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Níveis de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
Milho	71,66	71,66	71,66	71,66	71,66	71,66
Farelo de soja	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70
Óleo de soja	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84
Fosfato Bicálcico	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Calcário Cálcico	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Premix Mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metionina 99%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
L-Lisina 78%	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
L-Treonina 98%	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Tylan ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cloridrato de ractopamina 2,05%	0,00	0,015	0,030	0,045	0,060	0,075
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	16,06	16,06	16,06	16,06	16,06	16,06
EM(Kcal/Kg)	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Lisina digestível (%)	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002
Metionina digestível (%)	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267
Treonina digestível (%)	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661
Fósforo disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Cálcio (%)	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647

¹ Composição, por kg de produto: cálcio, 98.800 mg; cobalto, 185.0mg; cobre, 15.750 mg; ferro, 26.250 mg; iodo, 1.470 mg; zinco, 77.999 mg.

² Composição, por kg de produto: ácido fólico, 116.55 mg; ácido pantotênico, 2.333, mg; biotina, 5.28 mg; niacina, 5.600 mg; piridoxina, 175 mg; riboflavina, 933,3 mg; tiamina 175 mg; Vitamina A, 1.225.000 U.I.; Vitamina D3, 315.000 U.I.; Vitamina E, 1.400 mg; Vitamina K3, 700mg; Vitamina B12, 6.825 mg; selênio, 105 mg; antioxidante, 1.500 mg.

³ Antibiótico à base de tilosina granulada

2.2 Procedimento experimental e obtenção das variáveis analisadas

No abate, foi empregada a insensibilização elétrica com tensão, variando na faixa entre 220 ± 20 V e 60hz de frequência. A insensibilização foi aplicada com o animal no limitador e um tempo de contato dos eletrodos na cabeça do animal (posicionados na base das orelhas) entre um a dois segundos. Após o abate, as medidas de pH foram realizadas em todos os animais (machos castrados e fêmeas) no músculo *longissimus dorsi* (na altura da última costela)

após 45 minutos do abate (pH inicial) e 24 horas após abate e resfriamento da carcaça a 2 ± 1 °C (pH final). O pH foi medido com auxílio de um pHmetro portátil, com eletrodo de inserção. Para perfurar o couro e manta de gordura, utilizou-se uma faca antes de inserir o eletrodo.

Após 24 horas de armazenamento, as amostras de carne foram coletadas seccionando-se a carcaça entre a última vértebra torácica e a primeira lombar. Foram retiradas no sentido caudal, amostras dos músculos *longissimus dorsi* (Lombo) e *Longissimus, Spinalis dorsi, Rhomboideus* (copa). As amostras foram embaladas em bandeja de isopor, revestidas com filme de PVC, identificadas e armazenadas em caixas térmicas e então levadas até o Laboratório Central de Análises, no Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Neste laboratório, os músculos foram seccionados, sequencialmente, através de cortes transversais e retirou-se amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura, que foram embaladas e identificadas.

Para avaliação da composição química dos diferentes cortes (lombo e copa) parte das amostras foi moída em máquina de moer carne, marca CAF, modelo 10I, para maior homogeneização. Após a homogeneização retirou-se uma alíquota para a determinação da umidade. Uma segunda alíquota foi congelada a uma temperatura -80°C em um ultrafreezer e em seguida, liofilizada em liofilizador LIOTOP, modelo L108, por um período de 72 horas. Após a liofilização, as amostras foram armazenadas para as determinações previstas.

Para as análises químicas (umidade, extrato etéreo e proteína bruta) foi realizada utilizando-se as metodologias propostas pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000).

Na determinação de lipídeos totais, utilizou a metodologia descrita por Folch, Lees e Sloanne Stanley (1957) com algumas adaptações. Pesou-se 5,0 g de amostra liofilizada e adicionou-se 50 ml da solução clorofórmio:metano (2:1) + 0,025M BHT. Logo em seguida, homogenizou-se em politron por 1 min. Após

a homogeneização, filtrou-se em funil de separação de 250mL, lavou-se o recipiente pesado com 5,0 mL de clorofórmio para remover o resíduo da parede. Adicionou-se 10,0 mL de KCl 0,72%. Agitou-se e, após agitação, manteve-se a amostra em repouso por um período de três horas até a formação de uma solução bifásica.

Ao passar esse período, a fase superior (hidrometanólica) foi descartada. Na fase inferior (orgânica) adicionou-se 6,0 mL de KCl 0,72%, agitou-se e em seguida manteve-se a amostra em repouso por mais de 12 horas. Ao passar esse período, recolheu-se a fase inferior (orgânica), adicionou-se em um balão volumétrico de 50 mL e completou seu volume com clorofórmio.

Para a determinação de lipídios totais foram utilizados frascos âmbar, previamente tarados e identificados, os quais permaneceram em estufa a 65°C até o peso constante. Após a extração lipídica, retirou-se uma alíquota de 10 mL e adicionou-se ao frasco âmbar. Após a adição, pesou-se o frasco e levou-se para estufa até peso constante.

Para determinação das perdas de líquido no descongelamento e na cocção do lombo, foram retiradas amostras (bifes) de aproximadamente 2,5 cm de espessura do músculo, obtidas sempre no mesmo ponto, para evitar variações na maciez da carne, que ocorrem naturalmente ao longo do músculo.

As amostras congeladas foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas e armazenadas em geladeira por 24 horas a 4°C para o descongelamento. Após 24 horas retirou-se as amostras da geladeira, enxugou-se levemente com papel toalha e pesou-se. Antes de assar, as amostras permaneceram por 30 minutos à temperatura ambiente.

O forno foi primeiramente aquecido por 20 minutos a 170°C, as amostras foram assadas até que a temperatura interna atingisse 40°C. Na sequência, as amostras foram viradas, e mantidas no forno até que alcançaram a temperatura interna de 71°C.

Logo em seguida, retiraram-se as amostras do forno e aguardou-se até que estas atingissem a temperatura ambiente. A seguir, as amostras foram embaladas e deixadas por mais 24 horas na geladeira, quando a temperatura no interior da peça aproximou-se de 4°C, quando, então, foram novamente pesadas.

As perdas de líquido no descongelamento (PLD) e na cocção (PLC) do lombo foram expressas em porcentagem de água perdida em relação ao peso original da amostra, utilizando-se as fórmulas a seguir (Bridi et al., 2006):

$$PLD(\%) = \frac{(\text{Peso da amostra congelada} - \text{Peso da amostra descongelada})}{\text{Peso da amostra congelada}} \times 100$$

$$PLC(\%) = \frac{(\text{Peso da amostra descongelada} - \text{Peso da amostra assada})}{\text{Peso da amostra descongelada}} \times 100$$

Para avaliação da força de cisalhamento do lombo foram utilizadas as mesmas amostras anteriormente, para obtenção das perdas.

Retirou-se de cada amostra (bife) quatro subamostras. As subamostras foram obtidas através do corte do músculo paralelo ao sentido da fibra muscular. Para tanto, utilizou-se uma faca para obtenção das subamostras de 1,5 cm de largura, 1,5 cm de espessura e 2,5 cm de comprimento.

A força de cisalhamento foi determinada por meio do Sistema Analisador de Textura, modelo TA.XT2 (Texture Analyser, Stable Micro Systems), utilizando a probe Warner-Bratzler Shear. Os parâmetros utilizados foram: velocidade de pré-teste de 5 mm/seg, no teste 5 mm/seg e no pós-teste de 10 mm/seg e a distância percorrida foi de 25 mm, conforme sugerido por Bridi et al. (2006), com algumas adaptações.

Para a determinação de cor (L*, a* e b*) do lombo, as leituras foram realizadas nas amostras 24 horas após o abate. As amostras ficaram expostas ao

ar por um período de aproximadamente 20 minutos para permitir a oxigenação do músculo.

O equipamento utilizado foi um espectrocolorímetro, da marca Konica Minolta, modelo CM-5. As leituras dos parâmetros L*(luminosidade), a*(intensidade de vermelho) e b*(intensidade de amarelo) foram baseadas no sistema de CIELab, com as seguintes características: área de medição 30,0 mm de diâmetro, ângulo de observação 10°, iluminante D65, com componente especular incluído (James; Berry, 1997).

A oxidação lipídica foi avaliada em diferentes cortes (lombo e copa), em duas condições de armazenamento: sob refrigeração e congelamento.

No armazenamento sob refrigeração, as amostras (músculos *in natura*) foram alojadas em geladeira (5 a 8°C), sendo avaliadas 24 horas após o abate (tempo zero) e durante os dias 4, 8 e 12 de estocagem. Para a avaliação 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.

O método utilizado para esta avaliação foi o do ácido 2-tiobarbitúrico, também conhecido como índice de TBARS. Este método consiste em detectar por espectrofotômetro a 531 nm o complexo de coloração amarelada formado pela condensação de dois moles do ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) com um mol de malonaldeído.

Os valores de leitura obtidos foram multiplicados pelo fator 7,38 e os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por quilo de amostra (mg MA.Kg⁻¹).

Para a análise sensorial, amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram levadas ao forno à temperatura de 170°C até atingirem a temperatura interna de 40°C. Após atingirem essa temperatura foram viradas até atingirem a temperatura interna de 70°C. Após estarem assadas, foram cortadas em cubos de aproximadamente 2cm³, embaladas em papel alumínio e transferidas para

béqueres codificados e mantidos em estufa à temperatura de 50°C. Para realização da análise foram utilizados 100 provadores não treinados.

Utilizou-se, no teste descritivo, escala hedônica de nove pontos, considerando os atributos de sabor (sensação de gosto e odor liberados pela amostra durante a mastigação), textura (percepção da força necessária para o cisalhamento da amostra ao morder), cor e aceitação geral (somatório de todas as percepções sensoriais, expressando a opinião dos julgadores sobre a qualidade da carne), conforme descrito por Dutcosky (2007).

Os nove pontos da escala consistiam em: 1 – desgostei muitíssimo; 2 – desgostei muito; 3 – desgostei regular; 4 – desgostei ligeiramente; 5 – indiferente; 6 – gostei ligeiramente; 7 – gostei regular; 8 – gostei muito e 9 – gostei muitíssimo.

2.3 Dietas, delineamento experimental e modelos estatísticos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (época de entrada dos animais no experimento), com seis tratamentos (níveis de 0, 3, 6, 9, 12 e 15ppm de ractopamina) e cinco repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à ANAVA de acordo com o seguinte modelo estatísticos:

$$\text{Resposta} = \text{PI} + \text{S} + \text{R} + (\text{S} \times \text{R}) + \text{erro, onde,}$$

PI é o peso inicial e representa o efeito da classe de peso ou do peso em si, por uma correção linear do peso inicial nas respostas observadas por análise de covariância. Os termos com sexo (S) e ractopamina (R) representam os efeitos dos fatores já descritos e sua interação. O termo de erro associa uma distribuição

normal, com erros independentes e de mesma variância (pressupostos da análise de (co)variância).

Para avaliação dos cortes ao longo do tempo, o seguinte modelo foi utilizado:

$$\text{Resposta} = \mu + S + R + (S \times R) + e_1 + T + (S \times T) + (R \times T) + (S \times R) + (S \times T \times R) + e_2$$

em que T representa o efeito contínuo de tempo, incorporado por termos polinomiais, e_1 representa os desvios a nível de corte e e_2 os desvios nas medidas repetidas em um mesmo corte. Esse modelo é conhecido como parcela subdivida no tempo.

Os dados observados foram submetidos a análise de acordo com os modelos estatísticos acima. Os pressupostos da análise de variância foram verificados por inspeção e aplicação dos testes Shapiro-Wilk (para normalidade) e Bartlett (para homocedasticidade). Para interações significativas, foi estudado o efeito de ractopamina em cada sexo. O efeito do nível de ractopamina e tempo foram avaliados pelo ajuste de modelos de regressão com termos polinomiais até no máximo o segundo grau. Quando não apresentou bom ajuste, aplicou-se o teste de médias comparando todos os níveis desses fatores como nível controle (testemunha). O efeito de sexo foi comparado pelo teste F da análise de variância. Todas as inferências foram aplicadas ao nível nominal de significância de 5%.

Durante as análises foram ajustados modelos de regressão. O modelo final foi obtido como sendo aquele com menor número de termos e que não apresentasse falta de ajuste com relação ao modelo saturado (apresentado nas equações acima) pelo teste F. O estudo dos efeitos, como comparações de médias

e predições com os modelos de regressão foram feitas com o modelo reduzido. As análises foram realizadas utilizando o programa computacional R *Development Core Team* (2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do pH, composição química e características físicas do lombo suíno

Não evidenciou-se interação de sexo ractopamina, nem efeito de sexo, nas variáveis de pH(inicial e final), características químicas e físicas do lombo. Portanto, não há evidências que apontem que os sexos respondem de maneira diferente à ractopamina em relação às variáveis estudadas.

Para o pH inicial e final, não se observou diferença ($P < 0,05$) entre os animais que receberam ractopamina na dieta e aqueles que receberam a dieta controle, ou seja, os animais que receberam dieta contendo 3, 6, 9, 12 ou 15 ppm de ractopamina apresentaram valores médios de pH inicial e final semelhantes àqueles que receberam dieta sem ractopamina(Tabela 2).

De maneira geral, o pH inicial observado descartou a hipótese de ocorrência de carne pálida, mole e exudativa, uma anormalidade de carne geralmente observada em animais que possuem elevado potencial para ganho de peso em músculo. Vale ressaltar que machos castrados e fêmeas apresentaram valores semelhantes para essas duas variáveis e que não houve interações entre os diferentes níveis testados e o sexo ($P > 0,05$)

Os valores médios de pH final observado foram baixos, inclusive inferiores ao ponto isoelétrico, podendo refletir na capacidade de retenção de água da carne (Tabela 1).

O pH está relacionado ao acúmulo de ácido lático oriundo das mudanças *post – mortem* (Ramos et al., 2007). Portanto, a semelhança dos valores de pH entre a fêmea e machos castrados indica que o acúmulo de ácido lático foi semelhante para os dois sexos.

Xiong et al. (2006), avaliando o efeito da adição de 0 e 20 ppm de ractopamina, em dietas para os suínos, não evidenciaram diferença significativa

no pH inicial dos animais que receberam este aditivo na dieta. Fernández-Duenãs et al. (2008), fornecendo ração com adição de ractopamina nos níveis de 0, 5 e 7,4 ppm, também não observaram diferença significativa para o pH inicial. Apple et al. (2007) e Carr et al. (2005a, 2005b) fornecendo rações com adição de ractopamina nos níveis 0, 10 e 20 ppm, não observaram diferença significativa para o pH inicial da carne. Bridi et al. (2006), Leornado (2008), Stites et al. (1991), Watanabe (2009) e Weber et al. (2006), fornecendo dietas para suínos com níveis 0, 10 e 20 ppm de ractopamina também não evidenciaram diferença significativa no pH final.

Tabela 1 Valores médios para pH(inicial e final) porcentagem de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, lipídeos totais, perda de líquido por descongelamento e cocção, parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) e do lombo suíno

Variáveis	Doses de ractopamina (ppm)						CV(%)
	0	3	6	9	12	15	
pH inicial ¹	6,15	6,01	6,09	6,25	6,12	6,15	1,85
pH final ¹	5,42	5,34	5,43	5,37	5,35	5,37	1,67
Umidade ²	72,947	73,049	73,193	73,381	74,045	74,982	0,36
Proteína Bruta	17,393	21,428	21,448	21,436	22,417	23,518	1,40
Extrato Etéreo	7,302	5,440	5,460	5,157	4,291	5,737	2,68
Lipídeos Totais	6,644	3,759	3,827	3,519	3,270	4,277	1,95
PLD ³	6,159	5,988	5,817	5,646	5,475	5,304	11,51
PLC	30,912	27,182	27,481	25,620	26,922	29,804	2,95
L^*	53,088	53,088	53,088	53,088	53,088	53,088	4,01
a^{*2}	7,320	6,764	6,484	6,479	6,75	7,296	3,75
b^{*2}	2,003	1,267	0,772	0,518	0,506	0,735	3,69
Força de cisalhamento(kg) ³	3,794	3,867	4,975	5,688	5,908	7,124	2,45

¹pH inicial relacionado a 48 horas após ao abate, pH final relacionado a 24 horas após ao abate.

²Regressão quadrática significativa ($P < 0,05$)

³Regressão linear significativa ($P < 0,05$)

Warris et al. (2000), verificaram que o pH final da carne de suínos tratados com agonistas beta-adrenérgicos foi mais alto e relacionaram este fato

ao consumo de glicogênio muscular, levando uma produção menor e acúmulo de ácido láctico no músculo pós-abate, dificultando uma redução de pH. Estes achados não se confirmaram no presente experimento.

A porcentagem de umidade no lombo mostrou-se significativamente diferente para os níveis de ractopamina testados, apresentando um efeito quadrático ($P < 0,05$). A equação obtida foi ($UM = 72,947 + 0,027rac + 0,002rac^2$). Este resultado demonstrando que os níveis de ractopamina utilizados permitiram aumento na porcentagem de umidade (Tabela 1).

Pelos contrastes elaborados entre os diferentes níveis contra o tratamento-controle (sem adição de ractopamina) (Tabela 2), observou-se maior porcentagem de umidade no lombo, com a adição de ractopamina em todos os níveis testados, quando comparado aos lombos dos animais que receberam a dieta controle.

Tabela 2 Contrastes médios para porcentagem de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, lipídeos totais, perda de líquido por descongelamento e cocção, parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) e pH (inicial e final) do lombo suíno

Contrastes ¹	Contrastes Médios				
	3 vs 0	6 vs 0	9 vs 0	12 vs 0	15 vs 0
Umidade	0,101	0,246	0,434	0,664	0,937
Proteína Bruta	4,035	4,055	4,043	5,024	6,125
Extrato Etéreo	-1,862	-1,842	-2,145	-3,011	-1,565
Lipídeos Totais	-2,884	-2,817	-3,125	-3,373	-2,366
PLD	-0,171	-0,034	-0,512	-0,684	-0,854
PLC	-3,730	-3,431	-5,292	-3,989	-1,108
L^{*2}	-	-	-	-	-
a^*	-0,555	-0,835	-0,840	-0,569	-0,023
b^*	-0,736	-1,229	-1,482	-1,493	-1,262
pH inicial ²	-	-	-	-	-
pH final ²	-	-	-	-	-

¹ Contraste entre médias por mínimos quadrados obtidas pelo modelo final dos níveis de ractopamina contra a dieta controle.

² Contraste não significativo.

Em relação à porcentagem de proteína no lombo, contrastando o uso de ractopamina com o controle, observou-se que, para todos os níveis testados, os valores médios foram maiores. Segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2010) a deposição de água no músculo está relacionada com a deposição de proteína. As moléculas de água ligam-se a diversos grupos nas proteínas e esses grupos incluem grupos carregados (interações íon-dipolo), grupos peptídicos de cadeia principal, grupos amida de alguns aminoácidos e resíduos de proteína não polares (interação dipolo-dipolo induzida e hidratação hidrofóbica). Assim, com a inclusão de ractopamina nas dietas, ocorreu maior deposição proteica e maiores teores de umidade no músculo de suínos em terminação, corroborando com os resultados encontrados por Apple et al. (2007) e Rossi et al. (2010).

Garbossa (2010), estudando a composição química de carne de suínos recebendo diferentes níveis (0, 5, 10, 15 e 20ppm) de ractopamina na dieta, não observou diferença significativa para a porcentagem de proteína bruta no lombo que receberam ractopamina na dieta, até adição de 15ppm, em relação àqueles que receberam a dieta controle. Carr et al. (2005a), avaliando qualidade de carne e características de carcaça em suínos recebendo rações com adição de ractopamina nos níveis de 0, 10 e 20 ppm, não observaram diferença significativa para porcentagem de umidade no lombo nos animais que receberam a ração com a ractopamina, já na porcentagem de proteína bruta nos lombos do animais que receberam ractopamina na dieta, observaram maior porcentagem quando comparados aos lombos dos animais que receberam a dieta controle.

Com relação à porcentagem de extrato etéreo e lipídeos totais no lombo, pelos contrastes, representados na Tabela 2 observou-se que adição de ractopamina na dieta de suínos, proporcionou valores menores, tanto para extrato etéreo quanto para lipídeos totais. Sendo assim, os lombos dos animais que receberam dietas com adição de ractopamina de 3 a 15 ppm, apresentaram

valores menores dessas variáveis quando comparado aos lombos dos animais que receberam a dieta controle.

Estas diferenças encontradas para extrato etéreo e lipídeos totais geralmente não foram observadas em outros trabalhos.

Garbossa (2010), avaliando a composição química da carne suína, em animais (fêmeas e machos castrados) recebendo diferentes níveis de ractopamina, evidenciou que até o nível de 15 ppm de ractopamina a porcentagem de extrato etéreo não apresentou diferença.

Fernández-Duenãs et al. (2008), fornecendo rações com adição de ractopamina no níveis 0, 5 e 7,4 ppm, não observaram diferença significativa para a porcentagem de lipídeos totais no lombo de animais que receberam em sua dieta a ractopamina.

Carr et al. (2005a, 2005b) e Weber et al. (2006) testando os níveis de 0, 10 e 20 ppm para suínos, também não evidenciaram diferença significativa, nos valores de lipídeos totais.

Para a perda de líquido no descongelamento do lombo, observou-se efeito linear ($P < 0,05$) da suplementação de ractopamina nas dietas, sendo obtida a seguinte equação ($PLD = 6,159 - 0,057rc$). Estes resultados demonstram que o aumento na ractopamina proporciona uma diminuição na porcentagem na perda de líquido no descongelamento, atingindo 5,30%), com a dose de 15 ppm. 2.

Pelos contrastes, pode-se afirmar que, em média, para perda de líquido no descongelamento do lombo, a adição de ractopamina, teve efeito sobre a exudação de água, ou seja, os contrastes entre o nível 0 de ractopamina e os demais foram significamente diferentes de zero.

Para perda de líquido na cocção do lombo, observou-se que nos contrastes, todos os níveis de ractopamina apresentaram diferença em relação ao controle, e pode-se afirmar que, em média, o fornecimento de ractopamina de 3

a 15 ppm, o nível que mais apresentou efeito foi o 9 ppm de ractopamina, com diminuição de 5,292%.

Apple et al. (2004), Bridi et al. (2006), Garbossa (2010) e Stoller et al. (2003), fornecendo ractopamina na dieta para suínos não verificaram para perda de líquido na cocção e no descongelamento diferença significativa entre os níveis testados.

Segundo Oliveira (2006) o uso de ractopamina em rações de suínos promove uma diminuição na perda de líquido por cocção na ordem de 17,3%. Vale lembrar, que a quantidade de água exudada constitui-se em um problema para a indústria da carne, pois essa água carrega proteínas solúveis, vitaminas e minerais solúveis, dentre outras substâncias. Assim, o resultado deste trabalho indica que a adição de ractopamina nos níveis de 0 a 15 ppm, favorece a fabricação de produtos e cortes, apresentando cortes com melhor aspecto para os consumidores, por apresentar menor acúmulo de água nas embalagens.

De acordo com Pimenta (2011), a perda de líquido no descongelamento e na cocção são bons indicativos de capacidade de retenção de água. A capacidade de retenção de água é uma propriedade importante em termos de qualidade tanto na carne destinada ao consumo direto, como para a carne destinada à industrialização. Esta pode ser definida como a capacidade da carne de reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas (corte aquecimento, trituração e prensagem). Em relação ao parâmetro L^* (luminosidade), não evidenciou-se nenhuma resposta aos diferentes níveis de ractopamina, sendo o valor médio observado de 53,088. Já para os parâmetros de cor a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo), observou-se um efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis testados sobre estas variáveis. As equações obtidas foram para $a^* = 7,230 - 0,231rc + 0,015rc^2$ e $b^* = 2,003 - 0,285rc + 0,013rc^2$, com o ponto de mínimo de 6,340 e 0,440 respectivamente.

Pelo contraste, pode-se afirmar que, em média, para os parâmetros a^* e b^* , todos os níveis de ractopamina, diferiram do nível 0. Sendo o nível de 9 ppm de ractopamina, o que apresentou menor contraste em relação ao controle.

Carr et al. (2005a, 2005b), Garbossa (2010) e Uttaro et al. (1993) também não observaram diferença significativa para esta variável.

Os resultados encontrados no presente trabalho mostraram que a carne em estudo, independente do nível de ractopamina utilizado enquadrou-se na classificação como carne vermelha, flácida e exudativa, refletindo provavelmente o alto grau de melhoramento empregado na formação da linhagem utilizada, que muitas vezes leva a algum nível de comprometimento da carne. Segundo Lindahl et al. (2001) os valores de luminosidade (L^*) e intensidade de vermelho (a^*), apresentam correlações altas com o conteúdo de pigmentos e pelas formas da mioglobina quase na mesma extensão. A intensidade de amarelo (b^*) apresenta correlações altas com as formas da mioglobina e baixa correlação com o conteúdo de mioglobina.

Athayde (2010) e Xiong et al. (2006) avaliando o uso da ractopamina não encontraram diferenças para a^* . Carr et al. (2005b) avaliando também o músculo *longissimus dorsi* de suínos suplementados com 10 ppm de ractopamina encontraram resultados similares aos do presente estudo.

Quando os suínos são abatidos mais pesados e apresentam maior deposição lipídica na camada subcutânea e no músculo, esses fatores podem resultar em alterações dos valores de b^* (CISNEROS et al., 1996). Garbossa (2010) observou dados semelhantes, sendo efeito quadrático para a^* e efeito linear para b^* , sendo que o aumento do nível de ractopamina levou à diminuição do valor de b^* . Neste caso, vale salientar que apesar de terem sido observadas diferenças significativas na cor instrumental do lombo suíno, esta diferença não podem ser visivelmente notadas pelos consumidores na maioria das vezes (APPLE et al., 2007).

Foi verificado aumento linear ($P < 0,05$) na força de cisalhamento do músculo *longíssimus dorsi* dos suínos com o aumento dos níveis de ractopamina na dieta, ou seja, a cada 1,0 ppm de ractopamina ocorre uma variação de 235,789 gramas na força de cisalhamento de acordo com a equação $FC = 235,789rc + 3418,6$

O aumento na força de cisalhamento do músculo *Longíssimus dorsi* de suínos que receberam dieta contendo ractopamina foi observado por diversos autores e os principais argumentos utilizados para explicá-lo foram: a ractopamina é responsável pelo aumento do diâmetro da fibra muscular (CARR et al., 2005a, 2005b; WARRIS et al., 1990; WOOD; WISEMAN; COLE, 1994) e possivelmente pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína (WARRIS et al., 1990; WOOD; WISEMAN; COLE, 1994). Segundo Xiong et al. (2006), a redução da maciez é explicada pela redução na degradação de proteína e quebra de miofibrilas nos músculos de suínos alimentados com ração contendo ractopamina.

3.2 Composição química da copa suína

Não evidenciou-se interação de sexo ractopamina, nem efeito de sexo, nas variáveis de composição química da copa. Portanto, não há evidências que apontem que os sexos respondem de maneira diferente à ractopamina em relação às variáveis estudadas.

Com relação à porcentagem de umidade na copa, não evidenciou-se nenhuma resposta aos níveis de ractopamina, sendo o valor médio observado de 61,464%. Para a porcentagem de proteína bruta na copa, observou-se que nos contrastes os níveis de ractopamina foram todos diferentes do controle, e pode-se afirmar que, em média, a porcentagem de proteína bruta na copa, o fornecimento de ractopamina de 3 a 15 ppm, o nível que mais apresentou efeito

contra o controle foi o de 15 ppm de ractopamina, propiciando um aumento de 3,316% na proteína bruta (Tabela4).

Com relação à porcentagem de extrato etéreo na copa suína, observou-se que nos contrastes, representados na Tabela 4, os níveis de ractopamina foram todos diferentes do nível 0, e pode-se afirmar, portanto, que o fornecimento de ractopamina de 3 a 15 ppm, o nível que mais apresentou efeito contra o nível 0 foi o de 15 ppm de ractopamina, com uma redução de 3,336% no valor médio apresentado na dieta controle (Tabela4).

Tabela 3 Valores médios para porcentagem de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e lipídeos totais da copa suína

Variáveis	Doses de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
Umidade	61,46	61,46	61,46	61,46	61,46	61,46
Proteína Bruta	18,33	19,46	19,38	19,54	20,72	21,53
Extrato Etéreo	16,62	15,16	14,17	14,88	14,23	13,28
Lipídeos Totais	12,06	12,06	11,36	12,01	11,79	10,55

Os resultados apresentados para lipídeos totais para a copa suína foram bastante semelhantes aos descritos para extrato etéreo. Nos diferentes níveis de ractopamina testados, a dose de 15 ppm apresentou resposta semelhante tanto para porcentagem de extrato etéreo quanto para lipídeos totais quando comparados com os animais que receberam a dieta controle.

Tabela 4 Contraste médio para porcentagem de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, lipídeos totais, e pH (inicial e final) da copa suína

Contrastes	Contrastes Médios				
	3 vs 0	6 vs 0	9 vs 0	12 vs 0	15 vs 0
Umidade	-	-	-	-	-
Proteína Bruta	1,121	1,048	1,207	2,383	3,196
Extrato Etéreo	-1,455	-2,445	-1,732	-2,391	-3,336
Lipídeos Totais	-0,000	-0,695	-0,045	-0,268	-1,508

Pode-se observar que a adição de ractopamina na dieta de suínos foi benéfica, melhorando características químicas, sobretudo em relação à proteína bruta, extrato etéreo e lipídeos totais.

Pode-se notar que no presente estudo a adição de ractopamina de 0 a 15 ppm levou um aumento na porcentagem de proteína como é observado na tabela 3, no qual os animais que receberam a ração controle apresentaram 18,3% contra 21,5% dos animais que receberam 15 ppm de ractopamina na ração.

3.3 Oxidação lipídica dos cortes

Ao analisar a oxidação lipídica dos lombos dos animais, armazenados sob resfriamento, nos tempos 0 e 12º dia, observou-se diferença significativa nos níveis 6, 9, 12 e 15 ppm de ractopamina na dieta em relação ao controle, sendo que todos os níveis empregados resultaram em menores valores de dialdeído malônico em relação ao controle (Tabela 5). Os lombos dos animais que receberam 3 ppm de ractopamina na dieta não diferiram dos lombos dos animais que receberam a dieta controle. No 4º e 8º dia de armazenamento sob resfriamento, os lombos dos animais que receberam ractopamina na dieta apresentaram valores significativamente inferiores de dialdeído malônico ($P < 0,05$) que os lombos dos animais que receberam a dieta sem ractopamina. Pode-se inferir, portanto, que o fornecimento de ractopamina nos níveis de 6, 9, 12 e 15 ppm na dieta de suínos em terminação, ajudou a prevenir a oxidação lipídica do lombo, e conseqüentemente, prevenindo o aparecimento de odores e gostos característicos do ranço.

No entanto, o tempo de armazenamento sob resfriamento levou um aumento nos valores de concentração de dialdeído em todos os níveis (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), ao longo do tempo, sendo entretanto, mais acentuado nos lombos dos animais que receberam a dieta controle, apresentando concentração média

de MDA igual a 0,43 mg/kg no 12º dia. De acordo com Dunshea et al. (2005), o limite de concentração de dialdeído malônico para conferir rancidez para carne suína fresca é de 0,5 mg de MDA/ kg de amostra. Acima deste valor, Leick et al. (2010), afirmam que a ingestão destes produtos passa a ser desagradável para os consumidores.

Tabela 5 Concentrações de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) de lombos de suínos em terminação, recebendo ractopamina na dieta, armazenados sob resfriamento durante os períodos de 0, 4, 8 e 12 dias

Tempo	Doses de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
0	0,16	0,15	0,13*	0,10*	0,20*	0,14*
4	0,28	0,24*	0,25*	0,23*	0,25*	0,26*
8	0,33	0,36*	0,35*	0,34*	0,34*	0,34*
12	0,43	0,42	0,35*	0,35*	0,35*	0,34*

*Medias seguidas de asterisco em cada tempo diferem do nível 0 de ractopamina.

Garbossa (2010), avaliando lombo de animais, alimentados com ractopamina na dieta, nos tempos de armazenamento sob resfriamento de 0, 5, 8 e 12 dias, observou aumento linear em relação ao tempo nos valores de concentração de MDA.

Ao analisar a oxidação lipídica dos lombos armazenados sob congelamento, observou-se diferença ($P < 0,05$) em todos os tempos (0 a 90 dias) para os níveis 3, 6, 9, 12 e 15 ppm de ractopamina na dieta em relação ao controle, ou seja, em todos os tempos de avaliação os níveis de dialdeído malônico foram inferiores nos lombos de animais que receberam ractopamina na dieta quando comparados com os lombos de animais que receberam a dieta controle (Tabela 6).

Tabela 6 Concentrações de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) de lombos de suínos em terminação, recebendo ractopamina na dieta, armazenados sob congelamento durante os períodos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias

Tempo	Doses de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
0	0,20	0,14*	0,16*	0,11*	0,14*	0,11*
15	0,07	0,06*	0,05*	0,04*	0,03*	0,05*
30	0,09	0,07*	0,05*	0,04*	0,03*	0,05*
60	0,14	0,16*	0,12*	0,12*	0,11*	0,07*
90	0,23	0,17*	0,14*	0,12*	0,12*	0,12*

*Medias seguidas de asterisco em cada tempo diferem do nível 0 de ractopamina.

Nos lombos dos animais armazenados sob congelamento, evidenciou-se que a concentração de MDA foi reduzida quando houve adição de ractopamina nas dietas dos animais. Ao longo do tempo de armazenamento sob congelamento, os valores médios de MDA nos lombos aumentaram, sendo, entretanto, mais evidente nos lombos dos animais que receberam a dieta controle.

A concentração de MDA nos lombos dos animais recebendo a dieta controle foi de 0,23 mg/kg aos 90 dias de congelamento, já os lombos dos animais que receberam dietas contendo ractopamina ficam em média 0,14 mg/kg de MDA. Portanto, as concentrações de MDA ficaram abaixo do que a literatura cita como detectáveis pelos consumidores, sendo assim, o lombo de suínos alimentados com ractopamina nos níveis de 3, 6, 9, 12 e 15 ppm podem ser armazenados sob congelamento por um período de até 90 dias sem que haja deterioração da sua qualidade, sob o ponto de vista de oxidação lipídica.

Garbossa (2010), avaliando lombos, armazenados sob congelamento, nos tempos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias, observou efeito linear significativo, onde também as concentrações de MDA ficaram abaixo do que a literatura cita como detectável pelos consumidores.

Ao estudar a oxidação lipídica das copas armazenadas sob resfriamento observou-se que todos os níveis de adição de ractopamina proporcionaram em

todos os tempos avaliados menores valores de dialdeído malônico quando comparados ao controle, conforme representado na Tabela 7.

Tabela 7 Concentrações de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) de copa de suínos em terminação, recebendo ractopamina na dieta, armazenados sob resfriamento durante os períodos de 0, 4, 8 e 12 dias

Tempo	Doses de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
0	0,20	0,15*	0,16*	0,11*	0,14*	0,11*
4	0,34	0,19*	0,21*	0,20*	0,21*	0,17*
8	0,57	0,46*	0,26*	0,27*	0,28*	0,23*
12	1,24	0,64*	0,39*	0,49*	0,53*	0,53*

*Medias seguidas de asterisco em cada tempo diferem do nível 0 de ractopamina.

Nas copas dos animais armazenadas sob resfriamento, notou-se que as provenientes de animais que receberam dietas sem adição de ractopamina no 8º dia, já apresentaram valores superiores aos citados na literatura como indesejáveis, por conferir rancidez à carne (DUNSHEA et al., 2005), pois apresentaram concentração de MDA de 0,570mg/Kg. Já as copas dos animais armazenadas sob resfriamento originadas de animais que receberam dietas contendo ractopamina nos níveis de 3, 6, 9, 12 e 15ppm, o prazo de armazenamento sob resfriamento foi maior, se prolongando até o 8º dia, para todos os níveis testados.

Para a copa sob congelamento (Tabela 8), no tempo 0 de armazenamento, observou-se diferença ($P < 0,05$) para os animais que receberam 3, 6 e 12 ppm de ractopamina na dieta, os quais apresentaram menor concentração de dialdeído malônico (MDA), que as copas dos animais que receberam a dieta controle, enquanto que ao se utilizar 9 ou 15 ppm de ractopamina na dieta, os valores de dialdeído malônico das copas foram semelhantes aos encontrados para a dieta controle. Nos tempos 15, 30 e 60 dias de armazenamento, as copas dos animais que receberam dietas com 3 e 6 ppm

apresentaram a concentração de dialdeído malônico semelhantes e receberam a dieta controle.

Aos 30 e 60 dias de armazenamento sob congelamento, as copas dos animais que receberam dietas contendo os níveis de 9, 12 e 15 ppm de ractopamina, apresentaram valores médios menores de concentração de MDA, que as copas dos animais que receberam a dieta controle ($P<0,05$).

Aos 90 dias, as copas dos animais que receberam dietas contendo os níveis de 3, 6, 9, 12 e 15 ppm de ractopamina, apresentaram valores médios menores de concentração de MDA, que as copas dos animais que receberam a dieta controle ($P<0,05$).

Tabela 8 Concentrações de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) de copas de suínos em terminação, recebendo ractopamina na dieta, armazenados sob congelamento durante os períodos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias

Tempo	Doses de ractopamina (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
0	0,16	0,15*	0,15*	0,16	0,15*	0,16
15	0,13	0,13	0,13	0,12*	0,11*	0,11*
30	0,14	0,14	0,14	0,12*	0,12*	0,11*
60	0,15	0,15	0,15	0,13*	0,12*	0,13*
90	0,17	0,15*	0,15*	0,13*	0,12*	0,13*

*Medias seguidas de asterisco em cada tempo diferem do nível 0 de ractopamina.

Apesar da diferença apresentada entre as médias dos diferentes níveis e as médias do tratamento controle, as concentrações de MDA, tanto das copas dos animais que receberam dietas com ractopamina quanto as copas dos animais que receberam a dieta controle, ficaram abaixo do que a literatura cita como detectáveis pelos consumidores. Sendo assim, da mesma forma como observado para o lombo, as copas de suínos que receberam ractopamina nas dietas nos níveis de 3 a 15 ppm podem ser armazenados sob congelamento por um período de 90 dias, sem que haja deterioração da sua qualidade, no ponto de vista de estabilidade oxidativa.

Pode-se afirmar que a ractopamina reduz a concentração de MDA nos cortes (lombo e copa) dos suínos, armazenados sob resfriamento, chegando a 19% nos lombos e 68% nas copas dos animais que receberam ractopamina na dieta nos níveis de 3, 6, 9, 12 e 15 ppm, quando comparados aos cortes dos suínos que receberam a dieta controle. Já quando os cortes foram armazenados sob congelamento, a concentração de MDA apresenta redução de 46% no lombo e 26% na copa.

Em suma, ao analisar num todos os valores médios de MDA, do lombo e copa dos animais, pode-se afirmar que o fornecimento de ractopamina para suínos em terminação previne oxidação, diminuindo e assim a rancidez, e a presença de radicais hidroperóxidos lipídicos (LOO●). A reação de peroxidação de lipídeos com proteínas costuma ter efeito direto sobre o valor nutricional das proteínas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010), e pode levar, também, a odores indesejáveis.

3.4 Avaliação sensorial

A Figura 1 (Capítulo 1) ilustra a dispersão das amostras de lombos dos suínos que receberam os diferentes níveis de ractopamina na dieta em relação à aceitação pelos consumidores.

O primeiro componente principal (PC) explicou 68% e o segundo 26%, totalizando, portanto, 94% da variância entre as amostras quanto à sua aceitação.

A separação espacial das amostras de lombo sugere a existência de três grupos de acordo com a aceitação das mesmas, sendo um grupo formado pelas amostras dos lombos de animais que receberam 0, 3 e 6 ppm de ractopamina, o segundo grupo pelas amostras de lombo de animais que receberam dietas contendo 9 e 12 ppm de ractopamina e o último grupo pela amostra de lombos de animais que receberam dietas contendo 15 ppm de ractopamina. (Figura 2 - Capítulo 1).

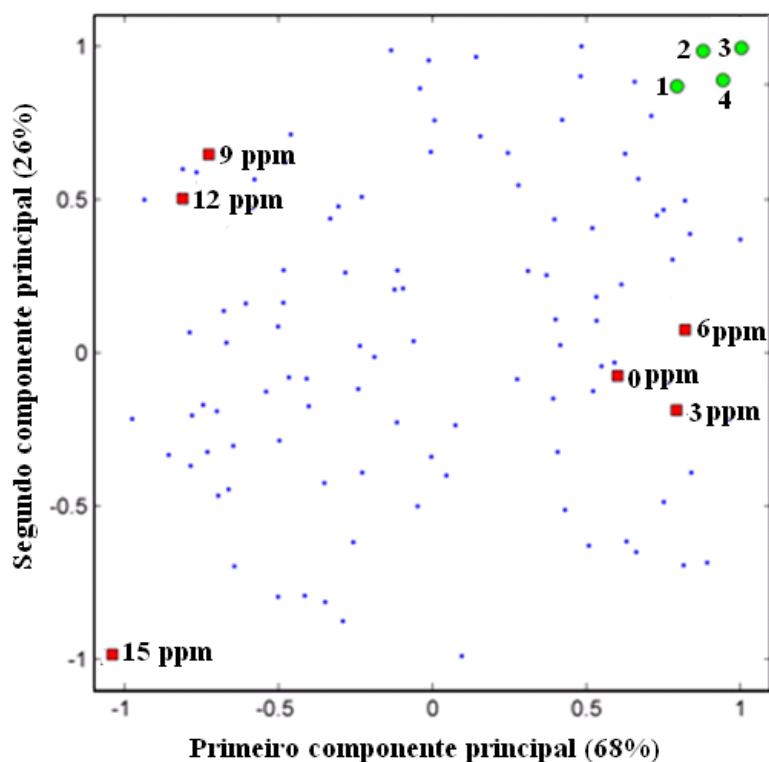


Figura 1 Dispersão das amostras de lombo de suínos recebendo diferentes níveis de ractopamina (ppm) na dieta, em relação à aceitação pelos consumidores, onde 1 representa cor, 2 textura, 3 sabor e 4 aspecto global

Os resultados do teste de aceitação para cada atributo, cor, sabor, textura e aceitação global, foram analisados no mapa de preferência convencional. O mapa de preferência indica que as amostras de lombo dos animais que receberam em sua dieta níveis de 0, 3 e 6 ppm de ractopamina, receberam a maior parte a pontuação máxima hedonista, e que a maioria dos consumidores gostaram destas amostras por causa desses atributos. O mapa de preferência indica ainda que as amostras de lombo, dos animais que receberam a dieta com 9 e 12 ppm de ractopamina foram preferidas em segundo lugar.

Pode-se observar que o fornecimento de dieta contendo ractopamina para suínos, nos níveis testados, os níveis mais altos comprometem a textura e a cor, além da aceitação pelos consumidores.

4 CONCLUSÕES

A adição de ractopamina na dieta dos suínos nos níveis testados melhorou a característica química tanto do lombo quanto da copa, contribuindo para maior deposição protéica e menor porcentagem de lipídeos nos cortes. Nas características físicas os níveis mais altos de ractopamina comprometeram a textura e alteraram a cor, além da aceitação pelos consumidores. Já em relação à estabilidade oxidativa, tanto para os lombos armazenados sob resfriamento quanto sob congelamento, a adição de ractopamina às dietas de suínos em terminação auxiliou na prevenção da oxidação lipídica.

REFERÊNCIAS

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

APPLE, J. K. et al. Review: meta-analysis of the ractopamina 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 ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3245-3253, 2004.

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

ATHAYDE, N. B. **Desempenho, qualidade de carne e estresse de suínos suplementados com ractopamina**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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.

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

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. 2005a.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

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.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2007. v. 2, p. 239.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANNE STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipide from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, p. 497-509, 1957.

GARBOSSA, C. A. P. **Composição química, características físicas e peroxidação lipídica da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

JAMES, N. A.; BERRY, B. W. Use of chevon in the development of low-fat meat 529 products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 571-577, 1997.

LEICK, C. M. et al. Effect of distillers driep grains with solubles and ractopamina (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.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

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

ROSSI, C. A. R. et al. Pigs fed containing ractopamina and citrus extracts: performance and carcass characteristics. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2343-2349, Nov. 2010.

SHIMOKOMAKI, M.; ELSDEN, D. F.; BAILEY, A. J. Meat tenderness: age relate changes in bovine intramuscular collagen. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 37, n. 6, p. 892-896, 1972.

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.

STITES, C. R. et al. The effect of ractopamina 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 ractopamina (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, 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.

WARRIS, P. D. **Meat science: an introductory text**. Wallingford: CABI, 2000. 310 p.

WATANABE, P. H. **Ractopamina em dietas para fêmeas suínas**. 2009. 87 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

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, 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. et al. 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, p. 119-127, 1999.

XIONG, Y. L. et al. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 600-604, 2006.

ANEXOS

ANEXO A Tabelas

Tabela 1A Análise de análise de variância com modelo saturado, para peso final de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	315,67	315,67	13,50	0,0006
sx	1	51,85	51,85	2,22	0,1432
factor (rs)	5	538,94	107,79	4,61	0,0017
sx:factor (rc)	5	51,09	10,22	0,44	0,8205
residuais	47	1099,38	23,39		

Tabela 2A Análise de análise de variância com modelo saturado, para ganho de peso médio diário de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,00	0,00	0,01	0,9292
sx	1	0,07	0,07	2,33	0,1334
factor (rs)	5	0,69	0,14	4,58	0,0018
sx:factor (rc)	5	0,07	0,01	0,44	0,8169
residuais	47	1,41	0,03		

Tabela 3A Análise de análise de variância com modelo saturado, para conversão alimentar de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,17	0,17	1,25	0,2759
factor (rs)	5	3,24	0,65	4,67	0,0043
residuais	23	3,19	0,14		

Tabela 4A Análise de análise de variância com modelo saturado, para consumo de ração médio diário de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,01	0,01	0,12	0,7342
factor (rs)	5	0,23	0,05	0,88	0,5107
residuais	23	1,23	0,05		

Tabela 5A Análise de análise de variância com modelo saturado, para rendimento de carcaça de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,13	0,13	0,01	0,9164
sx	1	15,14	15,14	1,35	0,2516
factor (rs)	5	33,31	6,66	0,59	0,7054
sx:factor (rc)	5	47,78	9,56	0,85	0,5213
residuais	47	528,10	11,24		

Tabela 6A Análise de análise de variância com modelo saturado, para pH inicial (48 minutos após o abate) da carcaça de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	1,15	0,29	4,72	0,0030
sx	1	0,02	0,02	0,33	0,5712
factor (rs)	5	0,40	0,08	1,33	0,2704
sx:factor (rc)	5	0,20	0,04	0,67	0,6515
residuais	44	2,68			

Tabela 7A Análise de análise de variância com modelo saturado, para pH final (24 horas após o abate) da carcaça de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,01	0,00	0,42	0,7921
sx	1	0,00	0,00	0,03	0,8634
factor (rs)	5	0,07	0,01	1,81	0,1297
sx:factor (rc)	5	0,08	0,02	1,95	0,1045
residuais	44	0,35	0,01		

Tabela 8A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem de umidade do lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,31	0,08	10,69	0,0000
sx	1	0,02	0,02	2,12	0,1525
factor (rs)	5	6,41	1,28	177,59	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,01	0,00		
residuais	44	0,32	0,01		

Tabela 9A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem de proteína bruta do lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,02	0,01	0,08	0,9894
sx	1	0,05	0,05	0,66	0,4226
factor (rs)	5	214,84	42,97	557,97	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,58	0,12	1,50	0,2097
residuais	44	3,39	0,08		

Tabela 10A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem de extrato etéreo do lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,29	0,07	0,86	0,4930
sx	1	0,01	0,01	0,10	0,7481
factor (rs)	5	48,63	9,73	114,39	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,42	0,08	0,98	0,4408
residuais	44	3,74	0,09		

Tabela 11A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem lipídeos totais de lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,16	0,04	1,36	0,2617
sx	1	0,02	0,02	0,57	0,4555
factor (rs)	5	76,39	15,28	521,37	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,11	0,02	0,76	0,5839
residuais	44	1,29	0,03		

Tabela 12A Análise de análise de variância com modelo saturado, para peso de líquido no descongelamento de lombos de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,51	0,51	1,15	0,2882
sx	1	0,05	0,05	0,12	0,7308
factor (rs)	5	8,61	1,72	3,89	0,0050
sx:factor (rc)	5	0,55	0,11	0,25	0,9375
residuais	47	20,81	0,44		

Tabela 13A Análise de análise de variância com modelo saturado, para peso de líquido na cocção de lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,79	0,19	1,14	0,2906
sx	1	0,22	0,22	0,31	0,5800
factor (rs)	5	195,04	39,01	56,32	0,0000
sx:factor (rc)	5	2,06	0,41	0,60	0,7036
residuais	47	32,55	0,69		

Tabela 14A Análise de análise de variância com modelo saturado, para cor L* do lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,18	0,18	0,04	0,8456
sx	1	0,62	0,62	0,13	0,7162
factor (rs)	5	11,74	2,35	0,51	0,7687
sx:factor (rc)	5	19,15	3,83	0,83	0,5356
residuais	47	217,13	4,62		

Tabela 15A Análise de análise de variância com modelo saturado, para cor a* do lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,02	0,02	0,02	0,8962
sx	1	0,04	0,04	0,05	0,8266
factor (rs)	5	15,59	3,12	3,45	0,0098
sx:factor (rc)	5	0,74	0,15	0,16	0,9744
residuais	47	42,51	0,90		

Tabela 16A Análise de análise de variância com modelo saturado, para cor b* do lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
pi	1	0,31	0,31	0,49	0,4871
sx	1	0,87	0,87	1,36	0,2488
factor (rs)	5	22,02	4,40	6,90	0,0001
sx:factor (rc)	5	0,20	0,04	0,06	0,9971
residuais	47	29,98	0,64		

Tabela 17A Análise de análise de variância com modelo saturado, para força de cisalhamento de lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,29	0,07	0,86	0,4930
sx	1	0,38	0,38	0,87	0,3533
factor (rs)	5	8,72	1,74	4,00	0,0041
sx:factor (rc)	5	0,52	0,10	0,24	0,9415
residuais	44	20,89	0,43		

Tabela 18A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem de umidade da copa de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,32	0,08	0,75	0,5661
sx	1	0,01	0,01	0,05	0,8202
factor (rs)	5	0,15	0,03	0,28	0,9235
sx:factor (rc)	5	1,21	0,24	2,26	0,0651
residuais	44	4,72	0,11		

Tabela 19A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem de proteína bruta da copa de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,19	0,05	0,48	0,7529
sx	1	0,10	0,10	1,03	0,3150
factor (rs)	5	63,40	12,68	128,83	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,19	0,04	0,38	0,8620
residuais	44	4,33	0,10		

Tabela 20A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem de extrato etéreo da copa de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,21	0,05	0,82	0,5213
sx	1	0,24	0,24	3,75	0,0593
factor (rs)	5	64,36	12,87	199,38	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,73	0,15	2,27	0,0639
residuais	44	2,84	0,06		

Tabela 21A Análise de análise de variância com modelo saturado, para porcentagem lipídeos totais da copa de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), durante 28 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,04	0,01	0,49	0,7417
sx	1	0,00	0,00	0,15	0,6995
factor (rs)	5	17,76	3,55	193,43	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,18	0,04	1,96	0,1035
residuais	44	0,81	0,02		

Tabela 22A Análise de análise de variância com modelo saturado, para concentração de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) de lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), armazenados sob resfriamento durante os períodos de 0, 4, 8 e 12 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4,0000	0,0007	0,0002	0,3716	0,8276
sx	1,0000	0,0001	0,0001	0,2432	0,6243
factor (rs)	5,0000	0,0510	0,0102	20,6191	0,0000
sx:factor (rc)	5,0000	0,0020	0,0004	0,7966	0,5580
residuais	44,0000	0,0218	0,0005		
factor (tp)	3,0000	1,7786	0,5929	1772,6823	0,0000
sx:factor (tp)	3,0000	0,0006	0,0002	0,6391	0,5910
factor (rc): factor (tp)	15,0000	0,0029	0,0002	0,5733	0,8915
sx:factor (rc): factor (tp)	15,0000	0,0029	0,0002		
residuais	144,0000	0,0482	0,0003		

Tabela 23A Análise de análise de variância com modelo saturado, para concentração de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) de lombo de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), armazenados sob congelamento durante os períodos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4,0000	0,0004	0,0001	0,8509	0,5008
sx	1,0000	0,0004	0,0004	2,8948	0,0959
factor (rs)	5,0000	0,1532	0,0306	249,9308	0,0000
sx:factor (rc)	5,0000	0,0003	0,0001	0,5126	0,7652
residuais	44,0000	0,0054	0,0001		
factor (tp)	4,0000	0,5554	0,1388	1465,4915	0,0000
sx:factor (tp)	4,0000	0,0001	0,0000	0,3155	0,8674
factor (rc): factor (tp)	20,0000	0,0686	0,0034	36,2136	0,0000
sx:factor (rc): factor (tp)	20,0000	0,0023	0,0001		
residuais	192,0000	0,0182	0,0001		

Tabela 24A Análise de análise de variância com modelo saturado, para concentração de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) da copa de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), armazenados sob resfriamento durante os períodos de 0, 4, 8 e 12 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4	0,08	0,02	1,35	0,2664
sx	1	0,01	0,01	0,71	0,4052
factor (rs)	5	15,85	3,17	311,33	0,0000
sx:factor (rc)	5	0,10	0,02	1,39	0,2483
residuais	44	0,66	0,01		
factor (tp)	3	66,27	22,09	1796,22	0,0000
sx:factor (tp)	3	0,00	0,00	0,07	0,9780
factor (rc): factor (tp)	15	4,29	0,29	23,25	0,0000
sx:factor (rc): factor (tp)	15	0,33	0,02	1,77	0,0448
residuais	144	1,77	0,01		

Tabela 25A Análise de análise de variância com modelo saturado, para concentração de dialdeído malônico (MDA, mg/kg) da copa de suínos em terminação, suplementados com diferentes níveis de ractopamina (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm), armazenados sob congelamento durante os períodos de 0, 15, 30, 60 e 90 dias

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	4,0000	0,0011	0,0003	1,6824	0,1711
sx	1,0000	0,0002	0,0002	1,4500	0,2350
factor (rs)	5,0000	0,0337	0,0067	40,4876	0,0000
sx:factor (rc)	5,0000	0,0017	0,0003	2,0345	0,0923
residuais	44,0000	0,0073	0,0002		
factor (tp)	4,0000	0,0927	0,0232	220,9855	0,0000
sx:factor (tp)	4,0000	0,0002	0,0001	0,5011	0,7349
factor (rc): factor (tp)	20,0000	0,0377	0,0019	17,9461	0,0000
sx:factor (rc): factor (tp)	20,0000	0,0027	0,0001		
residuais	192,0000	0,0201	0,0001		