

PRISCILA FURTADO CAMPOS

**SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA E E SELÊNIO ORGÂNICO EM  
DIETAS COM RACTOPAMINA PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

C198s  
2013 Campos, Priscila Furtado, 1983-  
Suplementação de vitamina E e selênio orgânico em dietas  
com ractopamina para suínos em terminação / Priscila Furtado  
Campos. – Viçosa, MG, 2013.  
x, 93 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Aloízio Soares Ferreira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Nutrição animal.  
3. Antioxidantes. 4. Suíno - Registros de desempenho. 5. Ração  
- Aditivos. 6. Carne de porco - Qualidade da carne. 7. Lipídios -  
Oxidação. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.40855

PRISCILA FURTADO CAMPOS

**VITAMINA E OU SELÊNIO ORGÂNICO EM DIETAS SUPLEMENTADAS  
COM RACTOPAMINA PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

---

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva  
(Co-orientador)

---

Dr. Júlio Maria Ribeiro Pupa

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristina Mattos Veloso

---

Prof. Dr. Dalton de Oliveira Fontes

---

Prof. Dr. Aloízio Soares Ferreira  
(Orientador)

*"Chore, grite, ame.  
Diga que valeu, que doeu, que daqui pra frente  
só vai melhorar.  
Perdoe, insista, ame novamente.  
Não leve a vida tão a sério.  
Descomplique.  
... Quebre regras, perdoe rápido beije lentamente.  
Ame de verdade, ria descontroladamente e nunca  
lamente nada que tenha feito você sorrir..."*

*Vinicius de Moraes*

*A Deus, por me conceder essa oportunidade.*

*Aos meus pais Lucia e Aloizio, pelos ensinamentos, apoio e confiança depositada em mim.*

*A minha irmã Carol, pelo exemplo de vida.*

*Ao meu marido Fabiano, pelo apoio, companheirismo, paciência e por simplesmente existir em  
minha vida.*

## ***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos durante essa caminhada.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização desse curso.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCTCA) pelo financiamento da pesquisa realizada.

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

Aos meus pais Aloizio e Lucia pelo apoio, incentivo e por acreditar em mim.

A minha irmã Carol pela força, incentivo e amizade.

Ao meu marido Fabiano pelo apoio e compreensão durante o transcorrer desse curso.

Ao meu Orientador, Dr. Aloizio Soares Ferreira, pelo apoio, amizade e orientação.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em especial, ao pesquisador Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva, pela amizade, apoio e orientação na execução deste trabalho.

Ao Frigorífico industrial Vale do Piranga (SAUDALI) pela atenção demonstrada durante o abate dos animais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Piranga (EPAMIG), pela contribuição durante a execução do trabalho, em especial ao “Salame” que muito contribuiu para a realização deste trabalho .

Aos professores Dr. Dalton de Oliveira Fontes, Dr<sup>a</sup> Cristina Mattos Veloso, Dr. Júlio Maria Ribeiro Pupa e ao pesquisador da EPAMIG, Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva pela participação na banca, críticas e sugestões.

Aos demais professores, colegas e funcionários do departamento de Zootecnia pelo apoio na realização deste trabalho.

A todos os meus amigos, especialmente: Bruno, Déborah, Bárbara, Wilams, Ana Paula, Humberto, Marcos, Valéria, Diego e Greg pela amizade e ajuda durante o experimento.

E a todos aqueles que contribuíram para a realização desse curso.

## **BIOGRAFIA**

PRISCILA FURTADO CAMPOS, filha de Aloizio Campos Souza e Lucia Helena Furtado Campos, nasceu em Juiz de Fora - Minas Gerais, aos 23 dias do mês de março de 1983.

Em março de 2003, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em janeiro de 2008.

Em março de 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em 10 de fevereiro de 2010. Ainda em 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de doutorado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese em 12 de novembro de 2013.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b><i>CAPÍTULO I .....</i></b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1 Ractopamina.....	4
2.1.1 Atividade biológica e modo de ação .....	4
2.1.2 Respostas ao uso da ractopamina .....	7
2.2. Oxidação lipídica .....	11
2.3. Antioxidantes.....	12
2.3.1. Ractopamina, perfil de ácidos graxos e oxidação lipídica.....	14
2.3.2. Vitamina E.....	17
2.3.3. Selênio.....	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
<b><i>CAPÍTULO II.....</i></b>	<b>35</b>
Suplementação de vitamina E em dietas com ractopamina para suínos em terminação.....	35
<b><i>CAPÍTULO III.....</i></b>	<b>57</b>
Suplementação de selênio orgânico em dietas com ractopamina para suínos em terminação .....	57
<b><i>CONCLUSÕES GERAIS.....</i></b>	<b>93</b>

## RESUMO

CAMPOS, Priscila Furtado, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Novembro de 2013. **Suplementação de vitamina E e selênio orgânico em dietas com ractopamina para suínos em terminação.** Orientador: Aloízio Soares Ferreira. Coorientador: Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar a adição de selênio orgânico ou vitamina E em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. No primeiro experimento, foram utilizados 80 animais distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal contendo ractopamina e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com quatro níveis de vitamina E (25, 50, 75 e 100 UI/kg) durante 28 dias antes do abate. Os níveis de vitamina E nas dietas não influenciaram o peso final, consumo de ração diário e ganho de peso diário. Observou-se efeito linear decrescente dos níveis de vitamina E sobre a conversão alimentar. A suplementação de vitamina E nas dietas não influenciou as características de carcaça dos animais. Os tratamentos não influenciaram as características qualitativas da carne com exceção da oxidação lipídica que decresceu linearmente. No experimento dois foram utilizados 96 animais distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal contendo ractopamina e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com quatro níveis de selênio orgânico (0.12, 0.24, 0.36 e 0.48 mg/kg) e um tratamento adicional sem adição de selênio e ractopamina durante 28 dias antes do abate. A adição de ractopamina aumentou o peso final, ganho de peso diário, e diminuiu o consumo de ração diário e a conversão alimentar dos animais. A suplementação de ractopamina proporcionou diminuição na espessura de toucinho e aumento na área de olho de lombo. A ractopamina influenciou as

características qualitativas da carne promovendo aumento na força de cisalhamento e diminuição no índice de fragmentação miofibrilar. Os níveis de selênio orgânico nas dietas não influenciaram o desempenho e as características de carcaça dos animais. Os tratamentos não influenciaram as características qualitativas da carne com exceção da oxidação lipídica que decresceu linearmente. O nível de vitamina E em dietas com ractopamina durante 28 dias para suínos em terminação a partir dos 85,0 kg é de 100 UI/kg. A utilização de 20 ppm de ractopamina resulta efeitos positivos no desempenho e características de carcaça, e determina ações negativas nos parâmetros de maciez da carne. O nível de selênio orgânico para suínos em terminação a partir de 85, 0 kg em dietas com 20 ppm de ractopamina é de 0,48 ppm.

## ABSTRACT

CAMPOS, Priscila Furtado, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2013. **Supplementation of vitamin E and organic selenium in diets with ractopamine to finishing pigs.** Adviser: Aloízio Soares Ferreira. Coadviser: Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Two experiments were conducted to evaluate the addition of organic selenium or vitamin E in diets supplemented with ractopamine to finishing pigs. In the first experiment, 80 animals were distributed in a completely randomized experimental design, with five treatments and eight replicates of two animals per experimental unit. Treatments consisted of a basal diet containing ractopamine and other four diets obtained by supplementing the basal diet with four levels of vitamin E ( 25, 50, 75 and 100 IU / kg ) for 28 days before slaughter. The vitamin E levels in the diet did not affect body weight, daily feed intake and average daily gain. Were observed a linear decrease in the levels of vitamin E supplementation on feed conversion. The supplementation of vitamin E in the diets did not affect carcass characteristics of animals. The treatments did not affect the quality characteristics of the meat with the exception of lipid oxidation it decreased linearly. In the second experiment 96 animals were distributed in a completely randomized experimental design, with six treatments and eight replicates of two animals per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet containing ractopamine and other four diets obtained by supplementing the basal diet with four levels of organic selenium ( 0.12, 0.24, 0.36 and 0.48 mg / kg ) and an additional treatment without selenium and ractopamine for 28 days before slaughter. The addition of ractopamine increased body weight, daily weight gain, and decreased feed intake and feed conversion of animals. Ractopamine supplementation caused reduction in backfat and increased loin eye area. Ractopamine influenced the qualitative characteristics of meat for increasing the shear force and decrease in myofibrillar fragmentation index. The organic selenium

levels in the diet did not influence performance and carcass characteristics of animals. The treatments did not affect the quality characteristics of the meat with the exception of lipid oxidation it decreased linearly. The vitamin E level in diets with ractopamine for 28 days for finishing pigs from 85.0 kg is 100 IU / kg . The use of 20 ppm of ractopamine clear positive effects on performance and carcass characteristics, and determines negative in the parameters of meat tenderness. The organic selenium level for finishing pigs from 85.0 kg for diets containing 20 ppm of ractopamine is 0.48 ppm.

## *CAPÍTULO I*

### **1. INTRODUÇÃO GERAL**

A suinocultura tem sido uma das atividades mais importantes do agronegócio brasileiro, ocupando o 3º lugar no ranking dos países produtores, sendo o 4º maior exportador de carne suína. No ano de 2012, o Brasil produziu 3,149 mil toneladas de carcaças e exportou mais de 581.000 toneladas (cerca de 1.495.058 mil US\$) (ABIPECS, 2012).

A suinocultura brasileira começou a apresentar melhorias significativas de produção e produtividade a partir de 1980, de tal forma que passou a ser considerada como atividade empresarial e não mais como extrativista. Nesse sentido, o desenvolvimento da suinocultura moderna vem sendo caracterizado pela intensificação dos processos de criação e pelo aumento nos volumes de produção. Os resultados de produtividade são obtidos através do uso de melhores técnicas de manejo, de animais melhorados geneticamente e dos avanços nas áreas de nutrição, de sanidade e ambiência. Dentre as áreas citadas, a de nutrição foi a que apresentou maior avanço, possibilitando a produção e utilização de dietas específicas, balanceadas adequadamente para cada fase de produção, baseadas nas exigências dos animais e nas características nutricionais dos alimentos, acompanhando a evolução genética dos animais selecionados para rápido crescimento e com maior deposição de carne.

Os minerais e as vitaminas são nutrientes necessários em pequenas quantidades nas dietas para suínos, porém exercem funções essenciais no metabolismo destes, sendo necessários para manutenção, crescimento, produção e reprodução.

Dentre as vitaminas lipossolúveis, a vitamina E tem sido estudada devido as suas inúmeras funções. Dentre as suas funções destaca-se a ação como antioxidante protegendo o organismo contra o ataque de radicais livres, promovendo melhora na resposta imunológica (Hatifield et al., 2000). Além disso a vitamina E atua como agente anticancerígeno, além de prevenir problemas no coração, catarata, mal de Parkinson entre outras doenças (Souza; Souza Neto e Maia, 2003). Em animais de produção a deficiência de vitamina E ainda pode causar vários outros problemas como a degeneração testicular, diastese exsudativa e distrofia muscular, entre outras (Araujo et al., 2010) e em suínos a suplementação de vitamina E pode promover melhora no desempenho e na qualidade da carne (Buckley, Morrisey e Gray., 1995).

O selênio é um micromineral essencial que, uma vez incorporado às selenoproteínas, exerce importantes funções no organismo, participando da defesa antioxidante, do sistema imune e da regulação da função tireoidiana (Brown e Arthur, 2001). Tem-se constatado ainda correlação do consumo de selênio com redução da incidência de câncer (Schrauzer, 2000a). Dessa forma, pode-se inferir que direta ou indiretamente a suplementação de selênio em dietas para animais promove melhoria no desempenho, manutenção da qualidade de produtos comercializados e abre a possibilidade de melhorar a saúde humana.

Por outro lado, a ractopamina, por proporcionar melhorias significativas no desempenho e nas características de carcaça dos suínos, tem sido rotineiramente recomendada em rações formuladas em granjas comerciais para suínos em terminação. Tem sido observado que a ractopamina pode alterar o perfil de ácidos graxos da carne suína, tornando-o mais insaturado aumentando a chance da ocorrência de oxidação (Apple et al., 2007). Dessa forma, a suplementação com vitamina E ou selênio orgânico em dietas suplementadas com ractopamina pode ser

uma alternativa, por atuarem como antioxidantes e melhorar a qualidade da carne aumentando o tempo de prateleira pela possível estabilidade oxidativa dos ácidos graxos insaturados presentes na carne suína.

Assim, constata-se a importância de se estudar os efeitos da adição de vitamina E ou selênio orgânico em dietas suplementadas com ractopamina sobre o desempenho, características de carcaça, e qualidade da carne de suínos machos castrados em terminação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Ractopamina**

#### **2.1.1. Atividade biológica e modo de ação**

Os agonistas beta-adrenérgicos (ABA) são análogos estruturais das catecolaminas, sendo conhecidos como agentes de partição, com efeitos sobre o sistema endócrino, o metabolismo protéico, lipídico e glicídico, e portanto podem alterar a composição e a qualidade de carcaça dos animais (Dunshea, King e Campbell., 1993). As catecolaminas podem ser divididas em naturais e sintéticas. As naturais são adrenalina, noradrenalina e dopamina, e as sintéticas são clenbuterol, salbutamol, mabuterol, terbutalina, tolubeterol, cimaterol, mapenterol, clempenterol, clemproperol, bromobuterol e ractopamina. Dentre eles os de maior interesse tem sido o clenbuterol, cimaterol, salbuterol e ractopamina.

As ações desencadeadas pelos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos são dependentes do anel aromático e da cadeia lateral. Ao anel aromático é conferida uma importância ligada à potência, enquanto à cadeia lateral é imputada a seletividade (Morgan, 1990). Os mecanismos químicos envolvidos na potência devem-se, principalmente, às ligações de hidrogênio e à transferência de cargas, enquanto a afinidade para os receptores do tipo beta depende, fundamentalmente, da propriedade estereo-seletiva da cadeia lateral aminada (Ramos e Silveira, 2001). Assim, para um agonista beta-adrenérgico ter atividade biológica, é necessário que apresente um anel aromático com, pelo menos, uma substituição em A, B e/ou C (Figura 1), um grupo hidroxila no carbono beta do radical amina em configuração R e um nitrogênio carregado positivamente na cadeia etanolamina, sendo este plenamente substituível no

nitrogênio alifático para conferir especificidade aos receptores do tipo beta (Smith, 1998).

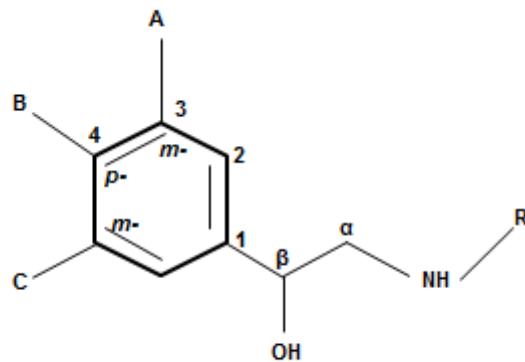


Figura 1 - Estrutura química geral das fenetanolaminas, em que: A, B e C: posições de substituição no anel aromático; *m*-: posição *meta* (substituições nos carbonos 1 e 3), *p*-: posição *para* (substituições nos carbonos 1 e 4).

Fonte: Smith (1998).

Os agonistas  $\beta$ -adrenérgicos agem como modificadores no metabolismo animal, e têm sido muito utilizados na produção de suínos, por promover um redirecionamento dos nutrientes, com conseqüente aumento da deposição de tecido magro e diminuição da lipogênese (Aalhus et al., 1992, Mersmann, 1998).

Algumas espécies, como bovinos e suínos, possuem  $\beta$ -receptores nos tecidos adiposo e muscular, que, quando são ativados pelas catecolaminas, promovem lipólise e ação muscular específica (Beermann, 2002). Existem três subtipos de receptores  $\beta$  ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ ), os quais estão presentes na maioria das células dos mamíferos, sendo que a proporção e distribuição de cada um, assim como sua seqüência de aminoácidos variam entre os tecidos do organismo animal e entre as diferentes espécies (Mersmann, 1998).

No coração, musculatura lisa intestinal e tecido adiposo são encontrados receptores  $\beta_1$ , enquanto os  $\beta_2$  estão presentes na musculatura esquelética e tecido adiposo. De acordo com Mills (2002), os três tipos de receptores estão presentes no tecido adiposo de suínos ( $\beta_1$  perfazendo aproximadamente 75 %,  $\beta_2$  - 20 % ,  $\beta_3$  - 5 %).

A ractopamina é um agonista  $\beta$ -adrenérgico, que tem sido muito utilizado nas dietas de suínos em terminação por proporcionar melhorias significativas no desempenho e nas características de carcaça, sendo classificada como repartidora de nutrientes, proporcionando redução da gordura da carcaça e aumento da quantidade de carne magra (Agostini et al., 2008).

Quando há estímulo dos receptores  $\beta$  por  $\beta$ -adrenérgicos, começam no interior da membrana celular, as ações mediadas pela ractopamina. O agonista, juntamente com o receptor, formam um complexo, que é acoplado a uma proteína chamada de proteína GS, que consiste de três subunidades, alfa, beta e gama. A proteína GS, quando na sua forma desativada, tem sua subunidade alfa ligada à guanosina difosfato (GDP) (Lehninger; Nelson; Cox, 2007). A ractopamina atua como primeiro mensageiro sobre o receptor  $\beta$ , fazendo com que a subunidade alfa se desligue da beta e gama e o GDP seja substituído pelo GTP na subunidade alfa. O complexo alfa-GTP promove uma modificação na fluidez da membrana, permitindo o seu deslocamento lateral e estimulando a ação catalítica da adenilato ciclase (Barros; Okoshi; Cicogna, 1999). A guanosina trifosfato (GTP) interage com a adenilato ciclase, formando o complexo que converte adenosina trifosfato (ATP) para adenosina monofosfato cíclica (AMPc), que passa a atuar como segundo mensageiro (Mcgraw e Liggett, 2005). O AMPc ativa a proteína cinase A (PKA), que se encontra

na forma inativa, tornando-a ativa, a qual conduz à fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final da célula (Mcgraw e Liggett, 2005) (Figura 2).

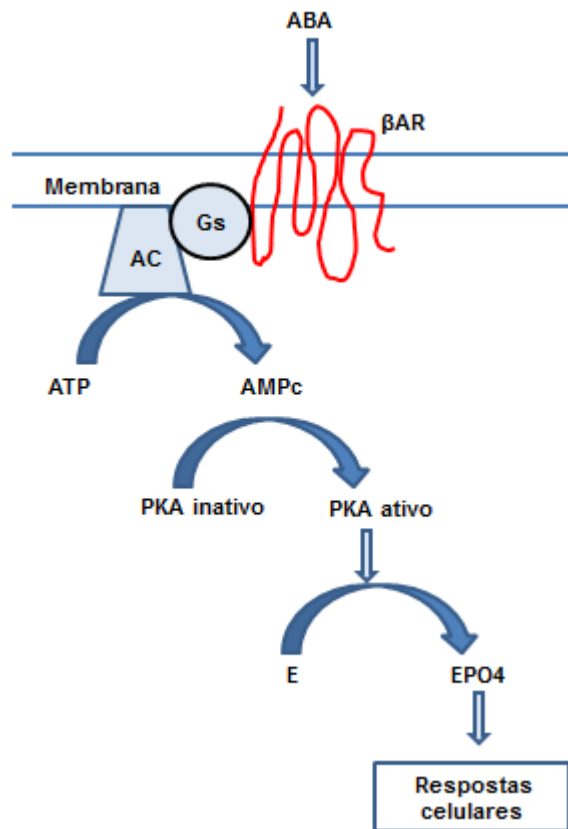


FIGURA 2 - Modo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos, em que: ABA: agonista beta-adrenérgico,  $\beta$ AR: receptor beta-adrenérgico, Gs: proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína cinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada.

Fonte: Moody, Hancock e Anderson (2000).

### 2.1.2. Respostas ao uso da ractopamina

A ractopamina, quando oferecida na fase final de terminação, tem se mostrado capaz de promover aumento do ganho de peso e no percentual de carne, melhorando a conversão alimentar e a qualidade da carcaça de suínos (Pereira et al., 2008). Estes resultados podem ser explicados pelas alterações provocadas no metabolismo animal devido à ação da ractopamina, que ocasiona um

redirecionamento dos nutrientes, aumentando a síntese protéica e diminuindo a lipogênese.

Segundo Crome et al. (1996), animais alimentados com ração contendo 5 ppm de ractopamina apresentam melhora de até 15% na conversão alimentar. Porém, outros autores (Adeola et al., 1990; Marinho et al., 2007) verificaram que há uma melhora de 12% para esta variável, com o mesmo nível de suplementação.

Melhorias no desempenho e nas características de carcaça de animais em terminação foram observadas com a suplementação de ractopamina durante 21 dias pré-abate (Marinho et al., 2007). Girão et al. (2008), trabalhando com suínos recebendo dietas suplementadas com ractopamina, durante 14 ou 28 dias, independentemente do nível de suplementação, verificaram melhora no peso final, ganho de peso médio e conversão alimentar. Almeida et al. (2010), verificaram melhora no ganho de peso médio diário e na conversão alimentar de suínos em terminação suplementados com 5 ppm de ractopamina, sem, no entanto, afetar o consumo de ração.

Os níveis de inclusão de ractopamina nas dietas de suínos variam de 5 a 20 ppm. Em situações práticas, níveis de 5 a 10 ppm resultam em ganho de peso satisfatório, porém níveis maiores, em torno de 20 ppm, proporcionam máxima eficiência alimentar e melhores características quantitativas das carcaças dos suínos (See, Armstrong e Weldon, 2004). Sanches et al. (2010), ao avaliarem diferentes níveis (0, 5, 10 e 20 ppm) de ractopamina para suínos machos castrados, observaram aumento linear do ganho de peso diário e melhora da conversão alimentar em função dos níveis de ractopamina. Esses autores também verificaram redução na espessura de toucinho e aumento da profundidade de músculo e da porcentagem de carne magra na carcaça, em razão do aumento dos níveis de ractopamina na dieta.

Alguns trabalhos mostram que a resposta à ractopamina pode ser influenciada pelo tempo de uso do aditivo. De acordo com Schinckell, Richert e Kendall (2000), a ractopamina tem sido mais eficaz quando administrada nos últimos 28 dias que antecedem o abate, uma vez que essa fase de criação é caracterizado pelo aumento da deposição de gordura e piora na conversão alimentar. Bark et al. (1992), trabalhando com suínos em fase de terminação, verificaram que os resultados positivos para ganho de peso diário foram obtidos nos primeiros 14 dias de fornecimento da ractopamina, diminuindo com o tempo de tratamento e cessando, após quatro semanas de fornecimento.

Quando a ractopamina é adicionada na ração de suínos em terminação, um fator que pode limitar sua eficiência de utilização é, exatamente, a quantidade de proteína e aminoácidos. Adeola et al. (1990) avaliaram o efeito da ractopamina (0 e 20 ppm) e dois níveis de proteína bruta (13 e 17%) sobre o desempenho de suínos de 64 kg até o abate, durante quatro semanas. Não observaram efeitos da ractopamina sobre o ganho de peso e obtiveram interação dos dois fatores sobre a conversão alimentar, que foi melhor no nível de 17% de proteína e 20 ppm de ractopamina. Atualmente, a ractopamina tem sido incluída em rações com 16% de PB para suínos com peso corporal entre 41 e 109 kg (Apple et al., 2004) sendo que para rações práticas contendo ractopamina, tem sido recomendado aumento de 30% na exigência de lisina na dieta para atingirem resultados significativos de desempenho e qualidade de carcaça (Mitchell, Soloman e Steele, 1991; Xiao, Xu e Chen, 1999; Marinho et al., 2007).

Segundo Rostagno et al. (2011), a exigência de lisina digestível para suínos consumindo dietas com 20 ppm de ractopamina durante 28 dias é de 0,90. Marinho et al., (2007) estudaram a interação de dois níveis de lisina digestível (0,67 e 0,87%)

e ractopamina (0 e 5 ppm). Estes autores observaram que o efeito da ractopamina sobre a profundidade de lombo de suínos machos castrados com aproximadamente 85 kg é maior em rações contendo 0,87% de lisina digestível.

O desempenho e as características de carcaça, de forma geral, são melhores com a utilização da ractopamina, através do aumento no ganho do peso, e diminuição da quantidade de gordura na carcaça. Porém, os resultados referentes à suplementação de ractopamina em dietas para suínos e sua influência na qualidade da carne ainda são controversos. Stites et al. (1991) e Bridi et al. (2006), demonstraram que a ractopamina não causa efeitos negativos à qualidade da carne. Da mesma forma, segundo resultados da metanálise realizada por Ferreira et al. (2013), a ractopamina proporciona aumento na quantidade de carne na carcaça, porém não promove alteração no sabor e na maciez da carne suína.

Embora Aalhus et al. (1990), Uttaro et al. (1993) e Carr et al. (2005) tenham observado redução da maciez da carne suína, em suínos suplementados com ractopamina, Merkel et al. (1990) e Stoller et al. (2003) relataram não haver diferença na maciez da carne suína de animais alimentados com dietas contendo ou não este aditivo.

Agostini et al. (2011) avaliaram níveis de suplementação de ractopamina (0, 10 e 20 ppm) em dietas para suínos machos castrados e fêmeas em terminação e sua influência sobre a qualidade da carne. Os autores não observaram efeito de interação da ractopamina com o sexo, e também não verificaram efeito da ractopamina no pH inicial e final da carne, na força de cisalhamento e nas perdas de água (descongelamento, gotejamento e cocção). Porém verificaram menor valor de  $a^*$  e maior diâmetro da fibra em animais suplementados com 20 ppm de ractopamina.

A taxa de marmoreio também foi menor em animais que receberam o maior

nível do agonista. De acordo com os autores, a redução no valor do marmoreio de acordo com o aumento dos níveis de ractopamina é indicativo de um aumento no diâmetro das fibras musculares associado à redução da lipogênese e ao aumento da lipólise do tecido adiposo, ações específicas determinadas pelo agonista.

## **2.2 - Oxidação lipídica**

Quando os radicais livres atacam as cadeias de ácidos graxos poliinsaturados dos fosfolipídios e do colesterol, tem-se início a oxidação lipídica. São formados radicais de carbono, que podem reagir com o oxigênio, originando radicais peroxila, que, por sua vez, podem atacar novas cadeias de ácidos graxos poliinsaturados, propagando a reação (Omoni e Aluko, 2005). Estas reações em cadeia podem afetar a integridade estrutural e funcional da membrana (Soares, 2002).

Nos alimentos, os lipídios estão relacionados a diversas propriedades organolépticas, como aroma, coloração, textura, suculência, estabilidade das proteínas e vida de prateleira. Os ácidos graxos insaturados são susceptíveis às reações oxidativa, que, por sua vez, podem causar uma série de conseqüências adversas. A formação de aldeídos e outros compostos voláteis confere odores desagradáveis a diversos tipos de carnes e derivados, especialmente em carnes pré-cozidas após dias de armazenagem (Tim e Watts, 1958).

A oxidação lipídica também promove a alteração da cor da carne, pela transformação do pigmento oximioglobina, de coloração vermelha brilhante, em metamioglobina, tornando a carne com coloração amarronzada, aspecto indesejável por parte do consumidor. Altera, também, a textura da carne. Assim, lipídios oxidados e produtos da oxidação lipídica podem formar complexos proteína-lipídio ou provocar cisão de proteínas. Também são formados complexos proteína-proteína

e aldeídos-grupamentos amino de bases de Schiff, formando polímeros, levando à desnaturação protéica, inibição da atividade enzimática e diminuição da solubilidade (Kranner, 1994). Além disso, os lipídios insaturados, em consequência da oxidação, tornam-se rançosos. Esta rancidez é uma das maiores causas de deterioração no armazenamento de carnes.

Um dos métodos utilizados para a análise da oxidação lipídica é através do ácido 2-tiobarbitúrico, também conhecido como índice de TBARS. Este método consiste em detectar espectrofotometricamente, a 532 nm, o complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles do ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) com um mol de malonaldeído. O malonaldeído é obtido pela oxidação de lipídios poliinsaturados, quando aquecidos em meio ácido.

### **2.3 - Antioxidantes**

Os radicais livres são classificados como moléculas orgânicas ou inorgânicas, ou átomos com existência independente, que contêm um ou mais elétrons não pareados nos orbitais externos, o que os leva a exercer alta reatividade frente aos compostos que se aproximam de sua órbita externa, e, portanto, são também chamados de espécies reativas (Souza et al., 2007).

Os radicais livres, são produzidos continuamente, durante os processos metabólicos, e sua presença é crítica para a manutenção de muitas funções fisiológicas normais, atuando como mediadores para a transferência de elétrons em várias reações bioquímicas. Estas espécies reativas podem ser geradas por fontes endógenas ou exógenas. Por fontes endógenas, originam-se de processos biológicos podendo ser formadas no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana, e seu alvo celular (proteínas, lipídios, carboidratos e moléculas de DNA) está relacionado com

seu sítio de formação (Anderson, 1996). Como fontes exógenas de radicais livres, têm-se radiações gama e ultravioleta, medicamentos, drogas pesticidas e poluentes ambientais (Soares, 2002).

A formação de radicais livres *in vivo* ocorre via ação catalítica de enzimas, durante os processos de transferência de elétrons que ocorrem no metabolismo celular e pela exposição a fatores exógenos. Em determinadas condições, pode ocorrer elevação da produção destes radicais, levando ao estresse oxidativo, durante o qual algumas espécies reativas ao oxigênio podem produzir danos, como a peroxidação de lipídios insaturados das membranas celulares (Rodrigues et al., 2003). O desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes, em favor da geração excessiva de radicais livres ou em detrimento da velocidade de remoção desses, é chamado de estresse oxidativo e, geralmente, é acompanhado do aumento das defesas antioxidantes enzimáticas. Porém a produção de grande quantidade de radicais livres conduz à oxidação de biomoléculas com conseqüente perda de suas funções biológicas e/ou desequilíbrio homeostático, cuja manifestação é o dano oxidativo potencial contra células e tecidos (Anderson, 1996).

O estresse oxidativo pode afetar muitas moléculas biológicas, incluindo os lipídios, as proteínas, os carboidratos e as vitaminas presentes nos alimentos, o que leva à redução do seu valor nutricional. O desenvolvimento de muitas doenças também tem sido associado à produção de radicais livres, incluindo o câncer, doenças cardíacas, doenças degenerativas como Alzheimer, e está associado também ao processo de envelhecimento (Roesler et al., 2007).

A produção contínua de radicais livres durante os processos metabólicos leva ao desenvolvimento de muitos mecanismos de defesa antioxidante para limitar os níveis intracelulares e impedir a indução de danos. Os antioxidantes são agentes

responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células e podem atuar em diferentes níveis de proteção do organismo. O primeiro deles é impedindo a formação de radicais livres, inibindo as reações em cadeia com o ferro e o cobre; são capazes, também, de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos poli-insaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e perda da integridade celular. Outro mecanismo de proteção é o reparo das lesões causadas pelos radicais. Esse processo está relacionado com a remoção de danos na molécula de DNA e a reconstituição das membranas celulares danificadas.

Os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais. Os sintéticos apresentam estruturas fenólicas, com graus de substitutos alquilas variáveis. Os mais utilizados são BHA (hidroxianisol butilato), BHT (hidroxitolueno), TBHQ (terc-butil hidroquinona) e PG (galato de propila). Entre os antioxidantes naturais estão os ácidos fenólicos, algumas vitaminas (C e E) e alguns minerais (selênio e zinco).

Devido à atual tendência de se consumir produtos naturais, o uso de antioxidantes exógenos, administrados diretamente no produto de consumo humano, tem sido substituído pelos endógenos, oferecidos nas dietas dos animais, com o objetivo de promover efeitos antioxidantes na carne.

### **2.3.1 – Ractopamina, perfil de ácidos graxos e oxidação lipídica**

Nos animais monogástricos, como o suíno, os ácidos graxos da alimentação são depositados diretamente nos tecidos sem modificação química, e dessa forma é possível influenciar a composição de ácidos graxos da carne através das dietas. Neste sentido, a ractopamina tem sido utilizada, uma vez que promove o redirecionamento

de nutrientes, provendo aumento da síntese protéica e lipólise e diminuição da lipogênese (Ferreira et al., 2013).

Pesquisas têm demonstrado alteração na coloração da carne, através de reduções significativas sobre os valores de  $b^*$  em decorrência da adição de ractopamina. De modo geral, o valor de  $b^*$  avalia os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (Bressan et al., 2004), e alterações neste valor podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular (Joo et al., 2002).

Carr et al. (2005) verificaram valores menores de  $b^*$  em animais suplementados com 5 e 7,4 ppm de ractopamina. Da mesma forma Fernández-Dueñas et al. (2008) também observaram que a suplementação de 10 ou 20 ppm de ractopamina nas dietas promove redução nos valores  $b^*$ . Almeida et al. (2010) observaram que a adição de 5mg/kg de ractopamina reduziu o teor de amarelo ( $b^*$ ) na carne de suínos machos castrados e fêmeas.

Segundo Carr et al. (2005), a ractopamina promove diminuição da gordura corporal, principalmente a subcutânea e a intermuscular, em decorrência do efeito antilipogênico deste agonista. Porém, em função desses efeitos metabólicos a ractopamina pode também, exercer efeito sobre o perfil de ácidos graxos na carne suína, entretanto, os resultados observados na literatura são controversos.

Engeseth et al. (1992), observaram diminuição na quantidade dos ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C:18) e aumento do ácido linoleico no músculo *longíssimus* de suínos recebendo dietas com 20 ppm de ractopamina. Perkins et al. (1992), trabalhando com suínos, verificaram aumento linear na quantidade de ácido linoleico no músculo *longíssimus* em decorrência do aumento dos níveis de ractopamina nas dietas (0 a 20 ppm). Carr et al. (2005), verificaram aumento na

quantidade de ácidos graxos poliinsaturados essenciais (linoleico e linolênico), na gordura subcutânea de suínos consumindo dietas com 10 ppm de ractopamina. Weber et al. (2006), ao avaliarem a adição de 10mg de ractopamina/kg de dieta, para fêmeas suínas observaram que este agonista reduziu a quantidade de lipídeo total contido no músculo, porém sem alterar o perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular e na gordura da barriga.

Segundo Apple et al. (2007), alterações nos teores dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos, podem ocorrer com níveis mais altos de inclusão da ractopamina (20 ppm).

Rossi et al. (2010) trabalhando com suínos machos castrados e fêmeas em terminação, e adição de ractopamina nas dietas (0, 10 ou 20 ppm) verificaram que a utilização da ractopamina na alimentação de suínos diminuiu a quantidade de lipídios no músculo *Longissimus dorsi*. Também verificaram alteração no perfil de ácidos graxos saturados e insaturados. Observaram aumento do ácido graxo saturado láurico (C12:0), e, com relação aos ácidos graxos insaturados verificaram menor quantidade ácido palmitoléico (C16:1 n-7), de alfa linolênico (C18:3 n-3), gama linolênico (C18:3 n-6), eicosadienóico (C20:2 n-6, 11,14); araquidônico (C20:4 n-6) e aumento dos ácidos linoléico (C18:2 n-6) e gondóico (C20:1 n-9). Watanabe et al. (2012) analisaram o perfil de ácidos graxos da carne de fêmeas suínas alimentadas com dietas com (0, 5, 10 ou 15 ppm). Os autores não observaram efeito da adição de ractopamina nas dietas sobre a composição em ácidos graxos e a proporção de ácidos graxos saturados e insaturados das amostras do músculo *Longissimus*.

O aumento da relação entre ácidos graxos insaturados e saturados, mesmo podendo tornar a carne suína um alimento ainda mais saudável para o homem, pode torná-la uma matéria-prima ou produto menos vantajoso para a indústria de

transformação, devido à maior susceptibilidade à oxidação dessa gordura contida na carne.

### **2.3.2 - Vitamina E**

A vitamina E natural é composta por oito substâncias diferentes, pertencentes a dois grupos de compostos. O primeiro grupo é derivado do tocol e apresenta uma cadeia lateral saturada contendo 16 átomos de carbono. Nesse grupo, estão incluídos quatro dos oito compostos  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -tocoferol,  $\gamma$ -tocoferol e o  $\delta$ -tocoferol, sendo a diferença entre estas moléculas, a quantidade de grupos metil que substituem o anel aromático do tocol. O segundo grupo de substâncias com atividade biológica da vitamina E são derivadas do tocotrienol, que apresenta cadeia lateral insaturada contendo 16 átomos de carbono. Este grupo inclui os restantes das quatro moléculas que fazem parte da vitamina E, sendo elas o  $\alpha$ -tocotrienol,  $\beta$ -tocotrienol,  $\gamma$ -tocotrienol e o  $\delta$ -tocotrienol (Mcdowell, 2000).

Nutricionalmente, o  $\alpha$ -tocoferol é o representante mais importante do grupo de compostos com atividade de vitamina E, sendo a forma mais ativa do grupo. O  $\alpha$ -tocoferol possui metilações nas posições 5, 7 e 8, sendo que a perda na estrutura de um ou outro grupo metil na posição 5 ou 7 sobre o anel reduz nitidamente a atividade da vitamina E (Mcdowell, 2000). O acetato de dl- $\alpha$ -tocoferol é aceito como Padrão Internacional (1mg = 1 Unidade Internacional (UI)). O tocoferol sintético livre, dl- $\alpha$ -tocoferol tem uma potência de 1,1 UI/mg.

A vitamina E, na sua forma ativa, é encontrada em lipoproteínas e membranas, atuando no bloqueio da reação em cadeia da peroxidação lipídica, através do sequestro do radical peroxila (Souza et al., 2007). O efeito cooperativo entre as vitaminas C e E é frequentemente mencionado na literatura, mostrando que a

interação dessas vitaminas é efetiva na inibição da peroxidação dos lipídios da membrana e na proteção do DNA (Murakami et al., 2006). Para conservar sua eficácia, a vitamina E requer a presença da vitamina C, que torna possível sua regeneração. A vitamina C, ou ácido ascórbico, é um antioxidante hidrossolúvel, removedor dos radicais superóxido hidroxila e oxigênio, antes que atinjam os lipídios celulares e iniciem a peroxidação. Ao proteger os lipídios da oxidação, a vitamina E se converte em um radical tocoferil, precisando ser regenerada para recuperar seu potencial antioxidante. Do sistema de regeneração da vitamina E, participam o ácido ascórbico, a enzima glutathiona-reduzida e a coenzima Q10.

Segundo relatos de Morrissey, Sheehy e Gaynor (1994), a vitamina E, especialmente, quando incorporada à ração de animais e depositada nas membranas, é mais eficiente na prevenção da oxidação de lipídios do que qualquer outro antioxidante, prevenindo a formação de hidroperóxidos lipídicos, produtos de degradação que causam a deterioração do odor e do sabor, o que é associado com rancidez.

A exigência de vitamina E para suínos em terminação segundo Rostagno et al. (2011) é de 24 UI/kg (70 a 100 kg) e de 19,8 UI/kg (100 a 120 kg), entretanto quando a vitamina E é suplementada em níveis maiores (100 a 200 mg/kg de ração) é verificado um efeito antioxidante, aumentando o tempo de vida útil da carne (Morrissey, Sheehy e Gaynor, 1994).

Alguns estudos têm mostrado que o aumento dos níveis de  $\alpha$ -tocoferol nos tecidos de suínos em terminação pode aumentar a estabilidade lipídica da carne (Cannon et al., 1996). Em pesquisa conduzida por Corino et al. (1999), constatou-se que altos níveis de suplementação de vitamina E (300 mg/kg), nos últimos 60 dias de idade, em dietas para suínos em terminação, aumentam os níveis  $\alpha$ -tocoferol nos

tecidos e reduz a produção de ácido tiobarbitúrico (TBARS). Waylan et al. (2002) realizaram um experimento com suínos durante as fases de crescimento e terminação com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de Modified Tail Oil (óleo com alto conteúdo de ácido linoleico conjugado – 0 ou 50% de inclusão), em dietas suplementadas com vitamina E (0, 22 e ou 110 UI/kg). Verificaram que a associação do óleo com o nível elevado de vitamina E proporcionou melhor estabilidade da cor e menor oxidação lipídica, sem, contudo, afetar as características sensoriais da carne.

Muitos estudos têm sido feitos associando o desempenho animal em dietas suplementadas com vitamina E. Porém, de acordo com a literatura, os resultados são controversos. Cannon et al. (1996), trabalhando com suínos em crescimento e terminação e suplementação de 100 mg/kg de vitamina E, não observaram diferenças no desempenho dos animais. Van Heugten et al. (1997) avaliaram a suplementação de vitamina E e selênio na água de leitões desmamados e observaram maior eficiência alimentar de animais que consumiram água suplementada com selênio e vitamina E. Hoving-Bolink et al. (1998), em experimento com suínos entre 44 e 84 kg e com suplementação de 200 mg de vitamina E, observaram melhora na conversão alimentar dos animais suplementados com vitamina E.

A vitamina E exerce influência sobre várias células do sistema imune, como os linfócitos e macrófagos (Gebremichael, Levy e Corwinl, 1984). Todas as células influenciadas pela vitamina E estão envolvidas na produção de interferons. Os interferons são proteínas com atividade antiviral, produzidas durante a fase inicial da infecção. Essas proteínas agem impedindo a replicação do vírus nas células que não foram atacadas. Del Rio et al. (1998) verificaram aumento do número e atividade de macrófagos peritoniais em ratos suplementados com vitamina E. Ellis e Vorheins. (1976) avaliaram a suplementação de vitamina E (100 mg/kg) para suínos

contaminados com *Escherichia coli*, e observaram que animais que receberam a suplementação apresentaram aumento da produção de anticorpos contra *E. coli*. Os macrófagos são responsáveis pela fagocitose de antígenos, o que é feito através de suas membranas. Dessa forma altos níveis de vitamina E são essenciais para manter a integridade das mesmas. Peplowski et al. (1981) verificaram aumento da produção de anticorpos contra eritrócito de ovelha em leitões desmamados entre quatro e cinco semanas de idade, que receberam suplementação de 220 mg/kg de vitamina E.

### **2.3.3 - Selênio**

O selênio é um componente essencial da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px), uma selenoproteína de extrema importância para o organismo, uma vez que está relacionada com a defesa antioxidante das células. Atua protegendo as membranas celulares dos radicais livres e outros danos oxidativos, desativando a formação de peróxidos durante a oxidação dos lipídios da membrana celular. Devido a esta função, o selênio trabalha associado à vitamina E para proteger a integridade da membrana celular contra a ação tóxica dos peróxidos lipídicos, e suas interações se exemplificam pelos casos em que a vitamina E reduz a necessidade de selênio e vice-versa (Hill e Aldrich, 2003).

Aproximadamente metade das selenoproteínas caracterizadas apresentam função antioxidante, sendo o grupo das GPx o mais numeroso. Atualmente, quatro membros da família da GPx são conhecidos. A GPx clássica (GPx1), a selenoproteína mais abundante em mamíferos, foi a primeira a ser identificada e está presente no citosol das células, no qual funciona como antioxidante, reduzindo peróxidos de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e hidroperóxidos orgânicos livres e transformando-os, respectivamente, em água e álcool. A GPx gastrointestinal (GPx2) é a

selenoproteína antioxidante mais importante no cólon e protege o organismo de mamíferos da toxicidade causada por hidroperóxidos lipídicos. A GPx extracelular (GPx3) tem expressão elevada nos rins e pode ter função antioxidante nos túbulos renais ou espaços extracelulares. A GPx fosfolípídio hidroperóxido (GPx4) é diretamente responsável pela redução de hidroperóxidos lipídicos. Ela reage com hidroperóxidos fosfolipídicos e com hidroperóxidos pouco solúveis, além de metabolizar colesterol e hidroperóxidos de éster de colesterol em lipoproteínas de baixa densidade oxidadas (Gonzaga; Martens e Cozzolino, 2009). Recentemente, a GPx6 foi caracterizada em epitélio olfatório e tecidos embrionários. Outras variantes da GPx, em que o resíduo de selenocisteína é substituído por cisteína, incluem a GPx5 com expressão restrita no epidídimo e a GPx fosfolípídio hidroperóxido sem a selenocisteína, nomeada de GPx7 (Papp et al., 2007).

Todas as GPx reduzem peróxido de hidrogênio e hidroperóxidos a partir da glutathione (GSH). No entanto, a especificidade para o substrato é bastante diferente para cada GPx.

Existe uma grande relação entre selênio e vitamina E, pois essa vitamina, encontrada nas membranas de células e organelas, é a primeira linha de defesa, evitando danos causados pela peroxidação fosfolipídica. O selênio, como componente da glutathione peroxidase, age como segunda linha de defesa, auxiliando a vitamina E a evitar a formação dos peróxidos metabólicos.

Hostetler e Kincaid (2004) observaram elevadas concentrações de malondialdeído (MDA) e  $H_2O_2$  no fígado dos fetos provenientes de matrizes alimentadas com dietas deficientes em selênio, o que demonstra a ocorrência de degradação oxidativa nos tecidos hepáticos dos fetos.

Wuryastuti, Stowe e Miller (1993), trabalhando com porcas em gestação e dietas com ou sem vitamina E ou selênio, verificaram diminuição da capacidade fagocitária de células no colostro de porcas alimentadas com dietas deficientes em selênio e diminuição da atividade microbiana de células fagocitárias no leite dos animais que consumiram dietas deficientes em selênio e vitamina E.

Juntamente com a vitamina E, o selênio é necessário para o correto funcionamento do sistema imune do animal. O efeito imuno-modulatório do selênio ocorre por três mecanismos: 1) efeitos antiinflamatórios; 2) sistema antioxidante; e 3) propriedades citostáticas e anticancerígenas.

Experimento realizado por Peplowski et al. (1981) demonstrou que a suplementação com vitamina E e selênio, acima das exigências mínimas, aumentou a produção de anticorpos e a proliferação de linfócitos em suínos.

Segundo Angstwurm e Gaertner (2006), a baixa atividade da GSH-Px em pacientes criticamente doentes está associada com os baixos níveis de selênio, nos quais há aumento da glutathiona oxidada e dos radicais livres, podendo contribuir para a falência múltipla dos órgãos nestes pacientes.

O selênio na forma orgânica apresenta-se mais biodisponível para o animal, devido à sua forma de absorção e metabolização ser diferente da forma inorgânica. Ele é absorvido pelos carreadores intestinais de aminoácidos e não por transportadores intestinais clássicos de minerais, através do transporte passivo. Esse modo diferenciado de absorção evita competição entre os minerais pelo mesmo mecanismo de absorção (Schrauzer, 2000b). Outro fator específico dessa forma de mineral está envolvido no metabolismo e fixação no organismo animal. Após a absorção intestinal, a forma orgânica pode ser metabolizada pelos animais como aminoácidos e não excretada. Essa maior biodisponibilidade do mineral deve-se à

sua ligação com aminoácidos, como metionina e cisteína. O mineral, ligado a proteínas/aminoácidos, apresenta melhor digestibilidade e disponibilidade. O aumento da digestibilidade está associado à maior solubilidade, melhor estabilidade no lúmen e ao tipo de ligação, que serve como um carregador eficiente para o mineral atravessar a mucosa intestinal. Uma vez absorvido, há, também, um maior potencial de retenção, visto que existe menor possibilidade de excreção quando incorporado em moléculas de proteína.

Segundo Leng et al. (2003), a suplementação de selênio orgânico em dietas aumenta a concentração desse nutriente em produtos de origem animal, em várias espécies animais, especialmente na carne de frango.

Mahan e Kim (1996) avaliaram duas fontes de selênio (orgânica e inorgânica) e dois níveis de suplementação (0,10 e 0,30 ppm) na ração de porcas primíparas, não encontrando diferenças nos parâmetros reprodutivos e na atividade da glutathione peroxidase. Por outro lado, os autores observaram, porém, maiores concentrações de selênio no leite das fêmeas que consumiram dietas com Se de fonte orgânica e no tecido lombar de leitões desmamados destas fêmeas.

Mahan, Cline e Richertl (1999) compararam duas fontes de selênio (orgânica e inorgânica) e diferentes níveis de suplementação desse mineral (0,05; 0,10; 0,20 e 0,30 ppm) nas rações de suínos nas fases de crescimento e terminação, não observando respostas significativas das fontes de selênio em relação aos parâmetros de desempenho, características de carcaça e na atividade da glutathione peroxidase. Porém, observaram concentrações superiores de selênio no pâncreas e no lombo, quando usaram selênio de fonte orgânica.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J. L., SCHAEFER, A. L., MURRAY, A. C. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, p.397-409, 1992.
- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Disponível em: <http://www.abipecs.com.br/>>
- ADEOLA, O.; DARKO, E.A.; HE, P. et al. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3633-3641, 1990.
- AGOSTINI, P.S.; PACHECO, G.D.; SILVA, R.A.M. et al. Níveis de ractopamina para suínos: Efeitos no desempenho e características de carcaça associado ao diâmetro das fibras musculares. PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais...** p.104-105, 2008.
- AGOSTINI, P.S.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.659-670, 2011.
- ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B. et al. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.39, p.1969-1977, 2010.
- ANDERSON, D. Antioxidant defenses against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research.**, v. 350, p. 103-108, 1996.

- ANGSTWURM, M. W. A. and GAERTNER, R. Practicalities of selenium supplementation in critically ill patients, **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v.9, p.233-238, 2006.
- APPLE, J.K., MAXWELL, C.V., BROWN, D.C. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.
- APPLE, J. K., RINCKER, P. J., MCKEITH, F. K. et al. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **Professional Animal Scientist**, v.23, n.3, p.179-196, 2007.
- ARAÚJO, W.A.G.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, F.T. et al. Vitamina E na nutrição animal. **Nutritime**, v.7, p. 1292-1303, 2010
- BARROS, R. D. A.; OKOSHI, M. P. and CICOGNA, A. C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 72, p. 641-648, 1999.
- BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, O.L. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3391-3400, 1992.
- BEERMANN, D. H. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, v. 80, p.18-23,2002.
- BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PERÉZ, J.N.O. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas de carne de capivara. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p. 357-362, 2004.

- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.
- BROWN, K. M. e ARTHUR, J. R. Selenium, selenoproteins and human health: a review. **Public Health Nutrition**, v. 4, n. 2B, p. 593-599, 2001.
- BUCKLEY, D.J.; MORRISEY, P.A. e GRAY, J.I. Influence of Dietary Vitamin E on the Oxidative Stability and Quality of Pig Meat, **Journal Animal Science**, v. 73, p.3122–3130, 1995.
- CANNON, J.E.; MORGAN, J.B.; SCHMIDT, G.R. et al. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. **Journal of Animal Science**, v.74, p.98-105, 1996.
- CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEFER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamina hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 223-230, 2005.
- CORINO C.; PASTORELLI, G.; PANTALEO, L. et.al. Improvement of colour and lipid stability of rabbit meat by dietary supplementation with vitamin E. **Meat Science**, v. 52, p. 285 – 289, 1999.
- CROME, P.K.; MCKEITH, F.K.; CARR, T.R. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, p.709-716, 1996.
- DEL RIO, M.; RUEDAS, G.; MEDINA, S. et al. Improvement by several antioxidants of macrophage function in vitro. **Life Science**, v.63, p.871-81,1998.

- DUNSHEA, F.R.; KING, R.H. and CAMPBELL, R. G. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2931-2941, 1993.
- ELLIS, R.P. and VORHEINS, M.W. Effect of supplemental dietary vitamin E on the serologic response to an Escherichia coli Bacterin. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.168, p. 231–232,1976.
- ENGESETH, N.J.; LEE, K.O; BERGEN, W.G. et al. Fatty acid profiles of lipid depots and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Food Science**, v. 57, p. 1060-1062.1992.
- FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A.J.; SCRAMLIN, S.M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean ®). **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3544-3550, 2008.
- FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, G.M.; SILVA, F.C.O. et al. Ractopamine for Pigs: A Review about Nutritional Requirements. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 9, p. 276-285, 2013.
- GEBREMICHAEL, A.; LEVY, E.M. and CORWIN, L.M. Adherent cell requirement for the effect of vitamin E on in vitro antibody synthesis. **Journal of Nutrition**, v. 114, p. 1297-1305, 1984.
- GIRÃO, L.V.C.; RESENDE, A.E.; CANTARELLI, V.S. et al. Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais**. p.139-141, 2008.

- GONZAGA, I. B.; MARTENS, A.; COZZOLINO, S. M. F. Selênio. In: COZZOLINO, S. M. F. (Ed.). **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3. ed. Barueri: Manole, 2009.
- HATFIELD, P.G.; DANIEL, J. T.; KOTT, R.W. et al. Role of supplemental vitamin E in lamb survival na production: A review. **Journal Animal Science**, v.77, p. 1-9, 2000.
- HILL, D.A. and ALDRICH, G. Essentials of mineral nutrition. In: KVAMME, J. L., AND T. D. PHILLIPS (ed.). **Pet Food Technology**. Watt Publishing Co., Mt. Morris, p. 121-128. IL.2003.
- HOSTETLER, C. H., and KINCAID, R. L. Gestational changes in concentrations of selenium and zinc in the porcine fetus and the effects of maternal intake of selenium. **Biological Trace Element Research**, v. 97, p.57-70, 2004.
- HOVING-BOLINK, A.H.; EIKELEMBOOM, G.; DIEPEN, J.T.M. van et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on pork quality. **Meat Science**, v.49, p.205-212,1998.
- JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 108-112, 2002.
- KRANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, Kidlington, v.36, p.169-189, 1994.
- LENG, L., R. BOBZEK, S. KURIKOVÁ, et al. Comparative metabolic and immune responses of chickens fed diets containing inorganic selenium and Sel-Plex™ organic selenium. In: Nutritional Biotechnology in the

Feed and Food Industry, Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium (K.A. Jacques and T.P Lyons, eds). **Anais...** Nottingham University Press, UK, p. 131-145. 2003.

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

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R. and RICHERT, B. Effects of Dietary Levels of Selenium-Enriched Yeast and Sodium Selenite as Sources Fed to Growing-Finishing Pigs on Performance, Tissue Selenium, Serum Glutathine Peroxidase Activity, Carcass Characteristics, and Loin Quality. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 2172-2179, 1999.

MAHAN, D.C. and KIM, Y.Y. Effect of Inorganic or Organic Selenium at Two Dietary Levels on Reproductive Performance and Tissue Selenium Concentration in First-Parity Gilts and Their Progeny. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2711-2718, 1996.

MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1791-1798, 2007.

MCDOWELL, L.R. **Vitamins in animal and human nutrition**. 795 p. 2000.

MCGRAW, D. W. and LIGGETT, S. B. Molecular mechanisms of beta-adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v. 2, p. 292-296, 2005.

MERKEL, R. A.; BABIKER, A. S.; SCHROEDER, A. L. et al. The effect of ractopamine on qualitative properties of porcine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 336, 1990.

- MERSMANN, H. J. Overview of the effects of  $\alpha$ -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, p.160-172, 1998.
- MILLS, S. Biological basis of the ractopamina response. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 28-32, 2002.
- MITCHELL, A.D.; SOLOMON, M.B.; STEELE, N.C. Influence of level of dietary protein or energy on effects of ractopamine in finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.69, n.11, p.4487-4495, 1991
- MOODY, D. E.; HANCOK, D. L. and ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. **Farm animal metabolism and nutrition** ed. New York: CAB, p.65-95, 2000.
- MORGAN, D.J. Clinical pharmacokinetics of  $\beta$ -agonists. **Clinical Pharmacokinetic**, v.18, p. 270-294, 1990.
- MORRISSEY. P.A.; BUCKLEY, D.J.; SISK, H. et al. Uptake of a-tocopherol in porcine plasma and tissues. **Meat Science**, v.44, p.275-283, 1996.
- MORRISSEY, P.A., SHEEHY, P.J.A. and GAYNOR, P. Vitamin E. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.62, p.260-264, 1994.
- MURAKAMI, Y.; NAGAI, A.; KAWAKAMI, T. et al. Vitamin E and C supplementation prevents decrease of eicosapentaenoic acid in mononuclear cells in chronic hepatitis C patients during combination therapy of interferon alpha-2b and ribavirin. **Nutrition**, v. 22, p. 114-122, 2006.
- OMONI, A. and ALUKO, R. The anticarcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 344-350, 2005.

- PAPP, L. V.; LU, J.; HOLMGREN, A. et al. From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. **Antioxidants & Redox Signaling**, v.9, p. 755-806, 2007.
- PEPLOWSKI, M.A.; MAHAN, D.C.; MURRAY, F.A. et al. Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells. **Journal of Animal Science**, v. 51, p.344–351,1981.
- PERKINS, E.G.; MCKEITH, F.K.; JONES, D.J. et al. Fatty acid and cholesterol changes in pork longissimus muscle and fat due to ractopamine. **Journal of Food Science**, v.57, p.1266-1268, 1992.
- PEREIRA, F.A.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.943-952, 2008.
- RAMOS, F. e SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos e produção animal. II. Relação estruturaatividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.96, p. 167-175, 2001.
- RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S.; FAINE,L. A. et al. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, v. 16, p. 315-320, 2003.
- ROESLER, R.; MALTA, L.; CARRASCO, L. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, p. 53-60, 2007.
- ROSSI, C.A.R., LOVATTO, P.A., LENHEN, C.R. et al. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina:

- características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi*. **Arquivos de Veterinária**, v.26, p.95-103, 2010.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Horácio Santiago Rostagno, 186p., 2011.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, p.403-408, 2010.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T. and KENDALL, D.C. Modeling the response to Paylean® and dietary lysine requirements. **Swine Research Report**, Purdue, 2000.
- SCHRAUZER, G.N. Anticarcinogenic effects of selenium. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.57, p.1864-1873, 2000a.
- SCHRAUZER, G.N. Selenomethionine: A Review of Its Nutritional Significance, Metabolism and Toxicity. **The Journal of Nutrition**, p. 1653-1656, 2000b.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A. and WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p.2474-2480, 2004.
- SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of  $\alpha$ -adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 173-194, 1998.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, p. 71-81, 2002.

- SOUZA, V.L.F.; SILVA, R.S.F.; SILVA, C.A. et al. Vitamina E no desempenho, características de carcaça e qualidade do presunto cozido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**.v.42, p.581-587, 2007.
- SOUZA, P. H.; SOUZA NETO, M. H.; MAIA, G.A. Componentes funcionais nos alimentos. **Bol SBCTA.**, v. 37, p. 127-135, 2003.
- STITES, C.R.; McKEITH, F.K.; SINGH, S.D. et al. The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3094-3101, 1991.
- STOLLER, G. M.; ZERB, H. N.; MOELLER, S. J. et al. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1508-1516, 2003.
- TIMS, M.J. and WATTS, B.M. Protection of cooked meats with phosphates. **Food Technology**, v.12, n.5, p.240-243, 1958.
- UTTARO, B. E., BALL, R. O., DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, 71, 2439–2449,1993.
- VAN HEUGTEN, E.; SWEET, L. A.; STUMPF, T.T. et al. Effects of water supplementation with selenium and vitamin E on growth performance and blood selenium and serum vitamin E concentrations in weanling pigs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. v. 211, p.1039-1042,1997.
- WATANABE, P.H., THOMAZ, M.C., PASCOAL, L.A.F. et al. Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de

ractopamina na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v.64, p.1381-1388, 2012.

WAYLAN A.T., O'QUINN P.R., UNRUH J.A. et al. Effects of modified tall oil and vitamin E on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, 1575-1585, 2002.

WEBER, T. E., B. T. RICHERT, M. A. BELURY, Y. 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**, v.84:720–732, 2006.

WURYASTUTI, H.; STOWE, H.D. and MILLER, E.R. Effects of vitamin E and selenium on immune responses of peripheral blood, colostrum, and milk leukocytes of sows. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2464-2672, 1993.

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

## ***CAPÍTULO II***

### **Suplementação de vitamina E em dietas com ractopamina para suínos em terminação**

*O artigo foi formatado de acordo com as normas para publicação na revista  
Journal Animal Science – JAS e adaptado para leitura de teses da Universidade  
Federal de Viçosa*

**RESUMO:** Visando-se determinar os efeitos da suplementação de vitamina E em dietas com ractopamina para suínos em terminação, foram utilizados 80 animais distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal contendo ractopamina e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com quatro níveis de vitamina E (25, 50, 75 e 100 UI/kg) durante 28 dias antes do abate. Os níveis de vitamina E nas dietas não influenciaram o peso final, consumo de ração diário e ganho de peso diário. Observou-se efeito linear decrescente dos níveis de vitamina E sobre a conversão alimentar. A suplementação de vitamina E nas dietas não influenciou as características de carcaça dos animais. Os tratamentos não influenciaram as características qualitativas da carne com exceção da oxidação lipídica que decresceu linearmente. O nível de vitamina E em dietas com ractopamina durante 28 dias para suínos em terminação a partir dos 85,0 kg é de 100 UI/kg.

**Palavras chave:** antioxidante, qualidade da carne, oxidação lipídica.

**ABSTRACT:** With the objective to determine the effects of supplementation of vitamin E in diets with ractopamine to finishing pigs, 80 animals were distributed in a completely randomized experimental design, with five treatments and eight replicates of two animals per experimental unit. Treatments consisted of a basal diet containing ractopamine and other four diets obtained by supplementing the basal diet with four levels of vitamin E ( 25, 50, 75 and 100 IU / kg ) for 28 days before slaughter. The vitamin E levels in the diet did not affect body weight, daily feed intake and average daily gain. Were observed a linear decrease in the levels of vitamin E supplementation on feed conversion. The supplementation of vitamin E in the diets did not affect carcass characteristics of animals. The treatments did not affect the quality characteristics of the meat with the exception of lipid oxidation it decreased linearly. The vitamin E level in diets with ractopamine for 28 days for finishing pigs from 85.0 kg is 100 IU / kg.

**Key words:** antioxidant, lipid oxidation, meat quality.

## INTRODUÇÃO

A oxidação lipídica é fenômeno espontâneo e determinante no armazenamento de carnes e seus derivados, e torna-se problema para a indústria de alimentos, uma vez que os produtos originados são indesejáveis, tanto pela decomposição dos lipídios como pela produção de compostos voláteis, os quais promovem alterações sensoriais, e também destruição de constituintes essenciais, o que ocasiona decréscimo do valor nutricional dos alimentos.

Após o abate, tem-se constatado mudanças bioquímicas, envolvidas na transformação do músculo em carne, culminando no processo denominado *rigor mortis*, com conseqüente perda nas defesas antioxidantes das células. A oxidação da fração fosfolipídica insaturada, na membrana celular pode não ser controlada de forma eficiente e o balanço entre os fatores pró-oxidativos e a capacidade antioxidativa por conseguinte podem favorecer a oxidação.

A presença de gorduras poli-insaturadas nos produtos cárneos podem torná-los mais susceptíveis ao processo de peroxidação lipídica, e isto, pode ser causa de deterioração dos lipídios. As reações oxidativas de ácidos graxos podem afetar diretamente a qualidade final da carne, com conseqüentes alterações na cor, sabor, textura e capacidade de retenção de água (Araujo, 2004).

Para se evitar a formação de compostos oxidantes na carne, tem sido utilizado substâncias específicas para tal nas dietas dos animais. Dentre os compostos antioxidantes usado, pode-se citar a vitamina E. A incorporação de vitamina E na matriz lipoprotéica das membranas celulares pode manter a integridade celular e proteger ácidos graxos insaturados da oxidação por radicais livres. Além disso, devido a função antioxidante, a vitamina E pode melhorar o desempenho dos animais impedindo a propagação das reações em cadeia induzidas pelos radicais livres,

atuando ainda como agente imunomodulador, estimulando mecanismos imunológicos (Peplowski et al., 1981).

A ractopamina é agonista beta adrenérgico que tem sido utilizada em dietas para suínos na fase de terminação a partir dos 95 kg, visando redirecionar nutrientes para aumento da síntese protéica, diminuição da lipogênese e aumento da lipólise (Ferreira et al., 2013), com concomitante redução dos teores de gordura na carcaça. Porém, tem sido observado que a ractopamina pode promover alteração na composição de ácidos graxos na carne, diminuindo a quantidade de ácidos graxos saturados e aumentando a poliinsaturação de lipídios (Apple et al., 2007), o que poderia aumentar a ocorrência da oxidação e perda da qualidade organoléptica da carne.

Dessa forma, a suplementação com vitamina E, em dietas suplementadas com ractopamina, pode ser uma alternativa para prevenir a oxidação lipídica e melhorar a qualidade da carne.

Assim, verifica-se a necessidade de se avaliar a adição de vitamina E em dietas com ractopamina para suínos em terminação sobre desempenho, características de carcaça e qualidade de carne.

## 1. METODOLOGIA

Todos os métodos que envolveram o manejo dos animais foram realizados em conformidade com os regulamentos aprovados pela Comissão de Ética no uso de Animais (CEUA/UFV).

O experimento foi conduzido no período de setembro a outubro de 2011, no galpão experimental de suínos, localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Oratórios - MG.

Foram utilizados 80 suínos machos castrados, híbridos comerciais (Agrocercos Pic), com peso médio inicial de  $84 \pm 2,12$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso. Na distribuição dos animais dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos mesmos.

Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal, contendo 20 ppm de ractopamina, e outras quatro rações, obtidas pela suplementação da ração basal, com quatro níveis de vitamina E (25, 50, 75 e 100 UI/kg), em substituição ao inerte, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Para atender às recomendações sugeridas por Rostagno et al. (2011) os níveis de lisina digestível foram ajustados para 0,99% uma vez que as dietas foram suplementadas com ractopamina.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais dos animais e os aminoácidos industriais foram adicionados mantendo-se a relação com a lisina digestível, de acordo com as recomendações estabelecidas por Rostagno et al. (2011).

Os animais foram alojados em baias providas de comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta, localizadas em galpão de alvenaria, com piso de concreto, coberto com telhas de amianto.

**Tabela 1** - Composições centesimal e calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de vitamina E (UI/kg)				
	0	25	50	75	100
Milho	74,600	74,600	74,600	74,600	74,600
Farelo de soja	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100
Óleo vegetal	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877
Inerte	0,437	0,432	0,427	0,422	0,417
Fosfato bicálcico	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858
Calcário	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
Sal	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
L-Lisina HCL	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417
DL-Metionina	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
L-Triptofano	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
L-Treonina	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149
L- Valina	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
BHT <sup>4</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Vitamina E® <sup>5</sup>	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020
Ractopamina® <sup>6</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
EM (kcal/kg)	3230,00	3230,00	3230,00	3230,00	3230,00
Proteína bruta (%)	15,42	15,42	15,42	15,42	15,42
Cálcio (%)	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512
Fósforo disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Lisina digestível (%)	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996
Treonina digestível (%)	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Triptofano (%)	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179
Met. + Cis. digestível (%)	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598
Valina (%)	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Vitamina E (UI/kg)	0,000	25,00	50,00	75,00	100,00
Cloridrato de ractopamina (ppm)	20	20	20	20	20

<sup>1</sup>Composição por kg de ração: 1767 UI de vit. A; 454,5 UI de vit. D3; 1 mg de vit. K; 0,252 mg de B1; 1,34 mg de B2; 0,252 mg de B6; 9,84 mcg de B12; 0,168 mcg de ácido fólico; 0,0075 mg de biotina; 3,3 mg de ácido pantotênico; 8,07 mg de niacina.

<sup>2</sup>Composição por kg de ração: 0,012 g de Fe; 0,007 mg de Cu; 0,037 mg de Zn; 0,02 g de Mn; 0,71 mg de I, 0,1 mg de Se e 0,084 mg de Co.

<sup>3</sup>Farmaflor – Florfenicol 4%

<sup>4</sup>Butil hidroxi tolueno (BHT).

<sup>5</sup>Rovimix E – vit E - 5000UI/kg

<sup>6</sup>Transuin – cloridrato de ractopamina 2%

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (16 h) e de bulbo seco e bulbo úmido ( 8 h e 16 h) para posterior cálculo da umidade relativa.

As rações experimentais e a água foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental (28 dias). As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente, e os animais pesados no início e no final do período experimental, para cálculo do consumo de ração, do ganho de peso e da conversão alimentar.

Ao final do período experimental, todos os animais foram submetidos a jejum alimentar por 18 horas, após o qual foram pesados e encaminhados para abate no Frigorífico Industrial Vale do Piranga, localizado no município de Ponte Nova-MG, onde foram insensibilizados por eletronarcose, sangrados, escaldados e eviscerados.

Na linha de abate, as carcaças foram tipificadas individualmente, com auxílio de pistola STORK-SFK, utilizando o sistema informatizado “Fat-o-MeaterFour”. Foram obtidos dados de espessura de toucinho, profundidade de músculo, porcentagem de carne na carcaça, e rendimento de carcaça. Foram também, realizadas medidas do comprimento da carcaça e área de olho de lombo.

O comprimento da carcaça foi medido a partir do bordo cranial da sínfise pubiana até o bordo crânio ventral do Atlas (ABCS, 1973), e o resultado expresso em centímetros.

A medida da área do músculo *Longissimus dorsi* (ou área de olho de lombo) foi realizada na altura da 10ª costela. A área do músculo *Longissimus dorsi* foi limpa com a faca e coberta com filme de polietileno de baixa densidade. Sobre o filme de polietileno foi colocado uma transparência, e então realizado o desenho do contorno do lombo, com caneta retroprojeter de ponta fina, não incluindo os outros músculos (ABCS, 1973). Para obtenção da área, utilizou-se papel milimetrado. A transparência foi colocada em cima do papel milimetrado, de forma que o maior número de pontos permanecesse dentro da área demarcada. Foi então, realizada contagem dos pontos dentro da área, sendo cada ponto equivalente a 1 cm<sup>2</sup>.

Foi coletada uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal. Em seguida as amostras foram congeladas em "freezer" horizontal, a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para posterior análise das características qualitativas da carne. Com relação à qualidade da carne suína, foram avaliadas as seguintes características: perda de água no descongelamento e cocção, cor, maciez objetiva, índice de fragmentação miofibrilar (IFM) e oxidação lipídica. As análises foram realizadas no laboratório de qualidade de carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Para a quantificação da perda de água no descongelamento e cocção, as amostras congeladas foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas e armazenadas em geladeira doméstica por 24 horas a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  para descongelarem. Após 24 horas, as amostras foram retiradas da geladeira, enxugadas levemente com toalha de papel e pesadas novamente. As mesmas foram assadas, após permanecer 30 minutos à temperatura ambiente, sem a adição de qualquer condimento, até que a temperatura interna atingisse  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a qual foi verificada por meio de termômetro. Na sequência, as amostras foram viradas e mantidas no forno até alcançarem a temperatura interna de  $71\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Após, foram retiradas do forno, resfriadas e, então, foram novamente pesadas. A perda de líquido no descongelamento e na cocção foi expressa em porcentagem de água perdida em relação ao peso original da amostra (Bridi e Silva, 2007).

As amostras provenientes da determinação da perda por cocção foram cortadas com auxílio de uma sonda, em cilindros de 1,2 cm de diâmetro, orientados paralelamente ao eixo das fibras para análise da força de cisalhamento. Removeram-se cinco cilindros de cada amostra, totalizando cinco medidas por animal avaliado. Estes cilindros foram submetidos a uma força de cisalhamento aplicada transversalmente ao seu comprimento, a uma velocidade de 5 mm/segundo, de modo

que as fibras musculares estivessem orientadas perpendicularmente ao eixo de uma lâmina Warner Bratzler, acoplada a um texturômetro Texture Analyser TA – XT2I (Stable Micro Systems) (Barros, 2001).

Para a determinação do índice de fragmentação miofibrilar (MFI) foram necessários 4 g de tecido muscular de cada animal, homogeneizados em tampão (100 mM KCl; 20 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 20 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 1 mM MgCl<sub>2</sub>; 1 mM EDTA), nos liquidificadores de alta rotação do tipo "Waring". A leitura do MFI foi feita em espectrofotômetro Coleman, de 295 a 540 nm (Culler et al., 1978).

Para a análise de cor, as amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram descongeladas e ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada pela determinação no sistema HUNTER LAB, da luminosidade (L), do índice de vermelho (a) e do índice de amarelo (b), os quais foram medidos em espectrofotômetro Color Quest XE Hunter Lab. Todas as leituras foram armazenadas em um computador conectado ao espectrofotômetro e provido do sistema *Software Universal*.

O método utilizado para a análise da oxidação lipídica foi o Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbiturico (TBARS). Foram homogeneizados 10 g de amostra (duplicata) em turrax com 20 mL de ácido tricloroacético (TCA). Após, as amostras foram centrifugadas por 30 minutos e filtradas em papel filtro. As amostras filtradas (2 mL) foram transferidas para tubos de ensaio tampados, devidamente identificados, e adicionaram-se, a cada tubo 2 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), aquecendo-se os tubos fechados por 20 minutos para o desenvolvimento da cor. Após resfriamento, a absorbância foi lida em espectrofotômetro, a 532 nm. Os resultados foram expressos em “número de TBARS”, definidos como a massa, em mg de malonaldeído (MDA), por 1000 g de

amostra. As avaliações correspondem às médias das análises em duplicata, efetuadas para cada amostra (Rosmini et al., 1996).

A baia foi considerada a unidade experimental para as análises das variáveis de desempenho (consumo de ração diário, ganho de peso diário e conversão alimentar). Para as análises estatísticas de características de carcaça e de qualidade de carne cada animal foi considerado como sendo a unidade experimental. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAS (2002), seguindo o delineamento de blocos ao acaso. A estimativa do melhor nível de vitamina E foi determinada por meio de análises de regressão linear e/ou quadrática, conforme melhor ajuste dos dados. Foram utilizados limites de 0,05.

## 2. RESULTADOS

Os valores médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do ar, durante o período experimental, foram de  $28,3 \pm 2,7$  °C,  $15,8 \pm 2,8$  °C e  $70,1 \pm 7,1$  %, respectivamente.

Não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) da inclusão de vitamina E sobre o peso final, consumo de ração diário e ganho de peso diário dos animais (tabela 2).

**Tabela 2** – Peso inicial, peso final, consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de suínos em terminação, em função dos níveis de vitamina E nas dietas.

Parâmetro	Nível de vitamina E (UI/kg)					Valor P	CV (%)
	0	25	50	75	100		
Peso inicial (kg)	83,9	83,9	83,9	84,1	83,9	0,99	1,50
Peso final (kg)	115,2	116,0	116,8	117,4	117,2	0,37	2,10
Consumo de ração diário (g/dia)	3.290	3.200	3.090	3.100	3.070	0,29	6,15
Ganho de peso diário (g/dia)	1.120	1.150	1.180	1.190	1.190	0,44	7,87
Conversão alimentar <sup>1</sup> (g/g)	2,93	2,78	2,62	2,60	2,58	0,009	6,60

<sup>1</sup> Efeito linear ( $P < 0,01$ )

Observou-se efeito linear decrescente ( $P=0,009$ ) na conversão alimentar em função do aumento dos níveis de vitamina E nas dietas, segundo a equação  $Y = 2,904 - 0,00368X$ ,  $R^2 = 0,85$ .

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de vitamina E sobre as características de carcaça dos animais (Tabela 3).

**Tabela 3** – Espessura de toucinho, profundidade de músculo, carne magra na carcaça, área de olho de lombo e rendimento de carcaça de suínos em terminação em função dos níveis de vitamina E nas dietas.

Parâmetro	Níveis de vitamina E (UI/kg)					p valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
Espessura de toucinho (mm)	13,4	13,4	13,1	13,1	13,5	0,95	14,02
Profundidade de músculo (mm)	62,8	64,5	64,1	63,2	63,9	0,89	8,36
Carne magra na carcaça (kg/100kg)	56,9	57,9	57,5	57,9	57,4	0,47	5,60
Rendimento de carcaça (kg/100kg)	72,5	71,3	72,4	72,9	72,9	0,63	4,56
Comprimento da carcaça (cm)	99,6	99,4	99,1	99,3	99,3	0,99	3,07
Área de olho de lombo (cm <sup>2</sup> )	48,1	49,9	49,9	49,2	49,6	0,65	7,66

A perda de água no descongelamento e cocção, força de cisalhamento, o índice de fragmentação miofibrilar e a coloração do músculo *longíssimus dorsi* não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelos níveis de vitamina E nas dietas (tabela 4).

A oxidação lipídica medida pelo índice de TBARS decresceu linearmente ( $P=0,0099$ ) com o aumento dos níveis de vitamina E nas dietas segundo a equação  $Y = 0,80120 - 0,00324X$ ,  $R^2 = 0,95$ .

**Tabela 4** – Força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, valores de L\*, a\* e b\*, perda de água no descongelamento, cocção e oxidação lipídica (TBARS) no músculo *longissimus dorsi* de suínos em terminação em função dos níveis de vitamina E nas dietas.

Parâmetro avaliado	Níveis de vitamina E (UI/kg)					p valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
Perda de água no descongelamento (%)	4,42	4,56	4,39	4,83	4,81	0,38	40,09
Perda de água na cocção (%)	19,32	19,04	19,88	19,03	19,25	0,86	12,94
Força cisalhamento (Kgf)	2,81	2,82	2,82	2,80	2,82	1,00	16,20
Índice de fragmentação miofibrilar	61,71	61,70	61,98	61,95	61,63	0,99	7,40
Luminosidade - L*	43,86	43,96	43,98	43,19	43,39	0,87	5,95
Saturação-a*	0,58	0,59	0,65	0,63	0,57	0,92	50,15
Tonalidade -b*	5,57	5,03	5,10	5,04	4,74	0,15	17,73
TBARS <sup>1,2</sup> (mg/kg)	0,818	0,688	0,666	0,531	0,492	0,0099	21,42

<sup>1</sup> – Efeito linear (P<0,01)

<sup>2</sup> – Oxidação lipídica

### 3- DISCUSSÃO

Considerando-se a faixa de temperatura ideal para suínos em terminação sugerida por Kiefer et al. (2010), que está entre 18 °C a 23 °C, pode-se inferir que os animais, provavelmente, foram submetidos a períodos de estresse por calor.

Animais que consumiram dietas com 100 UI/kg de vitamina E apresentaram melhora de 12 % na conversão alimentar.

Silva (2009), trabalhando com suínos em terminação, recebendo dietas suplementadas com ractopamina, vitamina C (100 mg) e vitamina E (200 mg), também observaram efeito positivo na conversão alimentar dos animais suplementados com antioxidantes nas dietas.

Ashgar et al. (1991b), verificaram melhora no ganho de peso, e conversão alimentar de suínos em crescimento recebendo dietas com 100 e 200 mg/kg de vitamina E, porém não observaram efeito do antioxidante durante a fase de

terminação. Segundo os autores, a vitamina E, quando suplementada em níveis acima das exigências nutricionais, somente promove efeito benéfico no desempenho de suínos durante a fase de crescimento. Da mesma forma, Niculita et al. (2007), não observaram efeito dos níveis de vitamina E (0, 100 e 300 mg/kg) sobre o desempenho de suínos em terminação.

Segundo Työppönen, Alaviuhkola e Suomi (1988), 40 mg/kg de vitamina E nas dietas são suficientes para manter os níveis séricos na concentração de 0,3 mg  $\alpha$ -tocoferol/g lípidio, o mínimo para o funcionamento normal das células do sistema imune. Porém, quando os animais são submetidos a algum desafio sanitário pode ocorrer aumento da exigência desta vitamina (Ellis e Vorheis, 1976).

A vitamina E atua no sistema imune limitando a produção de prostaglandinas e leucotrienos, que são potentes indutores da inflamação. Além de estimular mecanismos imunológicos, aumenta a resistência a infecções virais e bacterianas, permitindo uma resposta imune mais persistente e efetiva (Etchichury, 2004). Portanto, sugere-se que os animais possam ter passado por algum tipo de desafio com consequente comprometimento do sistema imune, o que foi atenuado com o aumento dos níveis de vitamina E nas dietas, garantindo a manutenção do ganho de peso e uma melhor conversão alimentar.

As características de carcaça dos animais não foram influenciadas pelos níveis de vitamina E nas dietas, o que está de acordo com os resultados observados por Cannon et al. (1996), os quais, também não observaram diferenças significativas nas características de carcaça de suínos suplementados com 100 UI/kg de vitamina E. Entretanto, Cheah, Cheah e Krausgrille (1995), e Souza et al. (2007), ao suplementar dietas de suínos com 500 mg/kg de vitamina E, e 400 mg/kg de vitamina E,

respectivamente, verificaram diminuição na espessura de toucinho e aumento da quantidade de carne magra dos animais.

De acordo com os resultados encontrados na literatura, pode se observar que resultados positivos para as características de carcaça foram obtidos com a suplementação de níveis mais altos de vitamina E e, dessa forma, pode-se inferir que os níveis utilizados nesse estudo não foram suficientes para proporcionar melhorias nas características de carcaça dos animais.

Os níveis de vitamina E nas dietas não influenciaram a perda de água no descongelamento e cocção. Silva (2009), ao avaliar a suplementação das vitaminas C e E, em dietas para suínos em terminação com ractopamina, não observaram influencia das dietas sobre a perda de água no descongelamento e cocção.

Asgar et al. (1991a), observaram menor perda de água por gotejamento, descongelamento e durante armazenamento, na carne de suínos suplementados com 200 mg/kg de vitamina E nas dietas.

A vitamina E evita a oxidação dos lipídios, principalmente dos fosfolipídios da membrana celular, que são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, preservando sua integridade, melhorando assim a capacidade de retenção de água da carne (Monahan et al., 1994), porém esse resultado não foi observado neste estudo. Uma possível explicação para este resultado, pode ter sido em função do uso da ractopamina, uma vez que, o pH final da carne de suínos tratados com este aditivo é mais elevado, o que contribui para o aumento na capacidade de retenção de água (Warriss et al., 1990, Moller, Bertelsen e Olsen., 1992 e Wood, Wiseman e Cole, 1994). Deste modo, o uso de ractopamina nas dietas pode ter contribuído para o aumento na capacidade de retenção de água e a quantidade de antioxidantes utilizada não foi suficiente para promover diferença neste parâmetro.

Os níveis de vitamina E nas dietas não influenciaram a força de cisalhamento e o índice de fragmentação miofibrilar. Rowe et al. (2004) demonstrou que a vitamina E pode melhorar a maciez da carne por evitar a oxidação das proteínas sarcoplasmáticas ( $\mu$ -calpaína e m-calpaina), responsáveis pela resolução do rigor mortis. Segundo os autores, ao evitar a oxidação das calpaínas, a vitamina E contribui para uma maior proteólise durante a maturação da carne, tornando-a mais macia. Entretanto, neste estudo, a maciez da carne não foi influenciada pela adição de vitamina E nas dietas.

Há que se destacar também, que a carne de animais suplementados com agonistas  $\beta$  adrenérgicos tende a ser mais dura (Walker et al., 1989; Warris et al., 1991, Athayde et al., 2012), entretanto, o maior valor observado para força de cisalhamento neste trabalho foi de 2,82 kgf, abaixo do valor preconizado pelo National Pork Producers Council (1999) de 3,2 kgf como limite entre a maciez e a dureza da carne suína. Portanto as carnes podem ser consideradas como macias.

O aumento dos níveis de vitamina E nas dietas não influenciou a coloração da carne. Devido sua ação antioxidante, a vitamina E, ao reagir com radicais livres precursores da oxidação, ou com o oxigênio, é capaz de preservar a cor por manter estável o sistema enzimático redutor da metamioglobina, entretanto, segundo Lanari et al. (1996) e Guidera et al. (1997), os efeitos da suplementação de vitamina E na coloração da carne são mais evidentes em espécies que apresentam níveis mais elevados de mioglobina, como bovinos e ovinos.

Dessa forma, pelos resultados obtidos neste estudo, é possível afirmar que a quantidade de vitamina E presente na dieta basal foi suficiente para manter a coloração da carne suína.

Neste estudo os valores de L\* encontrados ficaram dentro dos valores considerados normais, em que, valores maiores que 43 e menores que 49 são considerados normais para carne suína, enquanto que valores maiores que 50 são indicativos de carne PSE e abaixo de 42 indicativo de carne DFD (Bridi e Silva, 2007).

Animais que receberam 100 UI/kg de vitamina E nas dietas apresentam diminuição de 39,8% no índice de TBARS em comparação com o tratamento basal, e isto pode ser indicativo da ação antioxidante desta vitamina, a qual reage com radicais livres, reduzindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados na membrana celular. Essa redução indica menor oxidação o que está diretamente relacionado com as características organolépticas da carne e seus subprodutos. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Guo, Richert e Burgess. (2006) e Niculita et al. (2007) que avaliaram o efeito da suplementação de vitamina E em dietas para suínos em terminação observando menor valor de TBARS na carne de animais suplementados com 300 mg/kg de vitamina E. Da mesma forma Souza et al. (2007) testaram níveis de suplementação de vitamina E (0, 100, 200 e 400 mg/kg) durante todo período de crescimento e terminação de suínos, avaliando em seguida a oxidação lipídica na carne e no presunto, verificando que dietas com 200 mg vitamina E por kg de ração reduziram os níveis de oxidação em 70% no presunto cozido.

Silva (2009) trabalhando com suínos em terminação avaliou a suplementação de antioxidantes (vitamina E e C) em dietas com ractopamina observando que o tratamento que recebeu antioxidantes apresentou menor valor de TBARS, demonstrando ter ocorrido menor oxidação, o que segundo a autora, valoriza o produto, melhorando os aspectos sensoriais e de saúde da carne decorrentes de uma menor oxidação.

Segundo relatos de Dunshea et al. (2005), carnes que apresentam mais que 0,5 mg de dialdeído malônico (MDA) por kg de amostra, são detectadas como rançosas e apresentam sabor desagradável para o consumidor. Neste sentido, apenas o tratamento com adição de 100 UI/kg de vitamina E permaneceu dentro dos padrões aceitáveis para a carne suína.

## CONCLUSÃO

O nível de vitamina E em dietas com ractopamina durante 28 dias para suínos em terminação a partir dos 85,0 kg é de 100 UI/kg.

### 1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. 1973. **Método brasileiro de classificação de carcaças**. Estrela, RS.
- APPLE, J. K., RINCKER, P. J., MCKEITH, F. K. et al. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **Professional Animal Scientist**, v.23, n.3, p.179-196, 2007.
- ARAÚJO, J. M. A. Antioxidantes. In: **Química de Alimentos**. 3.ed. Viosa : UFV, 2004. p. 69-99.
- ASGHAR, A., GRAY, J.I.; BOOREN, A.M. et al.; Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of alpha-tocopherol in the muscle and on pork quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.57, p.31–41, 1991a.
- ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; MILLER, E.R. et al. Influence of supranutritional vitamin E supplementation in the feed on swine growth performance and

- deposition in different tissues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.57, p.19–29, 1991b.
- ATHAYDE, N.B.; COSTA, O.A.D.; ROÇA, R.O. et al. **Influência da ractopamina na qualidade da carne suína**. In Comunicado Técnico, Embrapa, 2012.
- BARROS, L.B. Efeito de diferentes níveis de lisina na dieta sobre a qualidade da carne de fêmeas suínas abatidas em diferentes pesos. 2001. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BRIDI, A.M. e SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, V.1, 97p. 2007
- CANNON, J.E.; MORGAN, J.B.; SCHMIDT, G.R. et al. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. **Journal of Animal Science**, v.74, n. 1, p.98-105, 1996.
- CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M. and KRAUSGRILLE, D.I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, p.255-264,1995.
- CULLER, R.D.; PARRISH JR., F.C.; SMITH, G.G. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *Longissimus* muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
- DUNSHEA, F. R.; SOUZA de, D.N.D.; PETHICH, D.W. et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, v. 71, p.8-38, 2005.

- ELLIS, R.P. and VORHEIS, M.W. Effect of supplemental dietary vitamin E on the serologic response to an Escherichia coli Bacterin. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.168, p. 231-232, 1976.
- ETCHICHURY, M. Efeitos da suplementação parenteral com selênio e vitamina E nos valores hemáticos e séricos de cavalos de enduro. 2004. 85f. Dissertação (Mestrado em Produção e Nutrição Animal). Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo.
- FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, G.M.; SILVA, F.C.O. et al. Ractopamine for Pigs: A Review about Nutritional Requirements. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 9, p. 276-285, 2013.
- GUIDERA, J., KERRY, J.P., BUCKLEY, D.J. et al. The effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of fresh and frozen lamb meat. **Meat Science**, v.45, p.33-43, 1997.
- GUO,Q., RICHERT, B. T., and BURGESS, J. R.. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. **Journal of Animal Science**, v..84, p.3089-3099, 2006.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA., E.A. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 496-504, 2010.
- LANARI, M. C.; SCHAEFER, D.M.; LIU, Q. et al. Kinetics of pigment oxidation in beef from steers supplemented with vitamin E. **Journal Food Science**, v.61, p.884-889, 1996.
- MØLLER, A. J.; BERTELSEN, G. and OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: Puolanne, E.,

- Demeyer, D.I., Ruusunen, M. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, p. 225, 1992.
- MONAHAN, F.J.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I. et al. Effect of oxidized dietary lipid and vitamin E on the colour stability of pork chops. *Meat Science*, v.37, p.205–215, 1994.
- NICULITA, P.; MONA, E.; GHIDURUS, M. et al. Effect of vitamin e in swine diet on animal growth performance and meat quality parameters. **Polish Journal of Food and Nutrition Science**, v. 57, p.125–130. 2007.
- NPCC - NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL Pork quality targets. 1999.
- PEPLOWSKI, M.A.; MAHAN, D.C.; MURRAY, F.A. et al. Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells. **Journal of Animal Science**. v. 51, p.344–351,1981.
- ROSMINI, M. R., PERLO, F., PÉREZ-ALVAREZ, J.A. et al. TBA test by an extractive method applied to 'pate'. **Meat Science**. v. 42. p.103-110, 1996.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para **aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Horácio Santiago Rostagno, 186p., 2011.
- ROWE, L.J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S.M. et al. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of  $\mu$ -calpain. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3254-3266, 2004.
- SILVA, R.A.M. Efeito da ractopamina e das vitaminas C e E no desempenho zootécnico e na qualidade carne suína. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

- SOUZA, V.L.F.; SILVA, R.S.F.; SILVA, C.A. et al. Vitamina E no desempenho, características de carcaça e qualidade do presunto cozido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**.v.42, n.4, p.581-587, 2007.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 1686p.
- TYÖPPÖNEN, J., ALAVIUHKOLA, T. and SUOMI, K. Vitamin E status and productivity of pigs fed with fresh or stored barley with or without vitamin E supplementation. **Annales Agriculturae Fenniae**, v.27, p.153–162, 1988.
- WALKER, W.R.; JOHNSON, D.D.; BRENDEMUHL, J.H.; et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal Animal Science**, v. 67, p.168 – 176, 1989.
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P. et al. Interactions between the beta adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p.3669-3676, 1990.
- WARRIS, P.D.; NUTE, G.R.; ROLPH, T.P.; et al. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, v.30, p.75 – 80, 1991.
- WOOD, J..D., WISEMAN, J. and Cole, D.J.A. 1994. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (Eds.). Principles of pig science. Nottingham University Press. London. 78: 446-448, 1994.

### *Capítulo III*

#### **Suplementação de selênio orgânico em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação**

*O artigo foi formatado de acordo com as normas para publicação na revista Livestock Science e adaptado para leitura de teses da Universidade Federal de Viçosa*

**RESUMO:** Visando-se determinar os efeitos da suplementação de selênio orgânico em dietas com ractopamina para suínos em terminação, foram utilizados 96 animais distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal contendo ractopamina e outras quatro rações obtidas pela suplementação da ração basal com quatro níveis de selênio orgânico (0.12, 0.24, 0.36 e 0.48 mg/kg) e um tratamento adicional sem adição de selênio e ractopamina durante 28 dias antes do abate. A adição de ractopamina aumentou o peso final, ganho de peso diário, e diminuiu o consumo de ração diário e a conversão alimentar dos animais. A suplementação de ractopamina proporcionou diminuição na espessura de toucinho e aumento na área de olho de lombo. A ractopamina influenciou as características qualitativas da carne promovendo aumento na força de cisalhamento e diminuição no índice de fragmentação miofibrilar. Os níveis de selênio orgânico nas dietas não influenciaram o desempenho e as características de carcaça dos animais. Os tratamentos não influenciaram as características qualitativas da carne com exceção da oxidação lipídica que decresceu linearmente. A utilização de 20 ppm de ractopamina resulta efeitos positivos no desempenho e características de carcaça, e determina ações negativas nos parâmetros de maciez da carne. O nível de selênio orgânico para suínos em terminação a partir de 85, 0 kg em dietas com 20 ppm de ractopamina é de 0,48 ppm.

**Palavras chave:** antioxidante, qualidade da carne, mineral, oxidação lipídica.

**ABSTRACT:** In order to determine the effects of supplementation of organic selenium in diets with ractopamine to finishing pigs , 96 animals were distributed in a completely randomized experimental design, with six treatments and eight replicates of two animals per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet containing ractopamine and other four diets obtained by supplementing the basal diet with four levels of organic selenium ( 0.12, 0.24, 0.36 and 0.48 mg / kg ) and an additional treatment without selenium and ractopamine for 28 days before slaughter. The addition of ractopamine increased body weight, daily weight gain, and decreased feed intake and feed conversion of animals. Ractopamine supplementation caused reduction in backfat and increased loin eye area. Ractopamine influenced the qualitative characteristics of meat for increasing the shear force and decrease in myofibrillar fragmentation index. The organic selenium levels in the diet did not influence performance and carcass characteristics of animals. The treatments did not affect the quality characteristics of the meat with the exception of lipid oxidation it decreased linearly. The organic selenium level for finishing pigs from 85.0 kg for diets containing 20 ppm of ractopamine is 0.48 ppm.

**Keywords:** antioxidant, lipid oxidation, meat quality, mineral.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias alimentícias têm buscado estratégias que permitam impedir ou limitar a oxidação de produtos cárneos, garantindo, assim, a segurança alimentar e a qualidade do produto, bem como a satisfação por parte do consumidor que tem se tornado cada vez mais exigente com relação à qualidade da carne.

Os lipídios na carne exercem papel importante, uma vez que estão envolvidos com as propriedades organolépticas e valor nutritivo, porém a oxidação desses lipídios promove descoloração, maior perda de água, além da produção de odores e sabores desagradáveis, fatores que limitam a aceitação da carne. Para controlar o processo de oxidação, o uso de antioxidantes torna-se importante.

Dentre os antioxidantes, pode-se destacar o selênio, que contribui para aumentar a capacidade antioxidante das células, uma vez que regula a atividade da enzima glutathione peroxidase, além de exercer influência nos hormônios da tireoide, aumentar a eficiência oxidativa da vitamina E (Papp et al, 2007), bem como o de estimular o sistema imune (Arthur, Mckenzi e Beckett., 2003), sendo mineral essencial para garantir o desempenho produtivo dos animais e a qualidade do produto final.

O fornecimento de selênio orgânico em substituição ao selênio inorgânico, nas dietas para suínos, tem-se se mostrado mais eficiente, uma vez que este mineral apresenta maior biodisponibilidade, o que leva a melhora do desempenho animal e permite aumento da concentração deste mineral na musculatura, beneficiando o consumidor final.

A produção de suínos tem sido feita no sentido de maximizar a produtividade e, ao mesmo tempo, atender a demanda do consumidor final, proporcionando carcaças com maior quantidade de carne, em detrimento à gordura. Visando atender

esse propósito, a ractopamina vem sendo utilizada, por promover o aumento da síntese proteica e diminuição da lipogênese. Sabe-se que a ractopamina é eficiente em melhorar o desempenho e as características de carcaça de suínos, porém, os resultados sobre a qualidade da carne ainda são controversos. Tem sido observado que esse  $\beta$ -adrenérgico pode exercer influência na qualidade da carne pela alteração da cor (Chang et al., 2003), além da diminuição da quantidade de ácidos graxos saturados e aumento da poliinsaturação de lipídios da carne suína (Apple et al., 2007), o que poderia levar ao aumento da oxidação, com consequente piora na qualidade final do produto.

Dessa forma, a suplementação com selênio orgânico, em dietas com ractopamina, pode ser uma alternativa para prevenir a oxidação lipídica e melhorar a qualidade da carne.

Assim, verifica-se a necessidade de se avaliar a adição de selênio orgânico em dietas com ractopamina, para suínos em terminação, bem como o efeito isolado da ractopamina, sobre desempenho, características de carcaça e qualidade da carne.

## 2. METODOLOGIA

Todos os métodos que envolveram o manejo dos animais foram realizados em conformidade com os regulamentos aprovados pela Comissão de Ética no uso de Animais (CEUA/UFV).

O experimento foi conduzido no período de novembro a dezembro de 2011, no galpão experimental de suínos, localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Oratórios - MG.

Foram utilizados 96 suínos machos castrados, híbridos comerciais (Agrocerec Pic), com peso médio inicial de  $84,2 \pm 2,22$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso. Na distribuição dos animais dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos mesmos.

Os tratamentos foram constituídos por uma ração basal, contendo 20 ppm de ractopamina, e outras quatro rações, obtidas pela suplementação da ração basal, com quatro níveis de selênio orgânico (0.12, 0.24, 0.36 e 0.48 ppm), em substituição ao inerte, e um tratamento adicional sem adição de ractopamina e selênio, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Para atender às recomendações sugeridas por Rostagno et al. (2011) os níveis de lisina digestível foram ajustados para 0,99% uma vez que as dietas foram suplementadas com ractopamina.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais dos animais e os aminoácidos industriais foram adicionados mantendo-se a relação com a lisina digestível, de acordo com as recomendações estabelecidas por Rostagno et al. (2011).

**Tabela 1** - Composições centesimal e calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de Selênio orgânico (ppm)					
	0	0	0,12	0,24	0,36	0,48
Milho	74,600	74,600	74,600	74,600	74,600	74,600
Farelo de soja	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100
Óleo vegetal	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877
Inerte	0,332	0,237	0,225	0,213	0,201	0,189
Fosfato bicálcico	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858
Calcário	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
Sal	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
L-Lisina HCL	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417
DL-Metionina	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138
L-Triptofano	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
L-Treonina	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149
L- Valina	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico <sup>3</sup>	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
BHT <sup>4</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Selênio® <sup>5</sup>	0,000	0,000	0,012	0,024	0,036	0,048
Ractopamina® <sup>6</sup>	0,000	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
EM (kcal/kg)	3230,00	3230,00	3230,00	3230,00	3230,00	3230,00
Proteína bruta (%)	15,42	15,42	15,42	15,42	15,42	15,42
Fósforo disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Cálcio (%)	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512
Lisina dig. (%)	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996
Treonina digestível (%)	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Triptofano (%)	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179
Met. + Cis. dig. (%)	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598
Valina (%)	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687	0,687
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Selênio (ppm)	0,000	0,000	0,120	0,240	0,360	0,480
Cloridrato de ractopamina (ppm)	0	20	20	20	20	20

<sup>1</sup>Composição por kg de ração: 1767 UI de vit. A; 454,5 UI de vit. D3; 14 UI de vit. E; 1 mg de vit. K; 0,252 mg de B1; 1,34 mg de B2; 0,252 mg de B6; 9,84 mcg de B12; 0,168 mcg de ácido fólico; 0,0075 mg de biotina; 3,3 mg de ácido pantotênico; 8,07 mg de Niacina.

<sup>2</sup>Composição por kg de ração: 0,012 g de Fe; 0,007 mg de Cu; 0,037 mg de Zn; 0,02 g de Mn; 0,71 mg de I, e 0,084 mg de Co.

<sup>3</sup>Farmaflor – Florfenicol 4%

<sup>4</sup>Butil hidroxi tolueno (BHT).

<sup>5</sup>Sel plex 1000 – 0,1% Se

<sup>6</sup>Transuin – cloridrato de ractopamina 2%

Os animais foram alojados em baias providas de comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta, localizadas em galpão de alvenaria, com piso de concreto, coberto com telhas de amianto.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (16 h) e de bulbo seco e bulbo úmido ( 8 h e 16 h) para posterior cálculo da umidade relativa.

As rações experimentais e a água foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental (28 dias). As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente, e os animais pesados no início e no final do período experimental, para cálculo do consumo de ração, do ganho de peso e da conversão alimentar.

Ao final do período experimental, todos os animais foram submetidos a jejum alimentar por 18 horas, após o qual foram pesados e encaminhados para abate no Frigorífico Industrial Vale do Piranga, localizado no município de Ponte Nova-MG, onde foram insensibilizados por eletronarrose, sangrados, escaldados e eviscerados.

Na linha de abate, as carcaças foram tipificadas individualmente, com auxílio de pistola STORK-SFK, utilizando o sistema informatizado “Fat-o-MeaterFour”. Foram obtidos dados de espessura de toucinho, profundidade de músculo, porcentagem de carne na carcaça, e rendimento de carcaça. Foram também, realizadas medidas do comprimento da carcaça e área de olho de lombo.

O comprimento da carcaça foi medido a partir do bordo cranial da sínfise pubiana até o bordo crânio ventral do Atlas (ABCS, 1973), e o resultado expresso em centímetros.

A medida da área do músculo *Longissimus dorsi* (ou área de olho de lombo) foi realizada na altura da 10ª costela. A área do músculo *Longissimus dorsi* foi limpa com a faca e coberta com filme de polietileno de baixa densidade. Sobre o filme de polietileno foi colocado uma transparência, e então realizado o desenho do contorno do lombo, com caneta retroprojeter de ponta fina, não incluindo os outros músculos (ABCS, 1973). Para obtenção da área, utilizou-se papel milimetrado. A transparência

foi colocada em cima do papel milimetrado, de forma que o maior número de pontos permanecesse dentro da área demarcada. Foi então, realizada contagem dos pontos dentro da área, sendo cada ponto equivalente a 1 cm<sup>2</sup>.

Foi coletada uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal. Em seguida as amostras foram congeladas em "freezer" horizontal, a -20 °C, para posterior análise das características qualitativas da carne. Com relação à qualidade da carne suína, foram avaliadas as seguintes características: perda de água no descongelamento e cocção, cor, maciez objetiva, índice de fragmentação miofibrilar (IFM) e oxidação lipídica. As análises foram realizadas no laboratório de qualidade de carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Para a quantificação da perda de água no descongelamento e cocção, as amostras congeladas foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas e armazenadas em geladeira doméstica por 24 horas a 4 °C para descongelarem. Após 24 horas, as amostras foram retiradas da geladeira, enxugadas levemente com toalha de papel e pesadas novamente. As mesmas foram assadas, após permanecer 30 minutos à temperatura ambiente, sem a adição de qualquer condimento, até que a temperatura interna atingisse 40 °C, a qual foi verificada por meio de termômetro. Na sequência, as amostras foram viradas e mantidas no forno até alcançarem a temperatura interna de 71 °C. Após, foram retiradas do forno, resfriadas e, então, foram novamente pesadas. A perda de líquido no descongelamento e na cocção foi expressa em porcentagem de água perdida em relação ao peso original da amostra (Bridi e Silva, 2007).

As amostras provenientes da determinação da perda por cocção foram cortadas com auxílio de uma sonda, em cilindros de 1,2 cm de diâmetro, orientados paralelamente ao eixo das fibras para análise da força de cisalhamento. Removeram-

se cinco cilindros de cada amostra, totalizando cinco medidas por animal avaliado. Estes cilindros foram submetidos a uma força de cisalhamento aplicada transversalmente ao seu comprimento, a uma velocidade de 5 mm/segundo, de modo que as fibras musculares estivessem orientadas perpendicularmente ao eixo de uma lâmina Warner Bratzler, acoplada a um texturômetro Texture Analyser TA – XT2I (Stable Micro Systems) (Barros, 2001).

Para a determinação do índice de fragmentação miofibrilar (MFI) foram necessários 4 g de tecido muscular de cada animal, homogeneizados em tampão (100 mM KCl; 20 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 20 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 1 mM MgCl<sub>2</sub>; 1 mM EDTA), nos liquidificadores de alta rotação do tipo "Waring". A leitura do MFI foi feita em espectrofotômetro Coleman, de 295 a 540 nm (Culler et al., 1978).

Para a análise de cor, as amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram descongeladas e ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada pela determinação no sistema HUNTER LAB, da luminosidade (L), do índice de vermelho (a) e do índice de amarelo (b), os quais foram medidos em espectrofotômetro Color Quest XE Hunter Lab. Todas as leituras foram armazenadas em um computador conectado ao espectrofotômetro e provido do sistema *Software Universal*.

O método utilizado para a análise da oxidação lipídica foi o Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbiturico (TBARS). Foram homogeneizados 10 g de amostra (duplicata) em turrax com 20 mL de ácido tricloroacético (TCA). Após, as amostras foram centrifugadas por 30 minutos e filtradas em papel filtro. As amostras filtradas (2 mL) foram transferidas para tubos de ensaio tampados, devidamente identificados, e adicionaram-se, a cada tubo 2 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), aquecendo-se os tubos fechados por 20 minutos para o

desenvolvimento da cor. Após resfriamento, a absorvância foi lida em espectrofotômetro, a 532 nm. Os resultados foram expressos em “número de TBARS”, definidos como a massa, em mg de malonaldeído (MDA), por 1000 g de amostra. As avaliações correspondem às médias das análises em duplicata, efetuadas para cada amostra (Rosmini et al., 1996).

A baía foi considerada a unidade experimental para as análises das variáveis de desempenho (consumo de ração diário, ganho de peso diário e conversão alimentar). Para as análises estatísticas de características de carcaça e de qualidade de carne cada animal foi considerado como sendo a unidade experimental. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAS (2002), seguindo o delineamento de blocos ao acaso. Foi feito contraste entre o tratamento sem adição de ractopamina e antioxidantes, e o tratamento com adição de ractopamina sem antioxidantes. A estimativa do melhor nível de selênio orgânico foi determinada por meio de análises de regressão linear e/ou quadrática, conforme melhor ajuste dos dados. Foram utilizados limites de 0,05.

## **2. RESULTADOS**

Os valores médios das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do ar durante o período experimental, foram de  $28,9 \pm 3,0$  °C,  $19,9 \pm 3,3$  °C e  $78 \pm 7,1$  %, respectivamente.

Foi observado efeito da ractopamina nos parâmetros de desempenho (Tabela 2). Os animais que receberam dietas contendo 20 ppm de ractopamina apresentaram aumento no peso final ( $P=0,012$ ), e no ganho de peso diário ( $P=0,02$ ). Entretanto, houve redução no consumo de ração diário ( $P=0,02$ ), e na conversão alimentar

(P=0,001) dos animais, em relação àqueles que não foram suplementados com o aditivo.

**Tabela 2** – Peso inicial, peso final, consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de suínos em terminação consumindo dietas com ou sem ractopamina.

Parâmetro avaliado	Nível de ractopamina (ppm)		Valor p	CV (%)
	0	20		
Peso inicial (kg)	84,2	84,1	0,87	2,38
Peso final (kg)	112,8b	116,3a	0,012	1,70
Consumo de ração diário (g/dia)	3.270b	3.050a	0,026	5,60
Ganho de peso diário (g/dia)	1.020b	1.150a	0,020	7,54
Conversão alimentar (g/g)	3,19b	2,69a	0,001	7,46

<sup>a,b</sup> – Médias diferentes na mesma linha diferem (P < 0,05) entre si pelo teste F.

A adição de ractopamina durante 28 dias resultou em menor (P=0,01) espessura de toucinho (Tabela 3).

Não foi verificado efeito (P>0,05) da adição de ractopamina sobre a profundidade de músculo, porcentagem de carne magra na carcaça e comprimento da carcaça, entretanto, animais que consumiram ração contendo o aditivo, apresentaram, em valores absolutos, maiores profundidade de músculo e porcentagem de carne magra na carcaça.

**Tabela 3** – Espessura de toucinho, profundidade de músculo, carne magra na carcaça, área de olho de lombo e rendimento de carcaça de suínos em terminação consumindo dietas com ou sem ractopamina.

Parâmetro avaliado	Nível de ractopamina (ppm)		p valor	CV (%)
	0	20		
Espessura de toucinho P2 (mm)	14,0b	13,1a	0,01	6,56
Profundidade de músculo (mm)	61,1	63,9	0,12	7,65
Carne magra na carcaça (kg/100kg)	56,3	57,2	0,91	6,70
Rendimento de carcaça (kg/100kg)	72,2	72,0	0,66	6,13
Comprimento da carcaça (cm)	98,9	98,8	0,82	2,33
Área de olho de lombo (cm <sup>2</sup> )	45,2b	49,4a	0,01	8,67

<sup>a,b</sup> – Médias diferentes na mesma linha diferem (P < 0,05) entre si pelo teste F.

A área de olho de lombo aumentou (P=0,01) em função da adição de ractopamina às dietas.

Não se constatou diferenças (P>0,05) com relação as perdas de água no descongelamento e cocção, coloração e oxidação lipídica na carne, em função da adição de ractopamina (Tabela 4).

A adição de 20 ppm de ractopamina às dietas proporcionou aumento (P=0,01) na força de cisalhamento e diminuição (P=0,01) no índice de fragmentação miofibrilar da carne suína.

**Tabela 4** – Força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, valores de L\*, a\* e b\*, perda de água no descongelamento, cocção e oxidação lipídica (TBARS) no músculo *longíssimus dorsi* de suínos em terminação consumindo dietas com ou sem ractopamina.

Parâmetro avaliado	Nível de ractopamina (ppm)		p valor	CV (%)
	0	20		
Perda de água no descongelamento (%)	4,88	4,71	0,68	31,4
Perda de água na cocção (%)	18,4	18,69	0,74	31,93
Força cisalhamento (Kgf)	2,44a	2,80b	0,01	8,94
Índice de fragmentação miofibrilar	77,48a	63,58b	0,01	2,44
Luminosidade - L*	44,38	43,89	0,39	3,62
Saturação - a*	0,68	0,60	0,64	68,62
Tonalidade - b*	5,64	4,97	0,07	17,66
TBARS (g/kg) <sup>1</sup>	0,874	0,913	0,76	29,0

<sup>a,b</sup> - Médias diferentes na mesma linha diferem (P < 0,05) entre si pelo teste F.

<sup>1</sup> - Oxidação lipídica.

Não se observou efeito (P>0,05) da inclusão de selênio orgânico sobre o peso final, consumo de ração diário, ganho de peso diário e conversão alimentar dos animais (Tabela 5).

**Tabela 5** – Peso inicial, peso final, consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de suínos em terminação em função dos níveis de selênio orgânico nas dietas.

Parâmetro avaliado	Níveis de selênio orgânico (ppm)					p valor	CV (%)
	0	0,12	0,24	0,36	0,48		
Peso inicial (kg)	84,1	84,1	84,2	84,3	84,4	0,94	1,27
Peso final (kg)	116,3	118,0	117,2	116,2	116,6	0,73	2,58
Consumo de ração diário (g/dia)	3.050	3.150	3.020	3.050	3.010	0,75	7,40
Ganho de peso diário (g/dia)	1.150	1.210	1.180	1.140	1.150	0,64	9,06
Conversão alimentar (g/g)	2,69	2,61	2,59	2,69	2,60	0,71	6,90

Não se constatou diferenças ( $P>0,05$ ) com relação às características de carcaça em função dos níveis de selênio orgânico nas dietas (Tabela 6).

**Tabela 6** – Espessura de toucinho, profundidade de músculo, carne magra na carcaça, área de olho de lombo e rendimento de carcaça de suínos em terminação em função dos níveis de selênio orgânico nas dietas.

Parâmetro avaliado	Níveis selênio orgânico (ppm)					p valor	CV (%)
	0	0,12	0,24	0,36	0,48		
Espessura de toucinho (mm)	13,1	13,1	13,2	13,2	13,4	0,96	10,26
Profundidade de músculo (mm)	63,8	62,2	62,6	62,9	61,8	0,89	9,56
Carne magra na carcaça (kg/100kg)	57,2	57,3	57,6	57,6	57,0	0,98	5,36
Rendimento de carcaça (kg/100kg)	72,0	72,4	71,4	72,9	71,2	0,78	6,14
Comprimento da carcaça (cm)	98,8	98,7	99,0	98,7	99,1	0,98	2,86
Área de olho de lombo (cm <sup>2</sup> )	49,4	48,9	49,0	49,1	48,6	0,98	8,45

As características qualitativas da carne não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos, com exceção da oxidação lipídica que decresceu ( $P=0,001$ ) linearmente em função do aumento dos níveis de vitamina E nas dietas (Tabela 7). A equação de linearidade da oxidação lipídica é dada por  $Y = 0,9256 - 0,7933X$  ( $R^2 = 0,97$ ).

**Tabela 7** – Força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, valores de L\*, a\* e b\*, perda de água no descongelamento, cocção e oxidação lipídica (TBARS) no músculo *longíssimus dorsi* de suínos em terminação em função dos níveis de selênio orgânico nas dietas.

Parâmetro avaliado	Níveis de selênio orgânico (ppm)					p valor	CV (%)
	0	0,12	0,24	0,36	0,48		
Perda de água no descongelamento (%)	4,71	4,78	4,78	4,64	4,73	0,99	35,62
Perda de água na cocção (%)	18,69	18,11	18,17	18,77	18,22	0,97	20,16
Força cisalhamento (Kgf)	2,80	2,82	2,80	2,83	2,83	0,99	10,62
Índice de fragmentação miofibrilar	63,58	63,07	62,80	61,76	62,02	0,07	3,07
Luminosidade - L*	43,89	44,21	43,60	44,49	43,92	0,83	5,13
Saturação - a*	0,59	0,58	0,62	0,61	0,62	0,99	48,49
Tonalidade - b*	4,97	5,32	4,68	4,92	4,89	0,29	16,5
TBARS (g/kg) <sup>1,2</sup>	0,914	0,862	0,706	0,645	0,547	0,001	19,52

<sup>1</sup> – Efeito linear

<sup>2</sup> – Oxidação lipídica

### 3- DISCUSSÃO

Considerando-se a faixa de temperatura ideal para suínos em terminação sugerida por Kiefer et al. (2010), que está entre 18 °C a 23 °C, pode-se inferir que os animais, provavelmente, foram submetidos a períodos de estresse por calor.

A suplementação de ractopamina aumentou em 3,27 kg o peso final, correspondente a uma melhora de aproximadamente 3,0 % no peso corporal de suínos. Esses resultados devem-se ao aumento verificado no ganho de peso diário. Resultados similares foram encontrados por Gu et al. (1991), que observaram aumento de 3,93 kg no peso final, e Garbossa et al. (2013) que verificaram aumento de 4,19 % no peso final de suínos suplementados com 20 ppm de ractopamina. Da mesma forma, Marinho et al. (2007), observaram aumento de 3,78% no peso final de suínos em terminação suplementados com 5 ppm de ractopamina.

A adição de ractopamina nas dietas proporcionou diminuição de 6,7 % no consumo de ração diário. Yen et al. (1990), Stites et al. (1991) e Marçal (2013) observaram redução no consumo de ração diário de suínos suplementados com 20

ppm de ractopamina. Esses resultados diferem, no entanto, daqueles observados por Almeida et al. (2010a), Sanches et al. (2010ab) e Campos et al. (2012), que não observaram influencia da ractopamina no consumo de ração dos animais. A divergência nos resultados observados podem estar relacionados às diferentes linhagens genéticas utilizadas.

A ractopamina proporcionou aumento de 0,130 kg no ganho de peso diário dos animais, o que corresponde a uma melhora de 12,74%. Campos et al. (2012) observaram aumento de 11% no ganho de peso diário de suínos suplementados com 5 ppm de ractopamina nas dietas. Barbosa et al. (2012) também encontraram resultados positivos no ganho de peso diário de suínos suplementados com 10 ppm de ractopamina, observando aumento de 7% neste parâmetro. Por outro lado, Pereira et al. (2008) não observou diferenças no ganho de peso de leitoas suplementadas com 5 ppm de ractopamina em dietas com 0,87% de lisina digestível. Segundo os autores o nível de lisina utilizado não foi suficiente para atender o potencial de crescimento dos animais. Assim, é provável que as ações mediadas pela ractopamina possa alterar os requisitos de aminoácidos, especialmente o teor de lisina em dietas com aumentos correspondentes para outros aminoácidos essenciais (Ferreira et al., 2013).

A suplementação de ractopamina nas dietas proporcionou melhora de 15,6% na conversão alimentar dos animais. Esses resultados são similares aos encontrados por Sanches et al. (2010b), que observaram diminuição de 36% na conversão alimentar de suínos suplementados com 20 ppm de RAC nas dietas, quando comparados aos animais sem suplementação desse aditivo. Efeitos positivos do uso da ractopamina sobre a conversão alimentar também foram relatados por Marinho et al. (2007), que observaram melhora de 12,5% quando suínos em terminação foram suplementados com dietas contendo 5 ppm de ractopamina, e Almeida et al.

(2010a) que relataram melhora de aproximadamente 4% na conversão alimentar dos animais suplementados com 5 ppm ractopamina. De acordo com Smith et al. (1995) as diferentes respostas observadas na literatura podem ser explicadas pela utilização de diferentes linhagens genéticas genéticas, níveis de inclusão e tempo de utilização do promotor, bem como pelo manejo nutricional.

A ractopamina promove um redirecionamento dos nutrientes onde ocorre aumento da síntese protéica e diminuição na lipogênese (Schinckel et al., 2003), melhorando assim o ganho de peso e conversão alimentar dos animais. Com o aumento na deposição de proteína, há também aumento na quantidade de moléculas de água agregadas, sendo fatores que justificam o aumento no ganho de peso associado à melhora na conversão alimentar (Marinho et al. 2007). Dessa forma, pode-se inferir que suínos alimentados com ractopamina são mais eficientes na utilização dos nutrientes.

Segundo Ferreira et al., (2013) a ractopamina pode ser mais eficiente em suínos acima dos 95 kg, devido à sobreposição da deposição de gordura em detrimento à deposição protéica que ocorre nessa fase. No presente trabalho este aditivo melhorou o desempenho de suínos a partir dos 84 kg, provavelmente nesses animais, a inflexão na curva de crescimento ocorre mais precocemente, o que justifica os resultados encontrados.

Animais que receberam dietas suplementadas com 20 ppm de ractopamina apresentaram ETP<sub>2</sub> 6,4% menor em relação àqueles que não receberam suplementação. Resultados similares foram encontrados por Marinho et al. (2007) que observaram redução de 7,5% na espessura de toucinho no P2 de animais suplementados com 5 ppm de ractopamina. Por outro lado Sanches et al. (2010b) não observaram influência dos níveis de ractopamina sobre a espessura de toucinhos dos

animais, o que segundo os autores aconteceu devido ao estresse térmico pelo qual os animais foram submetidos.

A ractopamina ao se ligar a receptores específicos existentes tanto nas células adiposas quanto nas musculares, desencadeia uma cascata de eventos promovendo o aumento na deposição muscular e redução na deposição de gordura (Watkins et al, 1990), entretanto esses eventos são mais pronunciados em animais acima dos 95 kg (Ferreira et al., 2013). De acordo com Dunshea et al. (1993) a taxa de síntese muscular pode ser aumentada em cerca de 30%, aliado a uma redução de cerca de 6% na deposição de gordura em animais suplementados com esse agonista.

Não foi observado efeito da ractopamina sobre a profundidade de músculo e porcentagem de carne magra dos animais. Entretanto, observou-se que animais suplementados com esse aditivo apresentaram aumento, embora não significativo, de 4,3% na profundidade de músculo e de 1,5% na porcentagem de carne magra na carcaça. Almeida et al. (2010b), Sanches et al. (2010b) e Campos et al. (2012) também não observaram efeito da adição de ractopamina sobre as características de carcaça dos animais. Por outro lado, Pereira et al. (2008), e Sanches (2010a) observaram efeitos positivos do agonista sobre esses parâmetros. Esses efeitos podem ser explicados em razão o aumento da musculatura esquelética devido à hipertrofia das fibras musculares, principalmente, das fibras intermediárias e brancas promovida pela adição do referido agonista (Aalhus et al.,1992). Entretanto, segundo Dunshea et al. (1993) esse aumento na quantidade de carne na carcaça dos suínos que receberam ractopamina na ração, se deve à menor ação da calpaína sobre a proteólise do músculo.

A suplementação de ractopamina não influenciou o rendimento e comprimento da carcaça dos animais. Estes resultados estão de acordo com os

encontrados por Almeida et al. (2010b) e Marçal (2013), que também não verificaram efeitos no comprimento e rendimento de carcaça de suínos em decorrência da adição de ractopamina nas dietas. Entretanto, há relatos mostrando que a ractopamina é capaz de influenciar esses parâmetros. Sanches et al. (2010a) observaram aumento de aproximadamente 5% no comprimento da carcaça de suínos suplementados com 20 ppm de ractopamina. Pereira et al. (2008) observaram aumento de 3,9% no rendimento de carcaça de suínos suplementados com 5 ppm de ractopamina. Amaral et al. (2009) ao suplementar suínos com 10 ppm de ractopamina, verificaram aumento de 1,32% no rendimento de carcaça. A ractopamina promove maior aumento na deposição de massa muscular em detrimento ao crescimento de órgãos e vísceras, o que determina o maior rendimento de carcaça observado em alguns trabalhos, porém esse resultado não foi observado neste estudo.

A suplementação de 20 ppm de ractopamina durante 28 dias resultou em aumento de 8,5% na área de olho de lombo dos animais, em relação àqueles não suplementados. Trabalho realizado por See, Armstrong e Weldon. (2004) demonstrou menores concentrações de uréia plasmáticas em suínos recebendo esse agonista, o que demonstra o aumento da síntese protéica e diminuição no catabolismo de aminoácidos, o que justifica o aumento observado na área de olho de lombo dos animais. A grande maioria dos trabalhos na literatura demonstram aumento na área de olho de lombo em decorrência da adição de ractopamina. Crome et al. (1996) verificaram aumento de 20%, Weber, Richert e Belury (2006), 11,18%, Amaral et al. (2009), 21,4%, Almeida et al. (2010b), 4,25%, Barbosa et al. (2012), 7,7%. Essas diferenças observadas nos diferentes trabalhos podem ser explicadas em decorrência dos níveis de ractopamina utilizados, bem como as diferentes linhagens

genéticas. A partir da inclusão de 5 ppm de ractopamina, já são observadas melhoras significativas no desempenho dos suínos, porém níveis mais elevados (10 e 20 ppm) apresenta benefícios mais pronunciados nas características de carcaça (See, Armstrong e Weldon. 2004).

A força de cisalhamento aumentou aproximadamente 15% em animais suplementados com ractopamina. O uso do referido agonista em suínos leva à obtenção de uma carne menos macia, como foi demonstrado em vários estudos (Warris et al. 1990, Xiong et al. 2006, Athayde et al. 2012). Alguns trabalhos entretanto, não demonstram influência da RAC na maciez da carne de suínos (Watkins et al. 1990, Bridi et al. 2006, Garbossa et al. 2013).

Uma meta-análise conduzida por Apple et al. (2007) mostrou que a força de cisalhamento aumentou em 4.4, 10.9 e 8.6% quando os animais foram suplementados com 5, 10 e 20 ppm de RAC respectivamente.

O valor observado para força de cisalhamento neste trabalho, não classifica a carne como dura, ou com perda de maciez, uma vez que, o valor limite para a dureza da carne suína segundo o National Pork Producers Council (1999), é de 3,2 kgf.

A proteólise miofibrilar medida pelo índice de fragmentação miofibrilar (IFM) diminuiu 17,9% em suínos suplementados com 20 ppm de RAC nas dietas. O índice de fragmentação miofibrilar (IFM) apresenta relação inversa com a força de cisalhamento, sendo que quanto maior o IFM mais macia será a carne, o que está consistente com os dados obtidos para força de cisalhamento.

De acordo com Wood, Wiseman e Cole (1994), a carne de suínos suplementados com RAC apresentam menor maciez, possivelmente como resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou pelo aumento da atividade da enzima proteolítica calpastatina (Leonardo, 2008).

A adição de ractopamina nas dietas não influenciou a coloração da carne medida por meio dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Da mesma forma, Armstrong et al. (2004) e Bridi et al. (2006) não observaram alteração na cor da carne suínos em decorrência da adição de ractopamina nas dietas. Porém alguns trabalhos têm demonstrado reduções sobre os valores de  $a^*$  e  $b^*$  em decorrência da adição de RAC. Carr et al. (2005) verificaram valores menores de  $a^*$  e  $b^*$  em animais suplementados com 5 e 7,4 ppm de ractopamina. Da mesma forma Fernández-Dueñas et al. (2008) também observaram que a suplementação de 10 ou 20 ppm de rac nas dietas promove redução nos valores de  $a^*$  e  $b^*$  e Almeida et al. (2010a) verificaram menores valores de  $a^*$  e  $b^*$  decorrentes da suplementação de 5 ppm de RAC.

O valor de  $a^*$  é indicativo da concentração de oximioglobina presente na carne (Uttaro et al., 1993). Dessa forma, carnes que apresentam valores menores de  $a^*$  apresentam coloração menos vermelha, o que não é interessante do ponto de vista da indústria.

De modo geral, o valor de  $b^*$  avalia os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (Bressan et al., 2004), e de acordo com Joo et al. (2002) alterações no valor de  $b^*$  podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular.

Os valores de  $L^*$  estão relacionados ao pH final da carne, onde valores de  $L^*$  aumentados indicam baixo pH final decorrente do rápido consumo de glicogênio anaerobicamente, resultando em grande produção de ácido lático, o que resulta em desnaturação das proteínas da carne, resultando em maior perda de água e maior reflexão da luz, conferindo aparência pálida, sendo indicativo de carne PSE (Juncher et al., 2001). Porém a carne de animais suplementados com agonistas  $\beta$ -adrenérgicos, tende a ter o aspecto DFD em função da limitação normal da acidificação *post mortem* (Ramos e Silveira, 2002).

As divergências nos resultados encontrados na literatura podem ser justificados pelos diferentes aparelhos utilizados para essa análise.

As perdas de água no descongelamento e cocção não foram influenciadas pela adição de ractopamina nas dietas. Da mesma forma, Zagury et al. (2002) e Bridi et al. (2006), não observaram efeitos da ractopamina sobre os parâmetros de perda de água. Por outro lado, Almeida et al. (2010a) e Garbossa et al. (2013) verificaram menor perda de água no gotejamento e Watanabe et al. (2012) verificaram maior perda de água na cocção decorrente da adição de ractopamina nas dietas. Segundo relatos de Warriss, Kestin e Brown (1989) animais que recebem ractopamina possuem carnes com aumento da capacidade de retenção de água devido ao pH final elevado, e por consequência há uma redução nas perdas de água durante o armazenamento, porém esses resultados não foram observados.

A oxidação lipídica medida pelo índice de TBARS não foi influenciada pela adição de ractopamina nas dietas, porém animais que receberam ractopamina apresentaram aumento de 4,6% na oxidação lipídica. Apple et al. (2008) e Garbossa et al. (2013) não verificaram efeito da adição de ractopamina na oxidação lipídica do músculo *longissimus dorsi* de suínos porém observaram aumento da oxidação em relação ao tempo de armazenamento.

Carr et al. (2005) afirmam que a suplementação de ractopamina influenciam os teores de ácidos graxos na gordura subcutânea, causando diminuição na quantidade de ácidos graxos saturados e aumento da poliinsaturação de lipídios da carne suína, podendo alterar o perfil de ácidos graxos da carne, tornando-o mais insaturado, porém alterações nos teores dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*, podem ocorrer com níveis mais altos de inclusão da ractopamina (Apple et al., 2007).

O aumento da relação entre ácidos graxos insaturados e saturados agrega maior valor à carne suína, uma vez que se torna um produto mais saudável, porém esse aumento não é vantajoso para a indústria, uma vez que aumenta a susceptibilidade à oxidação dessa gordura contida na carne.

O aumento dos níveis de selênio orgânico não influenciaram o ganho de peso dos animais, e, em decorrência disto, o peso final também não foi alterado. O consumo de ração e a conversão alimentar também não foram afetados pelos tratamentos. Esses resultados estão de acordo com os de Mahan e Parrett (1996), e Mahan, Cline e Richert (1999) que verificaram que não há resposta positiva sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação quando fontes orgânicas ou inorgânicas de selênio foram adicionadas às dietas. Kim e Mahan (2001) utilizando animais em crescimento e terminação, demonstraram que o desempenho de suínos em crescimento e terminação não é afetado quando as dietas são suplementadas com até 5 ppm de selênio, porém níveis acima de 5 ppm fizeram com que os animais apresentassem selenose. Da mesma forma relatos mais recentes sugerem não haver influência da adição de selênio orgânico sobre o desempenho dos animais (Mateo et al. 2007, Martinez et al. 2012 e Stupka et al. 2012). Por outro lado, Jang et al. (2010) observaram melhora no ganho de peso e conversão alimentar de suínos em crescimento e terminação recebendo dietas suplementadas com 0,3 ppm de selênio orgânico.

O selênio apresenta função imunomodulador, uma vez que pode melhorar a resposta imune protegendo macrófagos e leucócitos, fazendo com que sobrevivam a compostos tóxicos secretados por bactérias ingeridas, e ainda aumenta os títulos de anticorpos e fagocitose (Henry e Ammerman, 1995). Considerando os resultados obtidos nesse estudo, e os relatos de Henry e Ammerman (1995), pode-se inferir que

em condições onde não há estresse ou resposta inflamatória, a quantidade de selênio presente na dieta base é suficiente para o bom desempenho de suínos em terminação.

As características de carcaça dos animais, não foram influenciadas pela adição de selênio às dietas. Da mesma forma Wilkinson et al. (1977), Mahan, Cline e Richert. (1999) e Mateo et al. (2007) também não observaram respostas significativas da adição de selênio orgânico sobre as características de carcaça de suínos. Por outro lado, Stupka et al. (2012) observaram aumento na espessura de toucinho medida sobre a última vértebra torácica quando os animais foram suplementados com selênio, porém não observaram diferenças para os demais parâmetros relacionados às características quantitativas da carcaça.

Os resultados obtidos neste estudo estão consistentes com a maioria dos trabalhos analisados na literatura (Wilkinson et al., 1977, Mahan, Cline e Richert., 1999 e Mateo et al., 2007), mostrando que não há influência do selênio nas características quantitativas da carcaça de suínos, porém, torna-se necessário a realização de mais estudos, uma vez que há poucos trabalhos que relacionam o selênio com as características de carcaça de suínos.

A força de cisalhamento não foi influenciada pelos níveis de selênio nas dietas. A carne de suínos suplementados com ractopamina são mais duras, sendo o grau de dureza dependente do nível de inclusão de ractopamina (Moloney e Beermann, 1996). No presente estudo, este resultado não foi observado uma vez que o maior valor obtido para força de cisalhamento foi de 2,82 kgf, abaixo do valor 3,2 kgf, preconizado pelo National Pork Producers Council (1999), como valor limite, entre a maciez e a dureza da carne suína e, portanto, as carnes podem ser consideradas macias.

Os níveis de selênio orgânico nas dietas não exerceram influência no índice de fragmentação miofibrilar da carne. Da mesma forma Bobcek et al. (2004) não verificaram diferenças no índice de fragmentação miofibrilar em decorrência da adição de selênio orgânico nas dietas (0,3 mg/kg).

A coloração da carne, medida por meio dos valores de L\*, a\* e b\* não foi influenciada pelos tratamentos. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Mahan, Cline e Richert. (1999), Bobeck et al. (2004) e Lagin et al. (2008), que também não verificaram efeito da adição de selênio orgânico na coloração da carne de suínos.

O valor de L\* (luminosidade), dentre as demais medidas de cor (a\* e b\*), é o que tem uma correlação maior com a presença de carne PSE, sendo que quanto mais alta a luminosidade, mais pálida encontra-se a carne (Jensen et al. 1998). Neste estudo, os valores encontrados para L\* encontram-se dentro da faixa de normalidade, entre 43 e 49 (Bridi e Silva, 2007).

A descoloração das carnes frescas está relacionada com a oxidação de pigmentos e com a eficiência dos sistemas enzimáticos redutores da metamioglobina (Jensen et al., 1998), e, portanto, pode-se inferir que neste trabalho a quantidade de antioxidante presente na dieta basal foi suficiente para manter a estabilidade da cor da carne suína.

Os níveis de selênio orgânico nas dietas não influenciaram as perdas de água no descongelamento e cocção. Mahan e Kim (1996) não verificaram diferença na perda de água por gotejamento em decorrência da adição de selênio orgânico nas dietas (0,3 mg/kg), porém observaram que a suplementação de selênio inorgânico promoveu maior perda de água quando comparada a suplementação com selênio orgânico. Por outro lado, Bobcek et al. (2004) verificaram que a carne de animais

suplementados com selênio orgânico (0,3 mg/ kg) apresentaram tendência a menor perda de água por gotejamento quando comparado a dieta basal com 0,1 mg/kg de selênio orgânico.

O selênio, como antioxidante, evita a oxidação dos lipídios de membrana, e promove a manutenção da integridade da membrana celular, o que é fundamental para evitar a perda de água. Porém esse resultado não foi observado, provavelmente pelo uso da ractopamina, a qual aumenta a capacidade de retenção de água na carne (Warriss et al., 1990, Moller, Bertelsen e Olsen., 1992 e Wood, Wiseman e Cole, 1994).

Animais que receberam 0,48 mg/kg de selênio orgânico nas dietas apresentam diminuição de 40% na oxidação lipídica em comparação com o tratamento basal. Bobcek et al. (2004) testaram o efeito da suplementação de selênio orgânico para suínos em terminação (0,18 e 0,3 mg/kg) e observaram menor taxa de oxidação na carne de animais suplementados com 0,3 mg/kg de selênio.

A deterioração oxidativa pode trazer perdas nos valores nutricionais e na qualidade da carne, sendo que para aumentar a estabilidade oxidativa da mesma, antioxidantes poderão ser adicionados à dieta dos animais (Downs, Hess e Bilgili., 2000).

O limiar de detecção de rancidez para carne suína fresca é de 0,5 mg de dialdeído malônico (MDA) por kg de amostra (Dunshea et al. 2005), sendo que valores acima deste causam sabor desagradável para os consumidores (Leick et al. 2010). Dessa forma apenas o tratamento com adição de 0,48 mg/kg de selênio orgânico se permaneceu dentro dos padrões aceitáveis para a carne suína.

### 3. CONCLUSÕES

A utilização de 20 ppm de ractopamina resulta efeitos positivos no desempenho e características de carcaça, e determina ações negativas nos parâmetros de maciez da carne.

O nível de selênio orgânico para suínos em terminação a partir de 85, 0 kg em dietas com 20 ppm de ractopamina é de 0,48 ppm.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J.L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C. et al. The effect of ractopamina on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, p.397-409, 1992.
- ALMEIDA, E.C.; FIALHO, E.T.; RODRIGUES, P.B. et al. Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1961-1968, 2010b.
- ALMEIDA, V,V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B. et al. Ractopamina, cromometionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.1969-1977, 2010a.
- AMARAL, N.O. FIALHO, E.T.; CANTARELLI, V.S. et al. Ractopamine hydrochloride in formulated rations for barrows or gilts from 94 to 130 kg. **Journal of Animal Science**, v. 38, p. 1494-1501, 2009.
- APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; KUTZ, B.R. et al. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2717-2722, 2008.

- APPLE, J.K.; RINCKER, P.J.; MCKEITH, F.K. et al. Review: metaanalysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, v.23, p.179-196, 2007.
- ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R. et al. The effect of dietary ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3245-3253, 2004.
- ARTHUR, J.R.; MCKENZI, R.C., BECKETT, G.J. Selenium in the immune system. **Journal of Nutrition**, v.133, p.1457-1459, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. 1973. **Método brasileiro de classificação de carcaças**. Estrela, RS.
- ATHAYDE, N.B.; COSTA, O.A.D.; ROÇA, R.O. et al. **Influência da ractopamina na qualidade da carne suína**. In Comunicado Técnico, Embrapa, 2012.
- BARBOSA, C.H.T.; SILCA, C.T.C.; SOUZA, V. et al. Ractopamine in diets for finishing pigs of different sexual categories. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1173-1179, 2012.
- BARROS, L.B. Efeito de diferentes níveis de lisina na dieta sobre a qualidade da carne de fêmeas suínas abatidas em diferentes pesos. 2001. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BOBCEK, B.; LAHUCKY, R.; MRAZOVA, J. et al. Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. **Czech Journal Animal Science**, v.49, P.411–417, 2004.
- BRESSAN, M. C.; JARDIM, N.S.; PEREZ, J.R.O. et al. Influência do sexo e faixas

- de peso ao abate nas características físico-químicas da carne de capivara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 357-362, 2004.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, V.1, 97p. 2007.
- CAMPOS, P.F.; SILVA, F.C.O.; FERREIRA, A.S. et al. Available phosphorus in diets with or without ractopamine for late finishing gilts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.630-635, 2012.
- CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEFER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamina hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 223-230, 2005.
- CHANG, K. C.; da COSTA, N. BLACKLEY, L. et al. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, Barking, v. 64, p. 93-103, 2003.
- COMBS Jr., G. F. Influences of dietary vitamin E and Selenium on the oxidant defense system of the chick. **Poultry Science**, v. 60, p. 2098-2105, 1981.
- CROME, P. K.; MCKEITH, K.; CARR, T.R. F et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 709-716, 1996.
- CULLER, R.D.; PARRISH JR., F.C.; SMITH, G.G. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics

- of bovine *Longissimus* muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
- DOWNS, K.M.; HESS, J.B.; and BILGILI, S.F. Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. **Journal of Applied Animal Research**, v. 18, p. 61–72, 2000.
- DUNSHEA, F. R.; SOUZA de, D.N.D.; PETHICH, D.W.et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, v. 71, p.8-38, 2005.
- DUNSHEA, F. R.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G. et al. Interrelationships between sex and Ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2919-2930, 1993.
- FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, G.M.; SILVA, F.C.O. et al. Ractopamine for Pigs: A Review about Nutritional Requirements. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 9, p. 276-285, 2013.
- FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A.J.; SCRAMLIN, S.M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, v.86, p.3544-3550, 2008.
- GARBOSSA, C.A.P.; SOUZA, R.V.; SOUZA, V. et al. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.325-333, 2013.
- GU, Y.; SCHINCKEL, A.P.; FORREST, J.C. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: I. Growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**,

v.69, p.2685-2693, 1991.

HENRY, P.R. AND AMMERMAN, C.B. Selenium Bioavailability. In: C.B. AMMERMAN, D.H. BAKER AND A.J. LEWIS (Eds). Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins. Academic Press, San Diego, CA, USA, 1995. p. 303-336.

JANG, Y. D.; CHOI, H. B.; DUROSOY, S. et al. Comparison of Bioavailability of Organic Selenium Sources in Finishing Pigs. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, v.23, p.931 – 936, 2010.

JENSEN, C.; ENGBERG, R.; JAKOBSEN, K. et al. Influence of the oxidative quality of dietary oil on broiler meat storage stability. **Meat Science**, v. 47, p.211-222, 1998.

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

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

KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA., E.A. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.2, p. 496-504, 2010.

KIM, Y.Y. and MAHAN, D. C. Effect of dietary selenium source, level, and pig hair color on various selenium indices. **Journal of Animal Science**, v.79, p.949-955, 2001.

LAGIN, L. BOBCEK, B. MRAZOVAL, J. et al. The effect of organic selenium on slaughter value, physical-chemical and technological quality characteristic of

- pork. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.24,p 97-107, 2008.
- LEICK, C.M.; PULS, C.L.; ELLIS, M. et al. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2751-2766, 2010.
- LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos.** (2008). 65p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- MAHAN, D. C.; CLINE, T. R. and RICHERT, B. Effects of dietary levels of selenium enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics and loin quality. **Journal Animal Science**, v.77, p.2172-2179, 1999.
- MAHAN, D.C. and KIM, Y.Y. Effect of inorganic or organic selenium at two dietary levels on reproductive performance and tissue selenium concentrations in first parity gilts and their progeny. **Journal Animal Science**, v.74:2711-2718, 1996.
- MAHAN, D.C. and PARRET, N.A. 1996: Evaluating the efficacy of Se enriched yeast and inorganic selenite on tissue retention and serum glutathione peroxidase activity in grower finisher swine. *Journal of Animal Science*, v.74, p.2967-2974, 1996.
- MARÇAL, D.A. **Planos de suplementação com ractopamina para suínos machos castrados em terminação.** (2013). 38p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1791-1798, 2007.
- MARTINEZ-GOMEZ, N.; DOMINGUES-LOPES, A.; JESUS, E. et al. Efecto de la levadura enriquecida con selenio y selenito de sodio en la dieta de cerdos en finalización sobre el contenido de grasa intramuscular y acidos grasos. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.15, p.41-46, 2012.
- MATEO, R. D.; SPALLHOLZ, J. E.; ELDER, R.; et al. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. **Journal Animal Science**, v. 85, p.1177-1183, 2007.
- MØLLER, A. J.; BERTELSEN, G; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen, M. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, p. 225, 1992.
- MOLONEY, A.P., BEERMANN, D.H. (1996). Mechanisms by which  $\beta$ -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In ENNE, G., KUIPER, H.A.,
- NPCC - NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL Pork quality targets. 1999.
- PAPP, L. V.; LU, J.; HOLMGREN, A. et al. From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 9, n. 7, p. 755-806, 2007.
- PEREIRA, F.A.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características

- de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.943-952, 2008.
- RAMOS, F. & SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal: III Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 97, p. 51-62, 2002.
- ROSMINI, M. R., PERLO, F., PÉREZ-ALVAREZ, J.A. et al. TBA test by an extractive method applied to 'pate'. **Meat Science**. v. 42. p.103-110, 1996.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Horácio Santiago Rostagno, 186p., 2011.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A.S. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1523-1529, 2010b.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, p.373-378, 2010a.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pig fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1106-1119, 2003.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; and WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2474-2480, 2004.
- SMITH, W. C.; PURCHAS, R.W.; ENKERVORT, A.V. et al. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural**

**Research**, v. 38, p. 373- 380, 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 1686p.

STITES, C.R.; McKEITH, F.K.; SINGH, S.D. et al. The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3094-3101, 1991.

STUPKA, R.; CITEK, J.; SPRYSL, M. et al. The effect of organic selenium and the duration of its use on selected indicators of fattening capacity and carcass value in hybrid pigs. **Research in Pig Breeding**, v.6, 2012.

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

WARRIS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3669-76, 1990.

WARRISS, P. D.; KESTIN, S. C.; BROWN, S. N. The effect of beta-adrenergic agonists on carcass and meat quality in sheep. **Animal Production**, Bletchley, v. 48, p. 385 –392, 1989.

WATANABE, P.H., THOMAZ, M.C., PASCOAL, L.A.F. et al. Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1381-1388, 2012.

WATKINS, L.E.; JONES, D.J; MOWREY, D.H. et al. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics

- of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 3588-3595,1990.
- WEBER, T. E., B. T. RICHERT, M. A and BELURY, Y. 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**, v.84, p.720–732, 2006.
- WILKINSON, J. E.; BELL. M. C.; BACON, J.A. et al. Effects of supplemental selenium on swine. II. Growing-finishing. **Journal Animal Science**, v.44, p.229-233, 1977.
- WOOD, J..D., WISEMAN, J. and COLE, D.J.A. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (Eds.). **Principles of pig science**. Nottingham University Press. London. 78: 446-448, 1994.
- XIONG, Y. L., GOWER, M.J.; LI, C. et al. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, v.73, p.600-604, 2006.
- YEN, J.T.; MERSMANN, H.J.; HILL, D.A. et al. Effects of ractopamina on genetically obese and lean pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, p.3705-3712, 1990.
- ZAGURY, F.T.R.; SILVEIRA, E.T.F.; VELOSO, J.A.F. et al. Effects of ractopamine (Paylean®) on lean meat accretion and pork quality. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 17., 2002, Iowa. **Proceedings...** Iowa: 2002.

## ***CONCLUSÕES GERAIS***

Conclui-se que o nível de vitamina E em dietas com ractopamina durante 28 dias para suínos em terminação a partir dos 85,0 kg é de 100 UI/kg. A utilização de 20 ppm de ractopamina resulta efeitos positivos no desempenho e características de carcaça, e determina ações negativas nos parâmetros de maciez da carne. O nível de selênio orgânico para suínos em terminação a partir de 85, 0 kg em dietas com 20 ppm de ractopamina é de 0,48 ppm.