

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE RACTOPAMINA EM
DIETAS PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS EM
TERMINAÇÃO**

*PERIOD OF RACTOPAMINE SUPPLEMENTATION IN DIETS FOR
FINISHING BARROWS*

Bruna Ferreira de Oliveira

CAMPO GRANDE
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
FEVEREIRO DE 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE RACTOPAMINA EM
DIETAS PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS EM
TERMINAÇÃO**

*PERIOD OF RACTOPAMINE SUPPLEMENTATION IN DIETS FOR
FINISHING BARROWS*

Bruna Ferreira de Oliveira
Médica veterinária

Orientador: Prof. PD. Charles Kiefer

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
como requisito à obtenção do título de
Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
FEVEREIRO DE 2012

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela oportunidade de realização dos meus sonhos;

Aos meus pais, Manoel e Maria e irmãs Aline e Leticia que me apoiaram, me fortalecendo durante todo o período do curso.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade de realização do curso;

Ao Professor Charles Kiefer pela amizade, orientação e apoio em toda minha formação profissional;

Ao Professor Alfredo Sampaio Carrijo (*in memoriam*) pela co-orientação e apoio durante a pós graduação.

A todos os estagiários dos cursos de Zootecnia e Medicina Veterinária da UFMS, que com muito empenho foram importantes para a realização dos trabalhos.

Ao meu noivo, Cesar Augusto pelo companheirismo e apoio nessa fase importante.

A todos os meus amigos do Mestrado pela amizade, proporcionando muitos momentos bons.

E a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu pudesse realizar este curso.

"As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém, leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos ".

(Paulo Baleki)

LISTA DE FIGURAS

	“Página”
Figura 1 - Estrutura química da epinefrina e norepinefrina.....	14
Figura 2 - Estrutura química da ractopamina.....	15
Figura 3 - Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos.....	17

LISTA DE TABELAS

	“Página”
Tabela 1 - Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais	34
Tabela 2 - Desempenho de suínos machos castrados em terminação suplementados com ractopamina durante 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias.....	37
Tabela 3 - Características de carcaça de suínos machos castrados em terminação suplementados com ractopamina durante 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias.....	41

SUMÁRIO

	“Página”
INTRODUÇÃO	9
1 Fatores que influenciam o desempenho e características de carcaça de suínos.....	10
1.1 Potencial genético dos suínos	10
1.2 Sexo	11
1.3 Idade e peso ao abate	11
1.4 Temperatura ambiente	12
1.5 Aditivos modificadores do metabolismo animal	13
2 Ractopamina	14
2.1 Características e mecanismo de ação da ractopamina	14
2.2 Processo de dessensibilização celular e <i>down regulation</i>	17
2.3 Efeitos da ractopamina sobre os tecidos muscular e adiposo	18
2.4 Ractopamina e desempenho.....	19
2.5 Ractopamina e características de carcaça	20
2.6 Período de suplementação de ractopamina	21
REFERÊNCIAS	24
PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE RACTOPAMINA EM DIETAS PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS EM TERMINAÇÃO	29
Resumo	29
Abstract.....	30
Introdução	31
Material e Métodos	32
Resultados e Discussão	36
Conclusões	43
Referências.....	44

RESUMO

A ractopamina é um agonista β adrenérgico utilizado na dieta dos suínos como melhorador de carcaça, proporcionando maior percentual de carne magra. Alguns fatores podem influenciar a eficácia do aditivo, como o período de suplementação da ractopamina, no qual tem-se recomendado a suplementação até quatro semanas, devido à redução das respostas em função do fenômeno chamado *down-regulation* ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos. Desse modo o objetivo do estudo foi determinar o período ideal de suplementação de 20 ppm de ractopamina nas dietas de suínos machos castrados em terminação. Foram utilizados 50 suínos machos castrados com peso inicial de $65,85 \pm 4,34$ kg. Os animais foram distribuídos no delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de suplementação de ractopamina pré-abate), sendo quatro repetições para os tratamentos 0, 7, 14, 21 e 28 dias e cinco repetições para o tratamento suplementado por 35 dias. Cada unidade experimental foi composta por dois animais. O ganho de peso diário aumentou ($P < 0,07$) e a conversão alimentar melhorou ($P < 0,03$) linearmente de acordo com o aumento do período de suplementação de ractopamina pré-abate. O peso de carcaça quente, a quantidade de carne magra e o índice de bonificação aumentaram linearmente ($P < 0,01$) com o aumento do período de suplementação de ractopamina. O retorno econômico para quantidade de carne magra produzida por animal melhorou ($P < 0,01$) até o período de sete dias de suplementação de ractopamina, a partir do qual se manteve no platô. A suplementação de 20 ppm de ractopamina na dieta dos suínos machos castrados em terminação durante o período de 35 dias aumenta o ganho de peso, melhora a conversão alimentar, aumenta o peso de carcaça quente, a quantidade de carne magra e o índice de bonificação. O retorno econômico para quantidade de carne magra produzida por animal ocorre a partir do sétimo dia de suplementação de 20 ppm de ractopamina na dieta.

Palavras-chave: aditivo, beta adrenérgico, características de carcaça, custo de suplementação

ABSTRACT

Ractopamine β -adrenergic agonist that is incorporated into feed rations finishing swine to improvement carcass and meat quality. Factors may influence the effectiveness of the additive like feed period. Recommended feed supplementation to four weeks because, the constant ractopamine response reduced, due to either down regulation or desensitization of the β 1- adrenergic receptors. The study was conducted to determine the optimal period of supplementation of 20 ppm of ractopamine in diets of finishing barrows. Fifty pigs, with initial weight of 65.85 ± 4.34 kg were used. The pigs were distributed in randomized blocks design of six treatments (supplementation of ractopamine for 0, 7, 14, 21, 28 and 35 days pre-slaughter), with four replications for treatments 0, 7, 14, 21 and 28 days and five replicates for the treatment supplemented by 35 days. Each experimental unit consisted of two animals. The daily weight gain increased ($P < 0.07$) and feed conversion improved ($P < 0.03$) linearly with increasing the period of ractopamine supplementation pre-slaughter. The hot carcass weight, the amount of lean meat and the index of carcasses increased linearly ($P < 0.01$) with increasing period of ractopamine supplementation. The economic return for the amount of lean meat produced per animal improved ($P < 0.01$) until the period of seven days of supplementation with ractopamine, from which remained at plateau. Supplementation of 20 ppm of ractopamine in the diet of finishing barrows during the 35 days increases the weight gain, improved feed conversion, increases the hot carcass weight, the amount of lean meat and the index of carcasses. The economic return for the amount of lean meat produced per animal occurs from the seventh day of supplementation of 20 ppm of ractopamine in the diet.

Key-words: additive, beta-adrenergic, carcass characteristics, cost of supplementation

INTRODUÇÃO

Atualmente, a carne suína representa a proteína de origem animal mais consumida no mundo, no entanto seu consumo varia amplamente entre os países em virtude de hábitos ou proibições religiosas. A União Europeia e a China são os maiores consumidores correspondendo a 41,80 e 37,10 kg/pessoa/ano, respectivamente. No Brasil o consumo é de aproximadamente 15 kg/pessoa/ano (Abipecs, 2011).

A nutrição é responsável por 70% dos custos na produção de suínos, nesse sentido, medidas adotadas para diminuir o tempo de permanência dos animais na granja, tornam-se necessárias principalmente para os produtores.

O mercado consumidor mundial tem exigido carnes com menor quantidade de gordura, e as variações na composição de carcaça dos suínos estão relacionadas com o potencial genético, a idade, o sexo, o peso, a temperatura ambiente, além da realização adequada do manejo sanitário e nutricional (Fávero et al., 1997).

Nesse sentido, o foco das agroindústrias tem sido trabalhar com linhagens selecionadas para produção de alta porcentagem de carne magra na carcaça, além de planos nutricionais como o emprego de aditivos na dieta dos animais.

Entre os aditivos utilizados como melhorador de carcaça está a ractopamina que é uma alternativa nutricional dos suínos, por modificar o metabolismo animal agindo nas células adiposas e musculares. Tem-se observado que a eficiência deste β agonista na redução do tecido adiposo do animal possivelmente seja mais dependente da sua atividade de bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise (Schinkel et al., 2003).

Tem-se constatado que alguns fatores podem influenciar a resposta dos suínos à ractopamina, dentre os quais estão a genética (Bark et al., 1992), o sexo e o peso dos animais (Crome et al., 1996), os níveis de aminoácidos da dieta (Marinho et al., 2007b) e o nível de inclusão de ractopamina (Sanches et al., 2010a,b). O desempenho e as

características de carcaça dos suínos também podem ser influenciados pelo período de suplementação de ractopamina na dieta, e a máxima resposta tem sido obtida entre três (Williams et al., 1994) a cinco semanas de suplementação do aditivo (Armstrong et al., 2004). Porém, na prática, tem-se recomendado a suplementação até quatro semanas, devido à redução das respostas em função do fenômeno chamado *down-regulation* ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos (Moody et al., 2000).

1 Fatores que Influenciam o Desempenho e Características de Carcaça de Suínos

1.1 Potencial genético dos suínos

A exigência do mercado por carcaças com menor teor de gordura tem levado ao contínuo melhoramento e aprimoramento dos animais, obtendo-se linhagens com alta capacidade de ganho em peso e de deposição proteica nas carcaças, sendo esses fatores importantes a serem considerados no momento do manejo nutricional.

As diversas revisões sobre os fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos citam a genética dos animais como uma das principais fontes de variação. Contudo, deve-se conhecer a genética de modo que se realize o manejo nutricional adequado.

O potencial de produção de carne dos animais começa a ser definido ainda na fase pré natal, influenciado por fatores genéticos e de meio ambiente durante o desenvolvimento embrionário. Esse potencial é caracterizado pelo número de fibras musculares formado na miogênese pré natal e pelo grau de hipertrofia dessas fibras no pós natal (Fávero et al., 1997). A herdabilidade para número de fibras musculares situa-se, em sua maioria, entre 0,20 a 0,50 caracterizando-a como importante influência genética (Rehfeldt et al., 2000). Animais com genótipos para alta capacidade de produção de carne magra atingem o potencial máximo de deposição em pesos mais elevados (Fávero et al., 1997).

1.2 Sexo

Os suínos apresentam diferenças quanto ao desempenho zootécnico e características de carcaça em função do sexo, em que machos não castrados apresentam melhor eficiência alimentar, maior percentual de carne magra e menor quantidade de gordura corporal em relação às fêmeas e aos machos castrados (Bonneau & Enright, 1995).

Suínos machos castrados alimentados à vontade apresentam menor percentual de carne magra do que as fêmeas com o mesmo peso de abate (Leymaster & Mersmann, 1991). Além disso, fêmeas consomem 10 a 12% menos alimento e são aproximadamente 4% mais eficientes durante o período de terminação, produzindo carcaças com maior acúmulo de tecido muscular e menor de gordura, resultando em carcaças de qualidade superior às dos machos castrados (Ellis et al., 1996). Os machos castrados apresentam menor capacidade de incorporar aminoácidos aos tecidos musculares em virtude da ausência de hormônios sexuais, presentes nas demais categorias.

Entretanto, a influência do sexo na composição de carcaça não é evidenciada nas fases iniciais de crescimento, pois essas diferenças manifestam-se próximo dos 30 kg de peso e durante as fases de crescimento e terminação.

1.3 Idade e Peso ao Abate

A idade e peso o abate influenciam a qualidade da carcaça, visto que nas fases de crescimento e terminação ocorre o aumento do percentual de gordura na carcaça comparado as fases iniciais de crescimento do leitão.

Dessa forma, para obter melhores resultados durante os programas nutricionais o ideal é conhecer as curvas de crescimento do animal, uma vez que durante o desenvolvimento, sobretudo nas fases iniciais da vida do leitão, ocorre aumento linear da deposição de proteína e gordura decorrente do ganho diário até o ponto em que o potencial

máximo da taxa de deposição é atingido. A partir deste ponto, o excesso de nutrientes da dieta é desviado para a deposição de gordura. A consequência é o aumento da espessura de toucinho e redução do percentual de carne magra na carcaça (Whittemore, 1996).

1.4 Temperatura Ambiente

O consumo de alimento dos suínos pode ser influenciado por inúmeros fatores, no entanto, um dos principais é a temperatura ambiente, podendo influenciar negativamente sobre o ganho de peso diário e a conversão alimentar, refletindo na composição de carcaça.

Quando os animais estão na zona de conforto térmico (22-25°C), o consumo de alimento é ditado pelas suas características peculiares como o genótipo e sexo e apresentando um desempenho dentro de suas potencialidades (Fávero et al., 1997).

Entretanto, sob condições de baixas temperaturas ambientais, inferior a 15°C, as alterações fisiológicas e metabólicas estão associadas com aumento da secreção dos níveis dos hormônios produzidos pela glândula tireóide, que por sua vez, utiliza o iodo para sintetizar os hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), responsáveis pelo controle do metabolismo celular na musculatura esquelética, fígado e rins, que são importantes fontes de calor para o animal (Ferreira et al., 2006). Além disso, os suínos tendem a aumentar o consumo para manter a temperatura corporal.

No entanto, em situações de estresse por calor (30-32°C) têm-se constatado a intensificação da dissipação de evaporação pelo trato respiratório seguida da redução no consumo de alimento na tentativa de reduzir a produção de calor corporal dos suínos (Lopez et al., 1991) com o propósito de manutenção da homeostase térmica, conseqüentemente, ocorre a redução da ingestão de energia.

Essas respostas fisiológicas e metabólicas resultam em menor taxa de crescimento, reduzida eficiência de utilização do alimento e alterações na composição de carcaça, além

da redução do peso de órgãos internos associados com a redução de consumo. Assim, para garantir o atendimento das exigências nutricionais, deve-se aumentar os níveis dos nutrientes nas rações para os animais expostos ao calor, modificando-se a densidade energética da ração, como a inclusão de óleo nas rações por apresentar baixo incremento calórico e alta densidade energética (Tavares et al., 2000).

1.5 Aditivos Modificadores do Metabolismo Animal

Aditivos são substâncias com propriedades funcionais digestivas ou equilibradoras da flora do trato digestório que são adicionados as dietas ou água de bebida dos animais ou administrados diretamente ao animal por via oral. Os aditivos podem ainda ser referenciados como substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente aos alimentos com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades (Brasil, 2004). Dentre os aditivos, os modificadores metabólicos têm utilidade na produção animal, uma vez que possuem a capacidade de alterar o crescimento animal (Guyton & Hall, 2006).

Os aditivos modificadores do metabolismo animal podem alterar as taxas de anabolismo proteico, modificar a proporção de proteína em relação a gordura, alterar o perfil de ácidos graxos na carne ou alterar o metabolismo *post mortem* (Guyton & Hall, 2006). Alguns modificadores metabólicos são compostos por vitaminas e metabólitos vitamínicos (Lawrence & Coppack, 2000) e compostos semelhantes a vitamina, que fornecem benefícios adicionais a carcaça quando adicionados em níveis superiores às exigências dos animais (Heo et al., 2000). Dentre os aditivos modificadores do metabolismo animal utilizados nutricionalmente estão os agonistas-beta adrenérgicos, com destaque para a ractopamina.

2 Ractopamina

2.1 Características e Mecanismo de Ação da Ractopamina

No Brasil desde 1996, quando ocorreu a aprovação do uso da ractopamina na alimentação de suínos, tem-se à disposição uma alternativa para potencializar o desempenho e a produção de carne desses animais. A ractopamina é um agonista β -adrenérgico do grupo das fenetanolaminas com estrutura análoga às catecolaminas, epinefrina e norepinefrina. As fenetanolaminas fazem parte de uma classe de compostos que se ligam aos receptores α e β adrenérgicos e são caracterizado pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (Figura 1 - Smith, 1998).

As catecolaminas podem ser divididas em naturais e sintéticas. As naturais são representadas pela epinefrina, norepinefrina e dopamina, enquanto que as sintéticas são clenbuterol, salbutamol, mabuterol, terbutalina, ractopamina, entre outras (Smith, 1998). Dentre estas, a mais utilizada como aditivo β adrenérgico na nutrição de suínos é a ractopamina (Figura 2).

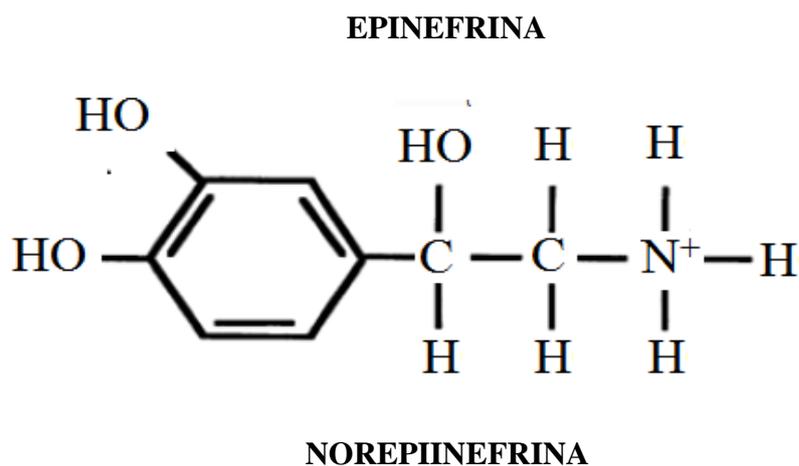


Figura 1. Estrutura química da epinefrina e norepinefrina (Adaptado de Smith, 1998).

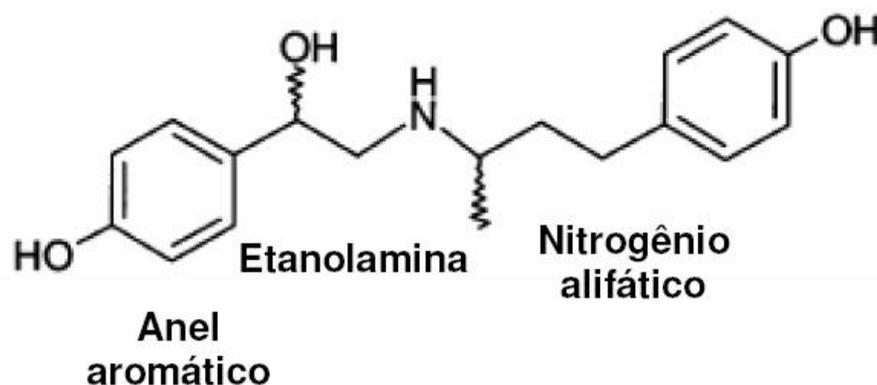


Figura 2. Estrutura química da ractopamina (Adaptado de Smith, 1998).

Como atribuições primárias das ações dos agonistas β adrenérgicos são conferidas ao anel aromático a potencialidade, enquanto a cadeia lateral é responsável pela seletividade dos receptores (Dove & Franke, 1991). Os mecanismos químicos envolvidos na potência devem-se, principalmente, as ligações de hidrogênio e a transferência de cargas, enquanto a afinidade para os receptores do tipo β depende, fundamentalmente, da propriedade estereo-seletiva da cadeia lateral aminada (Ramos & de Silveira, 2001).

Assim, a atividade biológica de um agonista β adrenérgico é dependente do anel aromático com, pelo menos, uma substituição em A, B ou C. Adicionalmente, é necessário um grupo hidroxila no carbono β 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 β (Smith, 1998).

A ractopamina é classificada como uma substância repartidora de energia, uma vez que possui a capacidade de atuar modificando os padrões de deposição dos tecidos muscular e adiposo sem, no entanto, afetar a deposição de outros tecidos do organismo do animal. O tecido adiposo da maioria das espécies possui β receptores que, quando ativados pelas catecolaminas, promovem lipólise e conseqüentemente redução no teor de gordura. O

tecido muscular também possui receptores β adrenérgicos que, quando acionados, promovem ações musculares específicas (Beerman, 2002).

Existem três subtipos de receptores β (β 1, β 2 e β 3), os quais estão presentes na maioria das células dos mamíferos. A distribuição e a proporção de cada um dos subtipos assim como sua sequência de aminoácidos variam entre os tecidos do organismo animal e ainda entre as diferentes espécies (Mersmann, 1998). Em consequência disto, associado a outros fatores, ocorrem diferentes respostas entre as espécies animais quando se faz o uso de aditivos beta adrenérgicos.

O mecanismo de ação sugerido com a suplementação de ractopamina está relacionada com a estimulação de receptores na membrana celular. Após a ação da ractopamina que funciona como primeiro mensageiro, o complexo β adrenérgico/receptor (β AR) fixa-se sobre uma proteína de ligação, heterotrimérica, que na sua forma ativa, induz a fluidez da membrana e permite o seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da enzima adenilato ciclase, situada na face interna da membrana plasmática (Figura 3) (Barros et al., 1999). Esta, participa da formação do monofosfato cíclico de adenosina, formado a partir do trifosfato de adenosina, passando a atuar como segundo mensageiro.

O monofosfato cíclico de adenosina, por sua vez, ativa a proteína quinase que conduz a fosforilação de enzimas, responsáveis pelas respostas finais. Estas enzimas quando estão fosforiladas (EPO_4) promovendo respostas celulares como: estimulação da lipólise, aumento da neoglicogênese, glicogenólise, aumento da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (Moody et al., 2000).

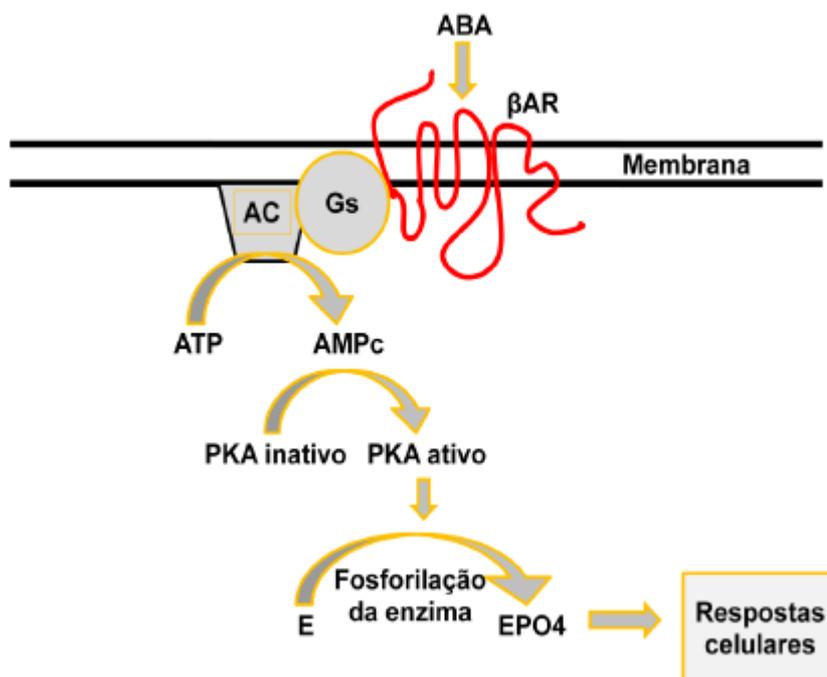


Figura 3. Modo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos. Em que: ABA: agonista β adrenérgico, β AR: receptor β adrenérgico, Gs: proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: adenosina trifosfato AMPc: adenosina monofosfato cíclico, PKA: proteína quinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada (Moody et al., 2000).

2.2 Processo de dessensibilização celular e *down regulation*

A ractopamina quando fornecida na dieta aos suínos em períodos constantes de suplementação apresenta o efeito reduzido, resultando na saturação de receptores.

O agonista β adrenérgico, após períodos constantes de suplementação (28 dias), ativa a AMPc ativando uma proteína quinase, a β -adreno-receptor quinase (β -ARK) que, ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-Gs-adenilato ciclase (Lundberg et al., 1987). O efector desacoplado passa para o espaço intracitoplasmático, o que diminui o número de receptores disponíveis na membrana. Essa redução no número de receptores é denominada dessensibilização e causa diminuição da resposta a estimulação beta-adrenérgica da ractopamina (Mills et al., 1990).

Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor β adrenérgico pode ser

consumido, fenômeno este chamado de sequestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (Benovic et al., 1986). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada *down-regulation* (Barros et al., 1999). Tanto os receptores beta1 como os β adrenérgicos podem sofrer os processos de dessensibilização e *down-regulation*, porém estes fenômenos são mais expressivos com receptores do tipo β 2 (Mills et al., 1990).

2.3 Efeitos da ractopamina sobre os tecidos muscular e adiposo

A ractopamina é suplementada na nutrição de suínos, em função de sua eficácia na qualidade de carcaça, diminuindo a quantidade de gordura promovendo o aumento de carne magra.

O metabolismo lipídico nas células adiposas é regulado principalmente pela insulina e pelas catecolaminas, e a primeira apresenta efeito anabólico sobre o tecido adiposo enquanto que as catecolaminas, ao atuarem nos receptores β adrenérgicos, agem como mecanismo de controle do metabolismo lipídico, levando a redução no seu anabolismo e aumento do catabolismo (Haese & Bunzen, 2005).

Dentre os efeitos atribuídos a ractopamina na dieta dos suínos, está a inibição da ligação da insulina ao receptor adrenérgico dos adipócitos, antagonizando assim sua ação e, conseqüentemente, diminuindo a síntese e deposição de gordura nos suínos (Riegel, 1996).

De acordo com Haese & Bunzen (2005), os efeitos atribuídos a ractopamina são o aumento da atividade lipolítica e a inibição da lipogênese. Por outro lado, Rutz & Xavier (1998) afirmam que a eficiência da ractopamina na redução do tecido adiposo do animal pode estar mais relacionada à atividade da droga em bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise.

Em relação ao metabolismo proteico, ocorre aumento da síntese de proteína levando assim a melhorias na qualidade das carcaças dos animais submetidos a ação da ractopamina (Mills et al., 1990).

Além disso, sabe-se que este aditivo liga-se aos receptores de membrana e dispara uma série de eventos que levam ao aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1992). Este efeito está relacionado a maior síntese de proteína e/ou diminuição da degradação proteica (Bark et al., 1992; See et al., 2004).

O aumento na síntese de proteína muscular é resultado do aumento na expressão gênica das miofibrilas, pois o incremento na concentração de RNAm da alfa-actina foi observado no músculo de suínos alimentados com ractopamina (Bergen et al., 1989). Por outro lado, as atividades de enzimas associadas com a degradação proteica, catepsina e proteases dependentes de cálcio, não são alteradas quando suínos são suplementados com ractopamina (Beermann, 2002).

2.4 Ractopamina e desempenho

As respostas de desempenho quanto ao uso da ractopamina são dependentes de vários fatores, tais como o nível de inclusão utilizado, duração da suplementação, níveis proteico e de lisina na dieta, ambiente, entre outros. Essas variações são responsáveis pelas diferenças de resultados entre os trabalhos.

A ractopamina induz ao consumo reduzido de alimentos, no entanto apresenta melhorias no ganho de peso e, conseqüentemente resultados satisfatórios de conversão alimentar. Isto está relacionado com a eficácia do aditivo na utilização dos nutrientes, direcionando-os para depósito proteico no tecido muscular (Schinkel et al., 2003). Mitchell

et al. (1991) observaram redução de aproximadamente 10% sobre o consumo de ração diário de animais suplementados com 20 ppm de ractopamina.

A deposição de tecido proteico agrega mais moléculas de água do que a deposição lipídica (Halas et al., 2010). A proteína tem em sua composição aproximadamente 35% de água, assim quanto maior for o depósito proteico, maior será a quantidade de água depositada sendo este um dos principais fatores que justificam os melhores resultados encontrados tanto para ganho de peso quanto para conversão alimentar em animais que são suplementados com este aditivo (Marinho et al., 2007a).

Suínos machos castrados alimentados nas fases de crescimento e terminação com ração contendo 20 ppm de ractopamina apresentaram melhoria de até 18,6% na conversão alimentar (Crome et al., 1996). Por outro lado, vários autores encontraram melhora de aproximadamente 12% para esta variável com o mesmo nível de suplementação (Adeola et al., 1990; Marinho et al. 2007b).

Trabalhos demonstram melhora de aproximadamente 10% no ganho de peso quando foi realizada a suplementação com 5ppm de ractopamina na dieta de suínos com 16% de proteína bruta (Marinho et al., 2007b). Entretanto, dietas com 20% de PB e 10 ppm de ractopamina não proporcionaram aumento no ganho de animais de alto ou baixo potencial genético para deposição de tecido magro e no peso final, quando suplementados durante 7, 14, 21 e 28 dias de experimento (Mimbs et al., 2005).

2.5 Ractopamina e características de carcaça

Os suínos são considerados os animais que respondem melhor ao uso de ractopamina como aditivo repartidor de energia, devido a quantidade de receptores β - adrenérgicos nas membranas dos tecidos adiposo e muscular (Mersmann, 1998). Quando os animais recebem ractopamina, observa-se alteração na deposição de músculo e gordura na carcaça,

porém a deposição de pele e ossos não é modificada. A deposição muscular da carcaça aumenta em uma proporção maior do que o crescimento dos órgãos e vísceras (Schinckel et al., 2001).

A maioria dos trabalhos relatam a diminuição da espessura de toucinho em suínos suplementados com ractopamina (Williams et al., 1994; Crome et al., 1996; Zagury, 2002; Cantarelli et al., 2009). O fornecimento de 5ppm de ractopamina na dieta de suínos proporciona redução de mais de 8% na espessura de toucinho no ponto P2 e aumento de 6,5% na profundidade de músculo, comparados aos animais não suplementados com o aditivo (Marinho et al., 2007a).

Quando os níveis de lisina digestível são mais elevados, ocorre redução de até 14% na espessura de toucinho. Além disso, observa-se que a profundidade de lombo aumenta aproximadamente 6,5% com o uso do aditivo (Marinho et al., 2007a).

No entanto, para maximizar a resposta da ractopamina quanto a redução da espessura de toucinho, aumento da profundidade de músculo e área de olho de lombo, as concentrações de nutrientes na dieta devem ser aumentadas (Armstrong et al., 2004). Este fato tem relação direta com o aumento da concentração de lisina utilizando o conceito de proteína ideal, para correção aos demais aminoácidos. O balanço ideal de aminoácidos promove melhor eficiência de utilização de energia para deposição de carne magra (Marinho et al., 2007b).

2.6 Período de suplementação de ractopamina

Além da genética, nível de lisina, relação lisina/energia metabolizável e programa alimentar, o nível de inclusão de ractopamina na dieta e o período de fornecimento podem influenciar a resposta dos suínos suplementados com ractopamina (Schinckel et al., 2003).

A ractopamina demonstrou ser mais eficaz quando suplementada a animais mais

pesados (Crome et al., 1996), o que vem corroborar a idéia de que a administração de agonistas adrenérgicos β_2 é mais rentável quando realizado no período em que os animais estão em fase de terminação, ou seja, quando a síntese proteica é menor e o depósito de gordura é maior.

Normalmente, 10 ou 20 ppm de ractopamina são os níveis de inclusão que proporcionam maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar (Apple et al., 2004). 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 et al., 2004).

Além do nível de inclusão, a resposta à suplementação de ractopamina pode ser alterada pela duração do fornecimento (Williams et al., 1994). É possível que os suínos com alta deposição de músculo apresentem resposta a ractopamina com menor duração de fornecimento (Schinckel et al., 2002).

A máxima resposta com suplementação de ractopamina tem sido obtida entre três (Williams et al., 1994) a cinco semanas de suplementação do aditivo (Armstrong et al., 2004). Porém, pesquisas sugerem que a maior resposta a ractopamina ocorre nos primeiros 14 dias de suplementação e tem-se recomendado até quatro semanas de suplementação (Mills et al., 1990), devido à redução lenta das respostas em função do fenômeno chamado *down regulation* ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos, verificado em alguns trabalhos após 28 dias de fornecimento (Moody et al., 2000).

Trabalhos têm demonstrado que suínos na fase de terminação, que receberam 20 ppm de ractopamina na ração apresentaram taxas de crescimento reduzidas e conversão alimentar inferior quando comparado ao grupo controle até a quinta semana de fornecimento (Herr et al., 2000).

Somente o aumento do nível de inclusão de ractopamina na dieta dos suínos poderá resultar em melhores índices zootécnicos nas semanas cinco e seis ou realizar programas graduais, em que o nível de ractopamina é aumentado a cada duas a três semanas. Esses últimos podem ser considerados mais econômicos (Herr et al., 2000; Schinckel et al., 2001).

Neste contexto, realizou-se o presente estudo para determinar o período ideal de suplementação de 20 ppm de ractopamina em dietas para suínos machos castrados na fase de terminação. Os resultados obtidos foram abordados no artigo intitulado “**Período de suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos castrados em terminação**” redigidos conforme normas de elaboração de dissertações do programa de mestrado em Ciência Animal, com adaptações as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

REFERÊNCIAS

- 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**. BRASIL, 2011. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- 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.
- 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.
- ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R. et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3245-3253, 2004.
- BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pig fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3391-3400, 1992.
- BARROS, R.D.A.; OKOSHI, M.P.; CICOGNA, A.C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.72, p.641-648, 1999.
- BEERMANN, D.H. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, v.80, p.18-23, 2002. Suppl. 1.
- BENOVIC, J.L.; STRASSER, R.H.; CARON, M.G. et al. β -Adrenergic receptor kinase: Identification of a novel protein kinase that phosphorylates the agonist occupied form of the receptor. **Proceeding of National Academic Science**, v.83, p.2797-2801, 1986.
- BERGEN, W.G.; JOHNSON, S.E.; SKJAERLUND, D.M. et al. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.67, p.2255-2262, 1989.
- BONNEAU, M.; ENRIGHT, W.J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, v.42, p.193-200, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa n. 13, de 30 de novembro de 2004.

Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados a alimentação animal. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004.

- CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v.39, p.844-851, 2009.
- CROME, P.K.; McKEITH, K.; CARR, T.R. et al. Effect of ractopamina 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.
- DOVE, S.; FRANKE, R. Model-based lfer parameters and qsar of ligand beta-adrenoceptor interactions II. Estimation and QSAR of agonistic potency and receptor affinity in a series of beta-adrenergic phenethanolamines. **Quantitative Structure-Activity Relationships**, Bethesda, E.U.A., v.10, p.23-30, 1991.
- ELLIS, M.; WEBB, A.J.; AVERY, P.J. et al. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. **Journal of Animal Science**, v.62, p.521-530, 1996.
- FÁVERO, J.A.; GUIDONI, A.L.; BELAVER, C. Predição do índice de valorização de carcaças suínas em função do peso e do percentual de carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNO, 8., 1997, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Concórdia: Embrapa - CNPSA, 1997. p.405-406.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1056-1062, 2006.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1264 p.
- HAESE, D.; BUNZEN, S. Ractopamina. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, p.183-189, 2005.
- HALAS, V.; BABINSZKY, L.; DIJKSTRA, J. et al. Efficiency of fat deposition from non-starch polysaccharides, starch and unsaturated fat in pigs. **British Journal of Nutrition**, v.103, p.123-133, 2010.
- HEO, K.; ODLE, J.; HAN, K.I. Dietary l-carnitine improves nitrogen utilization in growing pigs fed low energy, fat-containing diets. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.1809-1814, 2000.
- HERR, C.T.; YAKE, W.; ROBSON, C. et al. Effect of nutritional level while feeding Paylean™ to late-finishing swine. **Swine Day**, Purdue University, p.89-95, 2000.

- LAWRENCE, V. J.; COPPACK, S. W. The endocrine function of the fat cell-regulation by the sympathetic nervous system. **Hormone and Metabolic Research**, v.32, p.453, 2000.
- LEYMASTER, K.A.; MERSMANN, H.J. Effect of limited feed intake on growth of subcutaneous adipose tissue layers and on carcass composition in swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2837-2843, 1991.
- LOPEZ, J.; JESSE, G.W.; BECKER, R.A. et al. Effects of temperature on the performance of the finishing swine. I Effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1843-1849, 1991.
- LUNDBERG, L. L. M., COTECCHIA, S., et al. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1- adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. **Journal of Biological Chemistry**, v.262, p.3098-3105, 1987.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação sobre o desempenho de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1061-1068, 2007a.
- 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, 2007b.
- MERSMANN, H. Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, p.160-172, 1998.
- MIMBS, K.J.; PRINGLE, T.D.; AZAIN, M.J. et al. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1361-1369, 2005.
- MILLS, S.E.; LIU, C.Y.; SCHINCKEL, A.P. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. **Domestic Animal Endocrinology**, v.7, p.251-264, 1990.
- MITCHELL, A.D.; SOLOMON, M.B.; STEELE, N.C. Influence of level of dietary protein or energy on effects of ractopamina in finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4487-4495, 1991.
- MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. **Farm animal metabolism and nutrition**. CAB, E.U.A.: Ed. New York, 2000. p.65-95.
- RAMOS, F.; DA SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: II-relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.96, p.167-175, 2001.

- REHFELDT, C.; FIEDLER, I.; DIETL, G.; ENDER, K. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. **Livestock Production Science**, v.66, p.177-178, 2000.
- RIEGEL, W.E. Bioquímica. 1 ed. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 402p.,1996.
- RUTZ, F. & XAVIER, E. G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, p.201-218.
- 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, 2010a.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.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.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...**Concórdia: 2001, p.324-335.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.80, p.85–89, 2002.
- SCHINCKEL, A.P.; HERR, C.T.; RICHERT, B.T. et al. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.81, p.16-28, 2003.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2474-2480, 2004.
- SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v.76, p.173-194, 1998.
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.199-205, 2000.
- WHITTEMORE, C.T. **Ciencia y práctica de la producción porcina**. Zaragoza: Ed. Acribia,1996. 647p.
- WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P. et al. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3152–3162, 1994.

ZAGURY, F.T.R. **Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 46p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

Período de suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos castrados em terminação

Resumo – O objetivo do estudo foi determinar o período ideal de suplementação de 20 ppm de ractopamina nas dietas de suínos machos castrados em terminação. Foram utilizados 50 suínos machos castrados com peso inicial de $65,85 \pm 4,34$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de suplementação de ractopamina pré-abate), sendo quatro repetições para os tratamentos 0, 7, 14, 21 e 28 dias e cinco repetições para o tratamento com suplementação por 35 dias. Cada unidade experimental foi composta por dois animais. O ganho de peso diário aumentou ($P < 0,07$) e a conversão alimentar melhorou ($P < 0,03$) linearmente de acordo com o aumento do período de suplementação de ractopamina pré-abate. O peso de carcaça quente, a quantidade de carne magra e o índice de bonificação aumentaram linearmente ($P < 0,01$) com o aumento do período de suplementação de ractopamina. O retorno econômico para quantidade de carne magra produzida por animal melhorou ($P < 0,01$) até o período de sete dias de suplementação de ractopamina, período a partir do qual se manteve no platô. A suplementação de 20 ppm de ractopamina na dieta dos suínos machos castrados em terminação, durante o período de 35 dias possibilita o aumento do ganho de peso, melhora da conversão alimentar, aumento do peso de carcaça quente, quantidade de carne magra e índice de bonificação. O retorno econômico para quantidade de carne magra produzida por animal ocorre a partir do sétimo dia de suplementação de 20 ppm de ractopamina na dieta.

Palavras-chave: aditivo, β adrenérgico, características de carcaça, custo de suplementação

Period of ractopamine supplementation in diets for finishing barrows

Abstract: The study was conducted to determine the optimal period of supplementation of 20 ppm of ractopamine in diets of finishing barrows. Fifty pigs, with initial weight of 65.85 ± 4.34 kg were used. The pigs were distributed in randomized blocks design of six treatments (supplementation of ractopamine for 0, 7, 14, 21, 28 and 35 days pre-slaughter), with four replications for treatments 0, 7, 14, 21 and 28 days and five replicates for the treatment supplemented by 35 days. Each experimental unit consisted of two animals. The daily weight gain increased ($P < 0.07$) and feed conversion improved ($P < 0.03$) linearly with increasing the period of ractopamine supplementation pre-slaughter. The hot carcass weight, the amount of lean meat and the index of carcasses increased linearly ($P < 0.01$) with increasing period of ractopamine supplementation. The economic return for the amount of lean meat produced per animal improved ($P < 0.01$) until the period of seven days of supplementation with ractopamine, from which remained at plateau. Supplementation of 20 ppm of ractopamine in the diet of finishing barrows during the 35 days increases the weight gain, improved feed conversion, increases the hot carcass weight, the amount of lean meat and the index of carcasses. The economic return for the amount of lean meat produced per animal occurs from the seventh day of supplementation of 20 ppm of ractopamine in the diet.

Key-words: additive, β adrenergic, carcass characteristics, cost of supplementation

Introdução

A produção de suínos tem avançado nos últimos anos a fim de obter linhagens genéticas mais precoces e com maior quantidade de carne magra na carcaça. Estes avanços têm sido motivados pela necessidade em se aumentar os rendimentos obtidos pelo produtor, devido ao sistema de tipificação de carcaça, implantado pelos frigoríficos, que pode penalizar ou beneficiar o suinocultor dependendo do teor de gordura na carcaça dos suínos.

Decorrente desses avanços, as técnicas de produção estão cada vez mais aprimoradas especialmente no aspecto nutricional visando melhorar a qualidade de carcaça e uma delas é a implantação de aditivos, como a ractopamina.

A ractopamina é um aditivo β adrenérgico e quando suplementada na dieta de suínos tem a finalidade de modificar o metabolismo animal, agindo principalmente nas células adiposas e musculares. A eficiência deste beta-agonista na redução do tecido adiposo do animal possivelmente seja mais dependente da sua atividade de bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise (Schinkel et al., 2003), resultando em carcaça com maior quantidade de carne.

A ractopamina é um aditivo oneroso e por isso pesquisadores têm estudado protocolos que potencializem sua ação sem efeitos sobre o custo de produção. Além da genética, nível de lisina, relação lisina/energia metabolizável e programa alimentar, o nível de inclusão de ractopamina na dieta e o período de fornecimento podem influenciar a eficiência do aditivo (Schinckel et al., 2003).

A resposta à suplementação de ractopamina pode ser alterada pela duração do fornecimento (Herr et al., 2000), uma vez que é possível que os suínos com alta deposição

de músculo apresentem resposta com menor duração de fornecimento do aditivo (Schinckel et al., 2002).

A máxima resposta com a suplementação de ractopamina tem sido obtida entre três (Williams et al., 1994) a cinco semanas de suplementação do aditivo (Armstrong et al., 2004). Porém, na prática, pesquisas sugerem que a maior resposta a ractopamina ocorre nos primeiros 14 dias de suplementação e tem-se recomendado até quatro semanas de suplementação (Mills et al., 1990), devido à redução lenta das respostas em função do fenômeno chamado *down-regulation* ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos, verificado em alguns trabalhos após 28 dias de fornecimento (Moody et al., 2000).

O objetivo do trabalho foi determinar o período ideal de suplementação de 20 ppm de ractopamina em dietas para suínos machos castrados na fase de terminação sobre o desempenho, características quantitativas de carcaça e retorno econômico.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de suinocultura, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ/UFMS), no município de Terenos/MS. Foram utilizados 50 suínos, machos castrados, Pietran/Duroc x Large White/Landrace, com $65,85 \pm 4,34$ kg distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, composto por seis períodos de suplementação com ractopamina com quatro repetições, um grupo com cinco repetições e cada unidade experimental constituída por dois animais. O critério de bloqueamento utilizado foi o peso inicial dos animais.

O período experimental teve duração de 35 dias, e os grupos constituídos por diferentes períodos de suplementação com ractopamina na dieta dos suínos sendo: dieta controle (sem suplementação de ractopamina); 7, 14, 21, 28, 35 dias pré-abate de suplementação.

O produto comercial foi adicionado às dietas em substituição ao caulim, na proporção de 0,1% (100g/100kg), sendo equivalente a 20 ppm de ractopamina, conforme a recomendação para máxima eficiência, permanecendo os mesmos níveis nutricionais entre os tratamentos.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram preparadas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas, sendo formuladas de acordo com Rostagno et al. (2011), com reajuste de 20% para aminoácidos, seguindo o conceito de proteína ideal nas dietas, uma vez que as exigências nutricionais de aminoácidos na dieta é superior aos animais suplementados com aditivos β adrenérgicos como a ractopamina.

Durante o período experimental ração e água foram fornecidas à vontade aos animais. Foram coletados diariamente os resíduos de ração do chão que foram somados às sobras do comedouro para, ao final do período experimental, determinar o consumo de ração diário. Os animais foram pesados no início e final do experimento, visando à obtenção de dados relativos a ganho de peso e conversão alimentar.

A temperatura do ar foi registrada durante todo o período experimental. As temperaturas e a umidade relativa do ambiente foram monitoradas diariamente por meio de um conjunto de termômetros de bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro. Os valores registrados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) de acordo com Buffington et al. (1981).

Ao término do período experimental os animais permaneceram em jejum alimentar por 8 horas e posteriormente foram transportados para o frigorífico, onde foram pesados para determinar o rendimento de carcaça e abatidos. Foram realizados cortes na metade esquerda das carcaças para a exposição do músculo *Longissimus dorsi* e do toucinho visando a determinação da profundidade do músculo e da espessura de toucinho, com o auxílio de um paquímetro.

Tabela 1. Composições e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes	Ractopamina (ppm)	
	0	20
Milho	537,97	537,97
Soja farelo 45%	213,25	213,25
Milheto	200,00	200,00
Óleo de soja	17,92	17,92
Fosfato bicálcico	8,15	8,15
Calcário calcítico	6,29	6,29
Sal comum	1,00	1,00
Suplemento vitamínico ¹	4,00	4,00
Suplemento mineral ²	3,60	3,60
L-lisina HCL	4,13	4,13
L-Treonina	1,44	1,44
DL-Metionina	1,17	1,17
L-Triptofano	0,09	0,09
Inerte (caulim)	1,00	0,00
Ractopamina	0,00	1,00
Composição calculada*		
Proteína bruta (g/kg)	168,6	168,6
Energia metabolizável (kcal, kg)	3.230	3.230
Energia líquida (kcal, kg)	2.447	2.447
Lisina total (g/kg)	11,09	11,09
Lisina digestível (g/kg)	10,16	10,16
Metionina+cistina digestíveis (g/kg)	6,10	6,10
Treonina digestível (g/kg)	6,81	6,81
Triptofano digestível (g/kg)	1,83	1,83
Valina digestível (g/kg)	7,01	7,01
Cálcio (g/kg)	5,10	5,10
Fósforo disponível (g/kg)	2,50	2,50
Fósforo total (g/kg)	4,68	4,68
Sódio (g/kg)	1,60	1,60

¹Conteúdo/kg de produto: ferro, 100 g; cobre, 10 g; cobalto, 0,2 g; manganês, 30 g; zinco, 100 g; iodo, 1,0 g; selênio, 0,3 g; excipiente q.s.p., 1000 g.

²Conteúdo/kg de ração: Vitamina A, 6.000.000UI; Vitamina D3, 1.000.000UI; Vitamina E, 12.000UI; Vitamina B1, 0,5g; Vitamina B2, 2,6g; Vitamina B6, 0,7g; ácido pantotênico, 10g; Vitamina K3, 1,5g; ácido nicotínico, 22g; Vitamina B12, 0,015g; ácido fólico, 0,2g; biotina, 0,05g; colina, 100g; excipiente q.s.p., 1000g.

*Composição calculada de acordo com recomendações propostas por Rostagno et al. (2011), acrescidas em 20% para os níveis de aminoácidos

Foram medidos os comprimentos das carcaças com auxílio de fita métrica. O percentual de carne magra na carcaça foi determinado através da equação proposta por Bridi & Silva (2007): $\text{Rendimento de carne magra (\%)} = 60 - (\text{espessura de toucinho} \times 0,58) + \text{profundidade do músculo} \times 0,10$.

Para o cálculo do índice de bonificação de carcaça foi levado em consideração o peso da carcaça quente e o percentual de carne magra estimada na carcaça de acordo com a equação sugerida por Guidoni (2000): Índice de Bonificação = $23,6 + 0,286 \times \text{Peso da carcaça quente} + \text{Percentual de carne na carcaça}$

Para o cálculo de consumo de ractopamina, custo do consumo da ractopamina, retorno do ganho por animal e retorno de quantidade magra por animal foram realizadas as respectivas fórmulas: Consumo de ractopamina, g = quantidade de ração consumida no período de suplementação, kg x percentual de ractopamina na dieta; Custo da ractopamina consumida por animal, R\$ = preço da ractopamina, R\$/kg x consumo de ractopamina no período, kg. De modo que o preço da ractopamina durante o período foi de R\$ 87,00/kg. Retorno por ganho/animal, R\$ = [(ganho de peso diário dos animais suplementados com ractopamina, kg – ganho de peso diário do grupo controle, kg) x (período de suplementação, dias)] x (preço do suíno vivo, R\$/kg) – (custo da ractopamina consumida por animal, R\$); Retorno de quantidade de carne magra, R\$ = [(quantidade de carne magra dos animais suplementados com ractopamina, kg - quantidade de carne magra dos animais do grupo controle, kg) x (preço da carne magra, R\$/kg) – (custo da ractopamina consumida por animal, R\$)]. O preço do suíno vivo e carne magra foram respectivamente, R\$ 2,70 e R\$ 4,00 durante o período que foi realizado o experimento.

As variáveis analisadas de desempenho zootécnicos foram (ganho de peso, conversão alimentar, consumo de ração, consumo de lisina, proteína, energia metabolizável e de ractopamina), das características de carcaça (peso, rendimento, comprimento de carcaça, espessura de toucinho, percentual, quantidade de carne magra e profundidade de músculo) e análise econômica (custo da ractopamina consumida, retorno por ganho/animal, retorno de quantidade de carne magra/animal e índice de bonificação). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo procedimento GLM do SAS, versão 8.2 (2001) sendo os graus

de liberdade para o período de suplementação de ractopamina desdobrados em polinômios ortogonais e as estimativas do período de duração determinadas por meio de análises de regressão, ao nível de 7% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A temperatura média do ar registrada pelo globo negro foi de $26,7 \pm 5,6^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa foi de $78,9 \pm 23,6\%$ e o ITGU calculado em $75,6 \pm 7,3$. De acordo com os resultados bioclimáticos observados no transcorrer da execução do experimento, pode-se inferir que o ambiente térmico permaneceu dentro da faixa de temperaturas consideradas de termoneutralidade de acordo com Sampaio et al. (2004).

A inclusão de ractopamina na dieta não influenciou ($P>0,07$) o peso final dos animais e o consumo de ração diário (Tabela 2). O resultado obtido para o consumo de ração corroborou com vários estudos com ractopamina (Dunshea et al., 1993; Marinho et al., 2007; Moraes et al., 2010; Sanches et al., 2010a,b; Silva et al., 2011). Em contrapartida, Crome et al. (1996) avaliando a suplementação de 20 ppm de ractopamina na dieta de suínos machos castrados na fase de terminação dos 85 aos 125 kg observaram redução de consumo de até 3,5% comparado ao grupo controle.

Desse modo, uma vez que não foi constatada alteração para o consumo de ração no presente estudo, as variáveis relacionadas ao consumo de proteína bruta (kg/dia), lisina (g/dia) e energia metabolizável (kcal/dia) também não foram influenciadas ($P>0,07$) pela duração da suplementação com ractopamina na dieta.

Por outro lado, os tratamentos influenciaram as demais variáveis de desempenho, indicando que o aumento do tempo de inclusão de ractopamina na dieta proporcionou aumento linear ($P<0,07$) do ganho de peso diário e redução linear ($P<0,03$) da conversão

alimentar, conforme as equações: $\hat{Y} = 0,81463 + 0,00350x$, $R^2 = 0,86$ e $\hat{Y} = 3,08461 - 0,01144x$, $R^2 = 0,72$, respectivamente para ganho de peso diário e conversão alimentar.

Tabela 2. Desempenho zootécnicos de suínos machos castrados em terminação suplementados com ractopamina durante 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias

Variáveis	Período de suplementação com ractopamina (dias)						Valor P	CV%
	0	7	14	21	28	35		
Peso inicial, kg	66,15	65,60	65,83	65,99	65,56	65,97	0,170	7,40
Peso final, kg	94,54	94,40	96,49	97,28	98,37	97,88	0,173	5,25
Consumo de ração diário, kg	2,51	2,42	2,66	2,47	2,45	2,53	0,957	11,52
Consumo de lisina, g/dia	25,45	24,56	27,01	25,07	24,88	25,72	0,959	11,51
Consumo de proteína, kg/dia	0,42	0,41	0,45	0,42	0,42	0,43	0,952	11,54
Consumo de energia metabolizável, kcal/dia	80,92	78,00	85,86	79,7	79,08	81,77	0,958	11,51
Ganho de peso diário*, g	810	823	878	900	938	914	0,066	12,59
Conversão alimentar*, g/período	3,13	2,93	3,04	2,77	2,65	2,77	0,028	10,37
Consumo de ractopamina, g*	0,00	17,08	40,04	54,44	68,20	88,61	0,001	15,72
Custo da ractopamina consumida, R\$*	0,00	1,49	3,48	4,74	5,93	7,71	0,001	15,74
Retorno/ganho/animal, R\$	0,00	-0,37	2,66	3,51	6,02	1,97	0,487	50,14

*Efeito linear: Ganho de peso diário ($P < 0,07$); Conversão alimentar ($P < 0,03$); Consumo de ractopamina ($P < 0,01$); Custo da ractopamina consumida ($P < 0,01$).

A diferença em relação ao ganho de peso diário e conversão alimentar está de acordo com o trabalho de Armstrong et al. (2004) no qual analisaram níveis diferentes de ractopamina (0, 5, 10, 20 ppm) em períodos de 6, 13, 20, 27, 34 dias de suplementação do aditivo e obtiveram diferença significativa para a variável ganho de peso diário de machos que receberam 20 ppm comparado ao grupo que não recebeu o aditivo durante todo o período experimental, exceto para a primeira semana. No entanto para a variável conversão alimentar houve melhoria durante todas as semanas quando os animais foram alimentados com dietas suplementadas com 20 ppm de ractopamina.

De acordo com os resultados, observou-se que a inclusão de 20 ppm de ractopamina na dieta, durante 35 dias, proporcionou aumento de 12,83% no ganho de peso diário de machos castrados em relação ao grupo que não consumiu o aditivo.

Embora, a análise estatística apontou aumento linear do ganho de peso, a suplementação de ractopamina durante 28 dias apresentou uma pequena superioridade de ganho quando comparada a suplementação dos animais durante 35 dias, correspondendo ao aumento de 15,80% no ganho de peso diário quando comparado ao grupo controle. Contudo, essa variável não apresentou efeito significativo quando testada pelo modelo descontínuo linear *response plateau*.

Apesar da literatura (Herr et al., 2000) descrever redução no desempenho dos animais suplementados com ractopamina em períodos constantes e longos, Watkins et al. (1990) e Stites et al. (1991), relataram que o ganho de peso médio aumentou com a suplementação de dietas com ractopamina em períodos de 45 e 48 dias respectivamente. No entanto, no presente estudo verificou que o aumento do ganho foi mantido até 28 dias, ocorrendo pequena redução aos 35 dias. Fato que pode ser um indicativo de que tenha se iniciado o processo de dessensibilização celular que é relatado pela literatura em experimentos com duração de suplementação de ractopamina superior a 28 dias (Moody et al., 2000).

Por sua vez, a suplementação de 20 ppm de ractopamina durante 35 dias resultou em melhora de 11,5% na conversão alimentar dos machos, quando comparado ao controle. No entanto, o grupo que recebeu o aditivo durante 28 dias apresentou melhor resultado quanto a variável conversão alimentar de 15,5% comparado com ao controle.

Silva et al. (2011) não observaram efeito da suplementação com 20 ppm de ractopamina sobre o peso final e o consumo de ração diário na dieta de leitoas, mas a

conversão alimentar foi melhorada em 19,8% para os animais que receberam ractopamina durante 35 dias quando comparados ao grupo que não recebeu o aditivo.

De modo similar, Mimbs et al. (2005) não observaram efeito da suplementação de 10 ppm de ractopamina aos 7, 14, 21 e 28 dias de experimento sobre o peso final de machos castrados de linhagens genéticas de alta e baixa deposição de gordura na fase de terminação, mas o aditivo melhorou a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta, quando suplementado durante 21 e 28 dias. Carr et al. (2005), ao avaliarem a suplementação de 10 ppm de ractopamina, não observaram efeito sobre o peso final dos animais, contudo os suínos suplementados durante 14 e 28 dias apresentaram melhora na eficiência alimentar em relação aos não suplementados no período.

Os efeitos positivos observados neste trabalho sobre o ganho de peso e a conversão alimentar podem ser explicados pela melhor eficiência de utilização dos nutrientes das dietas, devido ao efeito da ractopamina sobre o metabolismo dos suínos, proporcionando aumento da síntese proteica e bloqueio parcial da lipogênese, favorecendo a melhora dessas variáveis (Schinckel et al., 2003). Essa hipótese foi confirmada em estudo realizado por Latorre et al. (2008), em que constataram correlação alta e positiva entre ganho diário em proteína e conversão alimentar, indicando que suínos com alta taxa de ganho de tecido proteico apresentam melhor eficiência alimentar.

Além disso, essa proposição também pode ser justificada pelo fato de que a deposição de tecido proteico agrega mais moléculas de água em relação à deposição de lipídios na carcaça (Halas et al., 2010), resultando na melhora tanto do ganho em peso quanto da eficiência alimentar.

A resposta dos suínos à suplementação de ractopamina é maior nos primeiros 14 dias de fornecimento, e após esse período, ocorre redução lenta na resposta à suplementação (Kelly et al., 2003). Experimentos com suínos que receberam 20 ppm de

ractopamina durante seis semanas tiveram ganho de peso e conversão alimentar inferior comparadas ao grupo controle a partir da terceira semana de suplementação (Herr et al., 2000).

Em função do aumento do período de suplementação de ractopamina, constatou-se aumento linear ($P < 0,01$) da quantidade de ractopamina consumida e do custo de ractopamina, conforme as equações: $\hat{Y} = 1,0865 + 2,4942x$, $R^2 = 0,95$; $\hat{Y} = -0,6461 + 0,3608x$, $R^2 = 0,92$, respectivamente.

No entanto, não foi constatado efeito ($P > 0,07$) sobre o retorno financeiro, considerando as despesas com o consumo de ractopamina e o ganho diferencial com o aumento da suplementação do aditivo. Todavia, destaca-se que o ganho diferencial proporcionado para os 28 dias de suplementação em relação ao controle (15,8%) promoveu o retorno de aproximadamente R\$ 6,00 por animal no período.

Quanto a avaliação de carcaça, a maioria dos resultados apresentados na literatura com a utilização de ractopamina na dieta de suínos demonstram aumento no rendimento de carcaça (Armstrong et al., 2004), redução da espessura de toucinho e aumentos da profundidade de músculo e do percentual de carne magra da carcaça (Marinho et al., 2007; Pereira et al., 2008).

Constatou-se efeito ($P < 0,01$) do período de suplementação de ractopamina sobre o peso de carcaça quente, quantidade de carne magra e índice de bonificação (Tabela 3), que aumentaram linearmente de acordo com o aumento do período de suplementação de ractopamina, conforme as equações: $\hat{Y} = 70,22789 + 0,14308x$, $R^2 = 0,86$; $\hat{Y} = 42,34453 + 0,11344x$, $R^2 = 0,82$ e $\hat{Y} = 104,02897 + 0,07623x$, $R^2 = 0,72$.

Um dos resultados mais conhecidos da ractopamina em suínos é o incremento da massa muscular e não dos órgãos, determinando aumento da quantidade de carne magra na carcaça (Mills et al., 1990). Acredita-se que esse aditivo se liga aos receptores da

membrana e dispara uma série de eventos que levam ao aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias e aumentam a proporção de nutrientes depositados na carcaça em relação à deposição nas vísceras (Stahl et al., 2007).

Tabela 3. Características de carcaça de suínos machos castrados em terminação suplementados com ractopamina durante 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias

Variáveis	Período de suplementação com ractopamina (dias)						Valor	
	0	7	14	21	28	35	P	CV%
Peso da carcaça quente, kg *	69,35	72,30	71,85	73,53	74,90	74,62	0,006	3,91
Rendimento de carcaça quente, %	79,16	80,11	79,53	80,49	79,86	80,30	0,158	1,26
Espessura de toucinho, mm	8,75	9,33	9,75	8,00	7,75	7,80	0,514	32,88
Profundidade de músculo, mm	54,75	57,50	58,00	56,33	63,50	61,00	0,127	12,00
Comprimento de carcaça, cm	90,00	89,75	89,50	88,50	89,75	88,20	0,230	2,36
Carne magra na carcaça, %	60,40	60,49	60,15	60,69	61,86	61,58	0,209	2,73
Quantidade de carne magra, kg*	41,89	44,13	43,18	44,61	46,32	45,94	0,001	3,96
Retorno/carne magra/animal, R\$*	0,00	7,47	1,68	6,14	11,78	8,49	0,044	68,34
Índice de bonificação*	103,83	105,39	104,29	105,31	106,88	106,52	0,007	1,50

*Efeito linear: Peso de carcaça quente (P< 0,01); Quantidade de carne magra (P<0,01); Índice de Bonificação (P<0,01); Retorno/quantidade de carne magra/animal (P<0,05)

A diferença linear para a variável peso de carcaça quente, no período de suplementação de ractopamina nas dietas, pode ser verificada no trabalho de Armstrong et al. (2004), que constataram melhoria nesta variável quando utilizado o nível de 20 ppm a partir da primeira semana de suplementação até a quinta semana. Em contrapartida, Watkins et al. (1990) ao pesquisarem a suplementação de suínos machos de 64,5 kg aos 104,3 com 20 ppm de ractopamina não obtiveram diferença para essa variável, assim como Moura et al. (2011) ao avaliarem a inclusão de 20 ppm de ractopamina na dieta de leitoas e obtiveram o mesmo resultado.

Quanto ao rendimento de carcaça, não foi constatado efeito ($P>0,07$) da duração da suplementação com ractopamina na dieta sobre esta variável, corroborando com Budiño et al. (2005), que ao avaliarem 20 ppm de ractopamina não obtiveram diferenças quanto essa variável na quarta semana de suplementação. Contudo, outros estudos realizados por Carr et al. (2005) e Cantarelli et al. (2009) indicam que a ractopamina pode influenciar positivamente o rendimento de carcaça.

A ractopamina parece agir no bloqueio da lipogênese, resultando na redução de acúmulo de lipídeos, conseqüentemente, há diminuição da espessura de toucinho. Apesar de ter sido verificado, no presente estudo, menores valores de espessura de toucinho nos grupos suplementados com ractopamina durante 28 e 35 dias, nos quais houve redução de 12,90 e 12,17%, respectivamente, a diferença não foi significativa. Esse mesmo resultado foi verificado por Stites et al. (1991), Armstrong et al. (2004) e Marinho et al. (2007).

Por outro lado, trabalhos relatam reduções da espessura de toucinho quando os suínos recebem ractopamina na dieta (Williams et al., 1994; Crome et al., 1996; Zagury, 2002; Cantarelli et al., 2009). Essas diferenças de resultados podem estar associados com as genéticas de linhagens diferentes utilizados nos experimentos.

A profundidade de músculo, o percentual de carne magra e o comprimento de carcaça não foram influenciado ($P>0,07$) pelo período de suplementação de ractopamina na dieta, de modo similar ao resultado obtido por Silva et al. (2011). Todavia, o resultado difere da maioria dos trabalhos com ractopamina no qual há um aumento dessas variáveis (Marinho et al., 2007; Pereira et al., 2008, Cantarelli et al., 2009).

Apesar do percentual de carne magra não diferir no presente estudo, constatou-se efeito linear ($P<0,01$) da duração da suplementação com ractopamina na dieta sobre a quantidade de carne magra e o índice de bonificação de carcaça. Provavelmente, esses

resultados estão relacionados ao aumento linear observado para o peso de carcaça quente de acordo com o aumento do período de suplementação de ractopamina.

Verificou-se melhora de 10,57 e 2,59% para a quantidade de carne magra e o índice de bonificação, respectivamente, para os animais suplementados com ractopamina durante 35 dias quando comparado aos animais que não receberam o aditivo.

Contudo, quanto a variável ao retorno econômico em função da quantidade de carne magra por animal, a suplementação de 20 ppm de ractopamina durante sete dias foi suficiente para obter retorno econômico, conforme a equação: $\hat{Y} = 1,9673 + 0,5667x$, $R^2 = 0,53$. Quando testada pelo modelo descontínuo linear *response plateau* observou-se que houve aumento no retorno econômico até o sétimo dia de suplementação pré-abate em relação ao grupo controle, mantendo-se constante após atingir o platô. Em destaque o período de suplementação de 28 dias (R\$ 11,78) resultou em maior aumento diferencial em quantidade de carne magra na carcaça em relação ao grupo controle, de modo que essa informação coincide com o retorno em função do ganho.

Conclusões

A inclusão de 20 ppm de ractopamina na dieta de suínos machos castrados em terminação durante 35 dias maximiza o ganho de peso diário, conversão alimentar, peso de carcaça quente, quantidade de carne magra e o índice de bonificação sem alterar as demais variáveis. O retorno econômico para quantidade de carne magra produzida por animal ocorre a partir do sétimo dia de suplementação pré abate de 20 ppm de ractopamina na dieta.

Referências

- ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R. et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3245-3253, 2004.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação de carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2007. 97p.
- BUDIÑO, F.E.L.; THOMAZ, M.C.; NEME, R. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim da Indústria Animal**, v.62, p.245-250, 2005.
- BUFFINGTON, D.E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v.39, p.844-851, 2009.
- CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEGGER, 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.
- CROME, P.K.; McKEITH, K.; CARR, T.R. et al. Effect of ractopamina 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.
- 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**, v.71, p.2919-2930, 1993.
- GUIDONI, A.L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2000, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia, 2000. p.14.
- HALAS, V.; BABINSZKY, L.; DIJKSTRA, J. et al. Efficiency of fat deposition from non-starch polysaccharides, starch and unsaturated fat in pigs. **British Journal of Nutrition**, v.103, p.123-133, 2010.
- HERR, C.T.; YAKE, W.; ROBSON, C. et al. Effect of nutritional level while feeding Paylean™ to late-finishing swine. **Swine Day**, p.89-95, 2000.
- KELLY, J.A.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S. Weekly growth and carcass response to feeding ractopamina (Paylan®). In: American Association Of Swine Veterinarians, Perry, IA. 2003. **Proceedings...** Perry, 2003. p.51-58.

- LATORRE, M.A.; POMAR, C.; FAUCITANO, L. et al. The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines. **Livestock Science**, v.115, p.258-267, 2008.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação sobre o desempenho de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1061-1068, 2007.
- MILLS, S.E.; LIU, C.Y.; SCHINCKEL, A.P. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. **Domestic Animal Endocrinology**, v.7, p.251-264, 1990.
- MIMBS, K.J.; PRINGLE, T.D.; AZAIN, M.J. et al. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1361-1369, 2005.
- MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J.P.F.D. **Farm animal metabolism and nutrition**. CAB, E.U.A.: Ed. New York, 2000. p.65-95.
- MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I.S. et al. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. **Ciência Rural**, v.40, p.409-414, 2010.
- MOURA, S.M.; KIEFER, C.; SILVA, M.C. et al. Energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob altas temperaturas ambientais. **Ciência Rural**, v.41, p.888-894, 2011.
- 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.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAMPAIO, C.A.P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J A. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, v.34, p.785-790, 2004.
- SAS Institute. **SAS user's guide: Statistic**, version 8.2, 6t.ed. Cary, 2001.
- 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, 2010a.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.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.

- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...Concórdia**: 2001, p.324-335.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**. v.80, p.85–89, 2002.
- SCHINCKEL, A.P.; HERR, C.T.; RICHERT, B.T. et al. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.81, p.16-28, 2003.
- SILVA, A.E.; KIEFER, C.; MOURA, S.M. et al. Duração da suplementação de ractopamina em dietas para leitoas em terminação mantidas sob alta temperatura ambiente. **Ciência Rural**, v.41, p.337-342, 2011.
- STAHL, C.A.; CARLSON-SHANNON, M.S.; WIEGAND, B.R. The influence of creatine and a high glycemic carbohydrate on the growth performance and meat quality of market hogs fed ractopamina hydrochloride. **Meat Science**, v.75, p.143-149, 2007.
- 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.
- WATKINS, L.E.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H. et al. The effect of various levels of ractopamina hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3588-3595.1990.
- WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P. et al. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3152–3162. 1994.
- ZAGURY, F.T.R. **Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 46p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.