



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Utilização da ractopamina em suínos em terminação: conceitos gerais

Piero da Silva Agostini

Aluno de pós-graduação em Ciência Animal da Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de ciència animal i dels aliments – Bellaterra (Cerdanyola del Vallés) – Barcelona – Espanha, e-mail: piero.dasilva@uab.cat

Resumo

Os agonistas β -adrenérgicos estão entre os muitos aditivos utilizados em suínos nos últimos anos como possíveis substitutos dos antibióticos promotores de crescimento. O principal representante dos β -agonistas é a ractopamina, incluída na categoria das fenetanolaminas, sendo um dos aditivos mais utilizados em suínos no Brasil. A ractopamina modifica o metabolismo, redirecionando os nutrientes para uma maior síntese de músculo em detrimento da formação de tecido adiposo. Como resultado, os animais apresentam maior relação carne:gordura, que é apreciada pelos consumidores. Nesse sentido, pela melhor eficiência na formação de músculo, há uma melhora no ganho de peso e na conversão alimentar. Devido ao modo de ação, a ractopamina é administrada nas dietas de terminação, anterior ao abate, em animais que já tenham atingido a maturidade, onde a capacidade de deposição proteica está diminuída. No entanto, a ractopamina é uma catecolamina sintética e pode gerar mudanças fisiológicas nos animais, induzindo a alterações no comportamento, indo contra as correntes do bem-estar animal,

podendo afetar, negativamente, a qualidade da carne. Esta revisão resume os principais conceitos relativos da ractopamina como seus mecanismos de ação, características, efeitos e suas limitações de uso.

Palavras-chave: suínos, agonista β -adrenérgico, ractopamina, bem-estar.

Use of ractopamine in finishing pigs: general concepts

Abstract

β -adrenergic agonists are among the many additives used in pigs in recent years as possible replacements for antibiotic growth promoters. The main representative of β -adrenergic agonists is ractopamine, included in the category of phenethylamines, which is the most widely used additive in swine production in Brazil. Ractopamine modifies metabolism re-directing nutrients to a greater synthesis of muscle over the formation of adipose tissue. As a result, animals have higher meat:fat ratios, which is appreciated by consumers. In this sense, due to better efficiency in forming muscle, there is an improvement in weight gain and feed conversion. Due to the mode of action, ractopamine is administered in finishing diets prior to slaughter in animals that have already reached maturity and their protein holding capacity is decreasing. However, ractopamine is a synthetic catecholamine and can generate physiological changes in animals, inducing modifications in behavior going against the currents of animal welfare, and may also negatively affect quality of the meat. This review summarizes the main concepts concerning ractopamine such as its mechanisms of action, characteristics, effects, and its limitations of use.

Keywords: pigs, β -adrenergic agonist, ractopamine, welfare.

Introdução

Nos últimos anos, as exigências do consumidor em relação à qualidade das carnes são crescentes, priorizando aspectos sensoriais e de segurança alimentar.

Neste sentido, a gordura tem sido um produto pouco valorizado com restrições aos possíveis riscos que são atribuídos à saúde humana (ETHERTON, 1988). Na prática este conceito está bem sedimentado, sendo foco a produção de animais precoces e mais eficientes e que apresentem uma carcaça com elevada relação carne:gordura.

Entretanto, um quadro comum em muitas agroindústrias nacionais é o abate de suínos com peso superior a 110 kg. Segundo Gonzáles et al. (1993), durante a maturidade o crescimento cessa e o suprimento de nutrientes se torna igual às necessidades oxidativas e de regeneração de tecidos. Assim, observa-se que durante essa fase a deposição de gordura pode superar a deposição de proteína.

Neste contexto, como recurso nutricional, muitos produtores têm recorrido ao uso de um beta-adrenérgico, a ractopamina, que é classificada como um promotor de crescimento, agindo na modificação do metabolismo (BRIDI et al., 2006).

A ractopamina para suínos na fase de terminação determina aumento na deposição de carne em detrimento da gordura, gerando um produto mais atrativo para o consumidor. Todavia, atribuiu-se que essa droga por ser similar à classe das catecolaminas, pode determinar alterações de comportamento nos animais, assim como nos parâmetros sanguíneos, refletindo em alterações conseqüentes na qualidade da carne (MARCHANT-FORD, 2003).

A preocupação da produção de suínos sob condições plenas de bem-estar passa por todo segmento, do produtor ao consumidor, sendo positiva a relação de bom manejo e a qualidade da carne, minimizando os quadros de PSE (carne pálida, mole e exsudativa) e DFD (carne firme, dura e escura).

Revisão

1 – Tecido muscular e adiposo

O aumento do número de fibras musculares (hiperplasia) ocorre na fase fetal, e o número de fibras se completa ao nascimento. O crescimento pós-

natal do tecido muscular ocorre somente pela hipertrofia das células pré-existentes. Portanto, o aumento do tamanho da fibra muscular está limitado aos fatores genéticos e nutricionais que irão determinar a capacidade do músculo sintetizar proteínas musculares (HOSHI, 2004), justificando o aumento na massa muscular sem alterações quantitativas no comprimento muscular (POZZA et al., 2003).

O tecido muscular é composto basicamente por três tipos de fibras musculares: oxidativas de contração lenta (Tipo I, vermelhas e aeróbicas), intermediárias de contração rápida (Tipo II B, oxidativas glicolíticas) e as glicolíticas de contração rápida (Tipo II A, brancas e anaeróbicas). As características fisiológicas, metabólicas e o tamanho final do tecido muscular, uma vez cessado o crescimento, dependem principalmente da proporção dos tipos de fibras musculares (HOSHI, 2004).

Do nascimento até a puberdade, o animal apresenta uma taxa de crescimento acelerada, demonstrada pela alta deposição muscular, no entanto, após atingida a puberdade, essa taxa de crescimento começa a declinar chegando a zero quando o animal atinge a fase adulta. Neste sentido, com o aumento de peso, a deposição de carne magra vai diminuindo, reduzindo a eficiência alimentar e aumentando os custos de manutenção e, conseqüentemente minimizando o rendimento da produção (GU et al., 1991).

Com o aumento da idade e do peso dos suínos, o tecido adiposo é o componente que sofre, proporcionalmente, maior deposição (AZIZ & BALL, 1995; FRIESEN et al., 1995), desvalorizando a carcaça.

A composição do tecido adiposo nos monogástricos é influenciada diretamente pela relação de ácidos graxos da dieta e da base genética dos animais (GLASER et al., 2000; SCHINCKEL et al., 1996; SCHWÖRER et al., 1999). Suínos melhorados para altos rendimentos de carne magra na carcaça têm maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados (WILLIAMS, 1989 e FERNANDES, 1995).

Segundo Ellis et al. (2001), alterações nos teores de lipídios e da matéria seca do músculo podem ter importantes efeitos sobre a palatabilidade da

carne, pois sua suculência está associada ao teor de gordura intramuscular e à umidade.

2 – Agonistas beta-adrenérgicos

Segundo Palermo-Neto (2002), os agonistas beta-adrenérgicos têm sido usados, tradicionalmente, em terapêutica humana e veterinária como broncodilatadores e tocolíticos. No entanto, há alguns anos, observa-se o uso dessas substâncias como promotores de crescimento na produção animal, caracterizando estas drogas como repartidores de nutrientes ou agentes de repartição, pois provocam alterações no metabolismo animal determinando aumento da massa muscular esquelética, além da redução significativa dos teores de gordura da carcaça.

Como exemplos de agonistas beta-adrenérgicos estão o clenbuterol, salbutamol, terbutalina, cimaterol, isoproterenol e a ractopamina, sendo este último o mais estudado e comercialmente disponibilizado como promotor de crescimento animal.

Os beta-agonistas são também denominados de catecolaminas sintéticas por seus mecanismos de ação serem semelhantes à adrenalina e à noradrenalina, classificadas como catecolaminas naturais (BELLAYER et al., 1991).

As catecolaminas atuam principalmente no nível dos receptores adrenérgicos, produzindo efeitos biológicos e/ou farmacológicos. Esses receptores adrenérgicos foram inicialmente classificados em α e β , sendo subdivididos em α_1 , α_2 , e β_1 , β_2 (PALERMO-NETO, 2002). A α subdivisão refere-se aos eventos pré e pós-sinápticos, respectivamente, já a subdivisão dos β receptores é baseado na resposta do agonista β -adrenérgico aos diferentes tecidos. Com relação a estes últimos receptores, a proporção de cada um varia entre tecidos dentro de uma dada espécie.

Os receptores β_1 são encontrados no coração, na musculatura lisa intestinal e no tecido adiposo enquanto os β_2 estão presentes na musculatura esquelética, tecido adiposo, brônquios, vasos e no útero.

3 – Ractopamina

a) Definição e mecanismo de ação

É um promotor de crescimento classificado como um agonista beta-adrenérgico da classe das fenetanolaminas que modifica o metabolismo animal, sendo análogos estruturais das catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), ou seja, age melhorando os índices de desempenho e características de carcaça dos animais, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas que são desejáveis para o produtor e o consumidor (BRIDI et al., 2002), cuja estrutura química se encontra na *Figura 1*.

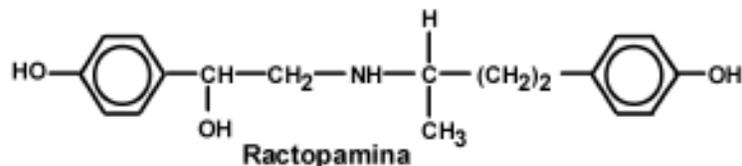


Figura 1 – Estrutura da ractopamina.

Amplamente pesquisada nos últimos 20 anos, este beta-agonista foi aprovado para uso em suínos nos Estados Unidos em 1999 e em vários outros países como o Brasil (FDA, 2000).

O mecanismo de ação mais aceito para explicar a ação dos agonistas beta-adrenérgicos como repartidores de nutrientes, favorecendo o anabolismo protéico em detrimento da deposição lipídica, é de que sua fixação sobre uma proteína de ligação Gs (quando na sua forma ativa) leva a uma modificação na fluidez da membrana, determinando a estimulação da ação catalítica da

enzima adenilciclase (Ac). A adenilciclase, por sua vez, a partir do ATP (trifosfato de adenosina) irá formar o AMPc (monofosfato cíclico de adenosina) para atuar como segundo mensageiro. O AMPc ativa uma proteína-quinase que conduz à fosforilação de enzimas. Estas, quando fosforiladas, podem estimular a triacil-glicerol-lipase que conduz à degradação dos triglicerídeos no adipócito (RAMOS & SILVEIRA, 1997).

Segundo Liu & Mills (1990), a ractopamina inibe a ligação da insulina no receptor adrenérgico dos adipócitos e, assim, antagoniza a ação da insulina, diminuindo a síntese e deposição de gordura nos suínos, particularmente no tecido subcutâneo e intermuscular. No entanto, esse efeito aparece sem a diminuição do número de adipócitos, mas apenas de seu tamanho (PALERMONETO, 2002).

Com a utilização da ractopamina *in vitro*, houve degradação de triglicerídeos e inibição da síntese de ácidos graxos nos adipócitos (PREITNER et al., 1998).

Paralelamente ao tecido adiposo, a ractopamina se liga aos receptores β presentes na membrana plasmática das células musculares, aumentando a retenção de aminoácidos e potencializando a síntese protéica nessas células (ADEOLA et al., 1992).

A ação hipertrófica da ractopamina sobre o músculo esquelético pode ser mediada pelo IGF-I (Insulin-like Growth Factor-I), que atua estimulando a síntese de proteína miofibrilar pelas células musculares (ROE et al., 1989),

Com o aumento na taxa de deposição protéica, principalmente nos músculos esqueléticos, há como consequência um efeito positivo na retenção de nitrogênio (MIYADA, 1996).

Por fim, esses eventos determinam um aumento na deposição de músculo com um aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992).

No entanto, o mecanismo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos está sujeito a dois processos de regulação. O primeiro seria o número de receptores ou a densidade destes receptores na membrana celular, enquanto que o

segundo mecanismo de regulação seria a habilidade destes receptores se interagirem com proteínas G para alterar a função celular (BIRNBAUMER et al., 1985).

Na característica hipertrofia muscular, a ordem de eficácia da ractopamina é superior nos bovinos e ovinos, seguindo-se, por ordem decrescente, os suínos e as aves (WILLIAMS, 1989; MOLONEY & ALLEN, 1992; RIBEIRO, 1995; MERSMANN, 1998).

b) Período de utilização

A ractopamina é administrada nas rações de suínos em fase de terminação, no período anterior ao abate e em animais que já tenham atingido a maturidade, ou seja, quando a capacidade de retenção das proteínas começa a ser menor. Neste momento verifica-se que os efeitos dos agonistas beta-adrenérgicos são mais evidentes (WILLIAMS, 1989; MOLONEY & ALLEN, 1992; MOLONEY & BEERMMAN, 1996).

No entanto, contrariando a recomendação tradicional, Hoshi (2004) verificou que a utilização da ractopamina em porcas em gestação, no período compreendido entre 25 e 50 dias de gestação, onde as células musculares fetais secundárias são influenciadas por recursos nutricionais e hormonais, determinou um processo hiperplásico, alterando o número de fibras ao nascimento, melhorando o desempenho pós-natal até a idade de abate.

c) Tolerância aos efeitos

O efeito que mais se evidencia na terapêutica prolongada de agonistas beta-adrenérgicos como a ractopamina é a tolerância, ou seja, redução da relação dose/efeito em indivíduos. Segundo Rutz & Xavier (1998), a intensidade da resposta mediada pelo receptor foi reduzida com a exposição prolongada da célula à ractopamina. Esta redução foi denominada

dessensibilização e estava associada ao sistema da adenilato ciclase, tendo sido constatada após redução da lipólise de tecido suíno tratado *in vitro* com ractopamina.

Neste sentido, observa-se que vantagens produtivas de seu uso são relativamente curtas, havendo um pico de ação seguida de um declínio, onde as maiores respostas ocorrem durante os primeiros 14 dias de tratamento (WILLIAMS et al., 1994).

Em estudos recentes, suínos alimentados com níveis constantes de ractopamina durante 35 dias apresentaram resultados de desempenho inferiores em comparação à suínos não tratados (SCHINCKEL et al., 2002).

d) Níveis de inclusão

Com relação à inclusão, a amplitude da resposta é função da dose aplicada e do tipo de beta-agonista utilizado (STAHLY, 1990). Segundo Schinckel et al., (2001), a maior parte da resposta com a ractopamina para ganho de peso podia ser já alcançada com uma concentração dietética de 5 ppm. No entanto, níveis mais altos (10 a 20 ppm) maximizaram a deposição de carne magra na carcaça e a eficiência de aproveitamento da ração.

Quanto à valores de desempenho, Bark et al. (1992) e Engeseth et al. (1992) indicam que a adição de ractopamina à dieta de suínos numa concentração de 20 ppm melhoraram o peso ao abate e a eficiência no crescimento, bem como as características da carcaça, especialmente se os suínos forem geneticamente selecionados para produção de carne magra e se o seu abate for efetuado até os 114 kg de peso (GU et al., 1991).

e) Formação de resíduos

- Animal

De acordo com Ramos & Silveira (2002), apesar da tolerância de uma droga estar habitualmente associada à diminuição da toxicidade, demandando

maior dose para desencadear os mesmos efeitos, uma dose aumentada de ractopamina conduziria ao aparecimento de efeitos tóxicos pela estimulação dos receptores β_1 (FONTES, 1995).

No entanto, a presença de resíduos na carne de animais tratados com ractopamina é insignificante. A droga apresenta características que a classificam como de baixa toxicidade, pois têm pouca fixação às particularidades de sua molécula, que se fixa menos às proteínas plasmáticas, sendo mais facilmente biotransformada e eliminada (PALERMO-NETO, 2002). Segundo Morgan (1990) e Smith (1998), em suínos, a eliminação da ractopamina é predominantemente urinária chegando a 88%.

Em 24 a 48 horas após a utilização da droga as concentrações do fármaco e metabólitos são reduzidos a valores muito inferiores aos níveis mínimos permitidos, sendo a conjugação glicorônica a principal forma de biotransformação (ELLIOTT et al., 1998).

Com isso, a FAO (1993) autorizou a retirada da ractopamina da ração apenas 12 horas antes do abate, como período de carência, ou seja, ausência de resíduos na carcaça.

- Homem

Situações de toxicidade pela ingestão de alimentos contendo resíduos de agonistas beta-adrenérgicos foram todas de natureza aguda e todas devidas ao clenbuterol (RAMOS & SILVEIRA, 2002). Os efeitos manifestaram-se particularmente devido a dois aspectos: sobredosagem no animal com período de carência não respeitado e quando o consumidor estava sujeito à terapêutica com o mesmo grupo de fármacos (FONTES,1995).

Martinez-Navarro (1990) observou os seguintes sintomas com a intoxicação pelo clenbuterol: tremores facilmente perceptíveis, taquicardia, nervosismo, cefaleias e mialgias.

No entanto, Sumano et al. (2002) afirmaram que é um erro comparar o clenbuterol com a ractopamina, pois o primeiro apresenta comprovadamente elevado potencial de toxicidade.

- Ambiente

Apesar dos agonistas beta-adrenérgicos serem eliminados sobretudo pela urina e pelas fezes, não se encontraram quaisquer efeitos deletérios sobre a qualidade do solo e/ou da água (RAMOS & SILVEIRA, 2002), permitindo que Boenisch & Quirke (1992) o isentassem de efeitos de ecotoxicidade.

Segundo Sutton et al. (2001), o uso da ractopamina, além de não trazer prejuízos para o ambiente, pode atuar de forma benéfica, pois este beta-adrenérgico causou maior retenção de nitrogênio pelo animal, reduzindo assim o volume de dejetos excretados.

f) Incremento protéico nas dietas

Os requerimentos em aminoácidos essenciais, em especial da lisina (considerada o primeiro aminoácido limitante para suínos) durante a fase de terminação, dependerão do tipo de dieta e do critério de resposta produtiva que se deseja obter. Segundo Yen et al. (1990), em rações que contenham ractopamina, o nível de inclusão de lisina deverá ser aumentado, além de alguns ajustes nos demais aminoácidos em relação à lisina que devem ser realizados durante a formulação destas dietas.

Quando se utiliza rações suplementadas com ractopamina, a concentração de lisina na proteína depositada em suínos aumenta de 6,80 para 7,15% (SCHINCKEL et al., 2003). Desse modo, a relação de aminoácidos proposta para proteína ideal pode não ser suficiente para atender às exigências de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina (WEBSTER et al., 2002; SCHINCKEL et al., 2003), o que exige alguns ajustes nutricionais, principalmente o de proteína bruta e aminoácidos, pois a energia consumida é direcionada mais para crescimento do tecido magro do que para o tecido adiposo (WILLIAMS et al., 1994).

Carter et al. (1991) e Cardoso & Stock (1996) explicaram que a diminuição da gordura no peso da carcaça era acompanhada por um aumento

do teor em água que estava associado ao incremento de proteína. Isso é um dos principais fatores que justificam o aumento do ganho de peso associado à melhora na conversão alimentar. Portanto, pode-se inferir que a adição de ractopamina em dietas para suínos em terminação melhora a eficiência de utilização dos nutrientes (MARINHO et al., 2007), sendo necessária então, uma suplementação extra nos níveis de proteína e aminoácidos na dieta para suprir essa maior eficiência.

Bellaver et al. (1991) trabalhando com diferentes níveis de ractopamina e de proteína bruta observaram que quando houve um decréscimo da proteína bruta de 16% para 13%, sob ação de 20 ppm de ractopamina, houve diminuição de 100 g no ganho médio diário e piora significativa ($P < 0,05$) na conversão alimentar.

g) Interações entre sexos/gênero

O sexo pode ocasionar diferenças no desempenho dos animais durante os períodos de crescimento e, principalmente, de terminação (UNRUH et al., 1996; LATORRE et al., 2004). Essas diferenças alteram o padrão de deposição dos tecidos magro e adiposo na carcaça e as propriedades tecnológicas da carne (UNRUH et al., 1996; ELLIS, 1998; LATORE et al., 2004). Quando submetidas aos tratamentos com agonistas beta-adrenérgicos, as fêmeas responderam melhor, sobretudo em ratos (CORRÊIA et al., 1992), frangos (WILLIAMS, 1987; MURAMATSU, 1991) e suínos (COLE et al., 1987). Provavelmente as fêmeas têm maior capacidade de mobilização dos lipídios corporais, cuja diminuição é mais evidente no tecido subcutâneo e menor no tecido adiposo intramuscular (FERRANDO & VANBELLE, 1989).

No entanto, os machos castrados apresentam características de mobilização de lipídios semelhantes às fêmeas. As respostas da ractopamina foram muito parecidas entre castrados e fêmeas para o crescimento, consumo de ração, ganho de carne magra e comprimento de carcaça (ELANCO, 1999). Segundo Uttaro et al. (1993), na concentração de 20 ppm, castrados e fêmeas

apresentaram os mesmos resultados para as características de carcaça, para rendimentos no processamento e para a qualidade da carne.

h) Desempenho e características de carcaça

Os efeitos da ractopamina no ganho de peso e conversão alimentar, independente da dosagem (CROME et al., 1996) ou das origens genéticas (BARK et al., 1992) foram significativos em relação aos animais não tratados.

De acordo com Mitchael et al. (1994), o conteúdo de proteína aumenta de 4 a 8%, a área de olho de lombo aumenta de 9 a 15% e a gordura total da carcaça é reduzida de 10 a 17%.

Carr et al. (2005), trabalhando com 0, 10 e 20 ppm de ractopamina em suínos na fase de terminação, observaram melhorias significativas no ganho diário de peso e na conversão alimentar nas duas inclusões com relação ao tratamento controle, não observando, porém, alterações no consumo diário de ração. Porém, Crome (1996) observou uma redução no consumo diário de ração em suínos alimentados com ractopamina em relação ao tratamento controle.

Quanto às características de carcaça, Budiño et al. (2005) observaram maior peso de carcaça para os animais tratados em comparação ao grupo controle, assim como redução na espessura de toucinho no lombo e aumento da área de olho de lombo, com conseqüente aumento na porcentagem de carne magra nas carcaças.

Carr et al. (2005) não observaram diferenças na espessura de toucinho (analisadas na altura da primeira e da última costela e na última vértebra lombar) e no comprimento de carcaça entre animais tratados com ractopamina e controle.

i) Qualidade de carne e da gordura

De acordo com Warris et al. (1990), Moller et al. (1992) e Wood et al. (1994) o pH final da carne tende a ser mais elevado em suínos tratados com

ractopamina, isso ocorre porque os agonistas beta-adrenérgicos consomem o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

Carr et al. (2005) encontraram alterações na maciez da carne em animais tratados com 10 e 20 ppm de ractopamina, levando a um aumento na força de cisalhamento em consequência do aumento do diâmetro das fibras musculares.

Segundo Lonergan et al. (2001), a seleção para a eficiência de crescimento magro em suínos cria uma redução da atividade da enzima proteolítica calpaína, diminuindo a degradação *post-mortem* da proteína miofibrilar, aumentando a força de cisalhamento. Apple et al. (2004) sugeriram que altos níveis de proteína bruta combinado com altos níveis de lisina também podem levar a redução na maciez.

Porém, Bridi et al. (2006), utilizando 10 ppm de ractopamina na ração de suínos em fase de terminação não encontraram alterações nos valores de pH inicial e final da carne, na temperatura da carcaça 45 minutos após o abate, grau de marmoreio, maciez da carne, perda de água, coloração e frequência de PSE.

Quanto à qualidade da gordura, Corrêia (1995) afirmou que a diminuição da deposição da gordura em animais tratados com agonistas beta-adrenérgicos levam a uma diminuição no sabor da carne, podendo conduzir a uma menor qualidade da carne, especialmente ao nível do paladar, com uma suculência diminuída, após o respectivo processamento culinário (MOLONEY & BEERMANN, 1996).

Segundo Williams (1989) e Fernandes (1995), com a administração da ractopamina em suínos, o perfil dos ácidos graxos saturados é modificado, aumentando a relação insaturados/saturados, sendo o ácido linoléico um dos mais influenciados. A relação de ácidos graxos saturados/insaturados passará, segundo Carraud (1989), de 1/1,2 para 1/2,3 com a utilização de um agonista beta-adrenérgico, o que confirma a atividade lipolítica que ocorre nos adipócitos. Porém, dados experimentais mostraram também que os níveis de colesterol não foram afetados pelo uso de beta-agonistas.

Os lípidios da carcaça, depositados em menores quantidades e com uma relação mais favorável de ácidos graxos insaturados, podem transformar a carne num alimento mais interessante do ponto de vista dietético, tornando-se, porém, num produto com menor tempo de prateleira, devido à sua maior capacidade de oxidação (FERRANDO & VANBELLE, 1989; FERNANDES, 1995).

j) Alterações fisiológicas e efeitos no comportamento

Acredita-se que a ractopamina por ser similar às catecolaminas, possa gerar alterações fisiológicas nos animais, levando a alterações de comportamento (dificultando o manejo), determinando aumento na frequência cardíaca, que por sua vez também desencadeará alterações na frequência respiratória, no pH e nas concentrações de oxigênio e gás carbônico no sangue levando a um conseqüente quadro de estresse.

Segundo Palermo-Neto (2002), a utilização da ractopamina em suínos e bubalinos, leva a um aumento nos níveis sanguíneos de lactato, constituindo dessa forma um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular com a utilização desse beta-agonista.

Quanto aos valores de uréia plasmática, com o aumento na síntese protéica no músculo causado pela utilização da ractopamina, há um aumento na utilização de nitrogênio que, conseqüentemente, diminui o teor de uréia circulante no plasma (CANTARELLI, 2007).

Segundo Marchant-Forde (2003), após a utilização da ractopamina durante quatro semanas em suínos de terminação, observou-se um aumento significativo nos valores de adrenalina e noradrenalina em relação aos animais do grupo controle. Observou-se um aumento na frequência cardíaca, o que levou ao estresse, dificultando conseqüentemente o manejo, onde os animais apresentaram mais tempo em atividade e deitados em decúbito esternal e menos tempo deitados em decúbito lateral, quando comparados ao grupo controle. Com relação aos níveis de cortisol circulantes, não foi observada

diferenças entre os tratamentos quer antes ou depois do transporte dos animais ao abatedouro.

Stella et al. (2007) avaliando possíveis interações entre comportamento suíno e a ractopamina, concluíram que raça, condição sexual e dose desse beta-agonista podem interagir para alterar o comportamento de suínos em teste de campo aberto.

Com o estresse, há uma ativação do sistema nervoso simpático e do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, o que levará a um aumento do beta-adrenérgico natural, adrenalina, na circulação, ou seja, a utilização da ractopamina em suínos na fase de terminação, tem potencial de estimular respostas típicas do estresse (MARCHANT-FORDE, 2003).

Neste sentido, as alterações de comportamento que podem ser causados por esse agonista além de irem contra as correntes de bem-estar animal podem também influenciar, negativamente, a qualidade da carne onde esta apresentará menor resistência a situações associadas com carne PSE (carne pálida, mole e exsudativa) ou DFD (carne dura, firme e escura).

Referências bibliográficas

- AALHUS, J.L. 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.
- ADEOLA, O.; BALL, R.O.; YOUNG, L.G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, v.122, p.488-495, 1992.
- APPLE, J.K. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.
- AZIZ, N. N.; BALL, R.O. Effects of backfat thickness and carcass weight on the chemical composition and quality of the meat from culled sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v.75, p.191-196, 1995.
- BARK, L.J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3391-3400, 1992.
- BELLAVER, C. et al. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.10, p.1795-1802, 1991.
- BIRNBAUMER, L. et al. Structural basis of adenylate cyclase stimulation and inhibition by distinct guanine nucleotide regulatory proteins. In: MOLECULAR MECHANISMS OF TRANSMEMBRANE SIGNALING, **Elsevier Science Publishers**, B.B. Amsterdam, p.131, 1985.

AGOSTINI, P.S Utilização da ractopamina em suínos em terminação: conceitos gerais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 844, 2010.

- BOENISCH, B.; QUIRKE, J.F. Safety assessment of β -agonists. In: KUIPER, H.A.; HOOGENBOOM, L.A.P., ed.: In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food - FLAIR Concerted Action Nº 8 - **Proceedings** of the Workshops held in Ghent, May 22 - 24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p.102-124, 1992.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A.; SHIMOKOMAKI, M. Uso da ractopamina para o aumento de carne na carcaça de suíno. **Revista Nacional da Carne**, n.307, p.91-94, 2002.
- BRIDI, A.M. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.
- BUDIÑO, F.E.L. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim de Indústria animal**, N. Odessa, v.62, n.3, p.245-250, 2005.
- CARDOSO, L.A.; STOCK, M.J. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. **Journal of Animal Science** v.74, p.2245-2252, 1996.
- CARR, S.N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2886-2893, 2005.
- CARRAUD, A. Les bêta-agonistes; effects zootechniques; modes d'action. **Bulletin-GTV**, v.3, p.45-53, 1989.
- CARTER, W.J. et al. Effects of clenbuterol on skeletal muscle mass, body composition, and recovery from surgical stress in senescent rats. **Metabolism**, v.40, p.855 - 860, 1991.
- CANTARELLI, V.S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. Dissertação (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COLE, D.J.A.; WOOD, J.D.; KILPATRICK, M.J. Effects of the beta agonist GAH/034 (salbutamol) on growth, carcass quality and meat quality in pigs. In: HANRAHAN, J.P. **Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality**. Londres, Elsevier, 1987, p.137-142.
- CORREIA, J.H.R.D.; PRATES, J.A.M.; SANTOS, P.J.R. Effects du salbutamol sur le développement musculaire et sur l'activité monoamine oxydase du plasma chez le rat. **Revue de Medicine Vétérinaire**, v.143, p.905-911, 1992.
- CORREIA, A.A.D. Agonistas beta-adrenérgicos em produção animal e seus possíveis reflexos na saúde dos consumidores. In: Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne, Lisboa, p.29-38, 1995.
- CROME, P.K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, n.4, p.709-716, 1996.
- ELANCO. Paylean Swine Nutrition Guide for Industry Professionals. **Elanco Animal Health**. Indianapolis, IN, 1999.
- ELLIOTT, C.T. et al. Screening and confirmatory determination of ractopamine residues in calves treated with growth promoting doses of the beta-agonist. **Analyst**, v.123, p.1103-1107, 1998.
- ELLIS, M. Genetic and nutritional influence on pork quality. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1., 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998. p.25-54.
- ELLIS, M.; BERTOL, T.M. Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da gordura. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. Embrapa: Suínos e aves **Anais eletrônicos...** Disponível em <http://www.conferencia.uncet.br/pork/seg/palestra.html>, Concórdia: 2001. Acesso em: 18 mar.2008.
- ENGESETH, N.J. 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.

AGOSTINI, P.S Utilização da ractopamina em suínos em terminação: conceitos gerais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 844, 2010.

- ETHERTON, T. J. Anabolic effects of porcine somatotropin on pig growth. In: **Designing foods**. Washington, DC.: National Academic Press, 1988, p.194-199.
- FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain veterinary drug residues in food. Fortieth report of the Joint World Health Organization. WHO-Technical-Report-Series. New York: WHO, 1993, p.832-862.
- FDA. 2000. **Freedom of Information Summary**. Disponível em: <http://www.fda.gov/cvm/efoi/section2/140863.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2008.
- FERNANDES, T. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar** - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne. Lisboa, p. 39 - 49,1995.
- FERRANDO, R.; VANBELLE, M. β -agonistas et production de la viande: considérations et réflexions. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.165, p.91-96, 1989.
- FONTES, E.M. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar** - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne. Lisboa, p. 51 -53. 1995.
- FRIESEN, K.G. et al. The effect of dietary lysine on growth, carcass composition, and lipid metabolism in high-lean growth gilts fed from 72 to 136 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3392-3401, 1995.
- GLASER, K.R.; SCHEEDER, M.R.L.; WENK, C. Dietary C 18:1 trans fatty acids increase conjugated linoleic acid in adipose tissue of pigs. **European Journal of Lipid Science Technology**, in press, 2000.
- GONZALES, E.; BERTO, D.A.; MACARI, M. Utilização de agonistas beta adrenérgicos como repartidores de nutrientes em produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.2, 1993.
- GU, Y. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2694-2702, 1991.
- HOSHI, E.H. **Ractopamina em porcas gestantes: efeitos nos parâmetros reprodutivos, na hiperplasia muscular fetal, no desempenho e nas características de carcaça da progênie**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina.
- LATORRE, M.A. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.526-533, 2004.
- LIU, C.Y.; MILLS, S.E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science** v.68, p.1603-1608, 1990.
- LONERGAN, S. M. et al. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2075-2085, 2001.
- MARCHANT-FORDE, J.N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.416-422, 2003.
- MARINHO, P.C. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1061-1068, 2007.
- MARTINEZ-NAVARRO, J.F. Food poisoning related to consumption of illicit β -agonist in liver. **Lancet**. v.336, p.1311, 1990.
- MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, p.160-172, 1998.
- MIYADA, V.S. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS,1996, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: UFV,1996. p.435-446.
- MITCHAEAL, A.D. et AL. Influence of dietary background on the response of pigs to the beta-adrenergic agonist. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1516, 1994.

AGOSTINI, P.S Utilização da ractopamina em suínos em terminação: conceitos gerais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 844, 2010.

- MOLLER, A.J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992. p.225.
- MOLONEY, A.P.; ALLEN, P. (1992). (Re) partitioning effects of β -adrenergic agonists in meat. In: KUIPER, H.A., HOOGENBOOM, L.A.P., ed. - In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food – FLAIR Concerted Action Nº 8: **Proceedings** of the Workshops held in Ghent, May 22-24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p. 89-101.
- MOLONEY, A.P.; BEERMANN, D.H. Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: ENNE, G., KUIPER, H.A., VALENTINI, A. - **Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products**. Wageningen: Wageningen Pers, 1996. p.124 - 136.
- MORGAN, D.J. Clinical Pharmacokinetics of β -agonists. **Clinical Pharmacokinetics**, v.18, n.4, p.270-294, 1990.
- MURAMATSU, T. et al. β -adrenergic agonist effects on liver and breast muscle protein synthesis in female chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1630-1632, 1991.
- PALERMO-NETO, J. Agonistas de receptores β_2 -Adrenérgicos e Produção animal. In: SPINOSA, H.S.; GORNIAK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.545-557.
- POZZA, P.C. et al. Avaliação da suplementação de Ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRVES, 2003. p.291-292.
- PREITNER, F. et al. Metabolic response to various beta-adrenoceptor agonists in beta 3-adrenoceptor knockout mice: evidence for a new beta-adrenergic receptor in brown adipose tissue. **British Journal of Pharmacology**, v.124, p.1684-1688, 1998.
- RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas β_2 -adrenérgicos como promotores do crescimento animal. **Revista de Farmácia e Bioquímica** - Univ. S. Paulo, v.33, p.13 - 21, 1997.
- RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III - Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.97, n.542, p.51-62, 2002.
- RIBEIRO, J.M.C.R. Utilização de beta agonistas. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar** - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne. Lisboa, p.55 - 59. 1995.
- ROE, J.A.; HARBER, J.M.M.; BUTTERY, P.J. Protein metabolism in ovine muscle cultures derived from satellite cells: effects of selected peptide hormones and growth factors. **Journal of Endocrinology**, v.122, p.565, 1989.
- RUTZ, F.; XAVIER, E.G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 1998. p.201-218.
- SCHINCKEL, A. P.; LANGE, C.F.M. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2021-2036, 1996.
- SCHINCKEL, A.P. et al. Efeito da ractopamina sobre o crescimento, a composição de carcaça, e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: 2001. p.324-335.
- SCHINCKEL, A. P. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 80(Suppl. 2):79 (Abstr.). 2002.
- SCHINCKEL, A.P. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1106-1119, 2003.
- SCHWÖRER, D. et al. Selection progress of intramuscular fat in Swiss pig production. 50th Meeting of the European Association for Animal production, Commission on Pig Production, Session 4, 1999, Zürich, Switzerland.
- SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science** v.76, p.173-194,1998.

AGOSTINI, P.S Utilização da ractopamina em suínos em terminação: conceitos gerais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 844, 2010.

- STELLA, I. **Avaliação de comportamento de suínos Large-White e Duroc durante a fase de terminação tratados com ractopamina e relação com qualidade de carne.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- STAHLY, T.S. Impact of somatotropin and Beta-Adrenergic agonists on growth, carcass composition and nutrient requirements of pigs. **Recent Advances in Animal Nutrition**. p.103, 1990.
- SUMANO, H.L; OCAMPO, L.C.; GUTIÉRREZ, L.O. Clenbuterol y otros b-agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? **Veterinaria México**, v.33, n.2, 2002.
- SUTTON, A. L. et al. Potential impact of ractopamine on environmental stewardship. **Journal of Animal Science** 79(Suppl. 1):239 (Abstr.). 2001.
- UNRUH, J.A. et al. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on pork subprimal cut yields and carcass quality of pigs fed to either 104 or 127 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, n.6, p.1274-1283, 1996.
- UTTARO, B. E. 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. 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.
- WEBSTER, M. J. et al. Interactive effects between Paylean_ (Ractopamine HCl) and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics and tissue accretion. **Journal of Animal Science**, 80(Suppl. 1):187. (Abstr.). 2002.
- WILLIAMS, P.E.V. The use of β -agonists as a means of altering body composition in livestock species. **Nutrition Abstracts & Reviews**, B. v.57, p. 453 - 464,1987.
- WILLIAMS, P.E.V. Brève revue et nouvelles données sur les effets du traitement des animaux d'élevage par des Bêta-agonistes. **Bulletin-GTV**, v.3, p.33 - 42, 1989.
- WILLIAMS, N. H. 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.
- WOOD, J.D.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. (Eds.) **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994. p.446-448.
- YEN, J.T. et al. Effects of ractopamine on genetically obese and lean pigs. **Journal of Animal Science**, v.68 n.11, p.3705-3712, 1990.