

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DA RACTOPAMINA
POR CROMO OU POR RESTRIÇÕES ALIMENTARES NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**

Rodrigo Caetano de Abreu

CAMPO GRANDE, MS 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DA RACTOPAMINA
POR CROMO OU POR RESTRIÇÕES ALIMENTARES NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**

Rodrigo Caetano de Abreu

Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

Co-orientadora: Profa. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2017

Certificado de aprovação

RODRIGO CAETANO DE ABREU

**Potencial de substituição da ractopamina por cromo ou por restrições
alimentares na alimentação de suínos**

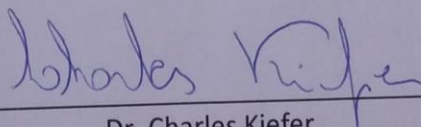
**Replacement potential of ractopamine by chromium
or by feed restrictions on pigs**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito à obtenção do título de
doutor em Ciência Animal.

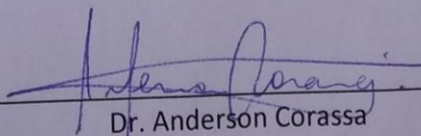
Área de concentração: Produção
Animal.

Aprovado(a) em: 09-02-2017

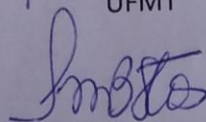
BANCA EXAMINADORA:



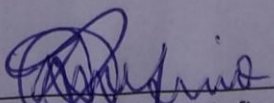
Dr. Charles Kiefer
(UFMS) – (Presidente)



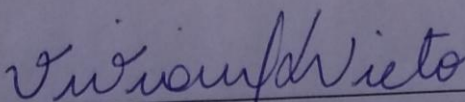
Dr. Anderson Corassa
UFMT



Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos
UEMS



Dra. Luciana Moura Rufino
UFMS



Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto
UFGD

*A minha mãe, Josefa Caetano de Abreu e
irmãos, Danielly Caetano de Abreu e
Ricardo Caetano de Abreu que me
educaram e ensinaram o que é uma família
e à minha esposa, Viviane Bento da Silva
pelo companheirismo, dedicação e
cumplicidade em todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus sem o qual nada seria possível.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À FUNDECT – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, em parceria com a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida.

Ao meu pai, Jose Pessoa de Abreu (*in memorian*), que apesar do pouco tempo mostrou-me os valores do trabalho e da dedicação.

A minha mãe Josefa Caetano de Abreu, pelos ensinamentos e principalmente exemplo de generosidade e incondicionalidade em todos os momentos.

Aos Meus irmãos Ricardo Caetano de Abreu e Danielly Caetano de Abreu Evangelista meus primeiros professores.

A minha tia Francisca Pessoa de Abreu Bossay e ao meu tio Luiz Jorge Bossay por ter me recebido como um filho e por toda generosidade, dedicação, paciência e carinho dedicados a mim.

A minha esposa Viviane Bento da Silva que me apoiou durante todas as etapas deste curso e que me ajuda diariamente a ver e sentir o mundo de uma forma melhor.

Ao professor Dr. Charles Kiefer, pela paciência, amizade, orientação e pelo exemplo de generosidade, empenho, dedicação e ética.

À professora Dr^a Karina Márcia Ribeiro de Souza, pela co-orientação e auxílio no transcorrer do curso.

Aos membros da banca examinadora Prof^a Dr^a Tânia Mara Baptista dos Santos (UEMS), Prof. Dr. Anderson Corassa (UFMT), Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto (UFMS) e Dra. Luciana Moura Rufino (UFMS) pela contribuição nas correções.

Ao Ricardo de Oliveira dos Santos, secretário do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela constante disposição em ajudar.

Aos colegas, Danilo Alves Marçal, Gabriela Puhl Rodrigues, Camilla Mendonça Silva, Alexandre Pereira, Stephan Alexander da Silva Alencar, Kelly Cristina Nunes Carvalho e Jéssica Lira da Silva pela colaboração na realização dos experimentos e pela contribuição com a minha formação profissional.

Aos estagiários do setor de suinocultura, Allan Canazilles, Ariadne Maria Portilho Saturnino da Silva, Bruna D'Avila Teodoro, Guilherme Costa Marchezoni, Indira Daiane

Santos, Kelvin Álin Lino, Larissa Higano, Leonardo Sitorski, Mariana Vital e Matheus Vidal, sem os quais não seria possível a conclusão dos experimentos.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Resumo

ABREU, R.C. Cromo em dietas de suínos em crescimento e terminação. 2016. 62. f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

Realizaram-se dois experimentos com o objetivo de avaliar a utilização de níveis de cromo associados ou não aos níveis de ractopamina (experimento 1) e cromo comparado à ractopamina e restrições alimentares quantitativa ou qualitativa (experimento 2) sobre o desempenho e características de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação. No primeiro estudo foram utilizados 72 suínos machos castrados, híbridos comerciais geneticamente similares, com peso inicial de $70,02 \pm 2,76$ Kg e peso final de $98,9 \pm 5,4$ Kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, num esquema fatorial 2×3 (dois níveis de cromo: 0 e 0,4 mg de cromo levedura/kg e 3 níveis de ractopamina: 0; 5 e 10 ppm), seis repetições, sendo cada unidade experimental constituída por dois animais. Adotou-se o peso inicial como critério para formação dos blocos. A suplementação de cromo, ractopamina e suas combinações não influenciaram ($P > 0,05$) o peso final, o consumo de ração diário, consumo de ração total, ganho de peso diário, ganho de peso total e a conversão alimentar dos suínos em terminação. A suplementação de cromo e sua combinação com a ractopamina não melhoram o desempenho, tampouco afetam as características de carcaça de suínos na fase de terminação. No segundo estudo foram utilizados 50 suínos machos, geneticamente similares, com peso inicial de $99,04 \pm 4,35$ Kg e final de $117,24 \text{ Kg} \pm 5,75$. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso composto por cinco tratamentos (Controle, Rac = 10ppm de ractopamina, Cromo = 0,8 mg de cromo, Qualit = restrição qualitativa 7,5% a menos de energia líquida na dieta e Quanti = redução quantitativa de 15% no fornecimento de ração), cinco repetições e dois animais por repetição. A suplementação de cromo e a restrição alimentar quantitativa reduziram ($P > 0,05$) o consumo de ração, o consumo de lisina, o consumo de energia líquida e o consumo de proteína bruta. O cromo a ractopamina e a restrição quantitativa melhoraram ($P > 0,05$) a conversão alimentar. O tratamento com ractopamina aumentou o ganho de peso diário dos suínos em terminação. A suplementação de cromo, ractopamina e as restrições alimentares qualitativa e quantitativa não influenciam as características quantitativas de carcaças dos suínos. A suplementação de cromo e a restrição alimentar quantitativa reduziram o consumo de ração dos suínos em crescimento e terminação.

Palavras chave: aditivos, carcaça, espessura de toucinho, rendimento de carcaça, restrição alimentar

Abstract

ABREU, R.C. Chrome in swine diets on growth and termination. 2016. 62. f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

There were two experiments with the aim of evaluate the use of associated chromium levels or not the levels of ractopamine (Experiment 1) and chromium compared to ractopamine and quantitative or qualitative dietary restrictions (Experiment 2) on performance and pig carcass characteristics in the phases of growing and finishing. In the first study were used 78 barrows genetically similar commercial hybrids, with initial weight of $70,02 \pm 2,76$ Kg and final weight of $98,9 \pm 5,4$ Kg. The animals were distributed in a randomized block design in a 2x3 factorial (two chromium levels: 0 and 0,4 mg of chromium yeast/Kg and 3 ractopamine levels: 0, 5 and 10 ppm), six replications, each replicate consists of two animals. Adopted the initial weight as a criterion for blocking. The chromium supplementation, ractopamine and their combinations did not influence ($P > 0,05$) the final weight, daily feed intake, total feed intake, daily weight gain, total weight gain and feed conversion of finishing pigs. The chromium supplementation and its combination with ractopamine not improve performance, nor affect the pig carcass characteristics in finishing phase. In the second study 50 animals were used, genetically similar, with initial weight of $99,04 \pm 4,35$ kg and final of $117,24 \text{ kg} \pm 5,75$. The animals were distributed in a randomized complete block design with five treatments (Control, Rac = 10ppm ractopamine, Chromium = 0,8mg chromium, Qualit = qualitative restriction 7,5% less liquid energy in the diet and Quanti = 15% quantitative reduction in feed supply), five replicates. Chromium supplementation and quantitative feed restriction reduced daily feed intake, daily lysine consumption, daily net energy consumption and daily crude protein consumption ($P > 0,05$). Chromium, ractopamine and quantitative restriction improved ($P > 0,05$) the feed conversion. Treatment with ractopamine increased the daily weight gain of finishing pigs. Chromium supplementation, ractopamine and qualitative and quantitative feed restriction do not influence the quantitative characteristics of pig carcasses. Chromium supplementation and quantitative feed restriction reduce the feed intake of growing and finishing pigs.

Keywords: additives, carcass, backfat thickness, carcass yield, food restriction

Lista de tabelas

Tabela 1 - Estudos que apresentaram efeito significativo da suplementação de cromo na nutrição de suínos em crescimento e terminação.....	18
Tabela 2 - Composições centesimal e nutricional das dietas de suínos machos castrados em terminação suplementados com níveis de cromo, ractopamina e suas combinações.....	42
Tabela 3 - Desempenho de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e suas combinações.....	45
Tabela 4 - Características de carcaça de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e suas combinações.....	48
Tabela 5 - Composições centesimal e nutricional das dietas de suínos machos castrados em terminação suplementados com ractopamina, cromo e restrições alimentares quantitativa e qualitativa.....	58
Tabela 6 - Desempenho de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e restrições alimentares quantitativa e qualitativa.....	60
Tabela 7 - Características de carcaça de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e restrições alimentares quantitativa e qualitativa.....	62

Lista de figuras

Figura 1. Ação do cromo sobre o receptor de insulina.....	14
Figura 2. Substância de baixo peso molecular ligado ao cromo (sbmcr).....	15
Figura 3. Sinalização intracelular da ractopamina.....	22

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1 Revisão de literatura.....	13
1.1 Cromo.....	13
1.2 Suplementação de cromo em dietas de suínos.....	17
1.3 Ractopamina.....	20
1.4 Suplementação de ractopamina em dietas de suínos.....	22
1.5 Restrição alimentar.....	25
1.6 Restrição alimentar e desempenho de suínos.....	27
REFERÊNCIAS.....	28
EXPERIMENTO I - CROMO E RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO....	38
RESUMO.....	38
ABSTRACT.....	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÕES.....	49
LITERATURA CITADA.....	49
EXPERIMENTO II – CROMO, RACTOPAMINA E RESTRIÇÕES ALIMENTAR QUALITATIVA E QUANTITATIVA SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO.....	54
RESUMO.....	54
ABSTRACT.....	55
INTRODUÇÃO.....	56
MATERIAL E MÉTODOS.....	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÕES.....	63
LITERATURA CITADA.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68

INTRODUÇÃO

As principais modificações realizadas na nutrição de suínos têm por objetivos aumentar a eficiência produtiva dos animais, eficiência econômica da atividade e produzir alimento de melhor qualidade ao consumidor final. Neste sentido o controle dos níveis nutricionais assim como a inclusão de aditivos nas dietas podem proporcionar essas mudanças no desempenho dos animais e, conseqüentemente na atividade como um todo.

Os principais avanços na nutrição animal ocorreram após os estudos que verificaram as exigências nutricionais e a composição dos alimentos. A exemplo deste avanço são as referências para os nutricionistas tais como as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e o National Research Council – Nutrient Requirements of Swine (ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 2012). A partir das exigências nutricionais dos animais pode-se estudar possíveis modificações que resultem em melhorias no desempenho e na qualidade das carcaças. Contudo a utilização de aditivos na dieta o controle do fornecimento de alimento e os ajustes nutricionais tem sido promissor na melhoria e obtenção de resultados sobre o desempenho e a qualidade de carcaças.

Entre os aditivos utilizados na nutrição de suínos a ractopamina tem demonstrado efeitos significativos sobre o desempenho e as características de carcaça. Esse aditivo tem a capacidade de redirecionar os nutrientes destinados à deposição de lipídeos para a deposição de músculo, aumentar a quantidade de carne magra e reduzir a gordura na carcaça, resultando em carcaças mais pesadas e com maior relação carne:gordura (CANTARELLI et al., 2009).

Semelhante à ractopamina tem se o cromo, um micromineral com resposta similar à ractopamina sobre as características de carcaça e desempenho (LIEN et al., 2001). Esse micromineral pode aumentar a quantidade de músculo e reduzir a gordura na carcaça. No entanto, ainda não se sabe quais fatores influenciam os efeitos do cromo na nutrição de suínos.

A restrição alimentar é uma técnica que apresenta resultados significativos na redução do consumo de ração e modifica as carcaças de suínos com elevado peso de abate, proporcionando melhores margens de lucro para o suinocultor (CANTARELLI et al., 2009; SANTOS et al., 2012), sendo este um manejo que necessita de critérios para sua aplicação mas, com resultados expressivos sobre a qualidade das carcaças e lucratividade da atividade suinícola como um todo.

1 Revisão de literatura

1.1 Cromo

O cromo é um metal de transição pesquisado desde a década de 1920 e apesar do tempo de exploração sabe-se pouco sobre as exigências nutricionais e sua bioquímica na nutrição. A essencialidade do cromo no metabolismo ainda é questionada, no entanto existem na literatura algumas substâncias e ações no metabolismo de carboidrato e lipídeos com a participação do cromo (YAMAMOTO & ONO, 1987).

Os primeiros relatos do efeito do cromo sobre o metabolismo foram feitos por Glaser et al. (1929) os quais descobriram que a levedura de cerveja exibia efeito de potencializar a ação hipoglicemiante da insulina.

Os pesquisadores Walter Mertz & Klaus Schwarz (1959) descreveram a participação do cromo no metabolismo da insulina. Em seus estudos buscavam respostas para doenças do fígado que envolvia o micromineral selênio e o até então conhecido “fator três” que em 1959, foi identificado como Fator de Tolerância à Glicose (FTG) que continha um composto orgânico de cromo trivalente.

Os estudos de Mertz & Schwarz. (1959) demonstraram a existência de um fator dietético, que estava ausente na dieta dos ratos alimentados com levedura *Torula* (*Candida utilis*) como a sua única fonte de proteína. Os ratos que consumiram essa dieta desenvolviam incapacidade para remover eficientemente a glicose da corrente sanguínea, que era invertida pela adição de alimentos ricos em cromo ou quando adicionando complexos sintéticos de cromo inorgânico na dieta.

A ação do cromo é ligada a ação da insulina na membrana celular (Figura 1), este potencializa a ação de entrada da glicose na célula. Segundo Davis et al. (1996) o cromo inibe a fosfatase fosfotirosina que age reduzindo a sensibilidade à insulina. Em outras palavras, o cromo aumenta a sensibilidade à insulina. Além disso, é sugerido que o cromo fortaleça a ligação da insulina com seu receptor, o número de receptores de insulina, a internalização de insulina e sensibilidade das células β (ANDERSON, 1998).

Os mecanismos de absorção e transporte do cromo ainda necessitam de maiores esclarecimentos, administração *in vivo* de íons cromo a mamíferos por via oral, ou por injeção resulta no aparecimento de íons cromo ligados à proteína transferrina. Além da transferrina a albumina e alguns produtos de degradação também podem se ligar ao cromo, e com isso parte do cromo não participa do metabolismo (BORGUET et al., 1990).

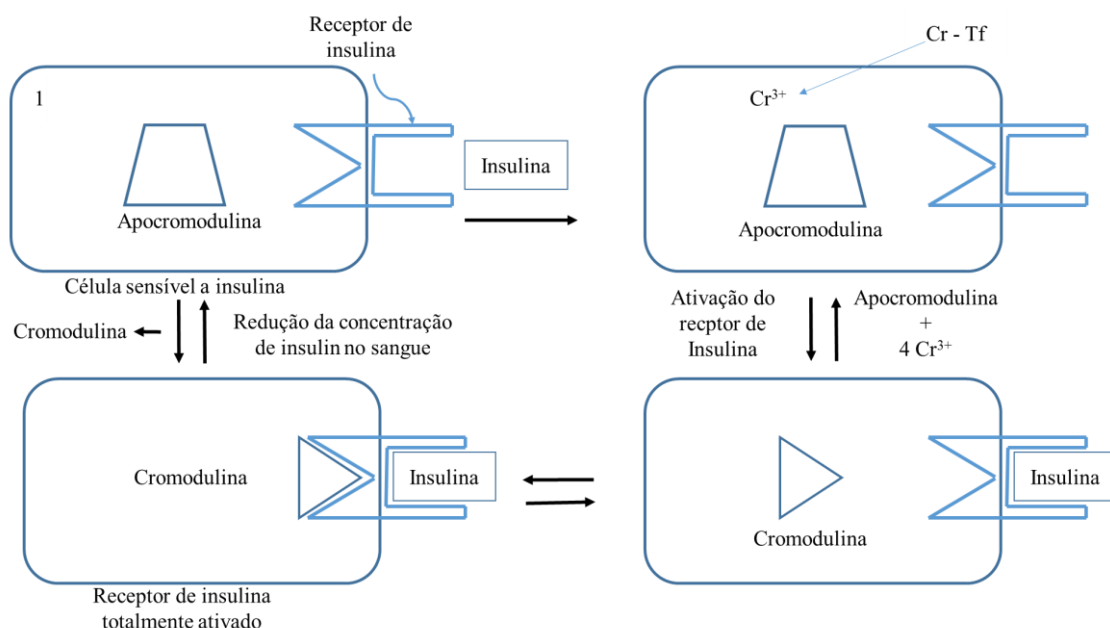


Figura 1 - Ação do cromo sobre o receptor de insulina. 1- forma inativa apocromodulina e receptor de insulina ativado por ligação da insulina. 2 - movimento do Cromo (Cr-transferrina) a partir do sangue para as células dependentes de insulina. 3 - ligação do Cromo ativando a apocromodulina (trapézio). 4 - ligação da forma ativada (triângulo) ao receptor de insulina dando maior atração a essa ligação. Quando a concentração de insulina diminui a forma halocromodulina é libertada a partir da célula reduzindo seus efeitos

Fonte: adaptado de Davis & Vincent (1997a); Vincent (2000) e Lamson & Plaza (2002).

Na década de 1980 Yamamoto et al. (1987) relataram o isolamento e caracterização de um oligopeptídeo ligado ao cromo chamado de substância de baixo peso molecular ligada ao cromo (SBMCR).

O oligopeptídeo é composto por quatro aminoácidos: glicina, cisteína, glutamato e aspartato (Figura - 2) e estão ligados às subunidades beta do receptor de insulina. Apesar de sua pequena massa molecular, liga-se a quatro íons de cromo, aparentemente em conjunto tetranuclear, necessário por argumentos de equilíbrio de carga. Esse oligopeptídeo foi isolado e purificado a partir do fígado de ratos (YAMAMOTO et al., 1983), fígado de cães (WADA et al., 1983), fígado de coelho (YAMAMOTO et al., 1987), colostro bovino (YAMAMOTO et al., 1988), do rim de suínos (SUMRALL & VINCENT, 1997), fígado de suínos (DAVIS & VINCENT, 1997b). Assim, a SBMCR aparece amplamente distribuída nos mamíferos. Sabe-se ainda, que sem o cromo o oligopeptídeo é inativo (MERTZ, 1993; HOSSAIN et al., 1998). Quando em presença de cromo na forma biologicamente ativa, os níveis de insulina necessários ao metabolismo são menores (VINCENT, 2000).

A SBMCR é armazenada no citosol das células sensíveis à insulina em uma forma apo (forma não ligada) que é ativada por ligação de quatro íons de cromo. Esta

ativação é o resultado de uma série de passos de sinalização estimuladas pela insulina. A SBMCR aumenta a potência da ação da insulina, uma vez que a insulina tenha se ligado ao seu receptor (SUN et al., 2000).

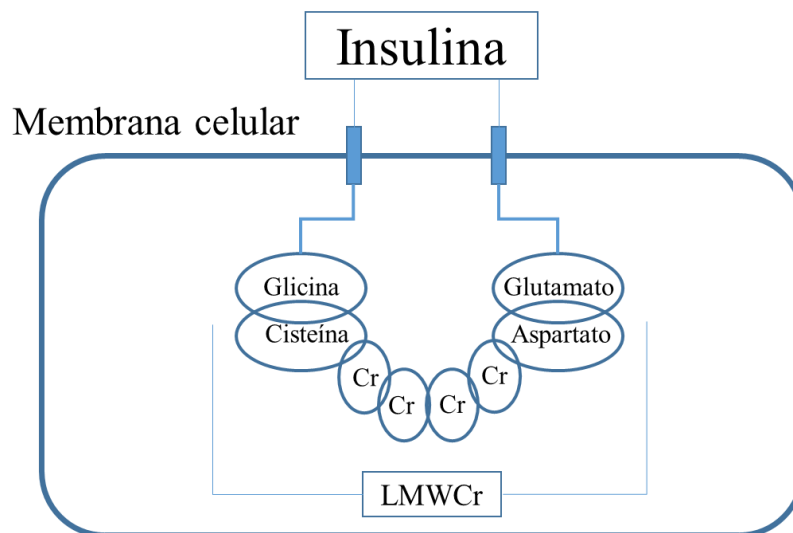


Figura - 2. Substância de baixo peso molecular ligada ao cromo (SBMCR)
Fonte: Adaptado de Vincent (2000).

Acredita-se que o efeito da cromodulina sobre a insulina pode levar a reduções na deposição de gordura e aumento na musculatura. A insulina tem efeito positivo sobre o tecido adiposo e muscular, pois contribui para maior absorção de aminoácidos nas células musculares e retarda a avaria ou o catabolismo das proteínas do corpo, com efeito positivo sobre o aumento da proteína disponível para a construção de tecido (KAATS et al., 1998). A estimulação é diretamente dependente do teor de cromodulina (YAMAMOTO et al., 1989).

Na presença do cromo a concentração de insulina necessária para máxima atividade de transporte da glicose para as células é reduzida pela metade, o que sugere que a cromodulina pode desempenhar efeito na redução de adipócitos nas células (MERTZ, et al., 1961; VINCENT, 1994; DAVIS & VINCENT. 1997b). Estes pesquisadores afirmam que, níveis elevados de insulina e colesterol provocam resistência à insulina e reduzem o transporte de glicose para as células.

Além de potencializar a ação da insulina em pesquisa *in-vitro* com células de tecido adiposo de ratos alimentados com cromo demonstrou-se que a suplementação impede o acúmulo de colesterol na membrana plasmática atenuando a ação de biossíntese do colesterol (BRENT et al., 2013). O cromo inibi a enzima hepática hidroximetilglutaril-CoA-redutase, enzima que limita a síntese e, portanto provoca

diminuição da concentração plasmática de colesterol (GOMES et al., 2005). A redução do colesterol contribui com a adequada incorporação da proteína GLUT 4 (HABEGGER et al., 2012).

O cromo pode ativar a adenosina monofosfato cinase (AMPK), um indicador conhecido do estado de baixa energia (EVANS & BOWMAN, 1992; CHEN et al., 2006; WANG et al., 2009; SEALLS PENQUE & ELMENDORF 2011).

Além disso foi determinado que a AMPK pode fosforilar e inibir a glutamina frutose-6-fosfato amidotransferase, a enzima limitadora da biossíntese de hexosaminas (EGUCHI, et al., 2009). A este respeito, o cromo pode modificar os processos de síntese do colesterol por meio da inibição da produção tanto da 3-hidroxi-3- metil glutaril-CoA redutase, bem como a sua atividade (BRENT et al., 2013).

A compreensão do metabolismo de cromo não tem sido esclarecedora ao passo que não existe um método confiável para o diagnóstico de sua deficiência, além da observação de mudanças benéficas durante a suplementação. Assim, não é possível determinar o estado do cromo de um indivíduo (VINCENT, 2000). Outro ponto que dificulta as avaliações do metabolismo do cromo é a sua concentração nos alimentos. O cromo é amplamente distribuído nos alimentos, mas a maioria fornece quantidades menores que dois microgramas por porção. Além disso, a quantidade de cromo é variável entre diferentes lotes de alimentos (ANDERSON et al., 1992) e pode ser influenciado por fatores geoquímicos (WELCH & CARY, 1975). Consequentemente, a ingestão de cromo pode variar devido a estes fatores.

O teor de cromo nos alimentos pode aumentar ou diminuir com o processamento. Relatos iniciais indicaram perdas de cromo quando grãos e açúcares foram refinados (ANDERSON, 1987). Os cereais contribuem com quantidades variáveis de cromo para a dieta total mas, potencialmente importantes. São consideradas fontes de cromo grãos integrais e carnes, bem como algumas frutas e legumes (ANDERSON et al., 1992). Em contraste, alimentos ricos em açúcares simples (como sacarose e frutose) possuem baixo nível de cromo (KOZLOVSKY et al., 1986).

A absorção e excreção do cromo foi pouco estudada em suínos. No entanto, estudos em ratos e seres humanos indicam que o cromo é pouco absorvido. A absorção do cromo em seres humanos que consomem dietas sem suplementação variou de 0,5 a 2,0% (ANDERSON & KOZLOVSKY, 1985) e essa absorção é inversamente proporcional à quantidade de cromo na dieta (GOMES et al., 2005). Vários fatores interferem na absorção do cromo, dos quais se ressaltam, como inibidores, o fitato e a

maior quantidade de minerais como zinco, ferro e vanádio no intestino e, como estimuladores, os aminoácidos, o oxalato, a vitamina C e o amido (KOBLA & VOLPE, 2000).

O padrão de consumo diário de cromo de pessoas saudáveis avaliado pelo Institute of Medicine, Food and Nutrition Board em 2001 é de 0,2 mcg/dia para recém nascidos e 35 e 25 mcg/dia para jovens e adultos do sexo masculino e feminino respectivamente. Embora o cromo esteja presente em uma variedade de alimentos, é estimado que 90% da população norte americana consomem menos do que a ingestão mínima recomendada. No caso de suínos não existe definição de exigência de cromo estabelecida.

1.2 Suplementação de cromo em dietas de suínos

Apesar de ser considerado essencial o cromo não possui padrão definido de exigência nutricional para os suínos. No entanto, alguns efeitos foram observados e apresentados até o presente momento quando testada sua suplementação. As fontes de cromo mais utilizadas nas pesquisas com suínos são as orgânicas (picolinato de cromo, cromo metionina, cromo nanopartícula e cromo levedura) devido a sua maior absorção em comparação as fontes inorgânicas sendo a mais utilizada cloreto de cromo.

Estudos mostram que a suplementação de diferentes níveis de cromo (0, 0,2 e 0,4 mg/kg de cromo picolinato) na dieta de suínos na fase de crescimento e terminação tem efeito positivo sobre o ganho de peso, proporção de carne magra:gordura e área de olho de lombo (ZHANG et al., 2011). Estudos que avaliaram a utilização do cromo e seus efeitos significativos estão apresentados de forma resumida na Tabela 1.

Após a suplementação da dieta com cromo picolinato, pode haver ligeira diminuição, da deposição de gordura na carcaça dos suínos em conjunto com um aumento na síntese e deposição de proteína (PAGE et al., 1993; O'QUINN et al., 1998). Outro indicativo do efeito do cromo é a redução do colesterol no músculo esquelético (NRC 1998).

Ao avaliar diferentes níveis de cromo picolinato na dieta de suínos em crescimento e terminação, Page et al. (1993) observaram em três estudos que a inclusão de cromo picolinato na dieta de até 0,2 mg/kg aumenta o ganho diário de peso e reduz o colesterol sérico em suínos em crescimento e terminação. Em outro estudo o aumento dos níveis 0,1, 0,2, 0,4 e 0,8 mg/kg de cromo picolinato reduziram o ganho de peso diário e o consumo de ração. No terceiro estudo, além do cromo picolinato foi testada a

adição de cromo na forma de cloreto de cromo, porém não foram observados efeitos sobre o desempenho.

Tabela 1- Estudos que apresentaram efeito significativo da suplementação de cromo na nutrição de suínos em crescimento e terminação.

Estudos	Page et al. (1993)	Lien et al. (2001)	Wang & Xu (2004)	Wang et al. (2009)	Zhang et al. (2011)
Nível mg/kg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CRD	-	↑	-	-	-
GPD	↑	↑	-	-	↑
CA	-	-	+++	-	-
PM	-	↑	↑	↑	↑
ET	-	↓	↓	↓	-
CM	-	-	↑	↑	-
Proporção	-	-	-	↑	↑
Colesterol	↓	↓	*	↓	-
Fonte de cromo	Picolinato	Picolinato	Picolinato	Nano	Picolinato

CRD: Consumo de ração diário; GPD: Ganho de peso diário; CA: Conversão alimentar; PM: Profundidade de músculo; ET: Espessura de toucinho; CM: Carne magra; Proporção: Carne magra/gordura; Colesterol: quantidade de colesterol sérico; - sem efeito; +++ melhoria; ↑ aumento; ↓ redução; * não foi mensurado no estudo.

O efeito de três fontes de cromo foi testado por Park et al. (2009) sobre o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação (8,5 aos 110,0 kg), utilizando cromo picolinato, cloreto de cromo e cromo metionina. Foram encontrados apenas efeito do cromo na forma de picolinato e cromo metionina sobre o ganho de peso e eficiência alimentar dos suínos com dosagem de 0,2 mg/kg. A fonte de cromo influenciou a digestibilidade dos nutrientes onde o cromo metionina proporcionou maior digestibilidade das frações proteicas, energéticas, cinzas e carboidratos em comparação ao tratamento com cloreto de cromo e controle.

Em teste com diferentes fontes de cromo (cromo picolinato, cloreto de cromo e cromo nano, Wang et al. (2009) não observaram efeito sobre o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. A fonte de cromo nano aumentou a quantidade de carne magra na carcaça, a área de olho de lombo reduziu a proporção de gordura na carcaça e a espessura de toucinho. A suplementação cromo picolinato também resultou em menor proporção de gordura na carcaça e maior área de olho de lombo.

Avaliando a inclusão de 0,2 mg/kg de cromo nano partícula na dieta de suínos em terminação dos 65,0 aos 90,0 kg Wang & Xu (2004) observaram melhora da conversão alimentar, aumento da porcentagem de carne magra da carcaça, área de olho

de lombo e menor porcentagem de gordura na carcaça e espessura de toucinho. A suplementação de cromo nano aumentou a concentração de cromo no músculo *longissimus dorsi*, fígado, rim e coração. De acordo com Zha et al. (2007) o cromo nano têm consideravelmente eficiência de absorção em comparação ao cromo picolinato e o cloreto de cromo.

Acredita-se que as nanopartículas podem promover maior absorção de cromo por maior eficiência de absorção destas micropartículas (DESAI et al., 1997). A utilização de picolinato de cromo (0 e 0,2 mg/kg) na dieta de suínos a partir dos 24,6 kg aumenta a digestibilidade da matéria seca, energia digestível e energia metabolizável, assim como a retenção de nitrogênio em percentagem do nitrogênio ingerido (OLIVEIRA et al., 2007). Neste estudo, o picolinato de cromo aumentou o nível de glicose, embora não tenha alterado as concentrações de insulina e triglicerídeos do plasma sanguíneo.

A inclusão do cromo na forma de picolinato pode contribuir para aumentar a glicose circulante devido à maior digestibilidade dos componentes da dieta e por aumentar a captação da glicose pelas células (OLIVEIRA et al., 2007). No entanto, em outros estudos foi verificado que a suplementação de 0,2 mg/kg de cromo diminuiu a concentração de glicose circulante de suínos em jejum (EVOCK-CLOVER et al., 1993; LIEN et al., 2001; VAN DE LIGT et al., 2002).

A utilização do cromo picolinato (0,2 mg/kg) em dietas de suínos dos 46,6 aos 110,0 kg mostrou eficiência em aumentar o ganho médio diário e o consumo alimentar, além de reduzir a espessura de gordura e aumentar a área de olho de lombo. A suplementação com cromo picolinato reduziu a glicose, colesterol, triacilglicerol e a uréia no soro de suínos após jejum de 16 horas (LIEN et al., 2001).

Em avaliação meta-analítica dos efeitos do cromo na nutrição de suínos, Sales & Jancík (2011) relataram que de 31 estudos com o cromo picolinato o ganho de peso diário nas fases de crescimento e terminação foi melhorado em 35% dos estudos e a eficiência alimentar em 25%, por suplementação de 0,2 a 0,5 mg/kg.

Níveis acima de 0,2 mg/kg parece não ser eficiente para os suínos, pois os resultados mostram que o desempenho e características de carcaça foram favoravelmente reguladas quando a dose suplementar de cromo picolinato foi fixado em 0,2 mg/kg (BOLEMAN et al., 1995; PAGE et al., 1993). Estudos apontam não haver diferenças significativas destas características, quando a concentração de cromo picolinato é aumentada para 0,4 mg/kg (PAGE et al., 1993; ZHANG et al., 2011;

SALES & JANCÍK, 2011). Por conseguinte, uma concentração adequada de cromo picolinato para a suplementação de suínos seria de 0,2 mg/kg (WANG et al., 2009; ZHA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007). O envolvimento do cromo na síntese do RNA e DNA ou o aumento na captação de aminoácidos são responsáveis pelas respostas significativas sobre o desempenho (WARD et al., 1997; LINDEMANN, 1999).

Apesar dos resultados significativos encontrados sobre a redução da porcentagem de gordura na carcaça e espessura de gordura para Sales & Jancík, (2011) a suplementação de cromo na dieta não tem efeito sobre essas características. No entanto, provoca aumento no rendimento de carcaça, porcentagem de carne magra, área de olho de lombo e redução na espessura de gordura na 10^o costela sem efeito sobre a espessura de gordura em outros pontos.

Em pesquisa avaliando a suplementação (0 ou 0,2 mg/kg) de cromo inorgânico (sulfato de cromo) ou quelatada (cromo metionina) na dieta de suínos em crescimento e terminação (60,49 aos 107,23 kg), Peres et al. (2014) observaram que a suplementação de cromo-metionina proporcionou maior ganho diário de peso apenas comparado aos animais que não foram suplementados com cromo, já a conversão alimentar foi melhor em comparação aos demais tratamentos, porém independente da fonte.

Ao avaliar o efeito da suplementação com 0,2 mg/kg de picolinato de cromo na dieta e suínos em crescimento e terminação (38,12 aos 100,00 kg), Xi et al. (2001) observaram aumento do ganho de peso diário e melhora da conversão alimentar. A porcentagem de carne magra e área de olho de lombo aumentaram e a espessura de toucinho e a quantidade de gordura na carcaça reduziram. Neste estudo foi observado aumento no nível de IGF-I e redução da insulina e cortisol presentes no soro dos animais que receberam suplementação com picolinato de cromo e houve aumento significativo da atividade do hormônio lipase sensível, isocitrato desidrogenase e malato-desidrogenase.

1.3 Ractopamina

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico pertencente ao grupo das fenetanolaminas, as quais fazem parte de uma classe de compostos que se ligam aos receptores α e β -adrenérgicos, localizados na superfície da membrana celular (PALERMO NETO, 2002). Farmacologicamente a ractopamina é similar às

catecolaminas, como a dopamina, norepinefrina (noradrenalina) e epinefrina (adrenalina), que são compostos utilizados na medicina como bronco-dilatadores.

Os efeitos do uso da ractopamina estão relacionados à sua influência sobre as células insulino-dependentes. Os tecidos adiposo e muscular são os mais notavelmente insulino-dependentes, e os efeitos da insulina sobre cada um deles são alcançados por modificações que ela determina em algumas enzimas especificamente selecionadas (RIEGEL, 1996). A ractopamina altera o fluxo de nutrientes para o anabolismo proteico em detrimento do lipídico por meio de modificações nas complexas redes de sinalização intracelular (MOODY et al., 2000) (Figura - 3).

A principal via de sinalização ocorre por alterações conformacionais nos receptores β -adrenérgicos após o acoplamento da ractopamina, iniciando o ciclo de atividade da proteína G estimulatória. A presença da ractopamina nos receptores desencadeia a substituição da guanosina difosfato (GDP) por guanosina trifosfato (GTP) na subunidade α da proteína G, com consequente dissociação desta fração do dímero $\beta\gamma$ o que torna a proteína G ativa (ALBERTS et al., 2004). O complexo proteína G + GTP difunde-se livremente pela superfície interna da membrana celular, o que acarreta na estimulação da enzima adenil ciclase que, por sua vez, catalisa a formação de adenosina monofosfato cíclico (AMPc) a partir da adenosina trifosfato (ATP) o AMPc interage com a proteína quinase dependente de AMPc (PKA) que até então se encontra inativa.

A ligação do AMPc às subunidades regulatórias da PKA induz a uma mudança conformacional, liberando as subunidades catalíticas que conduzem a fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta celular. Parte da resposta celular envolve ação facilitada da transcrição gênica e aumento da ação da enzima lipase sensível que estimula a mobilização dos triglicerídeos estocados nos adipócitos. Outros efeitos podem incluir glicogenólise, aumentos da insulina e glucagon, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (MOODY et al., 2000). Algumas enzimas quando são fosforizadas ficam inativas, como é o caso da acetil-CoA carboxilase, envolvida no processo de biossíntese de ácidos graxos (MERSMANN, 1998).

Os efeitos da ractopamina, sob o ponto de vista metabólico, estão relacionados ao tecido muscular esquelético e à gordura corporal dos animais, havendo pouca influência sobre o metabolismo glicídico (RAMOS & SILVEIRA, 2000). Embora alguns autores defendam que haja aumento na síntese proteica, particularmente na fase inicial (GREIFE et al., 1989; BARK et al., 1992), a diminuição da proteólise, por outro lado,

apresenta-se como fator importante para o aumento da quantidade de carne magra nas carcaças de animais alimentados com dietas contendo ractopamina, sendo comprovada por meio do decréscimo da excreção de 3-metil-histidina, produto resultante do catabolismo proteico (MOLONEY & BEERMANN, 1996).

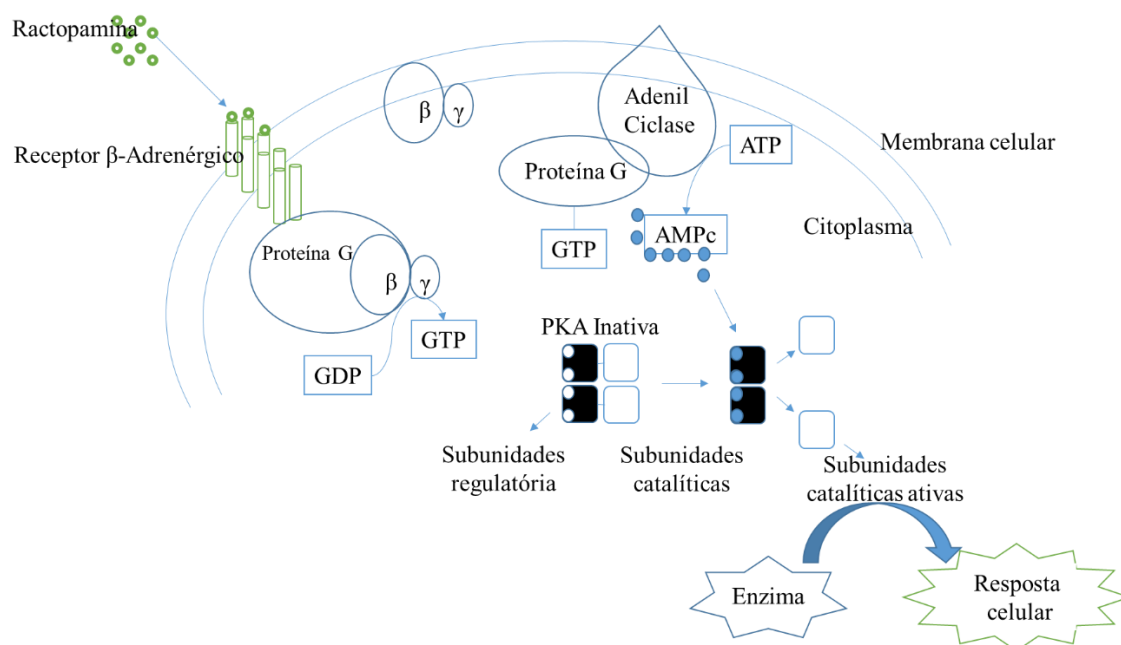


Figura - 3. Sinalização intracelular da ractopamina. GPD: Guanosina difosfato, GTP: guanosina trifosfato, AMPc: Adenosina monofosfato cíclico, PKA: Proteína quinase dependente.

Fonte: Adaptado de Anderson et al. (2005)

Nos adipócitos, a insulina promove a entrada de glicose com sua conversão em ácidos graxos e posterior deposição. A ractopamina inibe a ligação da insulina ao receptor β-adrenérgico, antagonizando sua ação e reduzindo a síntese e deposição de gordura. Assim, acredita-se que a eficiência da ractopamina está mais relacionada ao bloqueio da lipogênese do que ao aumento da lipólise (LIU & MILLS et al., 1990).

1.4 Suplementação de ractopamina em dietas de suínos

Existem fatores que interferem na eficiência de utilização da ractopamina, entre eles níveis de inclusão, nível de lisina na dieta, período de suplementação e sexo. Dentre os níveis mais usados estão os de 5, 10, 15 e 20 ppm. Níveis superiores aos 20 ppm não são interessantes por ser um aditivo de custo elevado e que deve estar aliado a ajustes no nível de lisina, se torna oneroso e com utilização inviável.

Com a suplementação da ractopamina ocorre aumento do conteúdo de proteína entre 4 e 8%, da área de olho de lombo entre 9 e 15% e deposição de lisina tecidual de 6,8 para 7,15%, 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 o que justifica os ajustes nos níveis dos aminoácidos e principalmente de lisina, por ser o primeiro aminoácido limitante (ROSTAGNO et al., 2011).

De acordo com as Rostagno et al., (2011) a exigência de lisina digestível para machos castrados deve ser aumentada em até 23% de acordo com a suplementação da ractopamina passando de 0,691% para até 0,898% na faixa de peso de 100 a 120kg.

A maioria dos protocolos preconizam uma dieta suplementada por 21 ou 28 dias, porém, a resposta máxima de crescimento animal pode ser obtida nas duas primeiras semanas de consumo da dieta suplementada. Períodos prolongados de suplementação com ractopamina (acima de 28 dias) refletem numa diminuição da resposta biológica (dessensibilização dos receptores e down-regulation). Uma alternativa a esse efeito é o uso intermitente da ractopamina, para que haja a renovação dos receptores celulares (MAIN et al. 2009).

A partir da inclusão de 5 ppm de ractopamina, já são observadas melhoras significativas no desempenho dos suínos, principalmente no aumento do ganho de peso diário e melhora na conversão alimentar. A suplementação com 5, 7,5 e 10 ppm de ractopamina por 21 dias aumenta o ganho de peso diário em relação aos animais não suplementados, porém não existe diferença no ganho de peso entre os níveis de inclusão da ractopamina, ao passo que, a conversão alimentar apresenta melhora com a suplementação de 5 e 10 ppm, respectivamente (MAIN et al., 2009).

Ao Avaliar a adição de ractopamina (5 ppm), cromo-metionina (0 e 0,4 mg/kg), e suas combinações em dietas para suínos em crescimento e terminação (26,56 aos 114,80 kg) Almeida et al. (2010) observaram que a suplementação com ractopamina melhorou a conversão alimentar, o rendimento de carcaça, a área de olho-de-lombo e a relação gordura:carne. O cromo-metionina, embora tenha ocasionado redução no consumo diário de ração, não alterou as características de desempenho e de carcaça nem a qualidade da carne dos suínos. A suplementação de ractopamina associada a cromo-metionina não afetou o desempenho nem as características de carcaça e a qualidade da carne dos animais.

Acredita-se que o nível de 5 ppm inclusão promove uma boa resposta para a eficiência alimentar e ganho de peso, e em menor grau nas características de carcaça (rendimento, espessura de toucinho, área de olho de lombo).

Ao testar três concentrações de ractopamina (0, 10 e 20 ppm na dieta) para suínos abatidos aos 125 kg, Crome et al. (1996) observaram reduções lineares no consumo diário de ração e na conversão alimentar, e efeito inverso para o ganho diário de peso. Ao avaliarem três concentrações (0, 5, 10 e 20 ppm) de ractopamina em dietas para suínos em terminação, Armstrong et al. (2004) observaram que os animais que receberam dietas com 20 ppm de ractopamina apresentaram melhor eficiência alimentar comparados aos que receberam 5 ou 10 ppm. Comparando o desempenho de suínos alimentados com dietas com ou sem inclusão de 10 ppm de ractopamina, See et al. (2004) observaram aumento no ganho diário de peso (1,12 vs 0,91 kg) e melhora na eficiência alimentar (0,33 vs 0,41) dos animais, nas duas primeiras semanas do período experimental, respectivamente. Os resultados obtidos por Bark et al. (1992), também indicaram que a adição de ractopamina em dietas para suínos, melhorou não apenas o desempenho dos animais, mas também as características de carcaça, evidenciando efeitos positivos em suínos geneticamente selecionados para produção de carne magra e abatidos com peso próximo a 115 kg.

A ractopamina age de forma mais pronunciada sobre o tecido muscular com o aumento da idade dos suínos, visto que os animais mais jovens possuem baixa densidade de receptores β adrenérgicos ou pouca diferenciação destes receptores nos tecidos esquelético e adiposo (BRIDI et al., 2008). Com relação ao período de suplementação, a ractopamina tem sido utilizada na dieta dos suínos em períodos inferiores a quatro semanas, devido ao seu custo elevado. Além disso, após 28 dias de suplementação, pode ocorrer redução lenta das respostas em função do fenômeno chamado down-regulation, ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos (MOODY et al., 2000).

Em relação ao sexo, sabe-se que as fêmeas respondem melhor à inclusão de ractopamina nas dietas, provavelmente devido à maior capacidade de mobilizar lipídeos, cuja magnitude é evidente principalmente no tecido adiposo subcutâneo, porém com menor efeito no tecido adiposo intramuscular (RAMOS & SILVEIRA. 2000). Quando avaliada a adição de ractopamina em dietas para machos inteiros e fêmeas, foram observadas redução na gordura e aumento na quantidade de carne das carcaças de fêmeas, sendo a ausência de efeitos sobre as características de carcaça dos machos

inteiros explicada pela ação da testosterona sobre o aumento na deposição muscular (SMITH et al., 1995).

Efeitos da ractopamina sobre as características de carcaça foram relatados por See et al. (2004), em suínos alimentados com dieta contendo 10 ppm de ractopamina na dieta, quando comparados aos que não receberam ractopamina, observando ainda maiores porcentagens de carne magra na carcaça (58,6 vs 55,9%) e quantidade de carne no pernil desossado (7,68 vs 7,05 kg), respectivamente. A qualidade da carne proveniente de animais alimentados com dietas contendo ractopamina é um importante aspecto a ser considerado, tanto para a indústria quanto para o consumidor. Nesse sentido, Crome et al. (1996) verificaram que a inclusão de até 20 ppm de ractopamina na dieta de suínos abatidos aos 125 kg não alterou os padrões de coloração, marmoreio e maciez da carne.

Além do melhor desempenho produtivo e da maior deposição de tecido muscular em detrimento do adiposo, a utilização de ractopamina em dietas para suínos pode levar também ao menor impacto ambiental, principalmente pela redução da quantidade de nitrogênio excretado (SEE et al., 2004). A adição de 20 ppm de ractopamina na dieta de suínos, por um período de 28 dias, reduziu até 15 litros no volume de dejetos produzidos por animal.

Em relação à viabilidade econômica da adição de ractopamina em dietas para suínos, Reese & Bitney (2001) observaram que o uso deste agonista β adrenérgico não deve ser baseado na melhor eficiência alimentar, mas na melhor bonificação das carcaças. Nesse sentido, Bridi et al. (2008) notaram que a adição de 10 ppm de ractopamina na dieta de suínos, resultou em menor eficiência econômica, por aumentar o custo médio da dieta por quilograma de ganho de peso vivo. Cantarelli et al. (2009) observaram que, embora a inclusão de 5 ppm de ractopamina na dieta de suínos tenha promovido aumento nos custos relacionados à alimentação, a receita líquida foi maior, em função da melhor bonificação das carcaças.

1.5 Restrição alimentar

A restrição alimentar pode ser definida como o fornecimento de ração controlado e inferior ao necessário para o máximo desempenho na fase de terminação dos suínos (SANTOS et al., 2012). A restrição alimentar pode ser feita de forma qualitativa e quantitativa. A forma qualitativa é baseada na redução dos valores

nutricionais da dieta, principalmente o valor em energia e a quantitativa é a redução do fornecimento da quantidade de dieta.

A restrição alimentar é utilizada com os propósitos de reduzir a quantidade de gordura depositada nas carcaças dos suínos e melhorar a eficiência alimentar. Para que sejam alcançados esses objetivos, fatores como genética, sexo, peso dos animais, manejo alimentar, densidade e alimentos utilizados na dieta devem ser levados em consideração pois influenciam a eficiência da restrição alimentar, de modo que nem sempre é possível observar seu efeito (BERTOL et al., 2001).

A aplicação da restrição alimentar deve ser criteriosa pois a sua efetividade depende de alguns aspectos importantes como espaço e tipo de comedouros, peso, sexo, clima e proporção da restrição (BERTOL et al., 2001). O acesso ao comedouro deve ser simultâneo a todos os animais da baia, evitando-se competição entre eles e, conseqüentemente, reduzindo o estresse e desuniformidade corporal dos animais dentro de um lote. A utilização da restrição quantitativa necessita além de estruturas apropriadas nas baias de um aumento na mão-de-obra, inviabilizando alguns sistemas de automação do fornecimento de ração. Além disso, a privação do alimento para suínos pode repercutir em distúrbios comportamentais, prejudicando seu bem estar (RAMONET et al., 1999).

Na literatura atual não são relatadas necessidades estruturais para adoção da restrição qualitativa. No entanto essa restrição é geralmente associada a utilização de alimentos de baixo teor energético e elevado teor de fibras. A dieta rica em fibra produz alto incremento calórico, enquanto a rica em óleos ou gordura permite maior ingestão de energia com menor incremento calórico, uma vez que o processo de digestão é mais eficiente e permite maior assimilação dos nutrientes afins (TRINDADE NETO et al., 2005).

As linhagens de suínos modernas têm maior deposição de tecido magro e menor de tecido adiposo até os 70 kg. A partir dos 70 kg até o abate a quantidade de gordura na carcaça suína tende a aumentar, pois seu consumo de energia excede a exigência para produção de carne magra e com o maior peso, ocorre aumento no consumo de ração, enquanto a deposição diária de proteína permanece constante (WHITTEMORE, 1993). Dessa forma, a restrição alimentar deve ser aplicada para suínos em faixas de peso mais elevadas.

O nível de restrição deve ser suficiente para proporcionar ao animal condições para sua máxima produção de carne, sem excesso, pois o excesso será destinado a deposição de gordura (NOBLET, 1999).

1.6 Restrição alimentar e desempenho de suínos

Ao avaliar o uso de 10% de restrição quantitativa, Santos et al. (2012) observaram reduções no ganho de peso, consumo de ração, consumo de proteína diário, consumo de lisina diário e consumo de energia metabolizável diária e sem efeito sobre a conversão alimentar de suínos dos 92,72 aos 123,01 kg. Nesse estudo não foi observado efeito sobre as características de carcaça demonstrando eficiência da restrição em reduzir os gastos com alimentação sem alterar a quantidade de carne produzida.

Em estudo com 15% de restrição quantitativa, Cantarelli et al. (2009) observaram reduções no consumo de energia metabolizável e lisina diários. Com efeito na redução do peso da carcaça quente e maior proporção de carne magra. Pesquisando diferentes níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) de restrição alimentar qualitativa em suínos dos 89,0 aos 127,8 kg, Fraga et al. (2008) observaram que o aumento nos níveis de restrição qualitativa não alterou o consumo diário de ração e reduziu linearmente o consumo de energia digestível e o ganho de peso, com piora da conversão alimentar dos animais. Em reflexo à redução de energia consumida ocorreu redução linear dos níveis séricos de triacilgliceróis e da espessura de toucinho e aumento da porcentagem e quantidade de carne magra.

Com dois níveis de restrição qualitativa (7,5 e 15% da energia metabolizável) em suínos dos 70 aos 115 kg, Moreira et al. (2007) não verificaram efeitos significativos sobre o desempenho e características de carcaça. Neste trabalho observa-se que o potencial da restrição alimentar qualitativa em aumentar a quantidade de fezes produzidas, contudo sem aumentar a excreção total de fósforo e nitrogênio. É importante salientar que a redução da energia nas dietas é, em alguns casos, realizada pela adição de alimentos ricos em fibra (casca de arroz, farelo de trigo e casca de soja por exemplo) o que contribui para reduções da digestibilidade e energia líquida da dieta.

Pesquisando dois níveis de restrição alimentar 0 e 10% quantitativa em diferentes pesos no início da restrição (60, 75 e 90 kg até o abate 119,27 kg), Bertol et al. (2001) observaram que a restrição alimentar iniciada em qualquer idade reduziu o ganho de peso diário, mas não melhorou a conversão alimentar nem as características de carcaça dos suínos.

A restrição alimentar segundo Warpechowski et al. (1999) pode reduzir a espessura de toucinho e aumentar a porcentagem de pernil com níveis de 7, 14 e 21%, em animais dos 80 aos 96 kg de peso, observa-se redução linear do consumo e do ganho de peso diário, resultando em um aumento linear no tempo para os animais atingirem idade de abate sem afetar a conversão alimentar e reduz a espessura média de toucinho e aumento linear na porcentagem de pernil.

Portanto, acredita-se que existem combinações há serem testadas com relação ao cromo, ractopamina e restrição alimentar, em busca de esclarecer os possíveis efeitos sobre o desempenho e as características quantitativas da carcaça de suínos.

Com os resultados obtidos no presente estudo, foram elaborados dois artigos intitulados “**Cromo e ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos na fase de terminação**” e “**Cromo, ractopamina e restrições alimentares qualitativa e quantitativa sobre o desempenho de suínos na fase de terminação**”, redigidos conforme as normas de publicação da Revista Brasileira de Zootecnia e com adaptações às normas para elaboração de dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal/FAMEZ/UFMS.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. Comunicação celular. In: JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. (Ed) **Biologia Molecular da Célula**. São Paulo: Atmed, 2004. Cap. 15, p. 831-906.
- ALEMANNO, A.; CAPODIECI, G. Testing the limits of global food governance: the case of ractopamine. *European Journal of Risk Research*, 3, 400–407, 2012.
- ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; TSE, M.L.P.; BRAZ, D.B.; MIYADA, V.S. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39 (9): 1969-1977, 2010.
- AMOIKON E.K.; FERNANDEZ, J.M.; SOUTHER, L.L.; THOMPSON, D.L.; WARD, T.L.; OLCOTT, B.M. Effect of chromium tripicolinate on growth, glucose-tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth-hormone in pigs. **Journal of Animal Science**, 73, 1123–1130, 1995.

- ANDERSON, D.B.; MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L. Beta adrenergic agonist. In POND, W.G.; BELL, A.W. (Ed.). **Encyclopedia of Animal Science**. New York: Marcel Dekker, 2005. P. 104-107.
- ANDERSON, R.A AND KOZLOVSKY A.S. The American Journal of Clinical Nutrition, **41**, 1177, 1985.
- ANDERSON, R.A. Chromium in parenteral nutrition. **Nutrition**, 11 (1 Suppl.): 83-6, 1995.
- ANDERSON, R.A., Effects of chromium on body composition and weight loss. **Revista de Nutrition**, v.56, p. 266, 1998.
- ANDERSON, R.A.; BRYDEN, N.A.; POLANSKY, M.M. Dietary chromium intake: freely chosen diets, institutional diets and individual foods. **Biological Trace Element Research**, 32: 117-121, 1992.
- ANDERSON, R.A.; POLANSKY, M.M.; BRYDEN, N.A.; BHATHENA, S.J.; CANARY, J.J. Effects of supplemental chromium on patients with symptoms of reactive hypoglycemia. **Metabolism**, 36: 351-355, 1987.
- ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R.; ANDERSON, D.B.; WELDON, W.C.; BERG, E.P. The effect of dietary ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004.
- BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L.; MIYAT, J. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion on pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, 70: 3391-3400. 1992.
- BERTOL, T.M.; LUDKE, J.V.; BELLAYER, C. Efeito do peso do suíno em terminação ao início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 417-424, 2001.
- BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L.; WARD, T.L.; PONTIF, J.E.; PIKE, M.M. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. **Journal of Animal Science**, 73: 2033-2042. 1995.
- BORQUET, F.; CORNELIS, R.; LAMEIRE, N. Speciation of chromium in plasma and liver tissue of endstage renal failure patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis. **Biological Trace Element Research**, 26-27: 449-460. 1990.
- BRENT, A.P.; TACKETT, L.; ELMENDORF, J.S. Trivalent chromium modulates hexosamine biosynthesis pathway transcriptional activation of cholesterol synthesis and insulin resistance. **Journal of Endocrine and Metabolic Diseases**, 3: 1-8. 2013.

- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.; COUTINHO, L.L.; HOSHI, E.H.; BOROSKY, J.C.; SILVA, C.A. Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 713-722, 2008.
- CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C.; ZANGERONIMO, M.G.; AMARAL, N.O.; LIMA, J.A.F. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, 39 (3): 844-851, 2009.
- CHEN, G.; LIU, P.; PATTAR, G.R.; TACKETT, L.; BHONAGIRI, P.; STRAWBRIDGE, A.B.; ELMENDORF, J.S. Chromium activates glucose transporter 4 trafficking and enhances insulin-stimulated glucose transport in 3T3-L1 adipocytes via a cholesterol-dependent mechanism. **Molecular Endocrinology**, 20 (4): 857-870. 2006. doi:10.1210/me.2005-0255
- CLEMMESSEN, C. The effect of food availability, age or size on the RNA/DNA ratio of individually measured herring larvae: laboratory calibration. **Marine Biology** 118:377–382, 1994.
- CROME, P.K.; MCKEITH, F.K.; CARR, T.R.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H AND CANNON, J.E. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, 74, 4. 709-716, 1996.
- DAVIS, C.M.; SUMRALL, K.H.; VINCENT, J.B. A biologically active form of chromium may activate a membrane phosphotyrosine phosphatase (PTP). **Biochemistry**, 35:12963-12969, 1996.
- DAVIS, C.M.; VINCENT, J.B. Chromium in carbohydrate and lipid metabolism. **Journal of Biological Inorganic Chemistry**, 2: 675–679, 1997a.
- DAVIS, C.M.; VINCENT, J.B. Chromium oligopeptide activates insulin receptor tyrosine kinase activity. **Biochemistry**, 36: 4382-4385. 1997b.
- DESAI, M.P.; LABHASETWAR, V.; WALTER, E.; LEVY, R.J.; AMIDON, G.L. The mechanism of uptake of biodegradable microparticles in Caco-2 cells is size dependent. **Pharmaceutical Research**, 14: 1568-1573, 1997.
- EGUCHI, S.; OSHIRO, N.; MIYAMOTO, T.; YOSHINO, K.; OKAMOTO, S.; ONO, T.; KIKKAWA, U.; YONEZAWA, K. AMP-activated protein kinase phosphorylates glutamine : fructose-6-phosphate amidotransferase 1 at Ser243 to modulate its

- enzymatic activity. **Genes to Cells**, 14 (2), 179-189, 2009. doi:10.1111/j.1365-2443.2008.01260.x
- EVANS G.W., BOWMAN T.D. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. **Journal of Inorganic Biochemistry**, 48: 243-250, 1992.
- EVOCK-CLOVER, C.M., POLANSKY, M.M., ANDERSON, R.A. AND STEEL, N.C. Dietary chromium supplementation with or without somatotropin treatment alters serum hormones and metabolites in growing pigs without affecting growth performance. **Journal of Nutrition**, 123: 1504-1512, 1993.
- FERNANDO, R.; VANBELLE, M. β -agonistes et production de la viande: considerations et reflexions. **Recueil de Médecine Vétérinaire**, v. 165, p. 91-96, 1989.
- FRAGA, A.L.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; BUDIÑO, F.E.L.; HUAYNATE, R.A.R.; MALHEIROS, E.B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 869-875, 2008.
- GLASER E, HALPERN G. Uber Die Aktivierung des Insulins Durch Hefeprebasft. **Biochemistry**, 207:377-383, 1929.
- GOMES, M.R.; ROGERO, M.M.; TIRAPGUI, J. Considerações sobre cromo insulina e exercício físico. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, 11 (5): 262-266, 2005.
- GREIFE, H.A.; KLOTZ, G.; BERSCHAUER, F. Effects of the phenethanolamine clenbuterol on protein and lipid metabolism in growing rats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, 61: 19-27, 1989.
- HABEGGER, K.M.; HOFFMAN, N.J.; RIDENOUR, C.M.; BZINICK, J.T.; ELMENDORF, J.S. AMPK Enhances Insulin-Stimulated GLUT4 Regulation via Lowering Membrane Cholesterol. **Endocrinology**, 153 (5): 2130-2141, 2012. doi:10.1210/en.2011-2099.
- HOSSAIN, S.M.; BARRETO, S.L.; SILVA, C.G. Growth performance and carcass composition of broiler fed supplemental chromium from chromium yeast. **Animal Feed Science Technology**, 71, 217-228, 1998.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. **National Academy Press**, Washington, DC, 2001.
- KAATS, G.R.; BLUM, K.; PULLIN, D.; KEITH, S.C.; WOOD, R. A randomized, doublemasked, placebo controlled study of the effects of chromium picolinate

supplementation on body composition: a replication and extension of a previous study.

Current Therapeutic Research, v.59, p.379-388, 1998

KOBLA H.V, VOLPE S.L. Chromium, exercise, and body composition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 40:291-308, 2000.

KOZLOVSKY, A.S.; MOSER, P.B.; REISER, S.; ANDERSON, R.A. Effects of diets high in simple sugars on urinary chromium losses. **Metabolism**, 35: 515-518, 1986.

LAMSON, D.W. & PLAZA, S.M. The Safety and Efficacy of High-Dose Chromium. **Alternative Medicine Review**, vol.7 n.3, p. 218-235, 2002.

LIEN, T.F.; WU, C.P.; WANG, B.J.; SHIAO, M.S.; SHIAO, T.Y.; LIN, B.H.; LU, J.J.; HU, C.Y. Effect of supplemental levels of chromium picolinate on the growth performance, serum traits, carcass characteristics and lipid metabolism of growing-finishing pigs. **Animal Science**, 72: 289-296, 2001.

LINDEMANN, M.D. Chromium and swine nutrition. **The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine**, 12:149-161, 1999.

LIU, C.Y., MILLS, S.E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, 68, 1603-1608, 1990.

MAIN, R.G.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; NELSEN, J.L. Effects of ractopamine HCl dose and treatment period on pig performance in a commercial finishing facility. **Journal of Swine Health and Production**, 17: 134-139, 2009.

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

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of nutrition**, 123, 623-633, 1993.

MERTZ, W.; ROGINSKI E.E.; REBA, R.C. Biological activity and fate of trace quantities of intravenous chromium (3) in the rat. **American Journal of Physiology**, 209: 489-494. 1965.

MERTZ, W.; ROGINSKI, E.E.; SCHWARZ, K. Effect of trivalent chromium on glucose uptake by epididymal fat tissue of rats. **The Journal of Biological Chemistry**, 236: 318-322, 1961.

MERTZ, W; SCHWARZ, K. Chromium (III) and the glucose tolerance factor (Letters to the Editors). **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 85: 292-295, 1959.

MILLWARD, D.J.; NNANYELUGO, D.O.; JAMES, W.P.; GARLICK, P.J. Protein metabolism in skeletal muscle: the effect of feeding and fasting on muscle RNA, free

- amino acids and plasma insulin concentrations. **British Journal of Nutrition**, 32:127–142, 1974.
- 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 Press, 124-136, 1996.
- MOODY, D.E.; HANCOK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. p.65-95, 2000.
- MOREIRA, I.; VOORSLUYS, T.; MARTINS, R.M.; PAIANO, D.; FURLAN, A.C.; SILVA, M.A.A.; Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, característica de carcaça e poluição ambiental. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 29 (2): 179-185, 2007.
- NOBLET, J.C.; KAREGE, S.; DUBOIS, AND VAN MILGEN, J. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: Effects of sex and genotype. **Journal of Animal Science**, 77: 1208-1216, 1999.
- NRC (National Research Council). **Nutrient Requirements of Swine**, 10th ed. National Academy Press, Washington, DC. 1998.
- NRC (National Research Council). **Nutrient Requirements of Swine**. Eleventh Revised Edition. National Academic Press, Washington, D.C. 20418 USA, 2012.
- O'QUINN, P.R.; SMITH, J.W.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; OWEN, K.Q. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**. 76 (Suppl.2): 56-60, 1998.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; ARAUJO, E.J.S. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade dos Nutrientes e metabólitos sanguíneos de suínos. **Archivos de Zootecnia**, 56 (214): 137-143, 2007.
- PAGE, T.G.; SOUTHERN, T.L.; WARD, T.L.; THOMPSON, D.L. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 71: 656-662, 1993.
- PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β 2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H.S.; GORNIAJ, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3ed. Guanabara Koogan, 2002. P. 545-557.

- PARK, J.K.; LEE, J.Y.; CHAE, B.J. AND OHH, S.J. Effects of different sources of dietary chromium on growth, blood profiles and carcass traits in growing-finishing pigs. Asian – **Australasian Journal of Animal Sciences**, 22: 1547-1554, 2009.
- PERES, L.M.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.D.; ANDREO, N.; BARATA, C.C.P. AND DÁRIO, J.G.N. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 43: 369-375, 2014.
- RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAÜN, M.C.; DOUMAND, J.Y. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. **Journal of Animal Science**, 77 (3) 591-599, 1999.
- RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal. I – Mecanismo de acção. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Coimbra, 95: 99-110, 2000.
- REESE, D., BITNEY, L.L. Economic value of ractopamine for finishing pigs. **Swine Reports**, 2001.
- RIEGEL, W.E. **Bioquímica**. 1.Ed. São Leopoldo: Ed. Unissinos, 402p., 1996.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3th ed. UFV, Viçosa, MG. 2011.
- SALES, J and JANCÍK, F. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. **Journal of Animal Science**, 89:4054–4067. 2011.
- SANTOS, A.P.; KIEFER, C.; MARTINS, L.P.; FANTINI, C.C. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. **Ciência Rural**, v.42, n.1, 2012.
- SCHROEDER, H.A. Diabetic-like serum glucose levels in chromium deficient rats. **Life Science**, 4: 2057-2062, 1965.
- SEALLS, W.; PENQUE, B.A.; ELMENDORF, J.S. Evidence that chromium modulates cellular cholesterol homeostasis and ABCA1 functionality impaired by hyperinsulinemia--brief report. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, 31 (5), 1139-1140. 2011. doi:10.1161/ATVBAHA.110.222158

- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 82, 2474-2480, 2004.
- SMITH, W.C.; PURCHAS, R.W.; VAN ENKEVORT, A.; PEARSON, G. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire Male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, 38, 373-380, 1995.
- SUMRALL, K.H.; VINCENT, J.B. Is glucose tolerance factor an artifact produced by acid hydrolysis of low-molecular-weight chromium-binding substance? **Polyhedron**, 16: 4171-4177, 1997.
- SUN, Y.; RAMIREZ, J.; WOSKI, S.A.; VINCENT, J.B. The binding of trivalent chromium to low-molecularweight chromium-binding substance (LMWCr) and the transfer of chromium from transferrin and chromium picolinate to LMWCr. **Journal of Biological Inorganic Chemistry**, 5:129-136, 2000.
- SUTTON, A.L.; RICHERT, B.T.; HANKINS, S.L.; DeCAMP, S.A.; CAROLLA, A.L. Potencial impacto f ractopamine on environmental stewardship. In: INTERNATIONAL ANIMAL AGRICULTURE AND FOOD SCIENCE CONFERENCE, nº evento, Indianápolis, 24p. 2001.
- TRINDADE NETO, M.A.; MOREIRA, J.A.; BERTO, D.A.; ALBUQUERQUE, R.; SCHAMMASS, A. Energia Metabolizável e Lisina Digestível para Suínos na Fase de Crescimento, Criados em Condições de Segregação Sanitária. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 34 (6) 1980-1989. 2005.
- VAN DE LIGT, C.P.A.; LINDEMANN, M.D.AND CROMWELL, G.L. Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. **Journal of Animal Science**, 80:412-2419, 2002.
- VINCENT, J.B. Relationship between glucose tolerance factor and low-molecular-weight chromium-binding substance. **Journal of Nutrition**, 124: 117-118. 1994.
- VINCENT, J.B. The quest for the molecular mechanism of chromium action and its relationship to diabetes. **Nutrition Reviews**. 58. 2000.
- WADA, O.; WU, G.Y.; YAMAMOTO, A.; MANABE, S.; ONO, T. Purification and chromium-excretory function of low-molecular-weight, chromium-binding substances from dog liver. **Environmental Research**, 32, 228-239, 1983.

- WANG, M.Q AND XU, Z.R. Effect of chromium nanoparticle on growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue chromium in finishing pigs. *Asian-australas. Journal of Animal Science*. 17:1118–1122, 2004.
- WANG, Y.Q.; DONG, Y.; YAO, M.H. Chromium Picolinate Inhibits Resistin Secretion In Insuline-Resistant 3T3 L1 Adipocytes via Activation of Amp-Activated Protein Kinase, **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, 36 (8), 843-849. 2009. doi:10.1111/j.1440-1681.2009.05164.x
- WARD, T.L.; SOUTHERN, L. L AND BIDNER, T.D. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space. **Journal of Animal Science**, 75:1001-1008, 1997.
- WARPECHOWSKI, M.B.; FEDALTO, L.M.; NETO, A.R.G.; BEDIN, S.R. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, **Anais...**: 36, 1999.
- WELCH, R.M.; CARY, E.E. Concentration of chromium, nickel, and vanadium in plant materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 23: 479–482. 1975.
- WHITTEMORE, C. Nutritional manipulation of carcass quality in pigs. In: COLE, D. J. A. Recent development in pig nutrition, 2.ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p. 12-19.
- WILLIAMS, N.H.; CLINE, T.R.; SCHINCKEL, A.P.; JONES, D.J. The impact of ractopamine, energy intake and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass mert. **Journal of Animal Science**, 72, 3152-3162, 1994.
- XI, G.; XU, Z.; WU, S.; CHEN, S. Effect of Chromium Picolinate on Growth Perfeormance, Carcass Characteristics, Serum Metabolites and Metabolism of Lipid in Pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, 14, 2: 258-262, 2001
- YAMAMOTO, A.; WADA, O.; MANABE, S. Evidence that chromium is an essential factor for biological activity of low-molecular-weight chromium-binding substance. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, 163: 189-193, 1989.
- YAMAMOTO, A.; WADA, O.; ONO, T. Distribution and chromiumbinding capacity of a low-molecular-weight, chromium-binding substance in mice. **Journal of Inorganic Biochemistry**, 22: 91-102, 1983.
- YAMAMOTO, A.; WADA, O.; ONO, T. Isolation of a biologically active low-molecular-mass chromium compound from rabbit liver. *Eur. Journal of Biochemistry*, 165: 627-631, 1987.

- YAMAMOTO, A.; WADA, O.; SUZUKI, H. Purification and properties of biologically active chromium complex from bovine colostrum. **Journal of Nutrition**, 118: 39-45, 1988.
- ZHA, L.Y.; WANG, M. Q.; XU, Z.R AND GU, L.Y. Efficacy of chromium (III) supplementation on growth, body composition, serum parameters, and tissue chromium in rats. **Biological Trace Element Research**, 119:42-50, 2007.
- ZHANG, H.; DONG, B.; YANG, M.Z.J. Effect of Chromium Picolinate Supplementation on Growth Performance and Meat Characteristics of Swine. **Biological Trace Element Research**, 141: 159-169, 2011.

EXPERIMENTO I – CROMO LEVEDURA E RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a suplementação de cromo, ractopamina e suas combinações como aditivos nutricionais melhoradores de desempenho e das características quantitativas de carcaça de suínos em terminação. Foram utilizados 72 suínos machos castrados, híbridos comerciais geneticamente similares, com peso inicial de $70,02 \pm 2,76$ kg e peso final de $98,9 \pm 5,4$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3 (dois níveis de cromo: 0 e 0,4 ppm de cromo levedura/kg e três níveis de ractopamina: 0; 5 e 10 ppm), seis repetições. Cada unidade experimental constituída por dois animais. Adotou-se o peso inicial como critério para o bloqueamento. A suplementação de cromo, ractopamina e suas combinações não influenciaram ($P>0,05$) o peso final, o consumo de ração diário e total, ganho de peso diário e total e a conversão alimentar dos suínos em terminação. A suplementação de cromo e sua combinação com a ractopamina não melhora o desempenho e as características de carcaça de suínos na fase de terminação.

PALAVRAS-CHAVE: aditivos, carcaça, espessura de toucinho, minerais

EXPERIMENT I - CHROME AND RACTOPAMINE ON PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS OF PORK CARCASS IN FINISHING PHASE

ABSTRACT

The study was conducted with the objective of evaluate the chromium supplementation, ractopamine and their combinations as nutritional additives enhancing performance and quantitative characteristics of male pigs castrated carcass finishing. Were used 72 barrows genetically similar commercial hybrids, with initial weight of $70,02 \pm 2.76$ kg and final weight of $98,9 \pm 5,4$ kg. The animals were distributed in a randomized complete block in a plan factorial 2x3 (two chromium levels: 0 and 0,4 ppm of chromium yeast / kg and 3 ractopamine levels: 0, 5 and 10 ppm), six replications, each experimental unit consists of two animals. Adopted the initial weight as a criterion for blocking. The chromium supplementation, ractopamine and their combinations did not influence ($P > 0.05$) the final weight, daily feed intake, total feed intake, daily weight gain, total weight gain and feed conversion of finishing pigs. The chromium supplementation and its combination with ractopamine not improve performance, nor affect the pig carcass characteristics in finishing phase.

KEYS WORDS: additives, backfat carcass, thickness, minerals

INTRODUÇÃO

As mudanças e avanços no manejo e na genética dos suínos criam um ambiente favorável para que o mesmo ocorra na nutrição dos animais de alto desempenho. Isso pressiona o produtor a usar técnicas modernas e, em alguns casos, onerosas para a atividade.

Um dos principais avanços observados na nutrição de suínos é a utilização de aditivos nutricionais modificadores do metabolismo animal, que otimizam o desempenho, reduz a quantidade de alimento consumido por suíno terminado e melhoram as características de carcaça. Dentre eles encontra-se o cromo e a ractopamina.

A utilização do cromo como aditivo para suínos teve maior importância a partir da década de noventa com diversos estudos apresentando efeitos significativos sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos. O cromo participa do metabolismo de carboidratos, lipídios e aminoácidos nas células insulín-dependentes onde age potencializador da ação da insulina (MERTZ et al., 1965), favorece o aporte energético para síntese de tecidos (ANDERSON et al., 1987).

A utilização do cromo na nutrição de suínos pode modificar o desempenho dos animais e as características de carcaça. A utilização de cromo suplementar pode aumentar o ganho de peso e o consumo de alimento, além de reduzir a espessura de gordura e aumentar a área de olho de lombo (LIEN et al., 2001; ZHANG et al., 2011). A utilização de níveis entre 0,2 0,5 mg de cromo/kg de ração melhora o ganho de peso e a conversão alimentar dos suínos (SALES & JANCÍK. 2011).

A ractopamina atua como repartidor energético e é eficiente em modificar o desempenho e as características de carcaça dos suínos (CANTARELLI et al., 2009), sendo o seu efeito dependente do nível, idade e duração da suplementação (ARMSTRONG et al., 2004). Sua ação provoca redução na proteólise muscular e aumento da quantidade de carne magra nas carcaças dos animais (SANCHES et al., 2010).

Apesar dos diversos estudos com o cromo sobre o desempenho de suínos poucos foram os que avaliaram uma fonte de cromo levedura. Além disso, existe pouca informação sobre a combinação entre cromo e ractopamina e seu efeito em suínos. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação do cromo e da ractopamina e suas combinações sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos na fase de terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

Pesquisa aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob protocolo 625/2014/UFMS.

O ensaio foi conduzido na fazenda experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos/MS. Foram utilizados 72 animais, machos castrados, geneticamente similares, com peso inicial de $70,02 \pm 2,76$ kg e final de $98,9 \pm 5,4$ kg. Os animais foram alojados em baias de alvenaria medindo 1,15 x 2,85 m, piso de concreto e lâmina d'água, com comedouros semi-automáticos e bebedouros automáticos tipo chupeta.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x3 (dois níveis de cromo: 0 e 0,4 ppm e 3 níveis de ractopamina: 0; 5 e 10 ppm), seis repetições. Cada unidade experimental constituída por dois animais. Adotou-se o peso inicial como critério para formação de blocos.

As dietas experimentais (Tabela 2) foram formuladas a base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais, de modo a atender as exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2011) para suínos dos 70 aos 100 kg de alto potencial genético e com desempenho superior. Os diferentes níveis de cromo foram obtidos a partir da inclusão de produto comercial, composto por 1600 mg/kg de cromo levedura, adicionados à dieta em substituição ao caulim. A ractopamina foi incluída em substituição ao caulim. Todas dietas experimentais partiram de um nível base de cromo presente no fosfato bicálcico de 0,14 mg/kg de ração. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante 27 dias.

Os animais foram pesados ao início e término do ensaio experimental para a determinação do ganho de peso diário e da conversão alimentar. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas por meio de termômetro digital portátil (modelo ITWTG 2000), a partir do qual foram registradas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e a umidade relativa do ar diariamente às 08:00 e às 16:00 horas, em dez pontos dentro do galpão à altura do dorso dos animais. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado por meio da equação proposta por Buffington et al. (1981).

Foram coletados diariamente o desperdício de ração do piso e somados às sobras do comedouro ao final do período experimental para determinar o consumo de ração diário. Ao término do experimento os animais permaneceram em jejum de sólidos por 12

horas. Posteriormente, foram transportados para o frigorífico comercial municipal, onde foram mantidos em baias de espera com livre acesso a água por oito horas. Os animais foram abatidos conforme as normas de manejo e procedimentos de abate vigentes no Brasil, mediante as normas técnicas da Portaria nº-711/95 do Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária (MAPA, 1995).

Tabela 2 - Composições centesimal e nutricional das dietas de suínos machos castrados em terminação suplementados com níveis de cromo, ractopamina e suas combinações

Ingredientes (%)	Suplementação de cromo (mg/kg) e ractopamina (ppm)					
	Cr 0 Rac 0	Cr 0,4 Rac 0	Cr 0,4 Rac 5	Cr 0 Rac 5	Cr 0,4 Rac 10	Cr 0 Rac 10
Milho	77,988	77,988	77,988	77,988	77,988	77,988
Farelo de soja, 45%	19,299	19,299	19,299	19,299	19,299	19,299
Fosfato bicálcico ¹	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
Calcário calcítico	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649
Supl. vit.+min ²	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Sal comum	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
L-Lisina HCl	0,256	0,256	0,256	0,256	0,256	0,256
DL-Metionina	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
L-Treonina	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
Ractopamina	0,000	0,000	0,025	0,025	0,050	0,050
Cromo	0,000	0,025	0,025	0,000	0,025	0,000
Inerte (caulim)	0,144	0,119	0,094	0,119	0,069	0,094
Valores nutricionais calculados ³						
PB (%)	15,164	15,164	15,164	15,164	15,164	15,164
EM (Kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Lisina digestível, (%)	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829
Met+Cist digestível, (%)	0,497	0,497	0,497	0,497	0,497	0,497
Treonina digestível, (%)	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555
Triptofano digestível, (%)	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149
Valina digestível, (%)	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628
Cálcio (%)	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512
Fósforo dig. (%)	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹ Concentração de cromo: 17,4 mg/kg de produto ²Conteúdo por kg de produto: ácido pantotênico: 2.300 mg/kg; niacina: 4.500 mg/kg; ácido fólico: 125 mg/kg; cobre: 3.750 mg/kg; ferro: 25 g/kg; zinco: 31,25 g/kg; iodo: 250 mg/kg; selênio: 75 mg/kg, manganês: 12,5 g/kg. vitamina A:1.250.000 UI/kg; vitamina D3: 250.000 UI/kg; vitamina E: 6.250 UI/kg; vitamina K3: 750 mg/kg; vitamina B1: 375 mg/kg; vitamina B2: 1.000 mg/kg; vitamina B6: 375 mg/kg e vitamina B12: 4.500 mcg/kg.

³Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas (ROSTAGNO et al., 2011).

Ao final da linha de abate, as carcaças foram pesadas e divididas em duas metades por um corte longitudinal na linha dorso-lombar, que corresponde à coluna vertebral.

Foram mensurados os comprimentos de carcaça, da borda cranial da primeira costela até a borda cranial da sínfise púbica, com auxílio de fita métrica. Foram realizados cortes na metade esquerda de todas as carcaças para a exposição do músculo *Longissimus dorsi* e do toucinho para a determinação da profundidade do músculo e da espessura de toucinho com o auxílio de um paquímetro digital.

O percentual de carne magra na carcaça foi determinado com a equação proposta por Bridi & Silva (2007): rendimento de carne (%) = $60 - (\text{espessura de toucinho} \times 0,58) + \text{profundidade do músculo} \times 0,10$.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparação de médias utilizando o teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura ambiental média verificada durante o período experimental foi de $27,6 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa de $72,55 \pm 13,32\%$, temperatura de globo negro de $27,9 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ e ITGU de $77,7 \pm 2,5$. A temperatura média observada no ambiente durante o período experimental pode ser considerada acima do ideal para suínos em fase de terminação, uma vez que foi acima da faixa de temperaturas de 15 a 21°C (SAMPAIO et al., 2004), ideal para suínos nessa categoria. O ITGU registrado apresentou valor acima do $69,6 \pm 4,0$ obtido por Sanches et al. (2010a), em ambiente caracterizado como termoneutra para suínos em terminação.

Não foi constatada interação ($P > 0,05$) entre a suplementação de cromo e ractopamina para as variáveis de desempenho (Tabela 3). A suplementação de cromo e de ractopamina não influenciaram ($P > 0,05$) o peso final, o consumo de ração diário, o consumo de ração total, o ganho de peso diário, o ganho de peso total e a conversão alimentar dos suínos em terminação. De acordo com o padrão de desempenho obtidos no presente estudo quando comparados aos estabelecidos por Rostagno et al. (2011), pode-se inferir que as variáveis térmicas não influenciaram o ganho de peso, mas reduziram levemente o consumo de ração diário dos suínos.

Resultados diferentes ao presente estudo foram encontrados por Page et al. (1993), Park et al. (2009) e Zhang et al. (2011) os quais testaram 0,2 mg/kg de cromo na forma de picolinato e encontraram efeito positivo sobre o ganho de peso dos suínos em crescimento e terminação.

Redução do consumo de ração foi observado por Lien et al. (2001) e Almeida et al. (2010) os quais relataram aumento desta variável, utilizando 0,2 e 0,4 mg/kg de cromo

respectivamente. O efeito da suplementação do cromo com melhoria sobre a conversão alimentar foi apontado por Park et al. (2009) e Peres et al. (2014) com a adição de 0,2 mg/kg de cromo.

Tabela 3 - Desempenho de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e suas combinações

Variável	Cromo, mg/kg	Ractopamina, ppm			Média	Valor P			CV, %
		0	5	10		Cromo	Ractopamina	Cr x Rac	
PI, kg	0	70,05	69,78	70,19	70,01				
	0,4	70,12	70,05	70,13	70,10	0,732	0,733	0,880	1,12
	Média	70,08	69,92	70,16					
PF, kg	0	97,87	97,45	100,52	98,76				
	0,4	99,52	99,37	100,48	99,79	0,468	0,339	0,805	3,15
	Média	98,69	98,41	100,50					
CRT, kg	0	72,84	77,09	75,52	74,91				
	0,4	75,34	75,54	74,50	75,13	0,975	0,670	0,660	7,71
	Média	74,09	76,32	75,01					
CRD, kg	0	2,70	2,86	2,80	2,77				
	0,4	2,79	2,80	2,76	2,78	0,974	0,668	0,661	7,72
	Média	2,74	2,83	2,78					
GPT, kg	0	27,82	28,47	30,33	28,92				
	0,4	29,38	29,33	30,34	29,68	0,413	0,296	0,798	9,60
	Média	28,60	28,90	30,34					
GPD, kg	0	1,03	1,05	1,12	1,07				
	0,4	1,09	1,08	1,12	1,10	0,414	0,296	0,798	9,60
	Média	1,06	1,07	1,12					
CA, %	0	2,65	2,74	2,50	2,62				
	0,4	2,60	2,64	2,50	2,58	0,482	0,091	0,864	7,56
	Média	2,63	2,69	2,50					

PI = Peso inicial; PF = Peso final; CRT = Consumo de ração total; CRD = Consumo de ração diário; GPT = ganho de peso total; GPD = Ganho de peso diário; CA = Conversão alimentar

Semelhante ao presente estudo, Lindemann et al. (2008) não observaram efeito da suplementação de cromo sobre o desempenho e efeito negativo foi observado para o ganho de peso e consumo de ração por Matthews et al. (2003) após testarem níveis de 0,4 mg/kg e 0,2 mg/kg de cromo. As diferenças encontradas no presente estudo com a literatura podem ser devido a diferença da categoria animal utilizada, fonte de cromo e período de suplementação.

Estudos que encontraram efeito da suplementação de cromo utilizaram períodos superiores de suplementação quando comparados ao presente estudo. Pode-se observar que em estudos com suplementação a partir dos 8 kg, 25 kg ou até aos 60 kg apresentaram efeitos sobre o desempenho dos animais (LIEN et al., 2001; PARK et al., 2009; PERES et al., 2014).

Acredita-se que a absorção do cromo pelos monogástrico seja inversamente proporcional a sua quantidade na dieta (GOMES et al., 2005) sugerindo que o nível de 0,4 mg/kg de cromo utilizado pode provocar redução de sua disponibilidade aos animais. Outro ponto é que a absorção do cromo é extremamente baixa, variando de 0,5 a 2,0% (ANDERSON & KOZLOVSKY, 1985) o que reforça a utilização de níveis inferiores.

Os resultados apresentados com a ractopamina diferem dos encontrados na literatura que relatam efeitos positivos para essa suplementação na dieta de suínos em crescimento e principalmente em terminação (ARMSTRONG et al., 2004; POLETTTO et al., 2009; CANTARELLI et al., 2009 e MAIN et al., 2009; SANCHES et al., 2010; MARÇAL et al., 2015).

Uma possível explicação para a não obtenção de resultados positivos com a suplementação da ractopamina na dieta pode estar relacionada ao não ajuste aminoacídico das dietas conforme proposto por Rostagno et al. (2011) que sugere um aumento de 0,139% (aumento de 16%) na quantidade de lisina nas dietas com 5 ppm e 0,157% (aumento de 19%) na quantidade de lisina em dietas com 10 ppm de ractopamina. No entanto, estes ajustes não demonstram efeito quando os animais são expostos a ambiente de moderado estresse, o que reflete em ausência ou baixo desempenho (ROSA et al., 2015).

Não foi constatada interação ($P>0,05$) entre a suplementação de cromo e ractopamina para as características de carcaça avaliadas (Tabela 4). A suplementação de cromo e de ractopamina não influenciaram ($P>0,05$) o peso de carcaça quente, a espessura de toucinho, o comprimento de carcaça, a profundidade de músculo, o percentual e a quantidade de carne magra das carcaças dos suínos.

Resultados diferentes foram apresentados por Lien et al. (2001) os quais observaram redução da espessura de toucinho em suínos na fase de crescimento e terminação suplementados com 0,2 mg/kg de cromo picolinato. Segundo esses pesquisadores o cromo aumenta a porcentagem de carne magra, a área de olho de lombo e reduz a espessura de toucinho e a quantidade de gordura na carcaça. Era esperado aumento na profundidade do músculo *Longissimus dorsi* devido aos relatos de aumento no nível de IGF-I e redução da insulina e cortisol no soro de animais que recebem suplementação com cromo (ANDERSON et al.,1987). Além do aumento na síntese proteica esperava-se reduzir a espessura de toucinho com a suplementação do cromo o qual reduz a atividade do hormônio lipase sensível, um indicador da redução da lipogênese (XI et al., 2001).

Tabela 4 - Características de carcaça de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e suas combinações

Variável	Cromo (mg/kg)	Ractopamina (ppm)			Média	Valor P			CV, %
		0	5	10		Cromo	Ractopamina	CR x Rac	
PM, mm	0	75,48	72,78	79,47	75,91	0,829	0,671	0,200	8,48
	0,4	74,23	76,482	74,59	75,10				
	Média	74,86	74,63	77,03					
ET, mm	0	11,66	11,70	10,12	11,16	0,220	0,437	0,279	19,83
	0,4	10,30	10,25	9,63	10,06				
	Média	10,98	10,97	9,88					
PCQ, kg	0	72,37	70,48	72,03	71,63	0,660	0,504	0,626	4,48
	0,4	72,90	72,35	71,20	72,15				
	Média	72,63	71,42	71,62					
CC, cm	0	92,33	92,25	91,42	92,00	0,208	0,682	0,950	3,13
	0,4	93,92	93,08	92,75	93,25				
	Média	93,12	92,67	92,08					
RC, %	0	73,01	69,88	72,16	71,69	0,893	0,264	0,571	6,06
	0,4	73,54	71,00	69,82	71,49				
	Média	73,28	70,49	70,99					
PCM, %	0	60,79	60,43	62,08	61,10	0,505	0,313	0,087	2,21
	0,4	61,45	60,32	61,87	61,20				
	Média	61,12	60,38	61,97					
QCM, kg	0	44,01	42,60	44,70	43,77	0,208	0,672	0,193	5,00
	0,4	44,80	43,63	44,05	44,16				
	Média	44,40	43,11	44,37					

PM = Profundidade de músculo; ET = Espessura de toucinho; PCQ = Peso de carcaça quente; CC = Comprimento de carcaça; RC = Rendimento de carcaça; PCM = Percentual de carne magra; QCM = Quantidade de carne magra.

Após a suplementação da dieta com cromo, pode haver ligeira diminuição, da deposição de gordura na carcaça em conjunto com aumento na síntese e deposição de proteína (PAGE et al., 1993; O'QUINN et al., 1998). No entanto, não foi observado aumento da profundidade do músculo *longissimus dorsi* tampouco redução da espessura de toucinho com a suplementação de cromo no presente estudo.

A ação do cromo no metabolismo lipídico ainda necessita de maiores esclarecimentos. Sabe-se que em estudos *in-vitro* com células de tecido adiposo a presença do cromo impede o acúmulo de colesterol na membrana plasmática e atenua a ação de biossíntese do colesterol (BRENT et al., 2013). Este mineral parece inibir a enzima hepática hidroximetilglutaril-CoA-redutase e diminuir a concentração plasmática de colesterol (GOMES et al., 2005). Outro fato importante é que a presença do cromo contribui para adequada incorporação da GLUT 4 por agir sobre a concentração da insulina visto que elevadas concentrações de insulina podem aumentar o colesterol na membrana plasmática o que dificulta a incorporação do GLUT 4 (BHONAGIRI et al., 2011; HABEGGER et al., 2012).

O cromo ativa a adenosina monofosfato cinase (AMPK), um indicador conhecido do estado de baixa energia (ZHAO et al., 2009; WANG, DONG & YAO 2009; SEALLS PENQUE & ELMENDORF 2011). Além disso foi determinado que a AMPK pode fosforilar e inibir a glutamina frutose-6-fosfato amidotransferase, a enzima limitadora da biossíntese de hexosaminas (EGUCHI, et al., 2009). A este respeito, o cromo poderia modificar os processos de síntese do colesterol com a inibição da produção tanto da 3-hidroxi-3-metil glutaril-CoA redutase, bem como a sua atividade (BRENT et al., 2013).

Contudo acredita-se que a suplementação do cromo em dietas de suínos deve ser fruto de novas pesquisas a fim de determinar sua possível ação e interações com os nutrientes sobre o desempenho e características de carcaça de suínos.

CONCLUSÕES

A suplementação de 0,4 mg de cromo levedura, 5 e 10 ppm de ractopamina e sua combinação não afetam o desempenho e as características de carcaça de suínos na fase de terminação dos 70 aos 100 kg.

LITERATURA CITADA

ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; TSE, M.L.P.; BRAZ, D.B.; MIYADA, V.S. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista**

- Brasileira de Zootecnia**, 39 (9): 1969-1977. 2010. doi: 10.1590/S1516-35982010000900015
- ANDERSON, R.A AND KOZLOVSKY A.S. The American Journal of Clinical Nutrition, **41**, 1177, 1985.
- ANDERSON, R.A.; POLANSKY, M.M.; BRYDEN, N.A.; BHATHENA, S.J.; CANARY, J.J. Effects of supplemental chromium on patients with symptoms of reactive hypoglycemia. **Metabolism**, 36: 351-355. 1987. doi: 10.1016/0026-0495(87)90206-X
- ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R.; ANDERSON, D.B.; WELDON, W.C.; BERG, E.P. The effect of dietary ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004. doi:/2004.82113245x
- BHONAGIRI, P.; PATTAR, G.R.; HABEGGER, K.M.; MCCARTHY, A.M.; TACKETT, L.; ELMENDORF, J.S. Evidence coupling increased hexosamine biosynthesis pathway activity to membrane cholesterol toxicity and cortical filamentous actin derangement contributing to cellular insulin resistance. **Endocrinology**, 152: (9), 3373-3384. 2011. doi:10.1210/en.2011-1295
- BRENT, A.P.; TACKETT, L.; ELMENDORF, J.S. Trivalent chromium modulates hexosamine biosynthesis pathway transcriptional activation of cholesterol synthesis and insulin resistance. **Journal of Endocrine and Metabolic Diseases**, 3: 1-8. 2013. doi: 10.4236/ojemd.2013.34A1001
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação de carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 97p, 2007.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 24: (3): 711-14. 1981.
- CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C.; ZANGERONIMO, M.G.; AMARAL, N.O.; LIMA, J.A.F. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, 39 (3): 844-851. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782009000300032.

- EGUCHI, S.; OSHIRO, N.; MIYAMOTO, T.; YOSHINO, K.; OKAMOTO, S.; ONO, T.; KIKKAWA, U.; YONEZAWA, K. AMP-activated protein kinase phosphorylates glutamine : fructose-6-phosphate amidotransferase 1 at Ser243 to modulate its enzymatic activity. **Genes to Cells**, 14 (2), 179-189. 2009. doi:10.1111/j.1365-2443.2008.01260.x
- GOMES, M.R.; ROGERO, M.M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo insulina e exercício físico. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, 11 (5): 262-266. 2005
- HABEGGER, K.M.; HOFFMAN, N.J.; RIDENOUR, C.M.; BZINICK, J.T.; ELMENDORF, J.S. AMPK Enhances Insulin-Stimulated GLUT4 Regulation via Lowering Membrane Cholesterol. **Endocrinology**, 153 (5): 2130-2141. 2012. doi:10.1210/en.2011-2099
- LIEN, T.F.; WU, C.P.; WANG, B.J.; SHIAO, M.S.; SHIAO, T.Y.; LIN, B.H.; LU, J.J.; HU, C.Y. Effect of supplemental levels of chromium picolinate on the growth performance, serum traits, carcass characteristics and lipid metabolism of growing-finishing pigs. **Animal Science**, 72: 289-296. 2001.
- LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. PURSER, K.W. Effects of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs. **Journal of Animal Science**. 86, 2971- 2978. 2008. doi:10.2527/jas.2008-0888
- MARÇAL, D.A.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R.; ABREU, R.C.; ROSA, R.A.; ROSA, L.S. Ractopamina em dietas sem ajustes aminoacídicos para suínos machos castrados em terminação. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 259-264, 2015.
- MAIN, R.G.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; NELSEN, J.L. Effects of ractopamine HCl dose and treatment period on pig performance in a commercial finishing facility. **Journal of Swine Health and Production**, 17: 134-139, 2009.
- MAPA. Portaria Nº 711, de 01.11.95 - DOU nº 211, de 03.11.95 - Aprovar as normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, 1995.
- MATTHEWS, J.O.; HIGBIE, A.D.; SOUTHERN, L.L.; COOMBS, D.F.; BIDNER, T. D.; ODGAARD, R.L. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 8: 191-196. 2003. doi: 2003.811191x

- MERTZ, W.; ROGINSKI E.E.; REBA, R.C. Biological activity and fate of trace quantities of intravenous chromium (3) in the rat. **American Journal of Physiology**, 209: 489-494. 1965.
- O'QUINN, P.R.; SMITH, J.W.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; OWEN. K.Q. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**. 76 (Supl.2): 56-60. 1998.
- PAGE, T.G.; SOUTHERN, T.L.; WARD, T.L.; THOMPSON, D.L. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 71: 656-662. 1993.
- PARK, J.K.; LEE, J.Y.; CHAE, B.J. AND OHH, S.J. Effects of different sources of dietary chromium on growth, blood profiles and carcass traits in growing-finishing pigs. Asian – **Australasian Journal of Animal Sciences**, 22: 1547-1554. 2009. doi: 10.5713/ajas.2009.80633
- PERES, L.M.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.D.; ANDREO, N.; BARATA, C.C.P. AND DÁRIO, J.G.N. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 43: 369-375. 2014. doi: 10.1590/S1516-35982014000700005
- POLETO, R.; ROSTAGNO, M.H.; RICHERT, B.T.; MARCHANT-FORDE J.N. Effects of a “step-up” ractopamine feeding program, sex, and social rank on growth performance, hoof lesions, and Enterobacteriaceae shedding in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 87: 304-313. 2009. doi: 10.2527/jas.2008-1188.
- ROSA, R.A.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R.; MARÇAL, D.A.; JUNIOR, J.G.C.; ABREU, R.C.; LINO, K.A. Ractopamina em dietas com ajustes nutricionais para suínos machos castrados em terminação sob clima quente. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v.10, n.1, p.159-164, 2015.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3th ed. UFV, Viçosa, MG. 2011.
- SALES, J and JANCÍK, F. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. **Journal of Animal Science**, 89:4054–4067. 2011.

- SAMPAIO, C.A.P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J.A.; BOFF, C.E.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, 33: 785-790. 2004. doi: 10.1590/S0103-84782004000300020
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; CARRIJO, A.S. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, p.403-408. 2010a. doi: 10.1590/S0103-84782009005000257
- SEALLS, W.; PENQUE, B.A.; ELMENDORF, J.S. Evidence that chromium modulates cellular cholesterol homeostasis and ABCA1 functionality impaired by hyperinsulinemia--brief report. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, 31 (5), 1139-1140. 2011. doi:10.1161/ATVBAHA.110.222158
- WANG, Y.Q.; DONG, Y.; YAO, M.H. Chromium Picolinate Inhibits Resistin Secretion In Insuline-Resistant 3T3 L1 Adipocytes via Activation of Amp-Activated Protein Kinase, **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, 36 (8), 843-849. 2009. doi:10.1111/j.1440-1681.2009.05164.x
- XI, G.; XU, Z.; WU, S.H.; SHIJIANG, C. Efect of chromium picolinate on growth performance, carcass characteristics, sérum metabolites and metabolism of lipid in pigs. **Journal of Animal Science**, 14: 258-262. 2001. doi: 10.5713/ajas.2001.258
- ZHANG, H.; DONG, B.; YANG, M.Z.J. Effect of Chromium Picolinate Supplementation on Growth Performance and Meat Characteristics of Swine. **Biological Trace Element Research**, 141: 159-169. 2011. doi: 10.1007/s12011-010-8727-9.
- ZHAO, P.; WANG, J.; MA, H.; XIAO, Y.; HE, L.; TONG, C.; WANG, Z.; ZHENG, Q.; DOLENCE, E.K.; NAIR, S.; REN, J.; LI, J. A Newly Synthetic Chromium (D-Phenylalanine) 3 Activates AMP-Activated Protein Kinase and Stimulates Glucose Transport. **Biochemical Pharmacology**, 77 (6): 1002-1010. 2009. doi:10.1016/j.bcp.2008.11.018

EXPERIMENTO II – CROMO, RACTOPAMINA E RESTRIÇÕES ALIMENTARES QUALITATIVA E QUANTITATIVA PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação do cromo ou ractopamina e o uso de restrições alimentares quantitativa e qualitativa sobre o desempenho e características quantitativas de carcaça de suínos machos castrados em terminação. Foram utilizados 50 animais, geneticamente similares, com peso inicial de $99,0 \pm 4,3$ kg e final de $117,2 \text{ kg} \pm 5,8$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso composto por cinco tratamentos (Controle, Rac = 10ppm de ractopamina, Cromo = 0,8 mg de cromo, Qualit = restrição qualitativa 7,5% a menos de energia líquida na dieta e Quanti = redução quantitativa de 15% no fornecimento de ração), cinco repetições e dois animais por repetição. A suplementação de cromo e a restrição alimentar quantitativa reduziram ($P<0,05$) o consumo de ração, o consumo de lisina, o consumo de energia líquida e o consumo de proteína bruta. O cromo, a ractopamina e a restrição quantitativa melhoraram ($P<0,05$) a conversão alimentar. A ractopamina aumentou ($P<0,05$) o ganho de peso diário dos suínos em terminação. A suplementação de cromo, ractopamina e as restrições alimentares qualitativa e quantitativa não influenciam ($P<0,05$) as características quantitativas de carcaças dos suínos. A suplementação de cromo e a restrição alimentar quantitativa reduz o consumo de ração dos suínos em crescimento e terminação.

PALAVRAS-CHAVE: aditivos, consumo de ração, oligoelemento, rendimento de carcaça.

EXPERIMENT II - CHROME, RACTOPAMINE AND FOOD RESTRICTION QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ON PIG PERFORMANCE IN FINISHING PHASE

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effect of chromium supplementation, or ractopamine and the use of quantitative and qualitative dietary restrictions on performance and carcass quantitative characteristics of barrows termination. 50 animals were used, similar genetically, with initial weight of $99,04 \pm 4,35$ kg and final $117,24 \pm 5,75$. The animals were divided into experimental design of randomized blocks composed of five treatments (Control, Rac = 10ppm of ractopamine, Chrome = 0,8 mg chromium, Qualit = qualitative restriction 7.5% less net energy in the diet and Quanti = quantitative reduction of 15% in the supply of animal feed), five replications. Chromium supplementation and the quantitative feed restriction reduced daily feed intake, daily lysine consumption, daily energy consumption and daily crude protein consumption ($P < 0.05$). Chromium, ractopamine and quantitative restriction improved ($P < 0.05$) feed conversion. The ractopamine increased ($P < 0.05$) the daily weight gain of finishing pigs. Chromium supplementation, ractopamine and qualitative and quantitative dietary restrictions did not influence the quantitative characteristics of pig carcasses ($P < 0.05$). Chromium supplementation and quantitative feed restriction reduce the feed intake of growing and finishing pigs.

KEYS WORDS: additives, carcass yield, feed intake, oligoelement.

INTRODUÇÃO

A utilização de aditivos nas dietas de suínos tem contribuído com o avanço produtivo observado nos últimos anos, avanços esses observados sobre a eficiência alimentar e características de carcaças. Semelhante aos aditivos, as técnicas de manejo no fornecimento e feitura das dietas podem contribuir com melhorias sobre a eficiência alimentar e as características de carcaça.

O cromo, apesar de não possuir um padrão de exigência nutricional definido, é considerado um micromineral essencial e portanto não cabe na definição de aditivo nutricional. Ele possui participação fundamental no metabolismo glicídico e sua ausência na dieta pode provocar incapacidade para remover eficientemente a glicose da corrente sanguínea (MERTZ & SCHWARZ, 1959). Na nutrição de suínos o cromo tem demonstrado efeito sobre o ganho de peso e as características de carcaça, reduzindo o consumo de ração e melhorando a conversão alimentar (LIEN et al., 2001; ZHANG et al., 2011).

Com efeitos significativos sobre o desempenho e características de carcaça a ractopamina é o aditivo mais utilizado para suínos em terminação, ela aumenta o ganho de peso dos animais e melhora a conversão alimentar, através de sua utilização é possível realizar o abate com peso acima dos padrões atuais, sem que haja acúmulo excessivo de gordura nas carcaças (ARMSTRONG et al., 2004; MARINHO et al., 2007; CANTARELLI et al., 2009).

Embora muitos autores tenham demonstrado os efeitos positivos da ractopamina sobre o desempenho animal, recentemente surgiram dúvidas quanto ao seu efeito sobre o bem-estar animal e a segurança alimentar. Apesar de autorizada a sua utilização em diversos países, pesquisadores divergem quanto ao efeito dos resíduos presentes nas carcaças e miúdos comestíveis e portanto representantes da União Europeia e China não concordam com sua utilização (FAO, 2012).

Em paralelo a utilização de aditivos com objetivo de melhorar a eficiência produtiva existem as técnicas de manejo da restrição alimentar, que podem ser realizadas de forma qualitativa e quantitativa. A forma qualitativa é baseada na redução dos valores nutricionais da dieta, principalmente o valor em energia e a quantitativa é a redução do fornecimento da quantidade de dieta.

A restrição alimentar pode modificar o desempenho animal reduzindo o consumo de ração e reduzir a espessura de toucinho nas carcaças (SANTOS et al., 2012), por ser a

ração representante da maior parcela dos gastos na terminação de suínos esta técnica pode contribuir com o abate de animais com peso acima do convencional.

Por terem objetivos similares sobre o desempenho e características de carcaças essas técnicas e aditivos podem contribuir de forma isolada ou em conjunto para a produção de suínos. No entanto, poucas foram as pesquisas sobre restrição alimentar nas linhagens modernas de suínos e comparações do manejo de restrição com a utilização de aditivos não são relatados na literatura. Portanto, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de restrições alimentares quantitativas e qualitativas, suplementação de cromo e ractopamina nas dietas de suínos em terminação sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

Pesquisa aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob protocolo 625/2014/UFMS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos/MS. Foram utilizados 50 animais, machos castrados, geneticamente similares, com peso inicial de $99,0 \pm 4,4\text{kg}$ e final de $117,2 \pm 5,8\text{kg}$. Os suínos foram alojados em baias de alvenaria, com $1,15 \times 2,85\text{ m}$, piso de concreto e lâmina d'água, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros automáticos tipo chupeta.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso composto por cinco tratamentos (Controle, Rac 10 = 10 ppm de ractopamina, Cromo 0,8 = 0,8 mg de cromo/kg de ração, Qualit 7,5 = restrição qualitativa 7,5% a menos de energia líquida na dieta e Quant 15 = redução quantitativa de 15% no fornecimento de ração divididos em dois tratos ao dia), cinco repetições, com dois animais por unidade experimental. Adotou-se o peso inicial dos animais como critério para formação de blocos. A restrição quantitativa foi calculada com base no consumo de ração dos animais do tratamento controle e corrigida diariamente. O período experimental teve duração de 16 dias.

As dietas experimentais (Tabela 5) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais, de modo a atender as exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2011) para suínos dos 100 aos 120 kg de alto potencial genético e com desempenho médio.

Tabela 5 - Composições centesimal e nutricional das dietas de suínos machos castrados em terminação suplementados com ractopamina, cromo e restrições alimentares quantitativa e qualitativa

Ingredientes	Controle	Rac 10	Cromo 0,8	Qualit 7,5	Quant 15
Milho	84,96	84,96	84,96	77,78	84,96
Farelo de Soja, 45%	11,84	11,84	11,84	13,14	11,84
Inerte	0,962	0,912	0,912	6,865	0,962
Fosfato bicálcico	0,751	0,751	0,751	0,759	0,751
Calcário calcítico	0,544	0,544	0,544	0,536	0,544
Sal comum	0,329	0,329	0,329	0,332	0,329
Supl. vit.+min ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-Lisina HCl	0,306	0,306	0,306	0,280	0,306
DL-Metionina	0,032	0,032	0,032	0,038	0,032
L-Treonina	0,062	0,062	0,062	0,060	0,062
L-Triptofano	0,014	0,014	0,014	0,010	0,014
Cromo	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000
Ractopamina	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000
Valores nutricionais calculados ²					
Proteína, %	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39
Energia Met, Kcal/kg	3.230	3.230	3.230	3.003	3.230
Energia Líquida, Kcal/kg	2.500	2.500	2.500	2.312	2.500
Lisina digestível, %	0,691	0,691	0,691	0,691	0,691
Met + Cis digestível, %	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415
Treonina digestível, %	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
Triptofano digestível, %	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
Arginina digestível, %	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Valina digestível, %	0,477	0,477	0,477	0,477	0,477
Cálcio, %	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Fósforo Digestível, %	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215
Sódio, %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

¹Conteúdo por kg de produto: ácido pantotênico: 2.300 mg/kg; niacina: 4.500 mg/kg; ácido fólico: 125 mg/kg; cobre: 3.750 mg/kg; ferro: 25 g/kg; zinco: 31,25 g/kg; iodo: 250 mg/kg; selênio: 75 mg/kg. manganês: 12,5 g/kg. vitamina A: 1.250.000 UI/kg; vitamina D3: 250.000 UI/kg; vitamina E: 6.250 UI/kg; vitamina K3: 750 mg/kg; vitamina B1: 375 mg/kg; vitamina B2: 1.000 mg/kg; vitamina B6: 375 mg/kg e vitamina B12: 4.500 mcg/kg.

²Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas (ROSTAGNO et al., 2011).

Rac = ractopamina, Qualit = Tratamento qualitativo, Quant = tratamento quantitativo.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas por meio de termômetro digital portátil (modelo ITWTG 2000), a partir do qual foram registradas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e a umidade relativa do ar diariamente às 08:00h e às 16:00h horas, em dez pontos dentro do galpão à altura do dorso dos animais. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado por meio da equação proposta por Buffington et al. (1981).

Os animais foram pesados ao início e término do período experimental para a determinação do ganho de peso diário e da conversão alimentar. Foram coletados diariamente o desperdício de ração do chão e somados às sobras do comedouro ao final do ensaio para determinar o consumo de ração diário. Foram realizadas duas pesagens para obtenção de dados relativos ao ganho de peso e a conversão alimentar.

Ao término do experimento os animais permaneceram em jejum de sólidos por 12 horas. Posteriormente, foram embarcados em caminhão e transportados para o frigorífico comercial municipal, onde foram mantidos em baias de espera com livre acesso a água por oito horas. Os animais foram abatidos conforme as normas de manejo e procedimentos de abate vigentes no Brasil, citadas na Portaria nº-711/95 do Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária (MAPA, 1995).

Ao final da linha de abate, as carcaças foram pesadas e divididas em duas metades por um corte longitudinal na linha dorso-lombar, que corresponde à coluna vertebral. Foram mensurados os comprimentos de carcaça, da borda cranial da primeira costela até a borda cranial da sínfise pubiana, com auxílio de fita métrica. Foram realizados cortes na metade esquerda de todas as carcaças para a exposição do músculo *Longissimus dorsi* e do toucinho para a determinação da profundidade do músculo e da espessura de toucinho com o auxílio de um paquímetro digital.

O percentual de carne magra na carcaça foi determinado através da equação proposta por Bridi & Silva (2007): rendimento de carne (%) = $60 - (\text{espessura de toucinho} \times 0,58) + \text{profundidade do músculo} \times 0,10$.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparação de médias utilizando o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental os valores de temperatura ambiente, umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e índice de temperatura de globo e umidade corresponderam a $29,2 \pm 3,9^{\circ}\text{C}$, $45,2 \pm 10,5\%$, $29,0 \pm 4,0^{\circ}\text{C}$ e $77,5 \pm 2,9$ respectivamente. A temperatura média registrada durante o período experimental foi superior à crítica máxima de 27°C estabelecida para a categoria de terminação por Sampaio et al. (2004) e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculado foi superior ao obtido por Sanches et al. (2010) ($69,6 \pm 4,0$) para suínos submetidos a ambiente de termoneutralidade. Pode-se inferir que os animais foram submetidos a ambiente de estresse térmico moderado durante o período experimental.

Verificou-se que a suplementação de cromo e a restrição alimentar quantitativa reduziram ($P<0,05$) o consumo de ração, de lisina, de energia líquida e de proteína bruta diário em relação aos demais tratamentos (Tabela 6). Ao considerar os padrões de consumo de ração e ganho de peso diário e comparando aos padrões médios propostos por Rostagno et al. (2011), pode-se inferir que as variáveis térmicas não influenciaram no desempenho dos suínos.

Tabela 6 - Desempenho de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e restrições alimentares quantitativa e qualitativa

Variável	Tratamentos					Valor P	CV %
	Controle	Cromo 0,8	Rac 10	Qualit 7,5	Quant 15		
PI, kg	99,05	99,79	99,37	98,76	99,18	0,909	1,91
PF, kg	116,81	117,83	120,6	116,54	116,59	0,109	2,42
CRD, kg	3,84 ^a	3,42b	3,63a	3,94 ^a	3,24b	0,002	7,91
GPD, kg	1,11	1,13	1,33	1,11	1,09	0,067	12,95
CA, %	3,52 ^a	3,07b	2,76b	3,56 ^a	2,99b	0,01	9,98
CLD g/dia	0,012 ^a	0,010b	0,011a	0,012a	0,010b	0,002	7,91
CEL, kcal/dia	9604,95 ^a	8558,33b	9080,47a	9860,16a	8116,44b	0,002	7,91
CPB, kg	0,476 ^a	0,424b	0,450a	0,489a	0,402b	0,002	7,91

PI = Peso inicial; PF = Peso final; CRD = Consumo de ração diário; GPD = Ganho de peso diário; CA = Conversão alimentar; CLD = Consumo de lisina diário; CEL = Consumo de energia líquida; CPB = Consumo de proteína bruta.

*Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste Scott-Knott.

O cromo reduziu ($P<0,05$) o consumo de ração e com isso alterou o padrão de consumos de lisina, energia e proteína bruta de forma similar ao tratamento com restrição alimentar quantitativa, porém sem alterar ($P>0,05$) o ganho de peso quando comparados ao tratamento controle.

Diferentes do presente estudo, ao avaliarem níveis menores de suplementação de cromo (0,2 mg/kg) para animais em crescimento e terminação Page et al. (1993) e Zhang et al. (2011) observaram aumento no ganho de peso diário, Lien et al. (2001) observaram aumentos no ganho de peso e consumo de ração, Wang et al. (2009) e Peres et al. (2014) constataram aumentos no ganho de peso e melhoria da conversão alimentar e Wang & Xu (2004) observaram melhoria somente da conversão alimentar.

A partir da inclusão do cromo esperava-se melhorias no ganho de peso e conversão alimentar devido os resultados anteriormente citados como exemplo o estudo de Oliveira

et al. (2007) que utilizando 0,2 mg/kg de cromo na dieta de suínos observaram aumento na digestibilidade da matéria seca e por consequência maior aporte de nutrientes para as células. Em parte esse maior aporte de nutrientes associado à presença do cromo, que potencializa a ação da insulina (MERTZ et al., 1965) pode explicar o menor consumo de ração dos animais suplementados com cromo.

A restrição alimentar qualitativa em 7,5% não provocou aumento no consumo de ração. De acordo com a literatura os suínos adaptam o consumo pelo nível de energia (NRC, 1988) e isso pode ser observado, pois não houve diferença entre o consumo de energia líquida entre o tratamento com restrição qualitativa e o controle e portanto a redução de 7,5% de energia não foi suficiente para promover alteração no consumo.

Resultado semelhante para o consumo de ração são apresentados por Fraga et al. (2008) que utilizaram níveis de até 20% de restrição alimentar qualitativa em suínos dos 89,0 aos 127,8 kg não observaram efeito sobre o consumo de ração diário. No entanto relataram redução linear do consumo diário de energia digestível e do ganho diário de peso com piora da conversão alimentar diferente do presente estudo. Em outro estudo Moreira et al. (2007) não verificaram efeitos da restrição qualitativa (7,5 e 15% da energia metabolizável) sobre parâmetro de desempenho em suínos dos 70 aos 115 kg semelhante ao presente estudo.

O tratamento ractopamina não alterou o ganho de peso e o consumo de ração em comparação ao tratamento controle. No entanto, melhorou a conversão alimentar. Resultado semelhante sobre a conversão alimentar foi apresentado por Crome et al. (1996) os quais observaram, além do efeito sobre a conversão alimentar também observaram aumento sobre o ganho de peso e redução do consumo de ração em suínos dos 107 aos 125kg. Ao utilizar a mesma concentração de ractopamina, See et al. (2004) observaram aumento no ganho de peso e melhoria na conversão alimentar.

A não obtenção de efeitos com a suplementação da ractopamina na dieta pode estar relacionada ao não ajuste aminoacídico das dietas conforme proposto por Rostagno et al. (2011) que sugere um aumento de 0,157% (22%) na quantidade de lisina em dietas com 10 ppm de ractopamina. No entanto, estes ajustes não demonstram efeito quando os animais são expostos a ambiente de moderado estresse, o que reflete em ausência ou baixo desempenho (ROSA et al., 2015).

A suplementação de cromo, ractopamina e as restrições alimentares qualitativa e quantitativa não influenciaram ($P>0,05$) a profundidade do músculo, a espessura de

toucinho, o peso de carcaça quente, o comprimento de carcaça, o percentual de carne, a quantidade de carne magra e o rendimento de carcaça dos suínos (Tabela 7).

Resultados diferentes para utilização do cromo sobre as características de carcaça foram apresentadas por Zhang et al. (2011) ao estudar animais dos 35 aos 100 kg observaram aumento na proporção de carne magra: gordura e área de olho de lombo. Após a suplementação da dieta com cromo picolinato, pode haver ligeira diminuição, da deposição de gordura na carcaça em conjunto com um aumento na síntese e deposição de proteína (PAGE et al., 1993; O'QUINN et al., 1998).

Em geral as pesquisas com cromo apresentam efeitos positivos na redução de espessura de toucinho e aumento da área de olho de lombo (AMOIKON et al., 1995; BOLEMAN et al., 1995; LIEN et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2007) resultados não encontrados no presente estudo. As diferenças entre os resultados da literatura e os observados podem estar associados à dose de cromo utilizada assim como e a duração da administração do cromo.

Tabela 7 - Características de carcaça de suínos machos castrados em terminação suplementados com cromo, ractopamina e restrições alimentares quantitativa e qualitativa

Variável	Tratamentos					Valor P	CV %
	Controle	Cromo 0,8	Rac 10	Qualit 7,5	Quant 15		
PM (mm)	86,26	81,17	83,52	82,55	89,15	0,340	9,13
ET (mm)	9,71	10,89	10,20	13,10	11,38	0,281	26,95
PCQ (kg)	87,86	85,57	90,83	87,83	86,00	0,289	5,45
CC (cm)	96,51	97,46	97,13	96,6	97,53	0,849	2,22
CM (kg)	62,99	61,80	62,44	60,66	62,31	0,319	3,37
QCM (%)	55,37	52,83	56,71	53,28	53,59	0,214	6,33
RC (%)	76,28	74,27	75,50	75,57	74,27	0,401	1,39

PM = Profundidade de músculo; ET = Espessura de toucinho; PCQ = Peso de carcaça quente; CC = Comprimento de carcaça; CM = Quantidade de carne em quilos; QCM = Porcentagem de carne magra; RC = Rendimento de carcaça.

Os estudos que avaliam a utilização da ractopamina na dieta de suínos em terminação geralmente apontam efeitos positivos sobre a área de olho de lombo, diminuição da espessura de toucinho e aumento da quantidade de carne magra

(WILLIAMS et al., 1994; ARMSTRONG et al., 2004, SEE et al., 2004; CANTARELLI et al., 2009) no entanto no presente estudo não foram observados estes efeitos.

A ação da ractopamina sobre a insulina por meio dos receptores β -adrenérgicos com reflexos sobre as características de carcaça já está esclarecida, porém nem sempre é observado este efeito nos suínos em terminação (MARINHO et al., 2007; SANCHES et al., 2010; SILVA et al., 2015).

A ractopamina inibe a ligação da insulina ao receptor β -adrenérgico, antagonizando sua ação e reduz a síntese e deposição da gordura (ARMSTRONG et al., 2004). Assim, acredita-se que a eficiência da ractopamina está mais relacionada ao bloqueio da lipogênese e ao aumento da lipólise (LIU & MILLS, 1990).

Diversos fatores podem influenciar a resposta dos suínos suplementados com ractopamina, dentre os quais se destacam as diferentes linhagens genéticas, nível inclusão nas dietas e período de suplementação fornecimento. Há alguns anos considerava-se que pequenas doses (5 ppm) era suficiente para melhora do desempenho, maiores inclusões (10 a 20 ppm) melhoraria também as características de carcaça no entanto o presente estudo similar a outros estudos recentes (SILVA et al., 2015; GONÇALVES et al., 2016) não tem demonstrado efeito de doses elevadas de ractopamina sobre as características de carcaça.

Os resultados deste trabalho podem sugerir que o nível exigido para tais respostas está mudando, possivelmente pelas mudanças nas linhagens genéticas e sua relação com outros fatores da criação de suínos como os níveis nutricionais, o ambiente e as dietas utilizadas.

CONCLUSÕES

A suplementação de 0,8 mg de cromo/kg de ração e a restrição alimentar quantitativa reduziu o consumo de ração diário de suínos na fase de terminação. A suplementação de 0,8 mg de cromo/kg, 10 ppm de ractopamina e a restrição alimentar quantitativa melhoram a conversão alimentar dos suínos na fase de terminação. Os tratamentos avaliados não afetaram as características de carcaça.

LITERATURA CITADA

AMOIKON, E.K.; FERNANDEZ, J.M.; SOUTHERN, L.L.; THOMPSON, D.L.J.;

WARD, T.L.; OLCOTT, B.M. Effect of chromium tripicolinato on growth, glucose

tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs.

Journal of Animal Science, 73: 1120-1130. 1995.

ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R.; ANDERSON, D.B.; WELDON, W.C.; BERG, E.P. The effect of dietary ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L.; WARD, T.L.; PONTIF, J.E.; PIKE, M.M. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. **Journal of Animal Science**, 73: 2033-2042. 1995.

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

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 24: (3): 711-14. 1981.

CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C.; ZANGERONIMO, M.G.; AMARAL, N.O.; LIMA, J.A.F. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, 39 (3): 844-851. 2009.

CROME, P.K.; MCKEITH, F.K.; CARR, T.R.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; CANNON, J.E. 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.

FAO/MS. 35° Reunión de la Comisión del Codex Alimentarius. Roma, 2012. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.org>>. Acesso em 14 de Março de 2017.

FÁVERO, J.A.; BELLAVER, C. Produção de carne de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, São Pedro, SP. Anais... São Pedro/SP: ITAL, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001. p.2-25

FRAGA, A.L.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; BUDIÑO, F.E.L.; HUAYNATE, R.A.R.; MALHEIROS, E.B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37 (5): 869-875. 2008.

GONÇALVES, L.M.P.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R.; MARÇAL, D.A.; ABREU, R.C.; NIETO, V.M.O.S.; RODRIGUES, G.P.; ALENCAR, S.A.S. Níveis de energia

- líquida e ractopamina para suínos machos castrados dos 70 aos 100kg. **Ciência Rural**, 46 (7): 1268-1273. 2016.
- LIEN, T.F.; WU, C.P.; WANG, B.J.; SHIAO, M.S.; SHIAO, T.Y.; LIN, B.H.; LU, J.J.; HU, C.Y. Effect of supplemental levels of chromium picolinate on the growth performance, serum traits, carcass characteristics and lipid metabolism of growing-finishing pigs. **Animal Science**, 72: 289-296. 2001.
- LIU, C.Y.; MILLS, S.E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, 68: 1603-1608. 1990.
- MAPA. Portaria Nº 711, de 01.11.95 - DOU nº 211, de 03.11.95 - Aprovar as normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, 1995.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A.; AROUCA, C.L.C. 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**, 36: 1061-1068 (supl.). 2007.
- MERTZ, W.; ROGINSKI E.E.; REBA R,C. Biological activity and fate of trace quantities of intravenous chromium (3) in the rat. **American Journal of Physiology**, 209: 489-494. 1965.
- MOREIRA, I.; VOORSLUYS, T.; MARTINS, R.M.; PAIANO, D.; FURLAN, A.C.; SILVA, M.A.A.; Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, característica de carcaça e poluição ambiental. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 29 (2): 179-185. 2007.
- National Research Council (NRC). **Nutrient Requirements of Swine**, 10th ed. National Academy Press, Washington, DC. 1998.
- National Research Council, Food and Nutrition Board. **Recommended Dietary Allowances**, 10th Edition. National Academy Press, Washington, DC, 1989.
- O'QUINN, P.R.; SMITH, J.W.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; OWEN, K.Q. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**. 76 (Suppl.2): 56-60. 1998.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; ARAUJO, E.J.S. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade dos Nutrientes e metabólitos sanguíneos de suínos. **Archivos de Zootecnia**. 56 (214): 137-143. 2007.

- PAGE, T.G.; SOUTHERN, T.L.; WARD, T.L.; THOMPSON, D.L. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 71: 656-662. 1993.
- PERES, L.M.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.D.; ANDREO, N.; BARATA, C.C.P. AND DÁRIO, J.G.N. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 43: 369-375. 2014.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3th ed. UFV, Viçosa, MG. 2011.
- SAMPAIO, C.A.P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J.A.; BOFF, C.E.; OLIVEIRA, M.C. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.3, p.785-790, mai./jun. 2004.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; CARRIJO, A.S. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, 40: 403-408. 2010
- SANTOS, A.P.; KIEFER, C.; MARTINS, L.P.; FANTINI, C.C. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p. 147-153, 2012.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 82: 2474-2480. 2004.
- SILVA, R.A.M.; PACHECO, G.D.; VINOKUROVAS, S.L.; OLIVEIRA, E.R.; GAVIOL, D.F.; LOZANO, A.P.; AGOSTINI, P.S.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Associação de ractopamina e vitaminas antioxidantes para suínos em terminação. **Ciência Rural**, 45 (2): 311-316. 2015.
- WANG, M.Q AND XU, Z.R. Effect of chromium nanoparticle on growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue chromium in finishing pigs. *Asian-australas. Journal of Animal Science*. 17:1118–1122, 2004.
- WANG, M.Q.; HE, Y.D.; LINDEMANN, M.D.; JIANG, Z.G. Efficacy of Cr (III) Supplementation on Growth, Carcass Composition, Blood Metabolites, and

Endocrine Parameters in Finishing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 22 (10): 1414-1419. 2009.

WILLIAMS, N.H.; CLINE, T.R.; SCHINCKEL, A.P.; JONES, D.J. 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. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7759365> >. Acesso em: 12 fev. 2016.

ZHANG, H.; DONG, B.; YANG, M.J. Effect of Chromium Picolinate Supplementation on Growth Performance and Meat Characteristics of Swine. **Biological Trace Element Research**, 141: 159-169. 2011

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do cromo como aditivo nas dietas de suínos ainda precisa de maiores esclarecimentos quanto aos seus reais efeitos sobre o desempenho e as características de carcaça. Os níveis estudados (0,4 e 0,8 mg/kg) não parecem ser os melhores para proporcionar efeitos em suínos.

O período de suplementação do cromo pode ser mais importante que a dosagem e nesse sentido a escolha da categoria animal no início da suplementação podem ser o caminho para novos estudos.

A restrição alimentar qualitativa de 7,5% não é efetiva em modificar as características de carcaça dos suínos e por isso não recomendaria. Níveis superiores podem ser efetivos sobre a composição da carcaça sem alterar o desempenho.

A restrição alimentar quantitativa de 15% é efetiva em reduzir o consumo de ração sem alterar as características de carcaça dos suínos. Acreditamos que a restrição quantitativa juntamente com uma avaliação econômica possa esclarecer o potencial desta restrição na suinocultura.

Os níveis de 5 e 10 ppm de ractopamina para suínos abatidos aos 100 kg não é efetiva em melhorar o desempenho e as características de carcaças dos suínos. O nível de 10 ppm de ractopamina para suínos abatidos acima dos 100 kg não é efetiva em melhorar o desempenho e as características de carcaças dos suínos. Os níveis de ractopamina devem ser revistos quanto ao seu real efeito no desempenho dos suínos modernos.