

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

**CROMO E RESTRIÇÃO ENERGÉTICA EM SUBSTITUIÇÃO
A RACTOPAMINA NA DIETA DE LEITOAS DOS 100 AOS 125 KG**

Taynah Vieira Aguiar Farias

CAMPO GRANDE, MS

2018

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

**CROMO E RESTRIÇÃO ENERGÉTICA EM SUBSTITUIÇÃO
A RACTOPAMINA NA DIETA DE LEITOAS DOS 100 AOS 125 KG**

Taynah Vieira Aguiar Farias

Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

Co-Orientadora: Prof. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS

2018

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por minha vida e por sempre me amparar diante dos momentos de dificuldade e obstáculos encontrados.

Ao meu pai Wilson Farias “in memoriam” que sempre foi um exemplo de alegria de viver, de luta e de superação, um homem que me ensinou a ser uma mulher de caráter e personalidade e que me inspirou a ser um ser humano melhor e buscar por meus objetivos de vida. Obrigada pelos ensinamentos, pela simplicidade, por me tornar quem eu sou, e por ter sido de longe a melhor pessoa que eu conheci. Jamais o esquecerei, te amarei sempre, saudade.

A minha mãe Juçania Farias, obrigada pelas palavras, pelos conselhos, pela honestidade, pelo afeto, pela amizade e amor incondicional.

Aos meus irmãos Bruno Farias e Caio Farias, que sempre estiveram ao meu lado, me permitindo conhecer a singularidade do amor entre irmãos e por me apresentarem o amor de tia.

Ao meu namorado Henrique Barbosa, meu amor, melhor amigo, que representa minha segurança em todos os aspectos. Obrigada pela compreensão, paciência e por todos os momentos em que esteve ao meu lado, sempre me incentivando e me apoiando em todas as decisões.

Em especial ao Prof. Dr. Charles Kiefer, pela grande orientação, paciência, dedicação no ensino, pelo grande apoio e principalmente pela confiança em mim.

Aos meus amigos e companheiros do setor de Suinocultura que me ajudaram muito em todos os momentos e tornaram tudo mais fácil e possibilitaram o término de todas as atividades, sendo eles o, Stephan Alencar, Alexandre Pereira, Ariadne Portilho, Jéssica Lira, Gabriela Puhl Camilla Gonçalves, Débora Martinez, Elenice Garbin, Luana Cristiane, Denise Lima, Indira Dayane, Bruna Teodoro, Kelly Carvalho, Luciana Rufino, Rodrigo Caetano e Danilo Marçal.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela oportunidade da realização do curso.

Nunca deixe ninguém dizer que você não pode fazer alguma coisa. Se você tem um sonho, tem que correr atrás dele. As pessoas não conseguem vencer, e dizem que você também não vai vencer. Se quiser alguma coisa, corre atrás.

À procura da Felicidade

Resumo

FARIAS, T.V.A. Cromo e restrição energética em substituição a ractopamina na dieta de leitoas dos 100 aos 125 kg. 2018. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a suplementação de cromo e restrição energética em substituição a ractopamina em dieta leitoas em terminação dos 100 aos 125 kg sobre desempenho e características de carcaça. O consumo de gordura saturada em excesso está relacionado com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade em humanos, logo, carcaças suínas com menores teores de gordura são desejáveis. A ractopamina é responsável por modificar o metabolismo animal, promovendo o crescimento, deposição de carne além de diminuir o teor de gordura na carcaça de suínos em terminação. A restrição energética na dieta é outra forma de reduzir a deposição de gordura na carcaça. Além disso, o cromo através da potencialização da ação da insulina, pode promover a utilização da glicose pelas células de forma mais eficiente, reduzindo o processo de lipogênese. Foram utilizadas 60 fêmeas suínas com peso inicial de $98,87 \pm 8,13$ kg, distribuídas em delineamento de blocos ao acaso com cinco dietas: controle; restrição energética (redução de 150 Kcal de EM/kg de ração), ractopamina (20 ppm), cromo levedura (0,8 ppm) e picolinato de cromo (0,48ppm), com seis repetições por tratamento, com dois animais por unidade experimental. Adotou-se o peso inicial como critério para a formação de blocos. A suplementação de ractopamina, cromo e restrição energética não influenciaram o peso final, ganho de peso diário, consumos diários de ração, proteína, lisina digestível e energia metabolizável. A suplementação com 20 ppm de ractopamina melhora a conversão alimentar de fêmeas suínas em terminação. O peso de carcaça quente melhora com a inclusão de 20 ppm de ractopamina na dieta. O cromo levedura aumenta o peso de carcaça de quente em relação a dieta controle e restrição energética de leitoas em terminação. Dietas contendo ractopamina, cromo levedura ou picolinato de cromo expressam aumento da quantidade de carne magra e índice de bonificação das carcaças em comparação às dietas controle ou com restrição energética de 150 Kcal/kg de energia metabolizável. A restrição energética da dieta em 150 Kcal de EM não prejudica o desempenho e as características de carcaça das leitoas.

Palavras – chave: aditivos, carcaça, carne magra, minerais.

Abstract

FARIAS, T.V.A. Chromium and energy restriction in substitution of ractopamine in the diet of finishing pigs from 100 to 125 kg. 2018. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

This study was conducted with the objective of evaluating chromium supplementation and energetic restriction in replacement of ractopamine in finishing pigs diets from 100 to 125 kg on performance and carcass characteristics. Excess consumption of saturated fat is related to the development of cardiovascular diseases, diabetes and obesity, the fat present in the carcasses is undesirable. The ractopamine is responsible for modifying the animal metabolism, promoting growth, meat deposition, and decreasing the fat content in the finishing pig carcass. Dietary energy restriction may be another way of reducing fat deposition in the carcass. Chromium potentiates the action of insulin, promoting the use of glucose by cells more efficiently, reducing the process of lipogenesis. Sixty females were used, distributed in a randomized complete block design with five diets: control; energy restriction (reduction of 150 Kcal ME / kg of feed), ractopamine (20 ppm), chromium yeast (0.8 ppm) and of chromium picolinate (0.48 ppm) with six replicates per treatment with two animals per experimental unit. The initial weight was adopted as a criterion for the formation of blocks. The supplementation of ractopamine, chromium and energy restriction did not influence the final weight, the daily weight gain, the daily intake of feed, protein, digestible lysine and metabolizable energy. Supplementation with 20 ppm of ractopamine improves the feed conversion of the finishing pigs. The hot carcass weight improves with the inclusion of 20 ppm ractopamine in the diet. The chromium yeast increases the weight of the hot carcass in relation to the control diet and energy restriction of finishing pigs. Diets containing ractopamine, chromium yeast or chromium picolinate increases lean meat content and carcass bonus index in comparison with diets control or with energy restriction of 150 Kcal kg of metabolizable energy. The energy restriction of the diet in 150 Kcal of ME does not affect the performance and the carcass characteristics of the finishing pigs.

Key- words: additives, carcass, lean meat, minerals

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sintomas relacionados à deficiência de cromo em diversas espécies	17
Tabela 2 - Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais	28
Tabela 3 - Desempenho de fêmeas suínas em terminação submetidas a dietas suplementadas com ractopamina, cromo e com restrição energética	32
Tabela 4 - Características de carcaça de fêmeas suínas em terminação submetidas a dietas suplementadas com ractopamina, cromo e restrição energética	36

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1.1 Evolução da carcaça suína	8
1.2 Utilização de ractopamina em dietas de suínos	9
1.3 Restrição Energética	11
1.4 Importância de minerais na suplementação de suínos	13
1.5 Suplementação de Cromo	14
1.6 Efeito tóxico do cromo	17
REFERÊNCIAS	19
Cromo e restrição energética em substituição a ractopamina na dieta de leitoas dos 100 aos 125 kg	24
Resumo	24
Abstract	25
Introdução	26
Material e Métodos	27
Resultados e Discussão	30
Conclusões	38
Referências	39

INTRODUÇÃO

A suinocultura nas últimas décadas tornou-se setor de destaque no cenário mundial, pois, produz de forma eficiente levando em consideração, além do fator socioeconômico o bem-estar animal. A produção de carne suína do Brasil ocupa a 4ª posição no ranking mundial desde 2013 com exportação de aproximadamente 3,7 milhões de toneladas no ano de 2016. Para o ano de 2015 a taxa de crescimento das exportações chegaram a 3,9 % com tendência de aumento para os próximos anos, o que tem contribuído em maior volume para mais de 72 países, principalmente a Rússia (ABPA, 2016).

Entre as ferramentas utilizadas na nutrição de suínos encontra-se a ractopamina, classificada como substância agonista β - adrenergética, responsável por modificar o metabolismo animal através do desvio da partição de nutrientes, promovendo o crescimento e a deposição de carne, além de diminuir o teor de gordura na carcaça de suínos em terminação (Bridi et al., 2008).

No entanto, apesar da ractopamina ser uma substância de uso permitido no Brasil, esse aditivo é proibido na União Européia desde 1996 pela Diretiva nº 96/23/CE, assim como na Rússia e China, principais destinos da exportação brasileira (Pacelle, 2014).

Portanto, a busca por alternativas para a substituição de ractopamina em dietas de suínos em terminação se faz necessária, para que a produção de carne suína brasileira permaneça com elevado potencial e que seja comercializada em maior volume para países que baniram a utilização da mesma. Dentre as alternativas destacam-se a restrição energética e a suplementação com cromo nas dietas.

1.1 Evolução da carcaça suína

As primeiras raças suínas foram introduzidas no país no ano de 1532, oriundas de Portugal como, por exemplo, Galega, Bizarra, Beiroa, Macau, entre outras, que após décadas deram origem as raças nacionais dentre elas, Piau, Canastra, Pirapitinga, etc. Inicialmente os animais eram criados para produzir principalmente banha, no entanto, por conta da alta produtividade de óleos vegetais, raças como Duroc, Landrace, Large White e Pietran, passaram a compor o quadro genético do país e conseqüentemente, maior produção de proteína (Fávero & Figueiredo, 2009). Diante disso, pesquisas passaram a ser desenvolvidas levando em conta além

da genética do animal, ferramentas nutricionais e parâmetros quantitativos, como por exemplo, taxa de crescimento, conversão alimentar, espessura de toucinho e porcentagem de carne magra, para caracterizar o perfil do suíno produzido (Rothschild & Ruvinsky, 2010).

Entre as características de carcaça, destaca-se a espessura de toucinho, que ao longo dos anos sofreram avanços significativos, considerando que no início da década de 80 o suíno apresentava espessura de 21 milímetros, posteriormente, nos anos 90 de 17,4 e nos últimos anos de 13 milímetros (ABCS, 2010). Consequentemente, houve aumento na porcentagem de carne magra, o que resultou em valorização de mercado de carcaças magras, pois, essa porcentagem influencia diretamente no índice de bonificação, além de rendimento de cortes, ou seja, o produtor será melhor recompensado por uma carcaça mais magra quando comparada com carcaça mais gorda (Marcoux et al., 2007).

No entanto, sabe-se que animais mais pesados tendem depositar maior quantidade de gordura em suas carcaças, e, portanto, algumas ferramentas nutricionais vêm sendo adotadas a fim de reduzir o efeito do peso de abate dos animais nas características de carcaça, entre elas, a utilização de ractopamina, restrição energética e cromo.

1.2 Utilização de ractopamina em dieta de suínos

Devido a exigência dos consumidores, e por conta consumo em excesso de gordura saturada estar relacionado com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade, a gordura presente nas carcaças será indesejável dependendo do local e quantidade depositada, optando-se por carnes com menor teor de gordura (Zhao, et al., 2010).

Estratégias nutricionais, como por exemplo, utilização de substâncias agonistas β -adrenérgicas (ABA's) na alimentação de suínos têm se mostrado eficientes como modificadores de carcaça, pois, podem reduzir a quantidade de gordura presente na carne (Adeola et al., 1990). Agonistas β -adrenérgicos são considerados como compostos sintéticos semelhantes a catecolaminas (noradrenalina e adrenalina) e, portanto, possuem efeito similar no organismo (Salem et al., 2006), sendo a ractopamina a mais utilizada na alimentação de suínos.

A ractopamina na nutrição animal é responsável por modificar o metabolismo animal através do desvio da partição de nutrientes, promovendo o crescimento, deposição de carne, além de diminuir o teor de gordura na carcaça de suínos em terminação (Bridi et al., 2008). Sua ação

no metabolismo celular constitui-se principalmente na atividade das células musculares e adiposas, através da liberação de estímulos, que então se liga a receptores β das células adiposas, aumentando a deposição de músculo, através do aumento do diâmetro de fibras musculares brancas, promovida pela lipólise (Aalhus et al., 1992). Através da ligação da ractopamina com os receptores β -adrenérgicos, a atividade da proteína quinase é favorecida ativando dessa forma a enzima lipase e inativação de enzimas lipogênicas, carreadores de glicose, além da redução na expressão de genes lipogênicos (Halsey et al., 2011).

A diminuição da lipogênese, ou seja, redução da síntese de lipídios pode ocorrer simultaneamente com a lipólise, ocorrendo dessa forma maior degradação de lipídios (Peterla & Scenes, 1990). Conseqüentemente, haverá maior deposição da massa muscular com aumento da quantidade de carne magra na carcaça (Marchant-Forde et al., 2003).

Na fase de terminação, os suínos alteram o consumo de ração, ajustando-o com o nível energético da dieta (Rezende et al., 2006), o que pode vir a interferir na qualidade da carcaça, pois animais recebendo alimentação com elevada concentração energética na dieta e à vontade, irão utilizar maior porção de energia para deposição de gordura, resultando no acúmulo de gordura na carcaça (Pettigrew, 2001). Este evento pode ser evitado através da utilização da ractopamina, uma vez que suínos recebendo dietas suplementadas com 5 ppm de ractopamina apresentaram melhorias no peso final, ganho de peso diário, conversão alimentar, além da melhora nas características de carcaça, devido à redução na espessura de toucinho, aumento na profundidade de lombo e maior taxa de deposição de carne magra, quando comparados aos animais que não receberam a ractopamina (Marinho et al., 2007).

No entanto, deve-se levar em consideração o sexo dos animais, pois, é um dos principais fatores para o potencial de crescimento, consumo voluntário de ração, eficiência alimentar e qualidade de carcaças, sendo que para suínos, os machos inteiros são mais eficientes do fêmeas que por sua vez são superiores aos machos castrados (Henry et al., 1992), dessa forma acredita-se que a ractopamina na dieta de fêmeas possua maior efeito do que em dietas de machos castrados.

Além disso, o período de suplementação de até 28 dias geralmente utilizado por conta da dessensibilização dos receptores β , processo chamado de down-regulation, onde os receptores perdem a sensibilidade e muitas vezes destruídos, e conseqüentemente, diminuição da ação da ractopamina (Alberts et al., 2004).

Entretanto, dietas para suínos em terminação em sua grande maioria são suplementadas com aminoácidos sintéticos para suprir as exigências nutricionais da categoria e quando formuladas com ractopamina, pode ocorrer aumento da porcentagem de lisina na proteína depositada por suínos de 6,80 para 7,15%. Portanto, a concentração de aminoácidos com base na proteína ideal, ou seja, sem carência e excesso de aminoácidos pode não ser suficiente para atender às exigências de suínos alimentados com dietas que contenham ractopamina em sua composição (Schinckel et al., 2003), sendo necessário o ajuste dos aminoácidos conforme o nível de inclusão nas dietas.

Embora a utilização da ractopamina seja permitida no Brasil pelo Ministério da Agricultura, o uso desse aditivo não é permitido em países da União Européia, China e mais recentemente na Rússia. Isso está relacionado ao fato de que a ractopamina pode causar alterações cardiovasculares em humanos, pois, quando ministrada nas doses orais únicas de 67, 133, 200, 333, e 597 µg/kg de peso corporal de ractopamina, ocasionaram sensações moderadas de aumento do ritmo cardíaco e batimento cardíaco para as doses de 200, 333 e 597 ug/kg de peso corporal (FAO/WHO, 2004). Por isso, busca-se alternativas nutricionais, que venham a substituir de forma eficiente à utilização da ractopamina nas dietas de suínos em terminação.

1.3 Restrição energética

Estima-se que animais com alto peso de abate do ponto de vista industrial, possuam aumento na produção de músculo, elevada produtividade dentro do frigorífico e maior peso de cortes considerados nobres na carcaça suína (Santos et al., 2012). Entretanto, na fase terminação há piora na conversão alimentar, necessitando-se aumento no consumo de ração para a produção de um quilo de proteína (Cantareli et al., 2009). Contudo, dietas com alta densidade energética e consumidas à vontade serão utilizadas em sua maioria para deposição de gordura na carcaça, pois, apenas pequena parte da energia ingerida é direcionada para a deposição proteica (Pettigrew, 2001).

Diversas estratégias nutricionais podem ser adotadas para melhorar a qualidade das carcaças, ou seja, para que possuam maiores quantidades de carne, menor espessura de toucinho e maior área de olho de lombo (Guidoni, 2000). Nesse contexto, a restrição alimentar pode ser uma alternativa de baixo custo que pode ser utilizada em suínos em terminação com o objetivo de

diminuir a gordura depositada nas carcaças e melhorar a conversão alimentar dos animais nessa fase (Bertol et al., 2001), podendo ser aplicada de duas formas, sendo restrição alimentar quantitativa e qualitativa

A restrição alimentar quantitativa consiste na redução da quantidade de ração e pode ser utilizada para reduzir o consumo de energia pelos animais. Tem sido relatado que suínos pesando aproximadamente entre 95 e 120 kg e submetidos à restrição quantitativa de ingestão diária de energia de 10 a 25%, obtiveram melhoria nas carcaças, com menor espessura de toucinho, aumento no peso e rendimento de pernil (Barbosa et al., 2003).

Ao se utilizar restrição alimentar quantitativa de aproximadamente 20% a menos em relação ao controle, suínos em terminação obtiveram redução no consumo médio diário de ração tanto no período de crescimento quanto na terminação, além de melhor eficiência alimentar e menor quantidade de gordura subcutânea depositada na carcaça (Bee et al., 2007).

Já a restrição alimentar qualitativa baseia-se na limitação de nutrientes na dieta e pode ser outra forma de reduzir o consumo energético pelos animais (Mazzuco et al., 2000). Essa técnica aliada à adição de alimentos fibrosos na dieta de suínos pode proporcionar melhoria nas características de carcaça quando abatidos com peso aproximado de 115 kg, sem que haja comprometimento do desempenho (Moreira et al., 2007).

Concomitantemente, suínos submetidos à restrição energética possuem melhor bonificação e tipificação de carcaça, pois, reduzem o consumo energético, traduzindo-se em maior produção de tecido muscular (Fraga et al., 2008a). Além disso, esse tipo de manejo adotado na fase de terminação pode favorecer diminuição na ingestão de energia digestível, ocasionando dessa forma redução da gordura de carcaça (Silva et al., 2016).

Quando suínos submetidos a dois níveis de energia líquida (EL) na dieta 2083 Kcal/kg EL e 2252 Kcal/kg EL e abatidos em diferentes idades 95 e 105 dias, observou-se que o nível de energia afetou a espessura média de toucinho e o rendimento de lombo dos suínos abatidos aos 105 kg, onde animais alimentados com dietas de 2.252 Kcal/kg EL apresentaram maior espessura média de toucinho e menor rendimento de lombo, pois, animais abatidos com maior peso tendem a depositar maior quantidade de gordura na carcaça por serem menos eficientes na deposição de proteína (Barbosa et al., 2002).

Ainda de acordo com os mesmos autores, houve diferença na deposição de músculo na carcaça, visto que, quando abatidos aos 95 dias de idade, machos castrados obtiveram maior

espessura de toucinho 2,54 cm do que as fêmeas que obtiveram 2,36 cm. Contudo, para aqueles abatidos aos 105 e 115 dias, não houve efeito significativo para sexo, porém os resultados foram semelhantes, confirmando a superioridade das fêmeas quanto a qualidade de carcaça, pois, depositam menos gordura do que machos castrados (Barbosa et al., 2002).

Ao se avaliar os efeitos de diferentes níveis de restrição alimentar qualitativa 0, 5,10, 15 e 20% de energia em dietas baseadas em farelo soja e casca de arroz sobre as características de carcaça em 60 machos castrados dos 98 aos 128kg houve redução significativa tanto na espessura, espessura média de toucinho e aumento na quantidade de carne magra na carcaça e no índice de bonificação, conforme aumentou o nível da restrição. Além disso, constatou-se que a menor disponibilidade de energia na dieta dos suínos, ocasionou diminuição dos níveis séricos de triacilgliceróis, ou seja, garantindo maior qualidade de carcaça (Fraga et al., 2008b)

Entretanto, a falta de informação quanto à utilização eficiente dessas ferramentas nutricionais é evidente, sendo necessário o desenvolvimento de mais pesquisas abrangendo a restrição alimentar energética comparadas à ractopamina a fim de elucidar seus reais efeitos na nutrição de suínos.

1.4 Importância de minerais na suplementação de suínos

Os minerais possuem diversas funções metabólicas e cerca de 4% do peso corporal dos animais é constituído pelos mesmos e devem ser supridos via dieta (Maiorka & Macari, 2002), sendo que em suínos constituem de 2,8 a 3,2 % do peso vivo (Bertechini, 2006). Encontram-se na natureza em duas formas, sendo a primeira, denominada de macrominerais (enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio) e possuindo funções estruturais e fisiológicas. Quanto à segunda, os microminerais (ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo e flúor), possuem funções metabólicas, relacionadas à resposta imune, reprodução e crescimento (Kiefer, 2005).

A classificação em macro e microminerais é feita de acordo com sua concentração nos tecidos corporais, ou seja, macrominerais são encontrados em maior quantidade quando comparados aos microminerais, além disso, acredita-se que macrominerais são considerados essenciais, enquanto que alguns microminerais parecem ser essenciais, porém, suas funções no organismo animal ainda não são totalmente esclarecidas (Georgievskii et al., 1981).

Contudo, sabe-se que no organismo animal os minerais possuem diversas funções, como função estrutural, em que minerais como o cálcio, fósforo, magnésio, flúor e silício integram as estruturas dos órgãos e tecidos, além do zinco que juntamente com o fósforo auxiliam na conformação estruturais de moléculas e membranas celulares; função fisiológica, principalmente relacionada a fluídos e eletrólitos, regulação da pressão osmótica, do balanço ácido-básico e da permeabilidade de membranas; função catalítica, onde agem como catalisadores de enzimas e hormônios e reguladora dentro das células nos processos de replicação e diferenciação celular (Suttle, 2010).

Usualmente a suplementação mineral via dieta é realizada por meio de fontes inorgânicas, por serem de baixo custo, porém, em geral sua biodisponibilidade é limitada, pois, competem com outros minerais pelo sítio de absorção, formando complexos insolúveis com outras moléculas da dieta, tornando-se muitas vezes indisponíveis, o que causa a preferência por minerais de fontes orgânicas que são mais absorvidos a nível celular (Miles & Henry, 2000).

Dentre os minerais utilizados na nutrição, o cromo vem sendo utilizado, principalmente sob a forma orgânica para suínos em terminação, pois, na presença de cromo a ação da insulina plasmática é potencializada, o que altera o metabolismo animal, e conseqüentemente, pode melhorar características de carcaça (Park et al., 2009).

1.5 Suplementação de cromo

O cromo é um micromineral presente em pequenas proporções em alimentos como carne, cereais integrais, oleaginosas e leguminosas, podendo ser encontrado na forma orgânica e inorgânica, sendo as orgânicas cromo-L-metionina, complexo cromo-ácido-nicotínico, picolinato de cromo e cromo levedura (Anderson et al., 1992), estas mais absorvidas pelos animais, por possuírem maior biodisponibilidade, podendo melhorar desempenho e produtividade (Scottá et al., 2014).

A função relacionada ao controle de glicose sanguínea deste micromineral foi primeiramente relatada na década de cinquenta em experimento com ratos, onde os animais mostraram comprometimento de tolerância à glicose quando dietas fornecidas eram insuficientes quanto à concentração do Fator de Tolerância à Glicose (FTG) plasmático. O Fator de Tolerância à Glicose é um componente fundamental, pois, é responsável por se ligar aos receptores de

insulina das células, e, conseqüentemente, captar mais glicose, porém até certo nível. No entanto, na presença de cromo a ligação insulina-receptor realizada por meio do FGT na membrana celular é facilitada, potencializando ainda mais a ação da insulina, ou seja, aumenta a capacidade da célula em assimilar glicose em maior quantidade, o que indica que o cromo é um elemento essencial, pois, ativa biologicamente o Fator de Tolerância à Glicose (Mertz & Schwarz, 1959).

Estudo posterior realizado em humanos, constatou que indivíduos obesos com histórico familiar de diabetes do tipo 2, ao receberem picolinato de cromo, apresentaram sensibilidade a insulina. Ainda no mesmo estudo, observou-se através de ressonância magnética o conteúdo de gordura abdominal, uma tendência a ser menor, porém não significativa, contudo, indicam possível efeito do cromo na ação da insulina no músculo (Cefalu et al., 1999). Isto pode estar relacionado a principal função do cromo no metabolismo celular, que compõe o fator de tolerância à glicose (FGT) juntamente com aminoácidos, o que potencializa a ação da insulina, promovendo a utilização da glicose pelas células de forma mais eficiente (Vincent, 2010), principalmente em condições de estresse, quando há menor concentração de insulina presente no sangue (McDowell, 2003).

Outra forma de atuação do cromo é o mecanismo da apocromodulina, caracterizada como pró-enzima armazenada em células sensíveis à insulina, que se liga ao seu receptor com o aumento da glicose no sangue, resultando em autofosforilação, que por sua vez transforma o receptor em tirosinocinase ativa transmitindo o sinal da insulina para a célula. Simultaneamente, ocorre alto fluxo de cromo plasmático para as células sensíveis a insulina, ocasionando a ligação do mesmo com a enzima apocromodulina, formando o composto holocromodulina, ligando-se ao receptor de insulina amplificando seu sinal nos tecidos celulares (Davis & Vincent, 1997), podendo melhorar a utilização de glicose pelo animal e dessa forma influenciando diretamente o desempenho animal.

Em estudo recente (Peres et al., 2014), suínos machos castrados foram suplementados com 200 ppb de sulfato de cromo e cromo metionina durante a fase de crescimento até a terminação, não apresentaram diferenças significativas para peso inicial, final e consumo diário de ração, no entanto, o ganho de peso diário diferiu entre os animais que receberam a suplementação, onde animais alimentados com cromo quelato obtiveram melhor conversão alimentar quando comparados com os outros tratamentos.

Ainda de acordo com os mesmos autores, animais que receberam cromo apresentaram diminuição do nível de glicose no plasma ao final do experimento, devido ao fator de tolerância à glicose (FGT) encontrado em maior quantidade na presença do cromo no citossol celular, potencializando dessa forma a ação da insulina. Além disso, houve efeito benéfico na redução da oxidação lipídica na carcaça de suínos suplementados com cromo 24 e 72 horas após resfriamento (Perez et al., 2014).

Quando suínos em terminação foram suplementados com 200 ppm de cromo orgânico, obtiveram melhora na conversão alimentar, área de olho de lombo, porcentagem de carne magra, menor espessura de toucinho e redução do nível de colesterol no soro (Page et al., 1993). Outro estudo, demonstrou que suínos em crescimento e terminação também suplementados com 200 ppm de picolinato de cromo, não sofreram efeitos sobre o desempenho, todavia, houve redução na espessura de toucinho de 3,14 para 2,95 cm (Renteria & Cuarón 1998). Estes efeitos devem estar relacionados ao fato de que este mineral influencia no metabolismo de carboidratos e lipídeos, por meio da amplificação da ação da insulina (Evans & Bowman, 1992).

Lima & Guidoni (1999), verificaram que ao fornecerem dietas para suínos machos e fêmeas com diferentes níveis de cromo ácido nicotínico, não encontraram diferenças nas características de carcaça. Entretanto, Lien et al. (2001), constataram melhora na carcaça de suínos alimentados com dietas compostas por picolinato de cromo de 200 ppm e 400 ppm, sendo que em ambos os tratamentos foi possível observar diminuição na espessura de toucinho e aumento na área de olho de lombo.

Contudo, os estudos divergem quanto á esses efeitos, pois, a real eficácia do cromo na alimentação de suínos ainda não é bem esclarecida, tornando os resultados contraditórios. Uma possível explicação para que isto ocorra, está relacionado à disponibilidade de energia na dieta sendo um dos principais fatores na eficácia do cromo como melhorador de carcaça, principalmente em reduzir a gordura depositada na carcaça dos animais (Leme et al., 2001).

No entanto, não está claro a sua real necessidade e nível de suplementação para suínos, porém, caso haja deficiência do mesmo, pesquisas demonstram que diversos sintomas prejudiciais são encontrados em diferentes espécies, pois, a ausência do cromo pode prejudicar a ação da insulina nas células (Tabela 1) (Anderson et al., 1992).

Tabela 1. Sintomas relacionados à deficiência de cromo em diferentes espécies

Sintomas	Espécies
Intolerância à glicose	Humano, rato, porquinho-da-índia
Hiperinsulinemia	Humano, rato, suíno
Glicosúria	Humano, rato
Níveis séricos aumentados de colesterol	Humano, rato, camundongo, bovino, suíno
Níveis séricos aumentados de triglicerídeos	Humano, rato, camundongo, bovino, suíno
Neuropatia	Humano
Encefalopatia	Humano
Diminuição de receptores para insulina	Humano
Aumento da gordura corporal	Humano, suíno

Fonte: Adaptado de Anderson, 1992.

1.6 Efeito tóxico do cromo

Todos os metais e seus compostos possuem sua toxicidade, no entanto, do ponto de vista nutricional, o nível de inclusão na dieta irá influenciar diretamente seu efeito no metabolismo animal (Muniz & Filho, 2006). O cromo é encontrado na forma hexavalente (Cr^{+6}) e trivalente (Cr^{+3}), sendo a primeira associada à efeitos carcinogênicos e tóxicos, pois, é altamente absorvida, no entanto, o cromo trivalente pode ser utilizado com maior segurança (Cohen et al., 1993).

O cromo entra no corpo por meio de três vias, através dos pulmões, pelo trato gastrointestinal e através da pele. Porém, independente da entrada no organismo o cromo trivalente é absorvido em menor quantidade do que na forma hexavalente. No entanto, para o cromo hexavalente quando introduzido oralmente possui baixa absorção, e conseqüentemente, baixa toxicidade (Shrivastava et al., 2002).

A diferença de absorção celular destas duas substâncias está relacionada à baixa permeabilidade das células ao cromo trivalente quando comparado com o hexavalente, pois, o trivalente se liga a compostos presentes no sangue, como por exemplo, a proteína transferrina, que possui lenta captação de cromo, enquanto que, a assimilação da forma hexavalente é três vezes superior à nível celular (Kortenkamp et al., 1987).

O cromo trivalente é o mais utilizado na nutrição de suínos por trazer menores riscos aos animais, no entanto, mesmo que este micromineral seja considerado elemento essencial para suínos, sua exigência nutricional não é estabelecida, porém, é preconizado nível prático de inclusão de até 200 ppb nas dietas de suínos (Lindemann et al., 2004). Todavia, a literatura é escassa quanto os efeitos tóxicos do cromo na forma trivalente, sendo necessários mais estudos.

REFERÊNCIAS

- AALHUS, J.L., SCHAEFER, A.L., MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, p.397-409, 1992.
- ABCS. 2010. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Disponível em: <http://www.abcs.org.br> Acesso em: 20 dezembro 2017.
- ADEOLA, O.; DARKO, E. A.; HE, P.; YOUNG, L. G. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.68, n.11, p.3633-3641, 1990.
- ALBERTS, B. B.; LEWIS, D.; RAFF, J.; ROBERTS, M.; WATSON, K.; JAMES, D. *Biologia Molecular da célula*. 2004. Ed. 5, p. 865.
- ANDERSON, R. A.; BRYDEN, N. A.; POLANSKY, M. M. Dietary chromium intake. Freely chosen diets, institutional diets, and individual foods. **Biological Trace of Elements Research**, v.32, p.117-121, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA – Relatório anual 2015.
- BARBOSA, H. C. A.; ANTONIO, A. V.; ALMEIDA, F. Q.; SOUZA, R. M.; CAMPOS, J. F. Qualidade da carcaça de suínos submetidos a restrição alimentar na fase de terminação e abatidos em diferentes pesos. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v.9, n.3, p.175-181, 2002.
- BARBOSA, H. C. A.; VIEIRA, A. A.; ALMEIDA, F. Q.; TEIXEIRA, Z. S.; SOUZA, R. M.; CAMPOS, J. F. Qualidade da carcaça de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, n.5, v. 55, p. 606-614, 2003.
- BEE, G.; CALDERINI, M.; GUEZ, G.; HERZOG, W.; LINDEMANN, M.D. Changes in the histochemical properties and meat quality traits of porcine muscles during the growing-finishing period as affected by feed restriction, slaughter age, or slaughter weight. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1030-1045, 2007,
- BERTECHINI, A. G. *Nutrição de Monogástricos*. Lavras: Editora UFLA, 2006, 301p.
- BERTOL, T. M.; JUDKE, J. V.; BELLAVAR, 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.
- BRIDI, A. M.; OLIVEIRA, A. R.; FONSECA, N. A. Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.3, p. 713-722, 2008.
- CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; ALMEIDA, E. C.; ZANGERÔNIMO, 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**, v.39, n3, p.844-851, 2009.
- CEFALU, W. T.; BELL-FARROU, A. D.; STIGNER, J.; WANG, Z. Q.; KING, T.; MORGAN, T.; TERRY, J. G. Effect of chromium picolinate on insulin sensitivity in vivo. **The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine**, v.12, n.2, p.71-84, 1999.
- COHEN, M. D.; KARGACIN, B.; KLEIN, C. B.; COSTA, M. Mechanisms of chromium carcinogenicity and toxicity. **Critical Reviews in Toxicology**, v.23, n.3, p.255–281, 1993.
- DAVIS, C. M.; VINCENT, J. B. Isolation and Characterization of a Biologically Active Chromium Oligopeptide from Bovine Liver. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.339, n.2, p.335-343, 1997.
- EVANS, G. W.; BOWMAN, T. D. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v.46, n.4, p.243-250, 1992.
- FAO-WHO. Technical Report Series 925. Evaluation of Certain Veterinary Drug Residues in Food. 62nd Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva p.39 (2004) Available from, as of July 21, 2006.
- FÁVERO, J. A.; FIGUEIREDO, E. A. P. Evolução do melhoramento genético de suínos no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p. 420-427, 2009.
- FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; MARTINS, M. I. E.G.; KRONKA, R. N.; BUDINO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; MALHEIROS, E. B. 2008. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.869-875, 2008a.
- FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; MARTINS, M. I. E. G.; KRONKA, R. N.; RUIZ, U. S.; SCANDOLERA, A. J. Avaliação econômica do uso da restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.1050-1054, 2008b.
- GEORGIEVSKII, V. I.; B. N. ANNENKOV.; V.T. SAMOKHIN, 1981. Mineral nutrition of Livestock. Butterworth and Co publishers, UK, p.192-196.
- GUIDONI, A. L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: Conferência Internacional virtual sobre qualidade de carne suína, S.C.. **Anais...** Concórdia, p.14, 2000.
- HALSEY, C. H. C.; WEBER, P. S.; REITER, S. S.; STRONACH, B. N.; BARTOSH, J. L.; BERGEN, W. G. The effect of ractopamine hydrochloride on gene expression in adipose tissues of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, n.4, p.1011-1019, 2011.
- HENRY, Y.; COLLEAUX, Y.; SEVE, B. Effects of dietary level of lysine and of level and source of protein on feed intake, growth performance, and plasma amino acid pattern in the finishing pig. **Journal of Animal Science**, v.70, n.1, p.188-195, 1992.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.3, p.206-220, 2005.

KORTENKAMP, A.; BEYERSMANN, D.; O'BTIEN, P., Uptake of chromium(III) complexes by erythrocytes. **Toxicology. Environmental. Chemistry**, v.14, n.1/2, p.23-32, 1987.

LIEN, T.F.; WU, CP.; 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**, v.72, n.2, p.289-296, 2001.

LIMA, G. J. M. M.; GUIDONI, A. L. Níveis de cromo-ácido nicotínico em dietas de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.3, p.433-439, 1999.

LINDEMANN, M. D.; CARTER, S. D.; CHIBA, L. I.; DOVE, C. R.; LEMIEUX, F. M.; SOUTHERN, L. L. A regional evaluation of chromium tripicolinate supplementation of diets fed to reproducing sows. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2971-2978, 2004.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. **In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p.167-173**

MARCHANT-FORDE, J. N. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.416-422, 2003.

MARCOUX, M.; POMAR, C.; FAUCITANO L.; BRODEUR, C. The relationship between different pork carcass lean yield definitions and the market carcass value. **Meat Science**, v.75, n.1, p.94-102, 2007.

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**, v.36, n.4, p.1061-1068, 2007.

MAZZUCO, H. Efeito da restrição alimentar qualitativa sobre o ganho compensatório em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.3, p.543-549, 2000.

McDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition. Netherlands: Elsevier Science 2003. Ed.2, 644 pp.

MERTZ, W.; SCHWARZ, K. Relationship of glucose tolerance to impaired intravenous glucose tolerance of rats on stock diets. **American Journal of Physiology**, v.196, n.1, p.614-618, 1959.

MILES, R. D.; HENRY, P. R. Relative trace mineral bioavailability. **Ciência Animal Brasileira**, v.1, n.2, p.73-93, 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, características de carcaça e poluição ambiental. **Acta Scientiarum: Animal Science**, v.29, n.2, p.179-185, 2007.

MUNIZ, D. H. F.; FILHO, E. C. O. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v.4, n.1/2, p.83-100, 2006.

PACELLE, W. 2014. This drug, banned in Europe, Russia and China, may be in your lunch. Disponível em: <<http://blogs.reuters.com/great-debate/2015/03/30/if-you-eat-meat-in-the-united-states-buyer-beware/>> Acesso em: 20 maio de 2017.

PAGE, T. G.; SOUTHERN, L. L.; WARD, T. L. Effect of chromium picolinate on growing and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.656-662, 1993.

PARK, J. K.; LEE, J. Y.; CHAE, B. J.; 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**, v.22, n.11, p.1547-1554, 2009.

PERES, L. M.; BRIDI A. M.; SILVA, C. A.; ANDERO, N.; BARATA, C. C. P.; DÁRIO, J. G. N. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.7, p.369-375, 2014.

PERTELA, I. A.; SCENES, C. G. 1990. Effects of beta-adrenergic agonists on lypolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. **Journal of Animal Science**, v.68, n.4, p.1024-1029, 1990.

PETTIGREW, J. E.; ESNAOLA, M. A. Swine nutrition and pork quality: a review. **Journal of Animal Science**, v.79, p.316-342, 2001.

RENTERIA, J. A.; CUARON, J. A. *Tecnica Pecuaria en Mexico*, v.36, p.121-139, 1998.

REZENDE, W. O.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; ABREU, M. L. T. D.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F. C. O.; APOLÔNIO, L. R. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível: caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1101-1106, 2006.

ROTHSCHILD, M. F & RUVINSKY, A. 2010. *The Genetics of the Pig*, 2 Ed.

SALEM, M.; LEVESQUE, H.; MOON, T. W.; REXROAD, C. E.; YAO, J. Anabolic effects of feeding β 2-adrenergic agonists on rainbow trout muscle proteases and proteins. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.144, n.1, p.145-154, 2006.

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.

SCHINCKEL, A. P; LI, N; RICHERT, B. T; PRECKEL, P; FOSTER, K, EINSTEIN, M. E. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pig fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1106-1119, 2003.

SCOTTÁ, B. A.; VIEIRA, R. A.; GOMIDE, A. P. C.; CAMPOS, P. F.; BARROCA, C. C.; FORMIGONI, A. S. Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.8, n.9, p.975-1135, 2014.

SHRIVASTAVA, R.; UPRETI, R.; SETH, P.; CHATURVEDI, U. Effects of chromium on the immune system. **Immunology and Medical Microbiology**, v.34, p.1-7, 2006.

SILVA, A. D. L.; MOREIRA, J. A.; OLIVEIRA, R .L. R.; MOTA, L. C.; TEIXEIRA, E. N. M.; SOUZA, J. G.; AGUIAR, E. M.; OLIVEIRA, R. G. P. Restrição alimentar qualitativa para suínos em fase de terminação sobre a qualidade da carne e perfil de ácidos graxos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.4, p.2343-2354, 2016.

SUTTLE, N. F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. 4Ed, p.2.

VINCENT, J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? Dalton Transactions, v.39, p.3787-3794, 2010.

ZHAO, S.; WANG, J.; SONG, X.; ZHANG, X.; GE, C.; GAO, S. Impact of dietary protein on lipid metabolism-related gene expression in porcine adipose tissue. **Nutrition Metabolism**, v.7, n.6, p.1-13, 2010.

Cromo e restrição energética em substituição a ractopamina na dieta de leitoas dos 100 aos 125 kg

Resumo: Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar a suplementação de cromo e restrição energética em substituição a ractopamina em dieta para leitoas em terminação dos 100 aos 125 kg sobre o desempenho e as características de carcaça. Foram utilizadas 60 fêmeas suínas, com peso inicial de $98,87 \pm 0,25$ kg. As leitoas foram distribuídas em delineamento de blocos ao acaso com cinco dietas: controle; ractopamina (20 ppm); cromo levedura (0,8 ppm); picolinato de cromo (0,48 ppm) e restrição energética (redução de 150 Kcal de EM/kg de ração), com seis repetições e dois animais por unidade experimental. Adotou-se o peso inicial como critério para a formação de blocos. A suplementação de ractopamina, cromo e restrição energética não influenciaram o peso final, ganho de peso diário, consumos diários de ração, proteína, lisina digestível e energia metabolizável. A suplementação com 20 ppm de ractopamina melhora a conversão alimentar de fêmeas suínas em terminação. O peso de carcaça quente melhora com a inclusão de 20 ppm de ractopamina na dieta. O cromo levedura aumenta o peso de carcaça de quente em relação a dieta controle e restrição energética de leitoas em terminação. Dietas contendo ractopamina, cromo levedura ou picolinato de cromo expressam aumento da quantidade de carne magra e índice de bonificação das carcaças em comparação às dietas controle ou com restrição energética de 150 Kcal/kg de energia metabolizável. A restrição energética da dieta em 150 Kcal de EM não prejudica o desempenho e as características de carcaça das leitoas.

Palavras-chave: beta-adrenérgico, características de carcaça, carne magra, energia, minerais

Chromium and energy restriction in substitution of ractopamine in the diet of finishing pigs from 100 to 125 kg

Abstract: The objective of this study was to evaluate chromium supplementation and energy restriction as a replacement of ractopamine in diets for finishing pigs from 100 to 125 kg in performance and carcass characteristics. Sixty female pigs with initial weight of 98.87 ± 0.25 kg were used. The animals were distributed in a randomized block design with five diets: control; ractopamine (20 ppm); chromium yeast (0.8 ppm); chromium picolinate (0.48 ppm) and energy restriction (reduction of 150 Kcal ME kg feed), with six replicates and two animals per experimental unit. The initial weight was adopted as criterion for the formation of blocks. The supplementation of ractopamine, chromium and energy restriction did not influence the final weight, the daily weight gain, the daily intake of feed, protein, digestible lysine and metabolizable energy. Supplementation with 20 ppm of ractopamine improves the feed conversion of the finishing pigs. The hot carcass weight improves with the inclusion of 20 ppm ractopamine in the diet. The chromium yeast increases the weight of the hot carcass in relation to the control diet and energy restriction of finishing pigs. Diets containing ractopamine, chromium yeast or chromium picolinate increases lean meat content and carcass bonus index in comparison with diets control or with energy restriction of 150 Kcal kg of metabolizable energy. The energy restriction of the diet in 150 Kcal of ME does not affect the performance and the carcass characteristics of the finishing pigs.

Key-words: beta-adrenergic, carcass, energy, lean meat, minerals

Introdução

O uso de ractopamina em dietas para suínos tem apresentado efeitos positivos no desempenho (Marinho et al., 2007; Leal et al., 2015) e características de carcaça (Garbosa et al., 2013 e Richard et al., 2017) devido ao mecanismo de ação baseado em sua ligação com receptores β -específicos, ocasionando diminuição da lipogênese e aumento da massa muscular (Almeida et al., 2012). Mesmo considerando o conhecimento dos benefícios da ractopamina na melhora do desempenho e das características de carcaça dos suínos, sua inclusão tem sido questionada e proibida por alguns países (Ferreira et al., 2011).

Nesse contexto, torna-se necessário buscar alternativas para substituir a ractopamina na dieta de suínos. Dentre elas, pode ser adotada a restrição energética, onde é possível reduzir a ingestão de energia pelo animal, pois, a quantidade de energia dietética está diretamente correlacionada com a gordura depositada na carcaça de suínos (Moreira et al., 2007).

Outra alternativa é a utilização de cromo. No metabolismo animal o cromo atua como fator de tolerância a glicose (FGT), aumentando a fluidez da membrana celular, simplificando a ligação insulina-receptor (Evans e Bowman, 1992), promovendo maior síntese de proteínas musculares, considerando que, maior glicose captada será convertida em energia, além de maior absorção de aminoácidos (Park et al., 2009), favorecendo a deposição de proteína na carcaça.

No entanto, existe a preocupação com os efeitos tóxicos do cromo pelo fato de que sua exigência para suínos não é estabelecida. Na literatura encontra-se diferentes fontes e níveis de inclusão de cromo na dieta de animais, geralmente entre 100 e 200 ppm. Porém, existem trabalhos com até 800 ppb (Page et al., 1993) de inclusão de cromo na forma de picolinato de cromo na dieta de suínos.

Existem poucos estudos na literatura que avaliem simultaneamente os efeitos da suplementação de ractopamina em relação ao cromo e a restrição energética da dieta. Portanto, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de ractopamina, cromo e restrição energética de dietas para leitoas dos 100 aos 125 kg sobre o desempenho e características de carcaça.

Material e Métodos

O projeto foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais, sob protocolo nº875/2017 - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

O experimento foi executado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos/MS.

Foram utilizadas 60 fêmeas suínas, híbridas comerciais geneticamente similares, com peso inicial de $98,87 \pm 8,13$ kg distribuídas em delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco dietas: controle; restrição energética (redução de 150 Kcal de EM/kg de ração), ractopamina (20 ppm), cromo levedura (0,8 ppm) e picolinato de cromo (0,48 ppm) com seis repetições de dois animais por unidade experimental, alojadas em galpão de alvenaria, com piso provido de lâmina d'água, coberto com telhas cerâmicas e laterais teladas. Cada baia era equipada com um comedouro e um bebedouro, com área disponível $1,0 \text{ m}^2$ por animal. O peso inicial foi utilizado como critério de bloqueamento para a formação dos blocos. As dietas experimentais (Tabela 2) foram formuladas de acordo com as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2017).

A temperatura ambiental e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente, às 08:00 e 16:00 horas, por meio de um conjunto de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro, instalados no centro do galpão, a altura do corpo dos animais.

Os animais foram pesados em balança eletrônica, ao início e final do período experimental para determinação do ganho de peso e peso final. A ração fornecida, os resíduos ao chão e nos comedouros foram pesados para determinação dos consumos de ração. A conversão alimentar foi calculada considerando o consumo de ração e o ganho de peso.

Ao final do período experimental de 24 dias, os animais foram pesados e então permaneceram em jejum alimentar por aproximadamente oito horas. Após o jejum, os animais foram embarcados em caminhão e transportados ao frigorífico. Na planta de abate, os animais permaneceram alojados em baias coletivas de espera com livre acesso a água. O abate ocorreu seguindo-se as normas de manejo e procedimentos vigentes no Brasil.

Tabela 2. Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dietas				
	Controle	Restrição energética	Ractopamina	Cromo levedura	Cromo picolinato
Milho grão 7,86 %	81,17	81,17	81,17	81,17	81,17
Farelo de Soja, 46,5 %	14,23	14,23	14,23	14,23	14,23
Óleo de soja	1,800	0,000	1,800	1,800	1,800
Fosfato bicálcico	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
Calcário calcítico	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621
L-Lisina HCL	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382
Sal comum	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355
Premix vit+min ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Inerte (caulim)	0,100	1,900	0,000	0,050	0,0996

L-Treonina	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
DL-Metionina	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
L-Triptofano	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
Ractopamina	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000
Cromo levedura	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000
Picolinato de cromo ²	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0004

Valores nutricionais calculados³

Proteína bruta, %	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
Energia Met, Kcal/kg	3.350	3.200	3.350	3.350	3.350
Lisina dig, %	0,811	0,811	0,811	0,811	0,811
Metionina+Cistina dig, %,	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487
Treonina dig, %	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527
Triptofano dig, %	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162
Cálcio, %	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545
Fósforo dig %,	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262
Sódio, %	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹Conteúdo por kg de produto: vitamina A (min): 5.000.000 UI/kg, vitamina D3 (min): 1.000.000 UI/kg, vitamina E (min): 25.000 UI/kg, vitamina K3 (min): 3.000 mg/kg, vitamina B1 (min): 1.500 mg/kg, vitamina B2 (min): 4.000 mg/kg, vitamina B6 (min): 1.500 mg/kg, vitamina B12 (min): 18.000 mg/kg, niacina (min): 18g/kg, ácido pantotênico (min): 9.200 mg/kg, ácido fólico (min): 500 mg/kg, selênio (min): 300 mg/kg, ferro (min): 100 g/kg, cobre (min): 30 g/kg, Manganês (min): 80 g/kg, zinco (min): 160 g/kg, iodo (min): 2000 mg/kg. ²Nível de pureza do picolinato de cromo: 12,1 %. ³Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas (Rostagno et al., 2017, alto potencial genético com desempenho médio-superior).

Ao final da linha de abate as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente e separadas em duas metades por um corte longitudinal na linha dorso-lombar, que corresponde à coluna vertebral. Na 13^a costela, foram mensuradas a espessura de toucinho, porcentagem de carne magra e a profundidade de músculo Longissimus dorsi, com o auxílio da pistola Hennessy Grading System.

Os dados analisados foram os parâmetros de desempenho (ganho de peso total, ganho de peso diário, conversão alimentar, consumo diário de ração, proteína bruta, energia metabolizável

e lisina digestível) e de características de carcaça (peso, espessura de toucinho, porcentagem de carne magra e profundidade de músculo Longissimus dorsi). O índice de bonificação foi calculado através da equação sugerida por Guidoni (2000): $IB=23,6+(0,286 \times \text{peso de carcaça quente} + \text{percentual de carne estimada na carcaça})$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM, pelo teste SNK a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 2009).

Resultados e Discussão

A temperatura do ar calculada durante o período experimental foi de $25,6 \pm 4,80$ °C, com umidade relativa do ar de $50,3 \pm 10,8\%$, temperatura de globo negro de $25,9 \pm 4,8$ °C. A temperatura média registrada foi inferior à temperatura crítica máxima, de 27 °C, estabelecida para a categoria (Sampaio et al., 2004). O ITGU calculado foi $76,3 \pm 1,70$, acima do recomendado de 66,9 relatado por Orlando et al. (2006), dessa forma, pode-se inferir que os animais em alguns momentos foram submetidos à ambiente de estresse térmico por calor.

A suplementação de ractopamina, cromo levedura, picolinato de cromo e a restrição energética não influenciaram o peso final, consumos diários de ração, de proteína, lisina digestível e energia metabolizável (Tabela 3). Pode-se inferir que a restrição energética de 150 Kcal de EM, pode não ter sido suficiente para que as fêmeas fossem superiores as outras dietas, no entanto, o desempenho não foi afetado negativamente.

Mesmo que o cromo possa vir a influenciar o desempenho dos animais, pois, tem função de potencializar a ação da insulina e conseqüentemente melhor utilização de glicose pelas células,

no estudo não foi possível observar efeito significativo para a sua suplementação sobre os parâmetros de desempenho, possivelmente por conta do nível e tempo de suplementação que podem ter sido insuficientes para provocar superioridade em relação as outras dietas, em razão de que na literatura encontra-se diferentes fontes e níveis de suplementação, provavelmente devido à preocupação com o efeito tóxico do cromo.

Em estudos realizados por Page et al. (1993) e Almeida et al. (2010) que ao suplementarem suínos desde o crescimento a terminação com dietas contendo 25, 50, 100, 200 ppb de picolinato de cromo e 400 ppb de cromo metionina respectivamente, encontraram respostas diferentes, sendo que no primeiro estudo o consumo diário de ração e conversão alimentar foram semelhantes entre os níveis, porém, não diferiram do controle, enquanto que no segundo o cromo metionina proporcionou redução no consumo diário de ração, no entanto, sem alterar a conversão alimentar dos animais. Entretanto, Lien et al. (2001), verificaram que suínos em crescimento ao receberem 200 ppb de picolinato de cromo, obtiveram aumento no consumo de ração diário e ganho de peso diário em relação ao controle. Esses resultados, juntamente com os resultados encontrados, sugerem que as diferentes respostas podem estar relacionadas com a fonte e nível de inclusão de cromo dieta, pois, algumas fontes apresentam maior pureza do mineral cromo em sua composição, e conseqüentemente, maior ação no metabolismo animal.

Com a inclusão de ractopamina na dieta esperava-se aumento do ganho de peso diário dos animais ao final do período experimental, conforme relatado em estudo realizado por Armstrong et al. (2004) que verificaram que ao se adicionar níveis de 0, 5, 10, 15 e 20 ppm de ractopamina por períodos distintos de 6, 13, 20, 27 e 34 dias em dietas de machos castrados em terminação observaram aumento linear do ganho de peso. Entretanto, mesmo que ganho de peso diário dos animais não tenha sido influenciado ($P=0,06$) pelas dietas, os animais alimentados com a dieta

contendo 20 ppm de ractopamina, apresentaram ganho de aproximadamente 15, 16, 13 e 22%, superiores a dieta controle, restrição energética, cromo levedura e picolinato de cromo, respectivamente. Além disso, considerando os padrões de ganho de peso diário (GPD) obtidos no estudo, variando de 23,28 a 28,42 kg pode-se inferir que em todas as dietas as fêmeas foram superiores quando comparadas aos padrões médios propostos por Rostagno et al. (2017), que sugere ganho de 22 kg para a fase. O maior ganho de peso encontrado no estudo deve-se ao fato de que os animais apresentaram maior consumo diário de ração para a fase, com 2,93 a 3,28 kg por dia e, conseqüentemente, maiores consumos de energia metabolizável, proteína e lisina digestível.

Tabela 3. Desempenho de fêmeas suínas em terminação submetidas a dietas suplementadas com ractopamina, cromo e com restrição energética

Variáveis*	Dietas ¹					CV (%)	Valor P
	Controle	Restrição energética	Ractopamina	Cromo levedura	Cromo picolinato		
PI, kg	98,54	99,03	98,83	99,19	98,76	8,02	0,999
PF, kg	122,29	120,29	127,25	123,91	119,70	9,31	0,787
GPT, kg	24,36	24,19	28,42	24,96	23,28	12,58	0,061
GPD, kg/dia	1,02	1,01	1,18	1,04	0,97	12,56	0,061
CDR, kg/dia	3,28	3,24	3,07	3,19	2,93	9,67	0,268
CPBD, g/dia	443,06	437,04	415,01	430,48	395,88	9,66	0,267
CEMD, Kcal/dia	10995	10360	10298	10682	9824	9,71	0,349
CLisdigD, g/dia	26,62	26,26	24,93	25,86	23,78	9,66	0,267
CA	3,30 ^a	3,24 ^a	2,61 ^b	3,08 ^a	3,07 ^a	8,82	0,002

¹Controle, Restrição energética (-150 Kcal de EM), 20 ppm de Ractopamina, 0,8 ppm de Cromo Levedura e 0,48 de Cromo picolinato dos 100 aos 125 kg.*PI: Peso inicial; PF: Peso final; GPT: Ganho de peso total; GPD: Ganho de peso diário, CRD: Consumo de ração diário; CPBD: Consumo de proteína bruta diária, CEMD: Consumo de energia metabolizável diário, CLisdigD: Consumo de lisina digestível diário, CA: Conversão alimentar. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05).

O consumo diário de ração (CDR) não foi afetado pelas dietas. O consumo de ração pelos suínos depende diretamente do nível energético da ração, portanto, esperava-se que a restrição energética aumentasse o consumo de ração dos animais, no entanto, esse efeito não foi observado, provavelmente devido ao fato de que mesmo recebendo dieta com menor densidade energética os animais conseguiram suprir suas exigências sem necessitar de maior consumo de ração, sugerindo que a redução de 150 Kcal de energia metabolizável não foi suficiente para promover alteração no consumo. Resultados semelhantes foram encontrados por Fraga et al. (2008) que utilizaram níveis de até 20% de restrição alimentar em suínos na fase de terminação não observaram efeito sobre o consumo diário de ração.

Em relação a suplementação de cromo nas dietas, esperava-se redução no consumo de ração, levando em conta que na presença de cromo a nível celular há maior ação da insulina no metabolismo, causando melhora no aproveitamento dos nutrientes pelos animais (Vincent, 2011), no entanto, não foi possível observar efeito significativo no presente estudo e outros estudos encontrados na literatura (Matthews et al., 2006; Wang et al., 2009; Sales e Jančík., 2011; Peres et al., 2014). Outras pesquisas relataram aumento do consumo de ração pelos suínos alimentados com cromo (Lien et al., 2001; Li et al., 2013), dessa forma, pode-se inferir que a diferença entre os diversos estudos, está relacionada com a fonte e inclusão de cromo que deve ser utilizada para que venha estimular efeitos positivos sobre as variáveis de desempenho de suínos em terminação.

A adição de ractopamina na dieta não influenciou ($P>0,05$) o consumo de ração diário dos animais, corroborando com os resultados encontrados por Almeida et al. (2010), Leal et al. (2015) e Garbossa (2013) que também não observaram efeito no consumo de ração de suínos em terminação quando suplementados com 5 ppm, até 15 ppm e até 20 ppm de ractopamina respectivamente. As diferenças observadas entre as pesquisas podem estar relacionadas às

diferentes linhagens genéticas utilizadas nos estudos, fato que é confirmado por Garbossa et al. (2013).

Contudo, embora não constado efeito para GPD e CDR, foi verificado efeito ($P < 0,05$) da suplementação de ractopamina sobre a conversão alimentar, no qual as fêmeas apresentaram melhora em relação às demais dietas. O resultado encontrado no estudo foi de redução de aproximadamente 21% quando comparado ao controle e semelhante ao resultado encontrado por Sanches et al. (2010), que ao suplementarem suínos com 20 ppm de ractopamina, obtiveram a mesma melhora quando comparados aos não suplementados.

A redução da conversão alimentar no estudo ocorreu em consequência do maior ganho peso de peso e menor consumo diário de ração pelas fêmeas que receberam ractopamina mesmo que não tenham sido observadas diferenças entre as dietas, onde foram melhores levando em consideração a relação GPD:CDR numericamente, como expressado anteriormente. Além disso, a redução da conversão alimentar pode estar relacionada ao papel da ractopamina no metabolismo animal, pois, acredita-se que há maior deposição de proteína do que gordura na carcaça, e com isso, redução da energia utilizada para síntese de gordura, pois, grande parte é desviada para síntese proteica, e dessa forma, ocasiona melhora na utilização dos nutrientes disponibilizados, e, conseqüentemente sobre os parâmetros de desempenho, como por exemplo, melhora da conversão alimentar (Leal et al., 2015).

Para as variáveis de carcaça (Tabela 4) não houve efeito ($P > 0,05$) das dietas para espessura de toucinho e profundidade de músculo. Apesar de não ser observado no estudo diferenças na espessura de toucinho entre as dietas, houve redução de 12,80 % com a inclusão de picolinato de cromo. Peres et al. (2014), constataram efeito semelhante para machos castrados em terminação quando alimentados com 200 ppb de sulfato de cromo e 200 ppb de cromo metionina.

Por outro lado, quando 200 µg de picolinato de cromo foi suplementado na dieta de machos e fêmeas desde o crescimento a terminação, há redução na espessura de toucinho dos animais (Xi et al., 2001).

Constatou-se efeito ($P < 0,05$) para peso de carcaça quente entre as dietas. A adição de 20 ppm ractopamina melhorou o peso de carcaça quente dos animais em relação as dietas controle, restrição energética, cromo levedura e picolinato de cromo. Efeito semelhante foi encontrado por Corassa et al. (2010) ao suplementaram 10 ppm de ractopamina para suínos em terminação. Diferentes resultados foram encontrados por Silva et al. (2015) que não verificaram influência do aditivo para esta variável ao fornecerem 10 ppm de ractopamina por 28 dias para fêmeas e machos castrados, e por Agostini et al. (2011), comparando níveis de inclusão de 10 e 20 ppm de ractopamina. A dieta com 3.200 Kcal com redução de 150 Kcal/kg de energia metabolizável não prejudicou ($P < 0,05$) o peso de carcaça quente quando comparado à dieta controle, e ainda foi semelhante ao cromo levedura.

Contudo, mesmo que a ractopamina seja superior às demais dietas, a inclusão de 0,8 ppm de cromo levedura aumentou ($P < 0,05$) o peso de carcaça quente em relação ao controle, restrição energética e a dieta com picolinato de cromo. Mooney e Cromwell (1997), verificaram aumento no peso de carcaça quente de animais que receberam 200 µg de picolinato de cromo. Contudo, Peres et al. (2014), não encontraram diferenças nos pesos de carcaça quente para dietas com 200 ppb de sulfato de cromo e 200 ppb de cromo metionina. Possivelmente, o efeito encontrado neste estudo deve-se à ação do cromo no metabolismo animal que possibilitou melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta convertendo em maior peso de carcaça quente.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) para porcentagem de carne magra na carcaça, posto que, os níveis com cromo levedura e picolinato de cromo foram superiores quando comparados ao controle e restrição energética, porém semelhantes a ractopamina.

Esse mesmo resultado foi verificado por Money e Cromwell (1997) ao analisarem o pernil de suínos quando diferentes níveis e fontes de cromo (200 $\mu\text{g kg}$ de picolinato de cromo e 5,000 $\mu\text{g kg}$ cloreto de cromo) foram adicionados às dietas, assim como, Grela et al. (1997) que observaram aumento significativo na proporção de carne magra para ambos os sexos quando os animais receberam 0,2 e 0,5 mg kg de cromo orgânico na dieta. Porém, Almeida et al. (2010) não observaram efeito na porcentagem de carne magra ao suplementarem suínos em terminação com 400 ppb de cromo metionina.

Tabela 4. Características de carcaça de fêmeas suínas em terminação submetidas a dietas suplementadas com ractopamina, cromo e restrição energética

Variáveis	Dietas ¹					CV (%)	Valor P
	Controle	Restrição energética	Ractopamina	Cromo levedura	Cromo picolinato		
PCQ, kg	91,46 ^c	91,03 ^c	95,66 ^a	93,63 ^b	91,58 ^c	5,08	0,019
ET, mm	15,32	13,78	14,78	15,42	13,36	17,29	0,079
CM, %	53,45 ^b	53,40 ^b	55,40 ^{ab}	56,58 ^a	57,67 ^a	5,60	0,001
PM, mm	67,42	70,36	68,07	69,56	68,54	8,20	0,642
IB, %	103,20 ^b	103,69 ^b	106,36 ^a	106,96 ^a	107,46 ^a	2,95	<,0001

¹Controle, Restrição energética (-150 Kcal de EM), 20 ppm de Ractopamina, 0,8 ppm de Cromo Levedura e 0,48 ppm de Cromo picolinato dos 100 aos 125 kg. *PCQ: Peso de carcaça quente, ET: Espessura de toucinho, CM: carne magra, PM: Profundidade de músculo, Índice de bonificação. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de SNK ($P < 0,05$).

A maior porcentagem de carne magra observada no presente estudo sugere que o cromo auxilia na ligação de receptores da célula alvo e potencializa a ação da insulina pelo organismo animal, pois, aparentemente o tecido de suínos acaba se tornando resistente a insulina (Vincent, 2011), podendo-se inferir dessa forma, que o cromo atua como agente anabólico para a formação de tecido muscular regulando sua síntese, promovendo o aumento do músculo e quantidade de carne magra na carcaça de suínos

Foi constatado efeito para ($P < 0,05$) para o índice de bonificação, no qual a suplementação com ractopamina, cromo levedura e picolinato de cromo foi superior quando comparados ao controle. Essa resposta era esperada, pois, o índice de bonificação é determinado levando em consideração o percentual de carne magra e peso de carcaça quente, confirmando a hipótese do cromo ser um potencial substituto a ractopamina, além disso, o produtor se beneficiará, pois, estará fornecendo um animal com maior quantidade de carne magra e conseqüentemente um produto superior.

Conclusões

A suplementação com 20 ppm de ractopamina melhora a conversão alimentar de fêmeas suínas em terminação.

O peso de carcaça quente melhora com a inclusão de 20 ppm de ractopamina na dieta. O cromo levedura aumenta o peso de carcaça de quente em relação a dieta controle e restrição energética de leitoas em terminação.

Dietas contendo ractopamina, cromo levedura ou picolinato de cromo expressam aumento da quantidade de carne magra e índice de bonificação das carcaças em comparação às dietas controle ou com restrição energética de 150 Kcal kg de energia metabolizável.

A restrição energética da dieta em 150 Kcal de EM não prejudica o desempenho e as características de carcaça das leitoas.

Referências

- Agostini, P. S.; Silva, C. A.; Bridi, A. M.; Abrami, R. A. M.; Pacheco, G. D.; Lozano, A. P.; Ywazaki, M. S.; Dalto, D. B.; Gavioli, D. F.; Oliveira, E. R.; Bonafé, E. G.; Souza, N. E.; Visentainer, J. V. 2011. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Revista Archivos de Zootecnia* 23:659-670.
- Almeida, V. V.; Berenchtein, B.; Costa, L. B.; Tse, M. L. P.; Braz, D. B.; Miyada, V. S. 2010. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:1969-1977.
- Almeida, V. V.; Nunez, A. J. C.; Miyada, V. S. 2012. Ractopamine as a Metabolic Modifier Feed Additive for Finishing Pigs: A Review. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 3:445-456.
- Armstrong, T. A.; Ivers, D. J.; Wagner, J. R.; Anderson, D. B.; Weldon, W. C.; Berg, E. P. 2004. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science* 82:3245-3253.
- Corassa, A.; Lopes, D. C.; Teixeira, A. O. 2010. Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina e fitase. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:1740-1747.
- Evan, G.W and Bowan, T.D. 1992. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *Journal of Inorganic Biochemistry* 46:243-250.
- Ferreira, M. S. S.; Sousa, R. V.; Silva, V. O.; Zangerônimo, M. G.; Amaral, N. O. 2011. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. *Acta Scientiarum, Animal Sciences* 33:25-32.
- Fraga, A. L.; Thomaz, M. C.; Martins, M. I. E. G.; Kronka, R. N.; Budino, F. E. L.; Huaynate, R. A. R.; Malheiros, E. B. 2008. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:869-875.
- Garbossa, C. A. P.; Cantarelli, V. S.; Sousa, R. V.; Cantarelli V. S.; Pimenta, M. E. S. G.; Zangerônimo, M. G.; Silveira, H.; Kuribayashi, T. H.; Cerqueira, L. G. S. 2013. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42: 325-333.
- Grela E. R.; Studzinski T.; Rabos A.; Winiarska A.; Dziduch J. 1997. Effect of a chromium yeast supplement in growing-finishing pig diets on performance, carcass traits and fatty acid composition of adipose tissue. *Journal of Animal and Feed Science* 6:87-100.

- Guidoni, A. L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: Conferência Internacional virtual sobre qualidade de carne suína, 2000, Concórdia, S.C. Anais... Concórdia, 2000. p.14.
- Leal, R. S.; Mattos, B. O.; Cantarelli, V.S.; Carvalho, G. C.; Pimenta, M. E. S. G.; Pimenta, C. J. 2015. Título do artigo. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 16:582-590.
- Li, Y. S.; Zhu, N. H.; Niul, P. P.; Shil, F. X.; Hughes, C. L.; Tian, G. X.; Huang, R. H. 2013. Effects of dietary chromium methionine on growth performance, carcass composition, meat colour and expression of colour – related gene myoglobin of growing – finishing pigs. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 26:1021-1029.
- Lien, T. F.; Wu, C. P.; Wang, B. J; Shiao, M. S; Shiao, T. Y; Lin, B. H; Lu, J. J; Hu, C. Y. 2001. 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.
- Marinho, P. C.; Fontes, D. O.; Silva, F. C. O.; Silva, M. A.; Pereira, F. A.; Arouca, C. L. C. 2007. 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.
- Matthews, J. O.; Guzik, A. C.; LeMieux, F. M.; Southern, L. L.; Bidner, T. D. 2006. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. Journal of Animal Science 83:858-862.
- Mooney, K. W and Crowell, G. L. 1997. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. Journal of Animal Science 75:2661-2671.
- Moreira, I.; Voorsluys, T.; Martins, R. M.; Paiano, D.; Furlan, A.C.; Silva, M. A. A. 2007. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, características de carcaça e poluição ambiental. Acta Animal Science 29:179-185.
- Orlando, U. A. D.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. P.; Ferreira, R. A.; Silva, C. O.; Vaz, R. M. V.; Siqueira, J. C. 2006. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões mantidas em ambiente termoneutro dos 60 aos 100kg. Revista Brasileira de Zootecnia 35:478-484.
- Page, T. G.; Southern, L. L.; Ward, T. L. 1993. Effect of chromium picolinate on growing and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. Journal of Animal Science 71:656-662.
- Park, J. K.; Lee, J. Y.; Chae, B. J.; Ohh, S. J. 2009. 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.
- Peres, L. M.; Bridi, A. M.; Silva, C. A.; Andero, N.; Barata, C. C. P.; Dário, J. G. N. 2014. Effect

- of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43:369-375.
- Richard, J. W.; Allee, G. L.; Rincker, P. J.; Gooding, J. P.; Acheson, R. J.; McKenna, D. R.; Puls, C. L.; Carr, S. N. 2017. Effects of ractopamine hydrochloride on the growth performance and carcass characteristics of heavy-weight finishing pigs sent for slaughter using a 3-phase marketing strategy. *Translational Animal Science* 1:406–411.
- Rostangno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perzzo, F. G.; Saraiva, A., Abreu, M. L. T.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T.; Brito, C. Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais. Imprensa Viçosa: Universitária/UFV, 4 Ed. 2017. 409 p.
- Sales, J e Jančík, F. 2011. 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.
- Sampaio C. A.P.; Cristani, J.; Dubiela, J. A.; Boff, C. E.; Oliveira, M. A. 2004. Evaluation of the thermal environment in growing and finishing swine housing using thermal comfort indexes under tropical conditions. *Ciência Rural* 34:785-790.
- Sanches, J. F.; Kiefer, C.; Carrijo, A. S.; Moura, M. S. D.; Silva, E. A. D.; Santos, A. P. D. 2010. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:1523-1529.
- Silva, R. A. M.; Pacheco, G. D.; Vinokurovas, S. L.; Oliveira, E. R.; Gavioli, D. F.; Lozano, A. P.; Agostini, P. S.; Bridi, A. M.; Silva, C. A. 2015. Associação de ractopamina e vitaminas antioxidantes para suínos em terminação. *Ciência Rural* 45:311-316.
- Vincent, J. B., Ed. (2011) *The Nutritional Biochemistry of Chromium(III)*, Elsevier, Amsterdam.
- Wang, M. Q.; Hel, Y. D.; Lindemann, M. D., Jiang, Z. G. 2009. Efficacy of Cr (III) Supplementation on Growth, Carcass Composition, Blood Metabolites, and Endocrine Parameters in Finishing Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 22:1414-1419.
- Xi, G.; Xu, Z.; Wu, S.; Chen, S. 2001. Effect of chromium picolinate on growth performance, carcass characteristics, serum metabolites and metabolism of lipid in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 14:258-262.