

DANIELLE FERREIRA BAFFA

**CROMO LEVEDURA E RACTOPAMINA EM DIETAS PARA SUÍNOS EM
TERMINAÇÃO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B143c
2014 Baffa, Danielle Ferreira, 1988-
 Cromo levedura e ractopamina em dietas para suínos em
 terminação / Danielle Ferreira Baffa. – Viçosa, MG, 2014.
 xiii, 51f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Melissa Izabel Hannas.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suínos - Alimentação e rações. 2. Nutrição animal.
3. Cromo na nutrição animal. 4. Ractopamina na nutrição
animal. 5. Carne - Qualidade. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em
Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.085

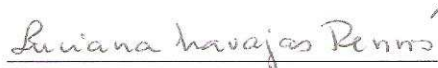
DANIELLE FERREIRA BAFFA

**CROMO LEVEDURA E RACTOPAMINA EM DIETAS PARA SUÍNOS EM
TERMINAÇÃO**

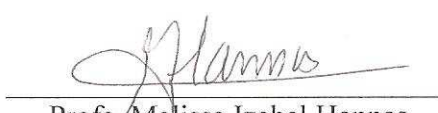
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 julho de 2014


Prof. Fabyano Fonseca e Silva
(Co-orientador)


Profa. Luciana Navajas Rennó
(Co-orientadora)


Francisco Carlos de Oliveira Silva


Profa. Melissa Izabel Hannas
(Orientadora)

“Já que eu não tenho o dom de modificar uma pessoa, vou modificar aquilo que eu posso: o meu jeito de olhar pra ela” (Pe.Fábio de Melo).

À Deus, por ter me dado forças para superar as dificuldades que tive durante esta caminhada e que a cada dia me mostrou presente, sem Ele não teria chegado até aqui.

À minha amada mãe (meu anjo da guarda), que, apesar de ausente fisicamente, me dá forças para continuar e lutar. Sinto sua vibração e sei que está orgulhosa dessa conquista.

Ao meu querido pai, por ser meu porto seguro, sempre me apoiando e compreendendo, para a realização deste mestrado.

Aos meus irmãos, David e Júnior, pelo amor incondicional e amizade. Obrigado por acreditarem sempre em mim e me amarem.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela inspiração, pelo acolhimento, principalmente nos momentos mais difíceis e pela certeza de sua presença em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo acolhimento desde a graduação, instituição da qual me orgulho de ter passado.

Ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A Alltech do Brasil pelo financiamento e apoio a realização da pesquisa.

A granja do Kleber Cherlonni pelo empréstimo dos animais utilizados no experimento.

A CONSUIPONTE pelo auxílio e apoio a realização da pesquisa.

Ao SAUDALI por possibilitar a coleta de amostras no frigorífico.

Aos meus pais pelos ensinamentos de vida, amor incondicional, pela compreensão, apoio, incentivo, confiança e por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus irmãos pela alegria e carinho em todos os momentos.

À minha orientadora, professora Melissa Izabel Hannas, pela orientação e por acreditar na minha competência, me aceitando como orientada.

Aos professores e pesquisadores Francisco Carlos de Oliveira, Luciana Rennó e Fabyano Silva, pelos ensinamentos, humildade, além da valiosa participação na banca.

Ao professor Luiz Albino por não medir esforços em me ajudar sempre e pelos conselhos.

Ao professor Ricardo Vieira e Fabyanno Silva pela paciência e disposição de ensinar as estatísticas.

Aos estagiários, bolsistas e amigos da pós graduação, Mateus, Maurilio, Vinicius, Leandro, Janmison, Amanda, Alicia, Lilian, Juliana, Pedro, Bruna, Melissa, Diego Ladeira, Helvio, Leandro Moreira, Ana Paula, Priscila, Bruno Andreatta, e tantos outros, que o nome agora foge a memória, mas que foram cruciais para que este trabalho fosse concluído a campo, em laboratório e no frigorífico Saudali. Em especial ao Matheus, que sua ajuda foi indispensável para realizar as intermináveis análises laboratoriais!

Ao LABEM, a toda sua equipe, em especial ao Eber, sempre a disposição.

Aos professores Sérgio da Mata e Clóvis Neves, pela disposição imprescindível, pelo uso de seu laboratório, que foi de grande importância e pelos ensinamentos primordiais.

À Mariana, Graziela e Sthéphanie pelo auxílio nas análises de fibra.

Agradeço em especial ao Dedeco, Vitor, Marreco, Alessandro, Fernando, Raimundo, Tãozinho, Leandro, Adriano, Zé Lino, Chico, Valdei, Salame e Plínio, pela amizade e grande apoio na condução das atividades de campo e laboratório, além da agradável convivência.

Ao Ariolino Neto, pelos auxílios e paciência nas planilhas de Excel.

Às minhas cunhadas, Mayla e Germanna, pela amizade e incentivo de sempre.

À minha querida tia Nilda que sempre me incentivou e está presente em minha caminhada.

À minha madrinha Terezinha pelo carinho e confiança

Aos grandes amigos da pós graduação Jéssica, Cinthia, Macaé, Jorge e Bruno Damaceno, pela amizade, dedicação e ajuda e no decorrer das atividades.

Às minhas amigas queridas Vanessa, Natália, Emília, Silvia, Flavia, Mariana, Juliana Sabino, Juliana Berger, Nathana, Rafaela, Sara e Virgínia, sempre presentes nos melhores momentos, ou, pelo menos, tentando tornar os momentos cada vez melhores!

Ao Tadeu, pelo companheirismo e amor.

A todos os meus amigos e parentes, que acreditaram e confiaram na concretização do meu trabalho.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho se tornasse realidade e sempre serão lembrados com respeito e carinho.

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

Danielle Ferreira Baffa, filha de José Carlos Baffa e Maria do Carmo Ferreira Baffa, nascida em Viçosa – MG, em junho de 1988.

Ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa no ano de 2008. Em julho de 2012, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa em agosto de 2012.

Submeteu-se à defesa de dissertação no dia 23 de julho de 2014.

ÍNDICE

LISTA DE TABELA	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	2
CAPÍTULO I	19
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS	30
DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Composição química por tonelada e nutricional das rações experimentais utilizadas no período 1.	21
Tabela 2: Composição química por tonelada e nutricional das rações experimentais utilizadas no período 2.	22
Tabela 3: Desempenho, característica de carcaça, qualidade de carne e perfil de ácidos graxos dos suínos submetidos aos diferentes planos nutricionais na fase de terminação.....	33
Tabela 4: P- valores do desempenho, característica de carcaça, qualidade de carne e perfil de ácidos graxos dos suínos submetidos aos diferentes planos nutricionais na fase de terminação	35
Tabela 5: P valores das variáveis sanguíneas nos suínos em função dos tratamentos e períodos.....	37
Tabela 6: Variáveis sanguíneas dos suínos submetidos aos diferentes planos nutricionais na fase de terminação aos 14 e 42 dias.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos..	5
Figura 2: Modo de ação do cromo	11

RESUMO

BAFFA, Danielle Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Cromo levedura e ractopamina em dietas para suínos em terminação**. Orientador: Melissa Izabel Hannas. Co-Orientadores: Fabyano Fonseca e Silva e Luciana Navajas Rennó.

Para avaliar o efeito do cromo levedura (CrL) e ractopamina (RAC) em rações sobre o desempenho, características da carcaça, qualidade de carne e variáveis sanguíneas, foi realizado um experimento com 96 suínos machos castrados híbridos comerciais com peso corporal médio inicial de $75,07 \pm 3,9$ kg, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos, oito blocos e dois animais por baia. Os tratamentos foram constituídos de planos nutricionais (PN) em dois períodos consecutivos: período 1 de 0 a 14 dias e o período 2 de 14 a 42 dias, respectivamente, compostos pelas rações: Controle/Ração Controle (RC/RC); Cromo levedura/Aminoácidos (CrL/AA); Cromo Levedura/Aminoácidos + Ractopamina (CrL/AA+RAC); Controle/Cromo Levedura (RC/CrL); Ração Controle/Aminoácidos + Cromo Levedura (RC/AA+CrL) e Cromo Levedura/Aminoácidos+Ractopamina+Cromo Levedura (CrL/AA+RAC+CrL). Maior peso final (PF) e ganho de peso diário (GPD) ($P < 0,001$) foi observado para os suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC+CrL. O PN CrL/AA+RAC proporcionou PF e GPD intermediário, semelhante aos obtidos com o uso de CrL/AA+RAC+CrL, RC/RC, CrL/AA e RC/CrL e superior ao PN RC/AA+CrL. Os suínos alimentados com o PN CrL/AA+RAC+CrL apresentaram maior peso de jejum (PJ) ($P < 0,0001$) quando comparados aos PN RC/RC, CrL/AA, RC/CrL e RC/AA+CrL. O PN CrL/AA+RAC promoveu PJ intermediário, semelhante ao obtido com o uso de CrL/AA+RAC+CrL, RC/RC, CrL/AA e superior ao RC/AA+CrL. Os PN avaliados não influenciaram ($P > 0,05$) o consumo diário de ração. Os melhores resultados de conversão alimentar ($P < 0,001$) foram obtidos com os PN CrL/AA+RAC+CrL e CrL/AA+RAC. Maior área de olho de lombo foi determinada nos suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC quando comparado a utilização de RC/CrL. Maior diâmetro da fibra muscular ($P < 0,011$) foi verificado nos suínos submetidos aos PN CrL/AA+RAC+CrL e RC/CrL sendo estes superiores ao grupo consumindo RC/RC. A perda líquida por descongelamento determinada na carne dos suínos submetidos ao PN RC/RC foi inferior ($P < 0,009$) a obtida com o uso do PN CrL/AA+RAC. Maior valor Cie a* foi determinado na carne dos animais submetidos ao PN CrL/AA+RAC quando comparado ao PN CrL/AA+ RAC+ CrL. Os suínos submetidos ao PN CrL/AA+ RAC+ CrL apresentaram maior tonalidade na carne frente aos demais animais. Menor concentração de TBARS

($P < 0,001$) foi verificada na carne dos suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC frente ao grupo consumindo ração CrL/AA. Maior teor de ácido graxo (AG) mirístico (14:0) foi verificado para os suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC quando comparado ao grupo CrL/AA+RAC+CrL. Os suínos que receberam os PN com CrL/AA+RAC+CrL e RC/CrL apresentaram maior concentração de AG linolêico (18:2n6) no músculo *Longissimus dorsi*, frente aos suínos do PN CrL/AA. Os PN não influenciaram as variáveis sanguíneas avaliadas ($P > 0,05$). O uso de cromo levedura e ractopamina promoveram alterações positivas sobre o desenvolvimento de células musculares nos suínos e na qualidade da carne que devem ser consideradas quando da utilização do mineral e o uso em associação a ractopamina revelou melhorias sobre o desempenho dos animais.

ABSTRACT

BAFFA, Danielle Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2014. **Chromium yeast and ractopamine in diets for finishing pigs**. Advisor: Melissa Izabel Hannas. Co-advisors: Fabyano Fonseca e Silva and Luciana Navajas Rennó.

To evaluate the effect of chromium yeast (CY) and ractopamine (RAC) on performance, carcass characteristics, meat quality, and blood, an experiment was conducted with 96 commercial castrated crossbred pigs with an average initial body weight of 75.07 ± 3.9 kg. Animals were distributed in a randomized-block experimental design with six treatments, eight blocks and two animals per stall. The treatments consisted of feeding plans (FP) in two phases: from 0 to 14 days; and from 14 to 42 days of age, respectively, composed of diets: Control/Control (CD/CD); Chromium yeast/Amino acids (CY/AA); Chromium yeast/Amino acids + Ractopamine (CY/AA+RAC); Control /Chromium yeast (CD/CY); Control/Amino acids + Chromium Yeast (CD/AA+CY); and Chromium Yeast/Amino Acids + Ractopamine + Chromium Yeast (CY/AA+RAC/CY). The greatest final weight and daily weight gain ($P<0.0001$) were observed in the animals subjected to CY/AA+RAC+CY. Feeding plan CY/AA+RAC provided an intermediate final weight and daily weight gain, similar to those obtained with the use of CY/AA+RAC+CY, CD/CD, CY/AA and CD/CY, but greater than CD/AA+CY. The pigs fed CY/AA+RAC+CY showed a greater fasted body weight (FW) ($P<0.0001$) as compared with CD/CD, CY/AA, CD/CY and CD/AA+CY. Feeding plan CY/AA+RAC provided an intermediate FW, similar to that obtained with the use of CY/AA+RAC+CY, CD/CD, CY/AA, but greater than CD/AA+CY. The evaluated FP did not influence ($P>0.05$) daily feed intake. The best feed-conversion results ($P<0.0001$) were obtained with CY/AA+RAC+CY and CY/AA+RAC. A larger loin-eye area was found in pigs subjected to CY/AA+RAC as compared with the use of CD/CY. The greatest muscle fiber diameter ($P<0.011$) was found in the pigs subjected to CY/AA+RAC+CY and CD/CY, which were higher than the group fed CD/CD. The liquid loss due to thawing determined in the meat of the pigs subjected to CD/CD was lower ($P<0.009$) than that observed with the use of CY/AA+RAC. A higher value of $Cie\ a^*$ was determined in the meat of the animals subjected to CY/AA+RAC as compared with CY/AA+ RAC+ CY. The pigs fed CY/AA+ RAC+ CY had a brighter meat than the other animals. The lowest TBARS concentration ($P<.001$) was observed in the meat of pigs subjected to CY/AA+RAC in relation to the group that consumed CY/AA. A greater concentration of myristic fatty acid (FA) (14:0) was found in the groups that received CY/AA+RAC as compared with the group fed

CY/AA+RAC+CY. The pigs that received the FP with CY/AA+RAC+CY and CD/CY displayed greater levels of linoleic FA (18:2n6) in the *longissimus dorsi* muscle, as compared with the pigs fed CY/AA. The feeding plans did not affect the evaluated blood parameters ($P>0.05$). The use of chromium yeast and ractopamine or alone promoted positive alterations in the development of muscle cells in the pigs and in the meat quality, which should be considered when this mineral is used. The association of chromium yeast with ractopamine revealed improvements in the animal performance.

INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura destaca-se entre os setores de produção de proteína animal pelo fato da carne suína ser a mais consumida do mundo. O Brasil neste cenário ocupa a quarta posição no ranking mundial de produção e exportação de carne suína (ABIEPCS, 2012).

A preferência e hábitos do consumidor em relação à carne suína revelam um maior consumo de cortes nobres com maior quantidade de carne magra e menor teor de gordura. Portanto, para atender essa exigência do consumidor, pesquisadores têm buscado aditivos como modificadores do metabolismo animal, que propiciem um aumento da deposição de carne magra e redução do teor de gordura da carcaça de suínos. Aditivos modificadores do metabolismo animal redirecionam os nutrientes melhorando as taxas de crescimento muscular e consequentemente modificando a proporção de proteína em relação à gordura. Dentre os aditivos, destaca-se uso de ractopamina (RAC) e cromo levedura (CrL).

A RAC, um agonista beta-adrenérgico, atua na diminuição da deposição de gordura na carcaça, relacionada à atividade desta substância em bloquear a lipogênese. A lipogênese é reduzida devido a ação da RAC em reduzir a sensibilidade dos adipócitos à insulina inibindo a lipogênese (Liu & Mills, 1990).

Entretanto o uso de RAC está restrito em alguns países. No Brasil, o uso pode ser limitado em sistemas de produções e ou fábricas de ração cujos animais são destinados a exportação Européia.

O Cr age como componente integral e biologicamente ativo de um complexo orgânico de baixo peso molecular denominado fator de tolerância à glicose (GTF), formado por Cr, ácido nicotínico, glicina, cisteína e ácido glutâmico. O GTF atua aumentando a fluidez da membrana celular facilitando a união da insulina ao seu receptor aumentando a sensibilidade da célula à glicose (Evans & Bowman, 1992). O Cr pode influenciar no metabolismo protéico uma vez que as células sensíveis à insulina captam maior quantidade de glicose e as convertem em energia, além do maior estímulo da captação de aminoácidos (Clarkson, 1997). A quantidade adicional de energia serve de combustível para síntese proteica. Assim, há uma melhora na característica de carcaça, aumentando a quantidade de carne magra e diminuindo o teor de gordura na carcaça. Consequentemente, previne um potencial efeito negativo de maior excreção de nitrogênio após o aumento da ingestão de proteína (Lindemann, 1995).

Uma vez que o Cr pode aumentar a captação de aminoácidos, possivelmente as estratégias nutricionais de uso de Cr devam considerar um maior aporte deste nutriente

através da ração como é condicionado a adição de RAC com níveis de aminoácidos corrigidos.

Pesquisas sobre os efeitos da RAC em dietas de suínos são bastante difundidas, entretanto a utilização do Cr como modificador de carcaça suína na fase de terminação foi pouco estudada. Além disso, pouco se sabe sobre o efeito sinérgico da RAC e CrL.

Sendo assim, objetivou-se: avaliar planos nutricionais com CrL associado ou não a RAC em rações para suínos em terminação sobre o desempenho, característica de carcaça, qualidade de carne e variáveis sanguíneas.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Desenvolvimento da cadeia de produção de suínos e carnes

O Brasil é um grande produtor mundial de proteína animal e tem no mercado interno o principal destino de sua produção. Considerando a produção brasileira de carnes (bovina, suína e de aves) em 2013, estimada em 26,5 milhões de toneladas, 73% dessa produção foi consumida internamente no país. Em 2013, o consumo nacional de carne suína foi de 15,10 kg/ habitante (Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, 2013). Deste montante, 37% foram consumidos sob a forma de carne in natura e 63% sob a forma de produtos processados, dentre os quais a linguiça e a salsicha apresentam prevalência na aquisição domiciliar (Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, 2011).

A carne oferecida nos supermercados, açougues e casas de carne é resultado dos produtos dos sistemas de produção animal e transformados/beneficiados nos frigoríficos. Portanto, as práticas zootécnicas e as tecnologias de transformação dentro da indústria frigorífica e de abate apresentam estreita correlação, sendo que a soma de todos os procedimentos dentro e fora do sistema produtivo e, se executados com boas práticas de produção e de fabricação asseguram a qualidade final da carne.

A qualidade pode ser definida de acordo com os interesses do produtor, da indústria de abate, varejista, do consumidor e finalmente da sociedade, elos importantes na cadeia de carnes. Ao produtor é importante sua manutenção na atividade, a maior eficiência econômica, a qual se relaciona por sua vez, as altas taxas de ganho de peso e ao menor consumo de alimentos pelos animais. Acrescenta-se a isso, prêmios que podem ser recebidos pela menor

mortalidade dos animais e ao recebimento por produção de carcaças com menor porcentagem de gordura.

A maioria dos sistemas produtivos de suínos e de aves de cortes comerciais no Brasil consideram as necessidades de mercado, caracterizado pela necessidade de carne com menos gordura, baixo preço e nutritiva. As melhorias de desempenho que ocorreram na produção animal das últimas duas décadas contribuíram para que isso fosse alcançado. A comparação com os sistemas produtivos do passado revelam que houve melhoria na qualidade da carne, ocasionada por alternativas utilizadas com o objetivo de diminuir o teor de gordura das carcaças, e aumentar a porcentagem de carne, uma vez que os frigoríficos tendem a beneficiar produtores que oferecem animais com melhor conformação de carcaça. Pesquisas realizadas ao longo de duas décadas permitiram a redução em 31% da gordura da carne, 10% do colesterol e 14% das calorias, tornando a carne suína mais magra e nutritiva.

Dentre as alternativas para melhorar o desempenho e modificar as características de carcaça proporcionando melhor índice de bonificação, estão os modificadores de carcaça, exemplo a RAC (Corassa et al., 2010 e Watanabe et al., 2011) e o organo metal, como o CrL.

2. Ractopamina (RAC)

2.1 Estrutura química da RAC

A utilização dos agonistas β -adrenérgicos iniciou-se na medicina humana e veterinária, como antiasmáticos, broncodilatadores e agentes tocolíticos (Sumano et al, 2002). O reconhecimento do potencial anabólico dos agonistas β -adrenérgicos despertou interesse progressivo na ciência e, portanto, desde meados da década de 1980, essas substâncias têm sido empregadas na nutrição animal como agentes repartidores de nutrientes a fim de alterar a composição corporal a favor da deposição protéica (Moody et al, 2000). De origem catecolamínica e pertencente à família das feniletilaminas, os agonistas β -adrenérgicos apresentam estrutura molecular constituída por anel aromático, grupo hidroxila ligado ao carbono β , nitrogênio carregado positivamente na cadeia lateral etanolamina e radical volumoso unido ao nitrogênio alifático, o que torna a molécula mais específica para os receptores adrenérgicos do tipo β (Smith, 1998). A estrutura molecular das feniletilaminas permite substituições no anel benzênico, nos carbonos α e β , bem como no grupo amino terminal, originando compostos variados nas atividades simpaticomiméticas.

Análise mais detalhada da estrutura molecular da RAC revelou que além do radical ligado ao grupo amino terminal ser o butilfenol, a substância é um exemplo de quiralidade,

pois apresenta dois átomos de carbono com quatro substituintes diferentes que gera a assimetria na molécula. Duas conformações podem surgir de cada carbono quiral e, portanto, a RAC comercializada é uma mistura de quatro estereoisômeros: RR, RS, SR e SS (Ricke et al., 1999).

2.2. Absorção e metabolismo da RAC

Por via oral a RAC apresenta absorção que varia de 80% a 90%, tendo picos plasmáticos entre uma e duas horas após seu fornecimento. O intestino delgado tem seu pH próximo da neutralidade (7), o que promove redução da ionização dos compostos da RAC, facilitando assim sua absorção. Após absorvida, a RAC é metabolizada pelo fígado, onde ocorre conjugação com sulfato ou ácido glicurônico, originando metabólitos normalmente mais polares e, portanto mais fáceis de serem eliminados pela urina ou bile (Smith, 1998).

2.3. Mecanismo de ação da RAC

As ações mediadas pelos β -adrenérgicos são intracelulares sequenciais a estimulação do receptor β_2 -agonista (Gonzalez & Da Silva, 2006). O complexo agonista/receptor fixa-se a uma proteína heterotrimérica, Gs, a qual consiste de subunidades α , β e γ e quando na forma inativa, a subunidade α_s encontram-se acopladas a guanina difosfato (Lehninger e Nelson, 2007). Após a ação da RAC, que atua como primeiro mensageiro, sobre o receptor β_2 , as subunidades α_s substituem a guanidina difosfato por guanina trifosfato (GTP), dissociando-se das subunidades β e γ e, conseqüentemente, o complexo α_s -GTP induz uma modificação na fluidez da membrana, permitindo o seu deslocamento lateral e estimulando a ação catalítica da adenilato ciclase (Figura 1) (Barros et al., 1999). Esta, participa da formação do AMPc a partir do ATP, passando a atuar como segundo mensageiro (McGraw & Liggett, 2005). O AMPc ativa a proteína quinase (PKA) (Linhart et al., 2001), a qual encontra-se na forma inativa e organizada na forma de tetrâmeros com duas subunidades regulatórias (R) e duas subunidades catalíticas (C) (Mersmann, 1998). Assim, o AMPc interage com a PKA inativa, liga-se as subunidades R e libera as subunidades C, tornando-a ativa, a qual conduz a fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final da célula (Moody et al. 2000; McGraw & Liggett, 2005). As respostas celulares incluem: estimulação da lipólise, glicogenólise, aumento da insulina e glucagon, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (Moody et al., 2000).

Algumas enzimas quando são fosforiladas ficam inativas, como é o caso da acetil-CoA carboxilase, envolvida no processo de biossíntese de ácidos graxos (Mersmann et al., 1997).

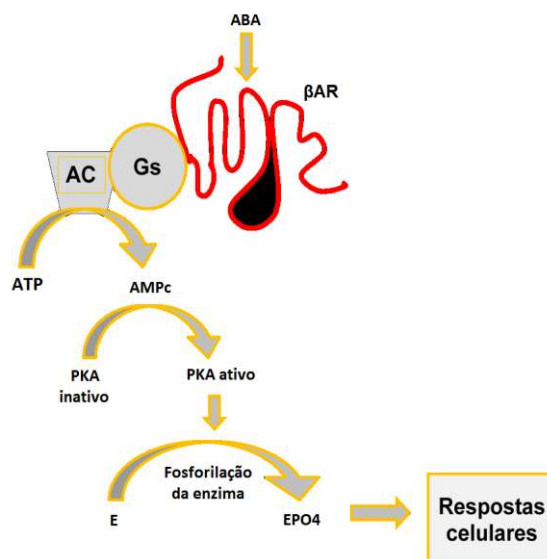


Figura 1: Modo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos. Onde: ABA: agonista beta-adrenérgico, β AR: receptor beta-adrenérgico, Gs: proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína qu quinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada (Moody et al., 2000).

No entanto, sob ação contínua (28 dias) do agonista β -adrenérgico, o AMPc ativa uma proteína quinase, a β -adreno-receptor quinase (β -ARK) que, ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-Gs-adenilato ciclase (Lundberg et al., 1987). O efector desacoplado passa para o espaço intracitoplasmático, o que diminui o número de receptores disponíveis na membrana. Essa redução no número de receptores é denominada dessensibilização e causa diminuição da resposta a estimulação β -adrenérgica da RAC (Spurlock et al., 1994; Mills et al., 2002). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor β -adrenérgico pode ser consumido, fenômeno este chamado de sequestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (Benovic et al., 1988). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada “*down-regulation*” (Barros et al., 1999). Tanto os receptores β_1 como os β_2 -adrenérgicos podem sofrer os processos de dessensibilização e *down-regulation*, porém estes fenômenos são mais expressivos com receptores do tipo β_2 (Mills et al., 2002).

Uma série de efeitos em cascata desde a membrana celular até o interior da célula é iniciada com a ligação destas substâncias com os receptores β -adrenérgicos nas membranas.

Esta ligação resulta na ação de fosforilação e ativação de lípases sensíveis a hormônios, as quais catalisam a quebra de triacilgliceróis no tecido adiposo.

Segundo Peterla & Scanes. (1990), a menor deposição de gordura é devido ao efeito agonista β -adrenérgico no tecido adiposo, os β -receptores quando ativados pelas catecolaminas, estimulam a lipólise e consequentemente a redução do teor de gordura. Também, foi observado que a RAC reduz a sensibilidade à insulina nos adipócitos suínos, sendo, portanto, capaz de inibir a lipogênese (Mills et al., 2002).

Um dos efeitos mais conhecidos da RAC em suínos é o incremento da musculatura esquelética pela hipertrofia das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1992). Este efeito está relacionado a maior síntese de proteína e/ou diminuição da degradação protéica (Bark et al., 1989; See et al., 2004). O aumento na síntese de proteína muscular é resultado do aumento na expressão gênica das miofibrilas, pois o incremento na concentração de RNAm da α -actina foi observado no músculo de suínos alimentados com RAC (Bergen et al., 1989). Por outro lado, as atividades de enzimas associadas com a degradação protéica, catepsina e proteases dependentes de cálcio, não são alteradas quando suínos foram suplementados com RAC (Beermann et al., 1987).

A RAC se liga aos β -receptores presentes na membrana plasmática das células musculares, aumentando a retenção de aminoácidos e potencializando a síntese protéica nessas células. A ação hipertrófica da RAC sobre o músculo esquelético pode ser mediada pelo IGF-I (Fator de crescimento semelhante a insulina-I), que atua estimulando a síntese de proteína miofibrilar pelas células musculares (Adeola et al., 1992).

A RAC revelou ser um potente modificador do fenótipo das fibras musculares no sentido de lento para rápido (Depreux et al., 2002).

2.4. Efeito da RAC

A utilização de RAC em dietas para suínos em fase de terminação tem como objetivo o abate de animais com peso superior ao convencional, aumentando o rendimento de carne magra na carcaça (Girão et al., 2008). O efeito da suplementação da RAC na dieta de suínos é dependente de genética, da categoria sexual e do nível de inclusão do aditivo (Latorre et al., 2008).

Gunawan et al. (2007), trabalhando com administração de 20 ppm de RAC, num período de 4 semanas encontraram concentrações maiores da expressão da sequencias do primer de isoformas de miosina como o IIB que permaneceram elevadas durante todo o

tempo de estudo (4 semanas), permitindo inferir que houve hipertrofia muscular induzida pela utilização de RAC, responsável pelo aumento de fibras transversais.

Girão et al. (2008), trabalhando com suínos que receberam ração com RAC, durante 14 ou 28 dias, observaram que independente do nível de suplementação, os animais apresentaram maior peso final e ganho de peso diário e melhor conversão alimentar. Apesar dos desempenhos favoráveis com o uso de RAC, os diferentes níveis de inclusão não alteraram variáveis fisiológicas e sanguíneas dos suínos em terminação (Agostini et al., 2008).

Corassa et al. (2008) verificaram que a utilização de 10 ppm de RAC na ração promoveu maior índice de bonificação na carcaça. Suínos consumindo dieta suplementadas com 10ppm de ractopamina apresentaram 1,4% a mais de carne magra em relação a suplementação com 5 ppm. A RAC promoveu o aumento da carne magra da carcaça, deposição muscular e redução da deposição de gordura.

Amaral et al. (2009) avaliaram diferentes níveis de ractopamina na ração de suínos em fase de terminação (5 e 10 ppm) e concluíram que o menor nível de suplementação na dieta foi suficiente para melhorar as variáveis de desempenho e características de carcaça, porém, uma maior dosagem além de promover melhor desempenho, proporcionou maior quantidade de carne na carcaça.

Pesquisas envolvendo a suplementação de RAC em rações para suínos demonstraram aumento no peso final dos animais (Xiong et al., 2006; Weber et al., 2006), bem como maiores ganhos diários de peso (Sanches et al., 2008; Almeida et al., 2010), o que resultou em melhores taxas de crescimento (Stites et al., 1991; Uttaro et al., 1993; Stoller et al., 2003). Watkins et al. (1990) relataram que a adição de RAC em rações para suínos aumentou o ganho peso diário independente da concentração na dieta.

Com o aumento da deposição protéica, a lisina considerada o primeiro aminoácido limitante para suínos, deve ser aumentada nas rações que utilizarem RAC, pois a lisina corresponde a 8,24% de proteína muscular em animais recebendo RAC.

Embora o aumento na massa muscular e a redução na deposição de gordura na carcaça sejam importantes na produção de carne suína, a qualidade da mesma também deve ser considerada, pois influencia o consumidor na seleção inicial e satisfação final do produto. O direcionamento da produção suína para o aumento na percentagem de carne magra desencadeou alterações na composição proximal, bem como nas características bioquímicas dos músculos (Maganhini et al., 2007).

Entretanto, os efeitos da RAC sobre a qualidade da carne suína são controversos. Alguns trabalhos indicam que não há alteração significativa na cor, marmorização, firmeza e valores de pH final (Stites et al., 1991; Uttaro et al., 1993). Porém trabalhos mais recentes verificaram efeito da RAC sobre a cor da carne, que ocorre devido a mudanças na composição das fibras musculares (Depreux et al., 2002; Chang et al., 2003). Assim, a carne de animais alimentados com RAC apresentaram maior força de cisalhamento e menor índice de fragmentação miofibrilar durante o período de amaciamento da carne, coincidentes com o aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (Calp 1 - 1 α e Calp 3 -1 μ) conforme Parr et al. (2004).

Almeida et al. (2013), utilizando 80 suínos, machos castrados com peso inicial de 69,42 kg consumindo ração controle ou com RAC (10ppm) fornecidas por 7, 14, 21 ou 28 dias pré-abate, verificaram que o aumento no período de fornecimento de RAC não afetou o peso final, o GPD e o CRD, porém resultou em melhoria na CA. Melhorias nas médias semanais de GPD e CA foram observadas durante os primeiros 21 dias de fornecimento de RAC, no entanto o crescimento animal declinou na 4^o semana de tratamento. O CRD apresentou efeito quadrático com o aumento na duração de fornecimento de RAC. Houve aumento linear no peso da carcaça quente, na profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, na área de olho de lombo e na relação carne: gordura com o aumento na duração do uso com RAC.

De acordo com Adeola et al. (1992) a RAC além de melhorar o desempenho e composição da carcaça de suínos, também induz alterações no metabolismo dos animais, isto é, aumenta a utilização de gordura para a oxidação e aumenta a capacidade de resposta das células adiposas a estímulos lipolíticos. Alterações no metabolismo lipídico em diferentes níveis têm um impacto direto sobre os níveis séricos de triacilgliceróis lipoproteínas e lipoproteínas ricas em colesterol. Hoshi et al.(2005) constataram que os suínos recebendo ração suplementada com 20 ppm de RAC apresentaram um aumento linear de colesterol total, HDL e triglicerídeos.

Araujo et al., (2013) avaliaram o efeito da RAC sobre o metabolismo lipídico de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de RAC (0, 5, 10, 15 e 20 ppm) e verificaram que a suplementação não afetou a atividade da lipoproteína lipase nos tecidos do músculo, gordura subcutânea e retropeitoral. Não houve alteração nos níveis de insulina, mas um aumento linear nos triglicerídeos, colesterol total e HDL. O transporte de glicose dependente de insulina (GLUT 4) e quantidades ácido graxo sintase presentes no tecido adiposo dos animais não diferiram, mas o GLUT 4 muscular apresentou efeito quadrático. A

menor quantidade de GLUT 4 (0,959) foi estimada em 15,5 ppm de RAC. A glicemia aumentou linearmente, enquanto o glicogênio diminuiu, confirmando assim a ação da RAC sobre o metabolismo dos lipídios, e estimula a lipólise.

Em metaanálise realizada por Apple et al. (2007), utilizando resultados de 27 pesquisas com RAC, os autores verificaram que não houveram efeitos prejudiciais sobre a cor da carne, firmeza, capacidade de perda líquida e marmoreio.

3. Cromo Levedura (CrL)

3.1 Estrutura química do CrL

Os primeiros relatos do Cr como um mineral traço essencial datam de 1959, em estudos com animais de laboratório. Nos anos seguintes, publicaram-se estudos demonstrando quadros de deficiência de Cr, bem como os efeitos positivos de sua suplementação para pacientes humanos recebendo estritamente nutrição parenteral e intolerante à glicose (Mertz, 1993). Apesar da demonstração de sua essencialidade ter ocorrido na década 50, somente na década de 90 o Cr passou a ser intensivamente estudado na nutrição dos animais. O interesse em utilizar o Cr para suplementar suínos começou com o uso de Cr picolinato (CrTP) na melhoria de carcaça. Seguido de outros objetivos, hoje há uma variedade de organo minerais de Cr em todo mundo, por exemplo o Cr levedura (Lindemann, 2007).

O Cr é um metal de transição, sólido em temperatura ambiente, número atômico 24 e massa atômica de 56u. É um mineral que ocorre nas valências de -2 a +6, sendo predominantes as valências +2 (Cr^{+2}), +3 (Cr^{+3}) e +6 (Cr^{+6}). A forma mais comum de ocorrência nos alimentos é a trivalente (Cr^{+3}), pois é o estado de oxidação de maior estabilidade química (García; Garrns, 2004). É a forma exigida no metabolismo dos carboidratos, proteínas e lipídeos (Mertz, 1992).

Caracterizado como um elemento traço essencial, o Cr participa da formação da molécula conhecida como fator de tolerância à glicose (GTF) exerce desta forma, seu papel fisiológico principal. Esta forma biologicamente ativa do Cr é uma molécula orgânica composta por ácido nicotínico, glicina, ácido glutâmico, cisteína, cálcio e Cr (Mertz, 1993). Sabe-se que sem o Cr a molécula de GTF é inativa (Hossain et al. 1998).

3.2 Absorção e metabolismo do Cr

A absorção do Cr ocorre na parte média do intestino delgado. Após a absorção o Cr é transportado por proteínas carregadoras de ferro do plasma sanguíneo, denominada transferrina. A partir do intestino o Cr segue para o fígado e quando os níveis de glicose sanguíneos se elevam, a insulina é secretada, aumentando os níveis de GTF e o Cr flui para o interior do plasma. Posteriormente o Cr é excretado via urina (Linder, 1985).

O Cr pode ser disponível nas rações na forma inorgânica ou de organo mineral. Os compostos inorgânicos do Cr têm baixa disponibilidade para os animais quando comparados com as formas de organo minerais, tanto que o óxido crômico é rotineiramente utilizado como marcador indigestível nos estudos de digestibilidade dos alimentos “in vivo” (Anderson et al., 1978). As razões desta reduzida absorção são devido à formação de complexos insolúveis durante a ingestão e a aderência de moléculas de Cr livre em seus antagonistas da dieta (carboidratos). As formas inorgânicas de Cr mostram efeitos mínimos no desempenho quando fornecidos nas rações de animais (Anderson, 1988).

3.3 Mecanismo de ação do CrL

O Cr aumenta a fluidez da membrana celular por facilitar a ligação da insulina com seu receptor, aumentando a sensibilidade da célula à glicose (Evans & Bowman, 1992). O Cr ainda foi caracterizado como componente participante do mecanismo de amplificação da sinalização celular da insulina, ou seja, um fator colaborador do aumento da sensibilidade de receptores insulínicos na membrana plasmática (Vincent, 1999). Este estimula a atividade da insulina, potencializando suas ações, facilitando o acoplamento insulina-receptor da superfície da célula (Morris, 1993). O Cr é necessário como cofator na mobilização da glicose da circulação para os tecidos periféricos. Desta forma, ocorre potencialização da atividade anabólica da insulina, sendo a função principal do GTF a regulação dos níveis sanguíneos da glicose. Quando ligada ao seu receptor, a insulina possibilita a absorção e o metabolismo celular da glicose participando do metabolismo bioquímico de sua remoção do sangue. Uma vez, absorvida pela célula, esta glicose é utilizada como fonte de energia o qual, por regulação anabólica pelo hormônio do crescimento (GH) e um fator de crescimento insulínico I (IGF-I) controlam a síntese de proteínas que proporcionam a manutenção e função dos órgãos (Linder, 1985).

O modelo proposto para explicar a ação da Cromodulina como parte do sistema de sensibilização da insulina sugere que a Cromodulina é estocada na forma de apo no citosol e núcleo de células sensíveis à insulina. O aumento da insulina circulante provoca duas

situações concomitantes: maior mobilização do Cr para célula alvo, mediada principalmente pela transferrina; e mobilização de receptores de transferrina a partir de vesículas intracelulares para se fundirem com a membrana. Sendo assim, a transferrina saturada com Cr liga-se a seus respectivos receptores e o complexo formado é internalizado por endocitose. No espaço intravesicular o pH ácido promove a digestão deste complexo e a liberação do Cr para o citosol. Quatro íons de Cr^{3+} unem-se a apocromodulina tornando-se ativa sob a forma de cromodulina, que por sua vez liga-se ao sítio ativo no receptor insulínico, completando a ativação do mesmo e amplificando o sinal da insulina (Vicent, 1994) (Figura 2).

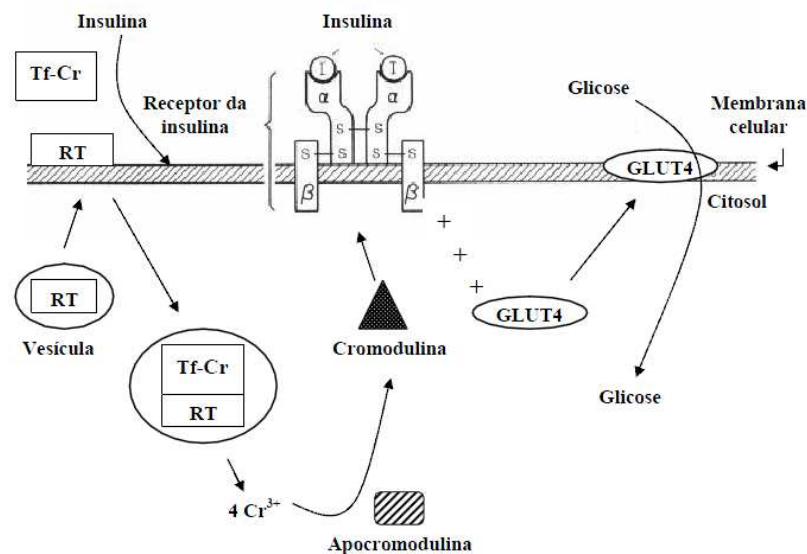


Figura 2: Modelo de ação do cromo (Vicent, 1994). RT = receptor transferrina; Tf-Cr = transferrina ligada ao cromo

O Cr atua ainda como antioxidante, além de ser essencial para a ativação de certas enzimas e estabilização de proteínas e ácidos nucleicos (Linder, 1985). Este micromineral pode acelerar a lipogênese a partir da glicose e armazenar os lipídeos no fígado e no tecido adiposo.

3.4. Efeitos do Cr

Estudos em animais mostraram que a deficiência dietética de Cr pode resultar em uma incapacidade de remover glicose eficientemente a partir da corrente sanguínea (Striffler et al., 1999). Evidências também sugerem a suplementação de Cr pode melhorar a resistência à insulina em animais em experimentação (Striffler et al., 1998).

Em aves, a suplementação de Cr na ração resultou em melhorá na velocidade de crescimento, eficiência alimentar, rendimento de carne e qualidade de carcaça com redução da quantidade de gordura (Gursoy, 2000). O Cr pode favorecer crescimento e eficiência alimentar de aves sob condições de estresse ambiental (Lien et al., 1999; Sahin et al., 2003).

Araújo et al., (2007) trabalhando com diferentes níveis de Cr na ração de codornas japonesas em fase de postura, concluíram que houve aumento no consumo e melhora na conversão alimentar de aves, quando suplementadas ao nível de 500 ppb na ração, observaram ainda que houve um aumento da produção de ovos comercializáveis, quando os animais estavam em ambiente de estresse por calor.

Com suínos, o Cr demonstrou ter influência na produtividade em alguns estudos enquanto em outros não obteve efeito. Page et al. (1993) relataram aumento na proporção de músculos na carcaça e redução na proporção de gordura corporal. Enquanto Amoikon et al. (1995) e Evock-Clover et al. (1993) não verificaram diferenças significativas no crescimento e desempenho de suínos.

A suplementação de Cr-metionina não influenciou nenhuma das variáveis de qualidade da carne, resultando semelhante àqueles obtidos por outras pesquisas com picolinato de Cr que, também, não demonstraram qualquer efeito na qualidade da carne nos animais (Boleman et al., 1995; Page et al., 1992).

O cromo pode aumentar o tráfico de GLUT4 e o transporte de glicose estimulada pela insulina. Além disso, estes resultados ao nível da célula são consistentes com observações in vivo de uma melhor tolerância à glicose e diminuição dos níveis de colesterol circulante após suplementação de cromo.

Em metaanálise realizada por Sales & Jancik (2011) utilizando resultados de 31 pesquisas nas quais o cromo foi suplementado como Cr metionina quelato, nanocomposição de Cr, Cr nicotinamida, Cr propionato, Cr tripicolinato e Cr levedura, os autores consideraram que diferenças no período de uso, dosagens e conflito de resultados dificultaram a metaanálise, relatando ainda que sobre o ganho de peso os resultados revelaram reduzido efeito positivo enquanto não foram verificados efeito sobre o consumo diário de ração.

Nesta mesma meta análise, os autores relataram que sobre a cor da carne (L^* , a^* , b^*) e e força de cisalhamento não verificaram efeito com a suplementação de Cr. Já entre as variáveis de característica de carcaça que a AOL e porcentagem de gordura na carcaça diminuíram o efeito com o aumento dos níveis de Cr.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeola, O., Ball, R.O., Young, L.G. (1992). Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. *The Journal of Nutrition*, 122, 488-495.
- Agostini, P.S., Pacheco, G.D., Silva, R.A.M., Ywazaki, M.S., Lozano, A.P., Vinokurovas, S.L., Dalto, D.B., Tarsitano, M.A., Silva, C.A., Bridi, A.M. (2008). Níveis de ractopamina para suínos: efeitos no desempenho e características de carcaça associado ao diâmetro das fibras musculares. In: Fórum Internacional de Suinocultura (4nd ed.). Curitiba, Brasil: Animal World, 104-105.
- Allhus, J.L., Schaefer, A.L., Murray, A.C., Jones, S.D.M. (1992). The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. *Meat Science*, 31, 397-409.
- Almeida, V.V., Berenchthein, B., Costa, L.B., Tse, M.L.P., Braz, D.B., Miyada V.S. (2010). Ractopamine, chromium-methionine and their combinations as metabolism modifier feed additives of growing and finishing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 9-11.
- Almeida, V.V., Nuñez, A.J.C., Schinckel, A. P., Andrade, C., Balieiro, J. C. C., Sbardella, M., Myiada, V.S. (2013). Time-response relationship of ractopamine feeding on growth performance, plasma urea nitrogen concentration, and carcass traits of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 91, 811-818.
- Amaral, N.O., Fialho, E.T., Cantarelli, V.S., Zangeronimo, M.G., Rodrigues, P.B., Girão, L.V.C. Ractopamine hydrochloride in formulated rations for barrows or gilts from 94 to 130 kg. (2009). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1494-1501.
- Amoikon, E. K., Fernandez, J.M., Southern, L. L., Thompson, D. L., Ward, T.L., Olcott, B. M. (1995). Effect of Chromium Tripicolinate on Growth Glucose Tolerande, Insulin Sensitivity, Plasma Metabolites, and Growth Hormone in Pigs. *Journal of Animal Science*, 73, 1123-1130.
- Anderson, R.A. (1988). Chromium: History and nutritional importance. *Biological Trace element Research*, 32, 409-421.
- Anderson, R.A., Brantner, J. H., Polansky, M. M. (1978). An improved assay for biologically active chromium in food samples and in animal tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26, 1219-1221.
- Apple, J.K., Rincker, P.J., Mckeith, F.K., Carr, S.N., Armstrong, T.A., Matzat, P.D. (2007). Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, 23, 179-196.
- Araújo J.S., Oliveira, V.E.T., Lima, J.A.F. (2007). Efeito do Picolinato de Cromo na Digestibilidade dos Nutrientes e Metabólitos Sanguíneos de Suínos. *Archivos Zootecnia*, 56, 137-143.
- Araújo, T.S., Porto, L.C.K., Mario, E.G., Pereira, M.S.S., Ferreira, M.S.S; Zangeronimo, M.G., Napinomga, M.H., Botion, L.M., Sousa, R.V. (2013). Ractopamine effect on lipid metabolismo and GLUT4 amount on finishing pigs. *Journal og Animal Science*, 38, 54-62.

Associação Brasileira de Criadores de Suínos. (2011). Método Brasileiro de Classificação de Carcaças, 17.

Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. (2013).

Bark, L.J., Stahly, T.S., Cromwell, O.L., Miyat, J.A. (1989). Influence of lean tissue growth capacity on responses of pigs to ractopamine. *Journal of Animal Science*, 67, 122.

Barros, R.A., Okoshi, M.P., Cicogna, A.C. (1999). Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, 72, 641-648.

Beermann, D.H., Butler, W.R., Hogue, D.E., Fishell, V.K., Dalrymple, R.H., Ricks, C.A., Scanes, C.G. (1987). Cimaterol-induced muscle hypertrophy and altered endocrine status in lambs. *Journal of Animal Science*, 65, 1514-1524.

Bergen, W.G., Johnson, S.E., Skjaerlund, D.M., Babiker, A.S., Ames, N.K., Merkel, R.A., Anderson, D.B. (1989). Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science*, 67, 2255-2262.

Boleman, S.L.; Boleman, S.J.; Bidner, T.D.; Southern, L.L.; Ward, T.L.; Pontif, J.E.; Pike, M.M. (1995). Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. *Journal of Animal Science*, 73, 2033-2042.

Chang, K.C., Da Costa, N., Blackley, R., Southwood O., Evans G., Plastow G., Wood Jd., Richardson Ri. (2003). Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. *Meat Science*, 64, 93-103.

Clarkson, P.M. Effects of exercise on chromium levels: is supplementation required (1997). *Sports Medicine*, 23, 341-349.

Corassa, A., Lopes, D.C., Teixeira, A.O. (2010). Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de RAC e fitase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1740-1747.

Corassa, A., Lopes, D.C., Teixeira, A.O., Corassa, S. (2008). Níveis De Rac Em Dietas De Suínos Em Terminação Contendo Fitase-Análise Descritiva. In: *Pork Expo & IV Fórum Internacional de Suinocultura*, 143-144.

Depreux, F. F. S., Grant, A.L., Anderson, D.B., Gerrard, D.E. (2002). Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. *Journal of Animal Science*, 80, 1888-1894.

Evans, V. G., Bowman, T.D. (1992). Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 46, 243-259.

Evock-Clover, C.M., Polansky, M.M., Anderson, R.A., Steele, N.C. (1993). Dietary Chromium Supplementation With or Without Somatotropin Tratmente Alters Serum Hormones and Metabolites in Growing Pigs Without Affecting Growth Performance. *The Journal of Nutrition*, 123, 1504-1512.

García, A.G.; Garns, P.M. (2004). Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la insulina. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, Colonia Juárez*, 42, 347-352.

- Girão, L.V.C., Resende, A.E., Cantarelli, V.S., Ferreira, L.V., Carvalho Júnior, F.M., Silva, C.T.C., Lima, J.A.F., Ferreira, M.A. (2008). Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. In: PorkExpo& IV Fórum Internacional de Suinocultura, 139-141.
- Gonzalez, F. H. D., Da Silva, S. C. (2006). Introdução a Bioquímica Clínica Veterinária, 360.
- Gunawan, A. M, Richert, B.T., Schinckel, A.P., Grant, A.L., Gerrard, D.E. (2007). Ractopamine Induces Differential Gene Expression In Porcine Skeletal Muscles. *Journal Of Animal Science*, 85, 2115-2124.
- Gursoy, U. (2000). Chromium in broiler diets. *Feed International*, 21, 24-26.
- Hoshi, E.H., Fonseca, N.A.N., Pinheiro, J.W., Bridi, A.M., Silva, C.A. (2005). Muscle fiber number and growth performance of pigs from sows treated with ractopamine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18, 1492–1497.
- Hossain, S. M., Barreto, S. L., Silva, C. G. (1998). Growth performance and carcass composition of broiler fed supplemental chromium from chromium yeast. *Animal feed science technology*, 71, 217-228.
- Latorre, M.A., Pomar, C., Faucitano, L., Gariépy, C., Méthot, S. (2008). The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines. *Livestock Science*, 115, 258-267.
- Lehninger, A. L., Nelson, D. L. (2007). *Princípios de Bioquímica*. 4.ed. São Paulo-Brasil, 1232.
- Lien, T. H., Homg, Y. M., Yang, K. H. (1999). Performance, serum characteristics, carcass traits and lipid metabolism of broilers as affected by chromium picolinate. *British Poultry Science*, 40, 357-363.
- Lindemann, M.D.C.M., Wood, A.F., Harper, E. T., Kornegay, R.A. (1995). Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *Journal of Animal Science*, 73, 457-465.
- Lindemann, M. D. (2007). Use of chromium as an animal feed supplement. *The Nutritional Biochemistry of Chromium(III)*, 85–118.
- Linder, M. C. (1985). *Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications*. Elsevier Publishing, p.189-192.
- Linhart, H. G., Ishimura-Oka, K., Demayo, F., Kibe, T., Repka, D., Poindexter, B., Bickl, R.J., Darlington, G.J. (2001). C/EBP α is required for differentiation of white, but not brown, adipose tissue. *Proceedings National Academic Science USA*, 98, 12532–12537.
- Liu, C. Y., Mills, S. E. (1990). Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68, 1603-1608.
- Lundberg, L. L. M., Cotecchia, S., Deblasi, A., Caron, M.G., Lefkowitz, R.J. (1987). Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted

desensitization and phosphorylation of alpha 1- adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. *Journal of Biological Chemistry*, 262, 3098-3105.

Maganhini, M.B., Mariano, B., Soares, A.L., Guarnieri, P.D., Shimokomaki, M., Ida, E.I (2007). Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 69-72.

Mcgraw, D., Liggett, S.B. (2005). Molecular mechanisms of β 2-adrenergic receptor function and regulation. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 2, 292-296.

Mersmann, H.J., Carey, G.B., Smith, E.O. (1997). Adipose tissue β -adrenergic and A1 adenosine receptors in suckling pigs. *Journal of Animal Science*, 75, 3161-3168.

Mersmann, H.J. (1998). Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *Journal of Animal Science*, Champaign, 76, 160-172.

Mertz, W. (1992). Chromium- history and nutritional importance. *Biological trace Element Researc*, 32, 3-8.

Mertz, W. (1993). Chromium in human nutrition: a review. *Jornaul of nutrition*, 123, 623-633.

Mills, S.E., Spurlock, M.E., Smith, D.J. (2002). Beta-adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lipolysis. *Journal of Animal Science*, 813, 662-668.

Moody, D.E., Hancock, D.L., Anderson, D.B. (2000). Phenethanolamine repartitioning agents. In: D'MELLO, J. P. F. D. (Ed.). *Farm animal metabolism and nutrition*, 4, 65-95.

Morris, B.W. (1993). The inter-relationship between insulin and chromium in hyperinsulinaemic euglycaemic clamps in healthy volunteers. *Journal of Endocrinology*, 139, 339-345.

Page, T.G., Southern, T.L., Thompson, D.L.J. (1993). Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *Journal Animal Science*. 71, 656-662.

Page, T.G., Boleman, S.L., Pike, M.M., Ward, T.L., Boleman, S.J., Southern, L.L., Bidner, T.D., Pontif, J.E. (1992). Effect of chromium picolinate on carcass traits and aging on pork quality. *Journal of Animal Science* 70, 218.

Parr, T., Jewell, K.K., Sensku, P.L., Brameld, J.M., Barsley, R.G., Buttery, P.J. (2004). Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 427, 8-15.

Peterla. I.A., Scanes, C.G. (1990). Effects of {beta}- adrenergic agonists on lypolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. *Journal of Animal Science*, 68, 1024-1029.

Ricke, E. A., Smith, D.J., Feil, V.J., Larsen, G.L., Caton, J.S. (1999). Effects of ractopamine Hcl stereoisomers on growth, nitrogen retention, and carcass composition in rats. *Journal of Animal Science*, 77, 701-707.

Sales, J., Jancík, 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, 4043-4067.

Sahin, K.; Sahin, N.; Küçük, O. (2003). Effects of chromium and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high environmental temperature (32°C). *Nutrition Research*, 23, 225-238.

Sanches, J.F., Kiefer, C., Moura, M.S., Silva, E.A., Carrijo, A.S., Luz, M.F., Nantes, C.N. (2008). Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos em ambiente de conforto térmico. In: *Fórum Internacional De Suinocultura* (4th ed), Curitiba, Brasil. 4, 117-119.

See, M.T., Armstrong, T.A., Weldon, W.C. (2004). Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 82, 2474-2480.

Smith, D.J. (1998). The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. *Journal of Animal Science*, 76, 173-194.

Spurlock, M.E., Cusumano, J.C., Ji, S.Q., Anderson, D.B., Smith II, C.K., Hancock, D.L., Mills, S.E. (1994). The effect of ractopamina on β -adrenoceptor density and affinity in porcine adipose and skeletal muscle tissue. *Journal of Animal Science*, 72, 75-80.

Stites, C.R., McKeith, F.K., Singh, S.D., Bechtel, P.J., Mowrey, D.H., Jones, D.J. (1991). The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, 69, 3094-3101.

Stoller, G.M., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Baas, T.J., Johnson, C., Watkins, L.E. (2003). The effect of feeding ractopamina (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *Journal of Animal Science*, 81, 1508-1516.

Striffler, J.S., Polansky M.M., Anderson, R.A. (1998). Dietary chromium decreases insulin resistance in rats fed a high fat, mineral-imbalanced diet. *Metabolism*, 47, 396-400.

Striffler, J.S., Polansky, M.M., Anderson, R.A. (1999). Overproduction of insulin in the chromium - deficient rat. *Metabolism*, 48, 1063-1068.

Sumano, L.H., Ocampo C.L., Gutiérrez, O.L. (2002). Clenbuterol y otros β -agonistas, una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública. *Veterinaria Mexico*, 33, 137-159.

Uttaro, B.E., Ball, R.O., Dick, P., Rae, W., Vessie, G., Jeremiah, L.E. (1993). Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science*, 71, 2439-2449.

Vicent, J.B. (1994). Relationship between glucose tolerance factor and low-molecular weight chromium-binding substance. *Journal of Nutrition*, 124, p. 117-119.

Vincent, J. B. (1999). Mechanisms of chromium action low-molecular-weight chromium-binding substance, *The Journal of the American College Nutrition*, 18, 6-12.

Watanabe, P.H., Thomaz, M.C., Pascoal, L.A.F., Pascoal, L.A.F., Ruiz, U.S., Daniel E., Cristiani, J. (2011). Ractopamine in diets for finishing gilts. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 827-833.

Watkins, L.E., Jones, D.J., Mowrey, D.H., Anderson, D.B., Veenhuizen, E.L. (1990). The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance of finishing swine. *Journal of Animal Science*, 68, 3588-3595.

Weber, T.E., Richert, B.T., Belury, M.A., Gu, Y., Enright, K., Schinckel, A.P. (2006). Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growthperformance, pork quality, and fatty acid profiles genetically lean gilts. *Journal of Animal Science*, 84, 720-732.

Xiong, Y.L., Gower, M.J., Li, C., Elmore, C.A., Cromwell, G.L., Lindemann, M.D. (2006). Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*, 73, 600-604.

CAPÍTULO I

CROMO LEVEDURA E RACTOPAMINA EM DIETAS PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO

INTRODUÇÃO

De modo geral, a qualidade da carcaça suína está diretamente relacionada com o aumento da porcentagem de carne magra, e para isso os avanços na nutrição e a utilização de modificadores de carcaça vêm contribuindo para promover aumento de sua qualidade, melhorando consequentemente o valor pago aos produtores. A ractopamina (RAC) é um agonista β adrenérgico que atua sobre as células dos tecidos muscular e adiposo, promovendo maior deposição de tecido magro, com redução no teor de gordura das carcaças de suínos em terminação (Watanabe et al., 2011).

Outro modificador do metabolismo é o Cr, que aumenta a fluidez da membrana celular por facilitar a ligação da insulina com seu receptor, aumentando a sensibilidade da célula à glicose (Evans & Bowman, 1992). Desta forma, ocorre potencialização da atividade anabólica da insulina, sendo a função principal da molécula de intolerância a glicose (GTF) a regulação dos níveis sanguíneos da glicose. Quando ligada ao seu receptor, a insulina possibilita a absorção e o metabolismo celular da glicose participando do metabolismo bioquímico de sua remoção do sangue. Uma vez absorvida pela célula, esta glicose é utilizada como fonte de energia, o qual por regulação anabólica pelo hormônio do crescimento (GH) e um fator de crescimento insulínico I (IGF-I) controlam a síntese de proteínas que proporcionam a manutenção e função dos órgãos (Linder, 1985).

Apesar da comprovação do efeito da RAC, não há muitas informações a respeito do Cr, na forma de organo mineral sobre o desempenho e a qualidade da carcaça do animal. Além disso, há uma escassez de trabalhos sobre o efeito da suplementação com a RAC e o Cr na forma de levedura. Assim, diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência de planos nutricionais com CrL e RAC no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e variáveis sanguíneas de suínos em terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e manejo

Todos os procedimentos experimentais utilizados neste estudo estão em conformidade com o CEUAP, protocolado sob nº06/2013 da Universidade Federal de Viçosa.

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 04 de fevereiro a 2 de abril de 2013. Utilizou-se 96 suínos machos castrados híbridos comerciais com peso médio inicial de 75,07 $\pm$ 3,9 kg. Os animais foram alojados em baias de concreto, providas de comedouros de concreto e de bebedouros tipo chupeta, em galpão de alvenaria com piso de concreto e coberto com telhas de barro tipo francesa.

Os animais receberam ração e água à vontade durante todo período experimental, que teve duração de 42 dias. As sobras das rações foram coletadas e pesadas diariamente até o final do período experimental para determinar o consumo de ração diário (CRD). Os animais foram pesados individualmente no início do período experimental e aos 42 dias de experimento, permitindo desta forma, determinar a variável ganho de peso diário (GPD) e calcular a conversão alimentar (CA).

A temperatura foi registrada diariamente às 17:00 h obtendo as médias da temperatura, mínima e máxima, respectivamente, de 20,73 $\pm$ 1,62 C° e 26,07 $\pm$ 2,11 C°.

Delineamento experimental e planos nutricionais

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos, oito blocos e dois animais por baia. Cada baia foi considerada uma unidade experimental para as variáveis consumo de ração diário e conversão alimentar, já para as variáveis ganho de peso diário, qualidade de carne, características da carcaça e variáveis sanguíneas, cada animal dentro da baia foi considerado uma repetição.

O experimento foi composto por dois períodos: período 1 com duração de 14 dias, no qual os animais dos tratamentos 1, 4 e 5 consumiram ração controle (RC) e animais dos tratamentos 2, 3 e 6 consumiram ração com cromo levedura (CrL). No período 2, com duração de 28 dias os tratamentos 1 e 2 foram subdivididos nos 6 tratamentos perfazendo-se os PN: P1 RC/RC; P2 CrL/correção para aminoácido (AA); P3 CrL/AA+RAC; P4 RC/CrL; P5 RC/AA+CrL e P6 CrL/AA+RAC+CrL.

As rações experimentais apresentadas nas Tabelas 1 e 2 foram formuladas para atenderem as recomendações nutricionais dos animais conforme descrito por Rostagno et al.

(2011). O CrL quando utilizado foi adicionado na dosagem de 400 ppb (Cofactor – Alltech do Brasil) e a RAC (Ractop – Hertapcalier) na dosagem de 10 ppm, de acordo com os tratamentos em substituição ao inerte.

Tabela 1: Composição química por tonelada e nutricional das rações experimentais utilizadas no período 1.

Ingredientes	RC	CrL
	Kg/Tonelada	
Milho	755,800	755,800
Farelo de Soja	200,000	200,000
Calcário	5,100	5,100
Óleo de Soja	15,000	15,000
Fosfato Bicálcico	9,400	9,400
Sal	4,600	4,600
L-Lisina-HCl (78,5%)	2,900	2,900
DL-Metionina (99,5%)	0,700	0,700
L-Treonina (98,5%)	0,800	0,800
Caulin (Inerte)	1,000	0,600
L-Triptofano (99,5%)	0,500	0,500
Suplemento Mineral ¹	2,000	2,000
Suplemento Vitamínico ²	1,000	1,000
Cromo Levedura	-	0,400
Antioxidante ³	0,100	0,100
Sulfato de Cobre Pentahidratado	0,400	0,400
Tiamulina 20%	0,700	0,700
Total (kg)	1.000,00	1.000,00
Composição nutricional calculada		
Energia Metabolizável, kcal/kg	3.300,00	3.300,00
Proteína Bruta, %	15,349	15,349
Gordura, %	4,624	4,624
Fibra Bruta, %	2,366	2,366
Cálcio, %	0,540	0,540
Fósforo Disponível, %	0,264	0,264
Fósforo Total, %	0,475	0,475
Cloro, %	0,304	0,304
Sódio, %	0,200	0,200
Lisina Digestível, %	0,870	0,870
Metionina Digestível, %	0,287	0,287
Met +Cis Digestível, %	0,520	0,520
Treonina Digestível, %	0,580	0,580
Triptofano Digestível, %	0,156	0,156
Valina Digestível, %	0,634	0,634
Relação Met Dig/Lis Dig, %	33	33
Relação Met +Cis Dig/Lis Dig, %	60	60
Relação Treo Dig/Lis Dig, %	67	67
Relação Trip Dig/Lis Dig, %	18	18
Relação Val Dig/Lis Dig, %	73	73

¹Fornece por Kg de ração: 100 mg de Ferro; 10 mg de Cobre; 1 mg de Cobalto; 40 mg de Manganês; 100 mg de Zinco, 1,5 mg de Iodo e 0,22 mg de Selênio

²Fornece por Kg de ração: 8.000 UI de Vit. A; 1.200 UI de Vit. D₃; 20 UI de Vit. E; 2 mg de Vit. K₃; 1 mg de Vit. B₁; 4 mg de Vit. B₂; 22 mg de ácido nicotínico; 16 mg de ácido pantotênico; 0,50 mg de vit. B₆; 0,020 mg de vit B₁₂; 0,4 mg de ácido fólico; 0,120 mg de biotina; 400 mg de colina e 30 mg de antioxidante.

³Banox 100.

Tabela 2: Composição química por tonelada e nutricional das rações experimentais utilizadas no período 2.

Ingredientes	RC	AA	AA+RAC	CrL	AA+CrL	AA+Rac+CrL
Milho	772,75	708,27	708,27	772,24	708,27	708,27
Farelo de Soja	190,00	252,00	252,00	190,00	252,00	252,00
Calcário	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30
Óleodegomado	13,00	15,00	15,00	13,00	15,00	15,00
Fosfato Bicalcico	8,21	7,68	7,68	8,21	7,68	7,68
Sal	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Lisina HCl	2,05	2,10	2,10	2,05	2,10	2,10
DL-Metionina	0,45	0,65	0,65	0,45	0,65	0,65
L-Treonina	0,25	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50
Caulim (Inerte)	1,00	1,50	1,00	1,10	1,10	0,60
Ractopamina (2%)	-	-	0,50	-	-	0,50
Suplemento Mineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Suplemento Vitamínico ²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cromo Levedura	-	-	-	0,40	0,40	0,40
Antioxidante ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sulfato de Cobre pentahidratado	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Total (kg)	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Composição nutricional calculada						
EMetabolizável, kcal/kg	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
Proteína Bruta, %	14,911	17,220	17,220	14,911	17,220	17,220
Gordura, %	4,420	4,507	4,507	4,451	4,507	4,507
Fibra Bruta, %	2,345	2,560	2,560	2,344	2,560	2,560
Cálcio, %	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530
Fósforo Disponível, %	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
Fósforo Total, %	0,451	0,460	0,460	0,451	0,460	0,460
Sódio, %	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Cloro, %	0,244	0,245	0,245	0,244	0,245	0,245
Lisina Digestível, %	0,780	0,930	0,930	0,780	0,930	0,930
Metionina Digestível, %	0,260	0,303	0,303	0,260	0,303	0,303
Met +Cis Digestível, %	0,490	0,560	0,560	0,490	0,560	0,560
Treonina Digestível, %	0,520	0,620	0,620	0,520	0,620	0,620
Triptofano Digestível, %	0,147	0,179	0,179	0,147	0,179	0,179
Valina Digestível, %	0,620	0,720	0,720	0,620	0,720	0,720
Relação Met Dig/Lisi Dig, %	33	32	32	33	32	32
Relação Met+Cis Dig/LisDig,%	62	60	60	62	60	60
Relação Treo Dig/Lis Dig, %	66	66	66	66	66	66
Relação Trip Dig/Lis Dig, %	18	19	19	18	19	19
Relação Val Dig/Lis Dig, %	79	77	77	79	77	77

¹Fornece por Kg de ração: 100 mg de Ferro; 10 mg de Cobre; 1 mg de Cobalto; 40 mg de Manganês; 100 mg de Zinco , 1,5 mg de Iodo e 0,22 mg de Selênio

²Fornece por Kg de ração: 8.000 UI de Vit. A; 1.200 UI de Vit. D₃; 20 UI de Vit. E; 2 mg de Vit. K₃ ; 1 mg de Vit. B₁; 4 mg de Vit. B₂; 22 mg de ácido nicotínico; 16 mg de ácido pantotênico; 0,50 mg de vit. B₆; 0,020 mg de vit B₁₂; 0,4 mg de ácido fólico; 0,120 mg de biotina; 400 mg de colina e 30 mg de antioxidante.

³Banox 100.

Análise e coleta de sangue

Antes da pesagem dos animais, ao início do experimento foram coletado sangue de 16 animais correspondendo a 10% do lote e, aos 14 e 42 dias após o início do experimento de todos os animais. O sangue foi coletado através de punção no seio orbital, os animais ficaram 12 h de jejum, em seguida, receberam ração à vontade por 1 hora e após foi retirado a ração e ficaram mais uma hora em jejum para retirada do sangue. As amostras foram centrifugadas a

1500xg durante 15 min. Estas foram armazenadas a -20° até a realização das análises. Foram realizadas as análises dos teores de glicose, uréia, colesterol, lipoproteína de alta densidade (HDL) e triglicerídeos, com seus respectivos kits Bioclin pelo método enzimático colorimétrico, com exceção da uréia que foi realizada pelo método cinético do tempo fixo, através do analisador bioquímico automático Mindray, modelo BS 200E. As análises foram realizadas no Laboratório de Reprodução e Fisiologia, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Abate e processamento das carcaças

Ao final do período experimental foi adotado um período de jejum de 24 horas. Os animais foram transportados até o frigorífico comercial Saudali e foram abatidos por insensibilização e sangramento, segundo Instrução Normativa Nº 3, De 17 De Janeiro De 2000 (Mapa, 2011).

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meia carcaças e pesadas para se obter o peso da carcaça quente (PQC) e o rendimento de carcaça. Após a pesagem, foram resfriadas em câmara fria por 24 horas a 0° C, sendo penduradas pelas articulações tarso metatarsianas. O rendimento de carcaça (RC) foi obtido em relação ao peso de carcaça quente (PCQ), bem como em relação ao peso corporal dos animais ao abate (PCJ), calculados através das fórmulas: $RC (\%) = (PCQ \times 100)/PCJ$. O rendimento de carne magra (RCM) foi calculado através $RCM (\%) = 60 - (Espessura \text{ de } \text{Toucinho} \times 0,58) + (Profundidade \text{ de } \text{Músculo} \times 0,1)$. Já a quantidade de carne resfriada (kg) calculou-se pela equação: $QCR (kg) = 7,38 - (0,48 \times \text{Espessura de Toucinho mm}) + (0,059 \times \text{Profundidade de Músculo mm}) + (0,525 \times \text{Peso Carcaça Quente kg})$. As características de carcaça foram avaliadas seguindo o que preconiza o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973).

Para medição da profundidade de músculo (PM) utilizou a pistola eletrônica. A Probe da pistola foi introduzida na camada de gordura e na cavidade muscular, até a cavidade corpórea na carcaça ainda quente, após a limpeza completa, a 6 cm da linha dorsal mediana da carcaça, entre a última e a penúltima costela, e retirada logo após a leitura.

Após o resfriamento, a meia carcaça direita de cada animal foi seccionada entre a 10° e 11° costela, para avaliação da área de lombo (AOL). Para mensurar a AOL, colocou-se sobre a superfície da referida seção uma película transparente, de plástico, na qual desenhou o contorno do músculo com caneta própria. Após obter o contorno, foi tirada uma cópia da película transparente, em papel com área e peso conhecido. Recortou-se o contorno que

estava no referido papel e foi pesado cada parte em balança de precisão para obter a área da seção transversal do músculo, sendo $AOL = (\text{Peso da amostra} \times \text{área do papel}) / \text{peso do papel}$.

As medidas de pH da carcaça foram tomadas após 45 minutos do abate dos animais (pH₁) e após 24 horas de refrigeração (pH₂). O pH foi medido com auxílio de um pHmetro portátil, com eletrodo de inserção. Previamente, com a faca, perfurou-se a pele, a manta de gordura e a carne, antes de inserir o eletrodo no músculo para realização da leitura (Ramos e Gomide, 2007).

Coleta das amostras

Amostra do músculo *Longissimus dorsi*, situado na meia carcaça direita foi retirada, sendo separada em amostras para realização das análises de força de cisalhamento, perdas por descongelamento e cocção, oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas a -18 ° C. As análises foram realizadas no Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Avaliação da qualidade de carne

Análise de fibra muscular

As análises de fibra muscular foram conduzidas no Laboratório de Histologia e Embriologia Animal, no Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras foram coletadas na linha de abate do frigorífico Saudali. Foram utilizadas amostras de 0,5 cm de comprimento por 0,5 cm de largura do músculo *Longissimus dorsi*, colocadas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80° C.

Para inclusão em parafina um fragmento da fibra muscular foi submetido à desidratação em série crescente de etanol (70, 80, 90% e absoluto) em banhos de 30 minutos cada e à diafanização em três passagens consecutivas de meia hora em xilol, até inclusão em parafina. O bloco contendo o fragmento de fibra foi seccionado em micrótomo rotativo (Reichert-Jung), com navalha de aço, obtendo-se cortes semi-sequenciais de 4µm de espessura. Em seguida foram coradas pelo método hematoxilina e eosina (HE). Após a coloração, foram capturadas 10 imagens de cada lâmina por meio de câmera Olympus® U-CMAD-2 (Olympus Corporation Tokyo Japan) que estava acoplada diretamente ao microscópio ótico de luz Olympus® BX-60™ (Olympus Corporation, Tokyo, Japan), com objetiva de 20X e auxílio do aplicativo Image-Pro® Plus v.4.5.0.29 (Media Cybernetics,

Maryland, USA). Este aplicativo permite a segmentação das seções transversais das fibras musculares das imagens, obtendo assim seu diâmetro. Foram feitas medições de 10 fibras de cada lâmina.

Mensuração da perda líquida no descongelamento, cocção e total

Uma amostra de carne de cada carcaça, bife do *Longissimus dorsi* com 2,54 centímetros de espessura (mais ou menos 130 gramas) foi utilizada para a mensuração de perda de líquido no descongelamento (PLD) e na cocção (PLC). A amostra de carne congelada foi pesada, identificada e colocada sobre a grade de uma geladeira doméstica por 24 horas, a 4°C, para descongelar. Após 24 horas, a amostra foi retirada da geladeira, enxugada levemente com papel toalha e pesada novamente. O cálculo da perda líquida no descongelamento foi realizado de acordo com a fórmula a seguir:

$$\text{PLD (\%)} = \frac{(\text{Peso da amostra congelada} - \text{Peso da amostra descongelada}) \times 100}{\text{Peso da amostra congelada}}$$

Para perda de líquido por cocção (PLC), esta mesma amostra permaneceu por 30 minutos à temperatura ambiente, sendo, em seguida, assada em forma com grelha. O forno foi previamente aquecido por 20 minutos a 150°C. Foi utilizado sempre um mesmo número de amostras e uma amostra representando cada um dos seis tratamentos por fornada.

As amostras foram assadas sem adição de qualquer condimento, até atingirem a temperatura interna de 71°C. O monitoramento da temperatura interna dos bifes foi realizado com termômetros tipo K, cuja sonda foi inserida no centro geométrico de um dos bifes. Depois de atingida a temperatura interna desejada, os bifes foram retirados do forno e mantidos à temperatura ambiente para resfriarem. A seguir, foram embalados, identificados e deixados por mais 24 horas na geladeira, sendo pesados novamente após este período. Para cálculo da perda líquida por cocção foi utilizada a fórmula a seguir:

$$\text{PLC (\%)} = \frac{(\text{Peso da amostra descongelada} - \text{Peso da amostra assada}) \times 100}{\text{Peso da amostra descongelada}}$$

A porcentagem de perdas totais foi obtida através da relação entre o bife congelado e o bife assado.

Mensuração da maciez

A maciez da carne foi estimada através da força de cisalhamento (*shear force*). As amostras (bifes) para análise de maciez foram retiradas com espessura de 2,54 cm. No momento da análise essas amostras foram descongeladas em geladeira durante 24 horas, à temperatura de 5°C, até atingirem temperatura interna de 2 a 5 °C. Os bifes foram, em seguida, assados, utilizando-se forno elétrico, pré-aquecido a 150°C, sendo revirados a cada 15 minutos, até atingirem temperatura interna de 71 °C. O monitoramento da temperatura interna dos bifes foi realizado através de termômetros tipo K, cujas sondas foram inseridas no centro geométrico de cada bife. Depois de atingirem a temperatura interna desejada, os bifes foram retirados do forno e resfriados, em geladeira, durante uma noite até atingirem temperatura interna de 2 a 5 °C. Cinco amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram removidas de cada bife, de forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox, devidamente afiado. As amostras cilíndricas foram cisalhadas, a uma temperatura entre 2 e 5 °C, perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60°, 1,016 mm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan – KS, USA).

Oxidação lipídica

A curva padrão e o preparo das amostras foram realizados utilizando-se o método de extração ácido aquosa, conforme descrito por Kang et al. (2001). Para a determinação da curva foi preparada uma solução 0,0001 M do padrão 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) em ácido perclórico 3,86%. Dessa solução foram retiradas alíquotas, que foram transferidas para balões volumétricos de 10 mL sendo, em seguida, o volume completado com ácido perclórico 3,86%. De cada balão, 2 mL foram transferidos para tubos de ensaio com tampa. Posteriormente foi adicionado 2 mL da solução aquosa 20 mM de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), os tubos foram fechados, agitados e aquecidos em banho-maria fervente por 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, foi lida a densidade ótica em espectrofotômetro a 532 nm. Com as leituras de absorbâncias obtidas, foi então traçada uma curva de calibração para o cálculo dos níveis de substâncias que reagem ao TBA (TBARS) nas amostras. O preparo da amostra e determinação da oxidação lipídica foi conduzido da seguinte forma: em um tubo de ensaio médio, foram pesados aproximadamente 3 g da carne, foi feita a adição de 18 mL de ácido perclórico 3,86%, e em seguida o tubo com esse conteúdo foi levado em um agitador tipo Vórtex por 15 segundos a alta velocidade. O

homogeneizado foi filtrado em papel de filtro Whatman nº1. Posteriormente, 2 mL do filtrado foram colocados em tubos de ensaio pequenos com rosca, por duplicata, acrescidos de 2 mL de solução aquosa 20 mM de TBA. Os tubos foram aquecidos em banho-maria fervente por 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, a densidade ótica foi lida em espectrofotômetro a 532 nm. A quantidade de TBARS da amostra foi expressa em mg de malonaldeído por kg de carne.

Perfil de ácido graxo

A quantificação dos lipídios da amostra do *Longissimus dorsi* foi feita segundo a metodologia de Wang et al. (2001), por cromatografia gasosa utilizando-se o método de metilação direta. Foram pesados aproximadamente 30 mg da carne liofilizada em um tubo de esterificação. Foi acrescentado 2,0 mg/mL do padrão interno (ácido nonadecanóico, C19:0) em hexano, 1 mL de metanol e 3 mL de HCl metanólico 3N. Os tubos foram fechados e levados ao banho-maria a 95°C por uma hora. Após resfriarem a temperatura ambiente, foi adicionado 8 mL de solução de NaCl 0,88% e 3 mL de hexano, em seguida, o conteúdo foi misturado em agitador de tubos. Os tubos foram mantidos em repouso até a separação das fases. A camada superior foi recolhida e transferida para um vidro âmbar devidamente identificado. As amostras foram mantidas em freezer para posterior injeção no cromatógrafo gasoso. Os metil ésteres dos ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção dos padrões. O conteúdo dos ácidos graxos do *Longissimus dorsi* foi expresso em porcentagem. O teor de cada ácido graxo na amostra do *Longissimus dorsi* foi calculado como segue:

$$AGi = (A \times L \times F) / 100$$

AGi = teor do ácido graxo na amostra (g/100g);

A = porcentagem de área de cada um dos picos obtidos nos cromatogramas;

L = teor de gordura da amostra (g/100g);

F = 0,910, fator que corrige o teor de gordura para componentes lipídicos que não são ácidos graxos.

Mensuração da cor

Para a determinação da cor foi utilizada uma amostra de carne de cada carcaça, bife do *Longissimus dorsi* com 2,54 centímetros de espessura (mais ou menos 130 gramas) que foi

armazenada por mais 24 horas em freezer à -20°C. As amostras foram descongeladas em ambiente refrigerado a 5°C, em bandejas de isopor recobertas com filme permeável e após 40 minutos de exposição ao ar (temperatura ambiente) foi feita a leitura da coloração. A leitura foi realizada com o auxílio de um colorímetro portátil com sistema de cor em absorbância e transmitância. Os índices L^* =Luminosidade (0=preto e 100=branco); a^* = tonalidade de vermelho (+ tende a vermelho e - tende a verde); b^* = tonalidade de amarelo (+ tende a amarelo e - tende a azul) foram obtidos considerando-se o valor médio de cinco leituras realizadas em diferentes pontos de cada músculo.

O croma (saturação) da carne indica a pureza da cor, o quanto está diferente da cor cinza (cor viva ou fosca). O valor do croma é zero no centro e aumenta de acordo com a distância em relação ao centro. Foi calculado o valor do croma pela fórmula, $Croma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$,

A tonalidade (cor) é o atributo pela qual se identificam as cores (violetas, azul, amarelo, laranja, vermelha e púrpura). É a percepção da absorção da energia radiante em vários comprimentos de onda. É expressa em graus. Representa o ângulo formado com o eixo x (valor).

O ângulo de 0° corresponde ao vermelho ($+a^*$), 90° ao amarelo ($+b^*$), 180° ao verde ($-a^*$) e o ângulo de 270° á cor azul ($-b^*$). A tonalidade foi calculada pela fórmula $h = \tan^{-1}(a^*/b^*)$ segundo Bridi et al. (2006).

Análise estatística

Os dados foram analisados por meio do PROC MIXED do Software Estatístico-SAS 9.0. Para diferentes planos nutricionais foram realizadas análise de variância e as médias comparadas pelo teste de "Tukey-Krammer" considerando efeito significativo para $P < 0,05$. Para as variáveis ganho de peso diário, características da carcaça e qualidade de carne o modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ijk}$$

em que:

y_{ijk} é o valor observado na variável resposta y submetido ao tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 6$) no bloco j ($j = 1, 2, \dots, 8$) e repetição k;

μ é a constante referente a todas observações;

α_i é o efeito fixo de tratamento α_i ;

β_j é o efeito aleatório do bloco;

e_{ijk} é o efeito do erro experimental.

Essas variáveis foram analisadas considerando o animal como repetição porque tais são possíveis de serem mensuradas por animal, o que aumenta o valor de n e diminui o erro experimental.

O modelo estatístico utilizado para consumo de ração diário, conversão alimentar e diâmetro de fibra muscular foi:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

em que:

y_{ij} é o valor observado na variável resposta y submetida ao tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 6$) no bloco j ($j = 1, 2, \dots, 8$);

μ é a constante referente a todas observações;

α_i é o efeito do tratamento α_i ;

β_j é o efeito aleatório do bloco;

e_{ij} é o efeito do erro experimental

Essas variáveis não são possíveis de serem mensuradas por animal, então neste caso a unidade experimental foi a baia.

Para as variáveis sanguíneas o modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + a_{i(jk)} + \tau_l + \alpha\tau_{il} + e_{ijkl}$$

em que:

y_{ijkl} é o valor observado na variável resposta submetida ao tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 6$) no bloco j ($j = 1, 2, \dots, 8$) e repetição k no período l.

μ é a constante referente a todas observações;

α_i é o efeito fixo de tratamento α_i ;

β_j é o bloco;

$a_{i(jk)}$ é a repetição k do tratamento i no bloco j;

τ_l é o período;

$\alpha\tau_{il}$ é a interação tratamento x período;

e_{ijkl} é o efeito do erro experimental associado a observação y_{ijk} .

A coleta de sangue foi ao longo dos 42 dias realizados no mesmo animal (0, 14 e 42 dias), justificando o uso da medida repetida no tempo.

Para comparações entre tratamentos específicos foi realizada comparação de médias das variáveis através de análise de Contrastes de interesse considerando efeito significativo $\alpha < 0,05$. Os contrastes testados foram: C1 : RC/RC - RC/CrL, C2 : CrL/AA+RAC - CrL/AA+RAC+CrL; C3: CrL/AA - CrL/AA+RAC; C4: RC/RC - RC/CrL+AA; C5 : RC/CrL - RC/AA+CrL.

RESULTADOS

Os suínos ao final do experimento apresentaram peso médio de $124,76 \pm 6,48$ kg. Os planos nutricionais (PN) influenciaram o desempenho dos suínos dos 75 aos 125 kg de peso vivo (Tabela 3).

O maior PF ($P < 0,001$) e GPD ($P < 0,001$) foi observado para os suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC+CrL, o qual foi semelhante ao PN com CrL/AA+RAC, e superior aos demais tratamentos. A utilização do PN CrL/AA+RAC proporcionou aos suínos PF e GPD intermediário, sendo este semelhante aos obtidos com o uso de RC/RC, CrL/AA e RC/CrL e superior ao PN com RC/AA+CrL, enquanto este foi semelhante ao obtido com RC/RC e CrL/AA.

Os suínos alimentados com o PN CrL/AA+RAC+CrL apresentaram PJ maior ($P < 0,001$) que aqueles submetidos aos PN RC/RC, CrL/AA, RC/CrL e RC/AA+CrL. Observou-se que o PN CrL/AA+RAC promoveu PJ intermediário sendo este semelhante ao obtido com o uso de CrL/AA+RAC+CrL, RC/RC, CrL/AA e superior ao RC/AA+CrL. Os PN avaliados não influenciaram ($P > 0,076$) o CRD.

Para a CA verificou-se que melhores resultados ($P < 0,001$) foram obtidos com os PN CrL/AA+RAC+CrL e CrL/AA+RAC, sendo estes semelhantes entre si.

Na análise dos contrastes foi observado maior GPD ($P < 0,03$) e CRD ($P < 0,03$) para os suínos submetidos ao PN com CrL /AA+RAC+CrL quando comparado ao uso de CrL/AA+RAC nas rações (Tabela 4).

Os suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC apresentaram maior PF ($P < 0,02$), PJ ($P < 0,01$), GPD ($P < 0,013$) e melhor CA ($P < 0,001$) quando comparado aos animais consumindo ração com CrL/AA na fase de terminação.

Os PN não influenciaram ($P > 0,05$) as características de carcaça avaliadas: espessura de toucinho (ET), rendimento de carcaça (RC), peso da carcaça quente (PCQ), profundidade

de músculo (PM), rendimento de carne (RCM), quantidade de carne magra (QCM). (Tabela 3).

A utilização de diferentes PN influenciou a AOL ($P<0,004$), sendo verificada maior AOL nos suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC quando comparado a utilização de RC/CrL. AOL obtida nos animais submetidos aos demais PN foram semelhantes entre si. Quando comparados os contrastes foi verificada maior AOL ($P<0,01$) nos suínos consumindo ração com Cr/AA+RAC quando comparado ao grupo consumindo apenas CrL /AA (Tabela 4).

Maior ϕ FM ($P<0,011$) foi verificado nas células musculares dos suínos submetidos aos PN CrL/AA+RAC+CrL e RC/CrL sendo estes superiores ao grupo consumindo RC/RC, enquanto os suínos submetidos aos demais PN apresentaram ϕ FM intermediários.

Os PN influenciaram a perda líquida por descongelamento (PLD), o valor de Cie a*, tonalidade (TON) e oxidação lipídica (TBARS) (Tabela 3).

A PLD ($P<0,009$) determinada na carne dos suínos submetidos ao PN RC/RC foi inferior a obtida com o uso do PN CrL/AA+RAC. Maior valor Cie a* foi determinado na carne dos animais submetidos ao PN CrL/AA+RAC quando comparado ao PN CrL/AA+RAC+ CrL, todavia, os demais PN apresentaram valor de Cie a* semelhantes.

Os suínos submetidos ao PN CrL/AA+ RAC+ CrL apresentaram maior TON do músculo Longissimus dorsi frente aos demais suínos.

Menor concentração de TBARS foi verificada no músculo Longissimus dorsi dos suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC frente ao grupo consumindo ração CrL/AA, enquanto os animais dos demais PN apresentaram valor de TBARS semelhantes entre si.

Na comparação de médias entre os PN não foram observados efeitos sobre as variáveis de qualidade de carne avaliadas: pH 45 minutos após o abate (pH1), pH 24h após o abate (pH2), força de cisalhamento (FC), perda líquida por cocção (PLD), perda líquida total (PLT), colorimetria (L^* e b^*) e croma (Tabela 3).

Na análise dos contrastes foram observados menores valores de Cie a* ($P<0,001$), Cie b* ($P<0,004$), croma ($p<0,001$) e maior Ton ($P<0,004$) no músculo Longissimus dorsi para suínos consumindo ração com CrL/AA+RAC+CrL quando comparado ao grupo consumindo CrL/AA+RAC.

A comparação entre os PN com Cr/AA e Cr/AA+RAC revelou aumento do valor de Cie a* ($P<0,02$), Cie b* ($P<0,05$) e redução da concentração de TBARS ($P<0,04$) com o uso da ractopamina.

Menor valor de pH₂ ($p < 0,04$) foi verificado com o uso de RC/CrL+AA quando comparado ao PN RC/CrL.

Os planos nutricionais não influenciaram ($P > 0,05$) no músculo *Longissimus dorsi* os ácidos graxos 16:0, 16:1, 18:0, 18:1n9c, 18:1n7, 18:3n6 e 20:1n9.

Foi observado maior teor de AG 14:0 para os suínos submetidos ao PN CrL/AA+RAC quando comparado ao grupo CrL/AA+RAC+CrL, enquanto demais comparações entre os PN foram semelhantes.

Os suínos que receberam os PN com CrL/AA+RAC+CrL e RC/CrL apresentaram maior concentração de AG linolêico (18:2n6) no músculo longissimus dorsi, frente aos suínos do PN CrL/AA. Os demais PN promoveram concentração de AG linolêico intermediário e semelhantes entre si.

Na comparação das médias entre os tratamentos não se observou efeito significativo ($P > 0,05$) dos planos nutricionais sobre glicose, uréia, colesterol, triglicerídeos e HDL (Tabela 5 e 6). Todavia, apresentaram diferença significativa entre os períodos 14 e 42 dias ($P < 0,05$) sobre as variáveis glicose, uréia e colesterol.

Tabela 3: Desempenho, característica de carcaça, qualidade de carne e perfil de ácidos graxos dos suínos submetidos aos diferentes planos nutricionais na fase de terminação.

Variáveis	Planos nutricionais					
	RC	CrL	CrL	RC	RC	CrL
	RC	AA	AA+Rac	CrL	AA+CrL	AA+Rac+CrL
PI (kg)	75,16	75,57	74,78	75,14	75,22	74,5
PF (kg)	123,49BC	123,36BC	128,17AB	122,29BC	121,04C	131,34A
PJ (kg)	120,42BC	120,14BC	125,24AB	118,84C	118,09C	127,49A
GPD (kg/dia)	1,15BC	1,14BC	1,25AB	1,12BC	1,09C	1,35A
CRD (kg/dia)	3,22	3,3	3,16	3,24	3,09	3,39
CA	2,80A	2,90A	2,53B	2,89A	2,84A	2,50B
ET (cm)	17,65	16,36	15,75	17,06	16,12	16,53
RC (%)	73,94	73,53	73,04	75,21	73,23	69,82
PCQ (Kg)	89,06	88,39	91	88,97	87,23	89,49
PM (mm)	67,45	69,75	70,23	67,9	67,13	71,13
RCM (%)	56,51	57,4	57,87	56,9	57,36	57,58
QCR (Kg)	49,64	49,35	51,63	49,91	49,4	50,69
AOL (cm ²)	56,78AB	53,05AB	61,25A	51,80B	57,46AB	57,73AB
ΦFM (μμ)	51,15B	53,65AB	55,78AB	64,62A	58,49AB	63,62A
pH ₁	5,93	5,88	5,95	6,02	5,93	5,99
pH ₂	5,77	5,73	5,72	5,82	5,62	5,78
FC (kgf)	2,74	3,04	3,45	2,56	2,97	3,2
PLD (%)	7,20B	8,17AB	10,09A	8,01AB	8,54AB	8,64AB
PLC (%)	12,82	12,04	13,79	13,87	13,05	12,3
PLT (%)	19,11	19,3	22,69	20,79	20,75	19,79
Cie L*	54,25	52,91	53,22	53,53	52,61	54,57
Cie a*	7,67AB	7,82AB	8,10A	7,69AB	7,83AB	6,41B
Cie b*	15,71	15,33	16,69	16,1	16,01	15,54
Croma	17,51	17,25	18,56	17,86	17,87	16,81
Ton(rad)	64,06B	62,92B	64,11B	64,49B	63,89B	67,60A
TBARS (mg/kg)	0,027AB	0,040A	0,020B	0,035AB	0,035AB	0,030AB
Mirístico (14:0)	1,08AB	0,99AB	1,27A	1,03A	1,00AB	0,92B
Palmítico (16:0)	13,4	8,22	14,37	13,52	15,64	15,17
Palmitolêico (16:1)	3,00	2,69	3,01	2,77	2,87	2,59
Estearico (18:0)	23,59	30,32	20,57	23,08	31,43	30,22
Olêico (18:1n9c)	24,91	29,11	19,22	18,89	26,28	17,58
Vacênico(18:1n7)	13,82	10,9	16,51	13,21	10,6	3,76
Linolêico (18:2n6)	19,16AB	14,67B	19,15AB	20,32A	19,17AB	21,57A
γ-linolênico(18:3n6)	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15
Eicosanóico(20:1n9)	0,39	0,4	0,4	0,38	0,35	0,36

A, B, C- Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey-Kramer. RC = Ração Controle; CrL = RC + Cromo Levedura (400 ppb); AA= Ração corrigida para aminoácido, AA+CrL = Ração AA+ cromo levedura (400 ppb); AA+RAC = Ração AA + ractopamina (10 ppm); AA+RAC+CrL= Ração AA+RAC+ + cromo levedura (400 ppb); PI= Peso inicial; PF= Peso final; GPD= Ganho de peso diário ; CRD= Consumo de ração diário; CA= Conversão alimentar. ET= espessura de toucinho; RC = Rendimento de carcaça; PCQ = Peso da carcaça quente; PM= profundidade de músculo; RCM= Rendimento de carne; QCR= Quantidade de carne resfriada; AOL = área de olho de lombo; φ FM = diâmetro da fibra muscular no *Longissimus dorsi*. pH₁= pH 45 minutos após abate; pH₂= pH 24 horas após abate;FC= força de cisalhamento; PLD= Perda líquida por descongelamento; PLC= perda líquida por cocção; PLT= Perda líquida total;

L*=Luminosidade (0=escurecimento e 100=branqueamento), com o maior valor indicando clareamento; a* = medida de tonalidade de verde a vermelho, com o maior valor indicando mais vermelho; b*= tonalidade de azul para amarelo, com maior valor indicando mais amarelo; Croma; Tonalidade(radianos) = ângulo de 0° corresponde ao vermelho (+a*), 90° ao amarelo (+b*), 180° ao verde (-a*) e o ângulo de 270° á cor azul (-b*), TBARS= oxidação lipídica.

Tabela 4: P- valores do desempenho, característica de carcaça, qualidade de carne e perfil de ácidos graxos dos suínos submetidos aos diferentes planos nutricionais na fase de terminação.

Variáveis	Contrastes					CV (%)
	C1	C2	C3	C4	C5	
PF (kg)	0,54	0,13	0,02*	0,22	0,53	5,60
PJ (kg)	0,39	0,24	0,01*	0,21	0,68	5,56
GPD (kg/dia)	0,51	0,03*	0,01*	0,17	0,46	12,87
CDR (kg/dia)	0,80	0,03*	0,17	0,22	0,14	7,15
CA	0,14	0,66	<0,001*	0,49	0,42	7,28
ET(cm)	0,57	0,50	0,60	0,15	0,38	18,22
RC (%)	0,49	0,11	0,79	0,71	0,30	6,97
PCQ (Kg)	0,97	0,53	0,26	0,42	0,44	6,60
PM (mm)	0,86	0,73	0,86	0,90	0,76	9,23
RCM (KG)	0,56	0,69	0,52	0,20	0,48	3,26
QCR(Kg)	0,80	0,43	0,06	0,82	0,64	6,17
AOL	0,08	0,24	0,01*	0,82	0,06	13,51
□ FM (mm)	0,002*	0,06	0,6	0,08	0,14	15,87
pH1	0,32	0,69	0,35	0,96	0,30	4,01
pH2	0,52	0,54	0,90	0,14	0,04*	4,06
FC (Kgf)	0,56	0,46	0,24	0,48	0,21	25,46
PLD (%)	0,35	0,12	0,05	0,14	0,56	28,24
PLC (%)	0,44	0,30	0,25	0,87	0,56	27,79
PLT (%)	0,27	0,08	0,06	0,30	0,98	19,86
Cie L*	0,45	0,18	0,77	0,11	0,36	4,62
Cie a*	0,98	0,001*	0,56	0,75	0,76	16,09
Cie b*	0,42	0,04*	0,02*	0,56	0,86	8,62
Croma	0,55	0,01*	0,05*	0,56	0,98	8,57
Ton (radianos)	0,61	0,004*	0,31	0,94	0,58	5,17
TBARS(mg/kg)	0,15	0,11	0,04	0,18	0,96	53,22
Mirístico (14:0)	0,91	0,004*	0,02*	0,85	0,77	26,91
Palmítico (16:0)	0,98	0,88	0,27	0,63	0,65	85,08
Palmitolêico (16:1)	0,27	0,08	0,20	0,54	0,64	25,07
Estearico (18:0)	0,92	0,12	0,11	0,16	0,14	44,13
Olêico (18:1n9c)	0,55	0,87	0,38	0,91	0,54	88,17
Vacênico(18:1n7)	0,93	0,13	0,47	0,65	0,71	139,42
Linolêico (18:2n6)	0,50	0,21	0,02*	0,99	0,52	32,89
γ-linolênico(18:3n6)	0,94	0,87	0,30	0,91	0,97	34,24
Eicosanóico(20:1n9)	0,73	0,48	0,98	0,32	0,47	29,89

*=P<0,05, CV= Coeficiente de variação, C1 = RC/RC - RC/CrL, C2 = CrL/AA+RAC - CrL/AA+RAC+CrL; C3 = CrL/AA - CrL/AA+RAC; C4 = RC/RC - RC/CrL+AA; C5 = RC/CrL - RC/AA+CrL. PI= Peso inicial; PF= Peso final; PJ= Peso jejum; GPD = Ganho de peso diário; CRD = Consumo diário de ração; CA = Conversão alimentar; ET = espessura de toucinho; RC = Rendimento de carcaça; PCQ = Peso da carcaça quente; PM = Profundidade de músculo; RCM = Rendimento de carne; QCR = Quantidade de carne resfriada; AOL = Área de olho de lombo; φ FM = Diâmetro da fibra muscular no *Longissimus dorsi*; pH1 = pH 45 minutos após abate; pH2 = pH 24 horas após abate; FC= Força de cisalhamento; PLD = Perda líquida por descongelamento; PLC = Perda líquida por cocção; PLT = Perda líquida total; L* = Luminosidade

(0=escurecimento e 100=branqueamento), com o maior valor indicando clareamento; a^* = Medida de tonalidade de verde a vermelho, com o maior valor indicando mais vermelho; b^* = Tonalidade de azul para amarelo, com maior valor indicando mais amarelo; Croma; Tonalidade(radianos) = Ângulo de 0° corresponde ao vermelho ($+a^*$), 90° ao amarelo ($+b^*$), 180° ao verde ($-a^*$) e o ângulo de 270° á cor azul ($-b^*$), TBARS = Oxidação lipídica.

Tabela 5: P valores das variáveis sanguíneas nos suínos em função dos tratamentos e períodos.

Variáveis	TRAT	PER	TRATxPER	TIPO
Glicose	0,9368	0,0009	0,6004	VC
Uréia	0,7515	0,0107	0,4485	VC
Colesterol	0,9016	0,0437	0,5733	VC
Triglicerídeos	0,8706	0,3673	0,2958	VC
HDL	0,8651	0,2667	0,4686	VC

VC = componente de variância.

Tabela 6: Variáveis sanguíneas dos suínos submetidos aos diferentes planos nutricionais na fase de terminação aos 14 e 42 dias.

Variável	Antes PN	Dias	RC RC	CrL AA	CrL AA+RAC	RC CrL	RC AA+CrL	CrL AA+RAC+CrL
Glicose	80,03±1,71	14D	83,80±3,55A	84,50±3,56A	84,50±3,56A	83,80±3,55A	83,80±3,55A	84,50±3,56A
		42D	75,02±5,40B	78,06±6,18B	73,62±6,18B	76,06±6,18B	75,19±6,18B	76,75±6,18B
Uréia	30,32 ±1,09	14D	28,22 ±2,52B	28,85 ±2,52B	28,85 ±2,52B	28,22 ±2,52B	28,22 ±2,52B	28,85 ±2,52B
		42D	31,21± 4,04A	34,31± 4,36A	30,50±4,36A	30,94±4,36A	31,00±4,36A	33,50±4,36A
Colesterol	71,44±2,61	14D	65,80±6,14B	67,85±6,18B	67,85±6,18B	65,80±6,14B	65,80±6,14B	67,85±6,18B
		42D	71,72±9,93A	78,31 ±10,71A	76,75 ±10,7A	72,44±10,71A	78,317±10,71A	75,56±10,71A
Triglicerídeos	38,14 ±1,66	14D	35,00±3,48	39,83±3,46	39,83±3,46	35,00±3,48	35,00±3,48	39,83±3,46
		42D	39,48±5,73	39,50±6,00	39,87±6,00	36,37±6,00	39,44±6,00	38,75±6,00
HDL	41,83±1,71	14D	37,86 ±3,75	41,14 ±3,88	41,14 ±3,88	37,86 ±3,75	37,86 ±3,75	41,14 ±3,88
		42D	42,80±6,52	42,19±6,73	44,00±6,73	42,87±6,73	47,00±6,73	46,00±6,73

A,B; Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey-Krammer; RC= Ração Controle; CrL= RC + Cromo Levedura (400 ppb); AA= Ração corrigida para aminoácido, AA+CrL = Ração AA+ cromo levedura (400 ppb); AA+RAC = Ração AA + ractopamina (10 ppm); AA+RAC+CrL= Ração AA+RAC + cromo levedura (400 ppb).

DISCUSSÃO

Desempenho

Os resultados observados com o uso dos planos nutricionais com ração controle durante 14 dias de terminação e cromo levedura e ou cromo levedura com correção de aminoácidos no período de 28 dias não demonstraram efeito do uso de cromo sobre as variáveis de desempenho dos suínos. Estes resultados podem estar relacionados ao uso do cromo em fase posterior a de maior desenvolvimento muscular dos 90 aos 125 kg de peso vivo, ou a necessidade de consumo de cromo por período mais prolongado. E confirmam resultados verificados em pesquisas com diferentes fontes de cromo. Conforme trabalhos realizados por Page et al. (1993), as respostas a suplementação de cromo foram inconsistentes sobre o ganho de peso e consumo de ração, sendo que a suplementação de 800ppb de cromo na forma de picolinato em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação promoveram aumento na taxa de ganho de peso dos animais. Mooney & Cromwell. (1997) ao suplementarem rações para suínos em terminação por 35 dias com 0 ou 200 µg/kg de picolinato de cromo (CrPic) ou 5000 µg/kg de cloridrato de cromo (CrCl₃) isoladamente não observaram efeito das fontes de cromo nas características de desempenho avaliadas e Wang et al. (2007) ao avaliarem a inclusão de nanopartículas de CrCl₃ (200µg/kg) em dietas de machos mestiços castrados na fase de terminação durante 35 dias, não verificaram efeito das rações sobre o ganho de peso diário.

Em contrapartida, Lindemann et al. (1995) observaram efeito da suplementação de cromo picolinato sobre o ganho de peso de suínos em crescimento e terminação, quando utilizaram ração com níveis de lisina recomendados pelo NRC (1990), mas não com o uso de níveis de lisina 20% acima do recomendado. Enquanto Van Heugten & Spears (1997) verificaram que respostas positivas de desempenho de suínos nas fases de creche com a suplementação de cromo em dietas de suínos foram dependentes do período de uso de 32 dias na ração.

Em metaanálise realizada por Sales e Jancik (2011) utilizando resultados de 31 pesquisas nas quais o cromo foi suplementado como Cr metionina quelato, nanocomposição de Cr, Cr nicotinamida, Cr propionato, Cr tripicolinato e Cr levedura, os autores consideraram que diferenças no período de uso, dosagens e conflito de resultados dificultaram a metaanálise, relatando ainda que sobre o ganho de peso os resultados revelaram reduzido efeito positivo enquanto não foram verificados efeito sobre o consumo de ração diário.

Dentre as ações atribuídas a ractopamina no metabolismo animal destaca-se a inibição da lipogênese, o estímulo à lipólise e à retenção de nitrogênio, aumentando assim a síntese protéica. Pesquisas envolvendo a suplementação de ractopamina em dietas para suínos demonstraram aumento no peso final dos animais (Xiong et al. 2006; Weber et al. 2006), bem como maiores ganhos diários de peso (Sanches et al. 2008; Almeida et al. 2008), o que resulta em melhores taxas de crescimento (Stites et al. 1991; Uttaro et al. 1993; Stoller et al. 2003). Watkins et al. (1990) relataram que a adição de ractopamina em rações para suínos aumentou o GPD, independente da concentração na dieta.

Os efeitos positivos do uso da ractopamina na ração de suínos sobre o desempenho na fase de terminação foram confirmados pelo presente trabalho, uma vez que animais que consumiram ração com cromo levedura durante os primeiros 14 dias de terminação e ração corrigida para aminoácidos e ractopamina, durante 28 dias subsequentes, correspondente ao PN CrL/AA+RAC, apresentaram aumento de 3,89% no peso corporal final, 9,64% no ganho de peso diário e melhora de 12,75% na conversão alimentar frente aos suínos consumindo ração com CrL/AA, respectivamente durante 14 e 28 dias de terminação. Os valores observados de ganho de peso com o uso de ractopamina estão entre os valores referenciados em metaanálise por Apple et al. (2007), que utilizando resultados de 27 pesquisas com ractopamina verificaram efeito consistente, com aumento do ganho de peso entre 3,24 e 25%, e aumento do consumo de ração apenas com o uso de 20 ppm.

A melhoria na conversão alimentar verificada no presente estudo com a adição de ractopamina é confirmada pelos resultados de pesquisa, uma vez que a ação da ractopamina exerce aumento do ganho de peso, sem haver alteração no consumo de ração, com melhorias entre 3,6 e 26,7% na conversão alimentar (Apple et al., 2007).

Estes resultados são justificados pela ação da ractopamina uma fenetaloamina que atua nos receptores dos agonistas β -adrenérgicos, que há uma mudança na conformação do receptor. Esse mecanismo permite que os receptores dos agonistas, o qual está associado com a proteína G, ligue-se a ele e cause uma mudança na conformação de modo a formar um complexo com α subunidade transportadora de proteína G (GTP). O GTP interage com adenilato ciclase, que forma o complexo o qual converte trifosfato de adenosina (ATP) em adenosina cíclico monofosfato (AMPc) (Beermann, 2002). Os receptores tipo 1 e 2 são estimulados pelos adrenérgicos que aumentam produção de AMPc. Este por sua vez, promove a ativação de proteínas quinases que fosforilam e modificam a atividade de várias enzimas, mudando processos metabólicos como contração muscular, estimulação da lipólise,

aumento da gliconeogênese, acarretando em maior síntese proteica e acréscimo de proteína muscular (Lehninger & Nelson, 2007).

Estes resultados confirmam também que apenas o uso de maior concentração de aminoácidos não favorece o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais, uma vez que o plano de nutrição RC/ RC e Cr/AA proporcionaram resultados semelhantes de desempenho. E revelaram ainda que não houve benefícios em disponibilizar mais aminoácidos aos suínos para que estes potencializassem o uso do cromo levedura como aditivo melhorador de desempenho.

A interação entre ractopamina e cromo levedura proporcionou melhores resultados para as variáveis PF, PJ e GPD pelo fato de que o CrL tem a função de potencializar a ação da insulina e facilitar a captação de glicose pelas células. A insulina compartilha com o hormônio do crescimento a capacidade de aumentar a captação de aminoácidos para o interior das células e age diretamente nos ribossomos, aumentando a tradução do RNA mensageiro e formando novas proteínas, o que justifica o maior ganho de peso observado.

Embora a utilização de cromo e ractopamina proporcionem melhorias no desempenho animal, a escassez de dados e algumas inconsistências a respeito do efeito sinérgico entre estes dois aditivos torna necessária a condução de mais pesquisas com este objetivo. Com intuito de avaliar o sinergismo entre a ractopamina e o cromo-metionina, Almeida et al. (2010) não constataram efeito da associação dos aditivos sobre o desempenho animal.

O Cr por atuar na atividade da enzima AMPk conforme demonstrado por Hoffman et al. (2014) pode exercer seu efeito nas células musculares pois o Cr é conhecido por melhorar a homeostase da glicose. O Cr pode melhorar aspectos baseados na membrana plasmática pelo fato de regular o transporte de glicose GLUT 4 e aumento do sensor de energia celular 5'AMP-proteína quinase ativada (AMPk). Esse aumento da AMPk impacta positivamente nas células do músculo esquelético sensíveis a insulina e regulam o transporte de glicose.

Uma vez que a ractopamina atua em receptores ativando a cascata do AMPk a fosforilação e este efeito reduz com o tempo de uso, possivelmente o cromo atue mantendo um efeito sobre a sinalização da respostas e também estimulando as enzimas lipolíticas e inibindo as enzimas lipogênicas, devendo estes fatores serem estudados.

Características de carcaça

Os efeitos da adição de Cr na ração sobre a composição da carcaça de suínos têm sido contraditórios. Page et al. (1993) relataram que a inclusão de Cr reduziu a espessura de toucinho, aumentou a área de olho de lombo e aumentou a porcentagem de tecido muscular.

Em função do aumento na sensibilidade dos receptores celulares à insulina ocorre o estímulo no transporte ativo de glicose e aminoácidos para as células musculares, aumentando a síntese protéica (Mertz, 1993). Todavia, o cromo no presente trabalho não mostrou efeito nas características de carcaça, o que contradiz outros trabalhos conduzidos por Lindemann et al. (1995), que além de observarem aumento na AOL com o uso de Cr picolinato em 200 ppb, verificaram redução da espessura de toucinho e aumento do percentual de carne magra.

Mooney & Cromwell (1997) relataram que o embora o Cr tenha proporcionado aumento da área de olho de lombo não exerceu efeito sobre espessura de toucinho de suínos em terminação. Xi et al. (2001) relataram que índices de qualidade de carcaça como a relação de carne magra, taxa de gordura, espessura de toucinho, e área de olho de lombo foram melhorados com a suplementação de Cr.

O aumento no diâmetro da fibra muscular no músculo *Longissimus dorsi* observado nos planos nutricionais com CrL durante 28 dias de terminação, grupos RC/CrL e Cr/AA+RAC+CrL, seguindo do valor intermediário verificado no PN RC/AA+CrL, revelam a influência do Cr em estimular a hipertrofia da celular muscular.

Os valores observados para as características de carcaça estão dentro do esperado com o material genético utilizado.

Qualidade de carne

O pH inicial e final se enquadram naqueles descritos na literatura e se assemelham aos encontrados por Bridi et al. (2006), Carr et al. (2005) e Stites et al. (1991). Especificamente, com relação ao pH final, os valores médios obtidos foram próximos aos considerados ótimos por Bridi et al. (2010) para carne fresca de suínos (pH entre 5,5 e 5,8). No entanto, Warris et al. (1990) ressaltaram que o pH final da carne de suínos suplementados com agonista β -adrenérgico tende a alcançar valores superiores aos observados em nosso trabalho.

Os valores para força de cisalhamento semelhantes entre os tratamentos estão corroborados por Bridi et al. (2006) e Agostini et al. (2011) que não encontraram efeito da ractopamina sobre esta variável, indicando que a utilização de ractopamina não afetou a maciez da carne. Entretanto, em estudos de Warris et al. (1990) e Wood et al. (1994), a carne dos animais que tinham consumido ractopamina apresentaram maior força de cisalhamento, possivelmente como resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou, pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína, que, em decorrência do aumento na eficiência de crescimento magro, apresenta-se mais baixa, resultando em menor degradação *postmortem* da proteína miofibrilar (Lonergan et al., 2001).

O cromo na ração não afetou a força de cisalhamento assim como outros estudos com suplementação com cromo (Page et al, 1992; Matthews et al, 2003). Matthews et al. (2003) sugeriram que a melhoria da qualidade da carne suína em suínos alimentados com Cr pode ser atribuída à diminuição do estresse ou por alterar o potencial glicolítico, fatores que podem influenciar positivamente a qualidade da carne.

A maior perda líquida por descongelamento no músculo *Longissimus dorsi* verificada com o uso do PN Cr/AA+Rac, indica um efeito da ractopamina sobre esta variável, uma vez que a perda líquida por descongelamento verificada no grupo controle foi menor e com o uso de Cr/AA+RAC+CrL está apresentou valor intermediário.

A inclusão de cromo na dieta fez com que a perda líquida por descongelamento diminuísse no tratamento associado com a ractopamina. O 'quinn et al. (1998) testaram a inclusão de picolinato de cromo e observaram que este diminuiu a perda por descongelamento e o marmoreio em suínos na fase de crescimento e terminação.

Os efeitos do uso da ractopamina sobre a perda líquida no descongelamento são conflitantes na literatura, Garbassa et al. (2013) encontraram uma menor perda por gotejamento com a utilização de doses crescentes de ractopamina. O tratamento com 20 ppm RAC levou a uma diminuição na perda líquida de 18,10% quando em comparação com o controle. Apple et al. (2008), Bridi et al. (2006) e Stoller et al. (2003), não verificaram alteração nesta variável com a adição de ractopamina.

No entanto, verifica-se a quantidade de perda de água é um problema para a indústria, pois o exsudado contém proteínas solúveis, vitaminas e minerais (Bonagurio et al., 2003), tendo uma perda nutricional da carne.

As respostas observas para a variável L^* são corroboradas por Carr et al. (2005), Uttaro et al. (1993) e Garbossa et al. (2013) que também não encontraram diferença nos valores observados de L^* . Ressalta-se que os valores de L^* encontrados neste estudo foram superiores a 50, o que indica que as carnes foram consideradas normais (Joo et al., 1999).

Aumento dos valores de L^* estão relacionados a baixo pH final da carne, característica de animais com rápido consumo anaeróbio de glicogênio, resultando em maior produção de ácido láctico. O acúmulo de ácido láctico inicia a desnaturação das proteínas da carne, o que resulta em maior perda de água e maior reflexão da luz, dando-lhe uma aparência pálida (Juncher et al., 2001).

Os animais que receberam o tratamento com CrL/AA+RAC apresentaram maior valor de a^* , enquanto aqueles que receberam cromo associado a ractopamina (CrL/AA+RAC+CrL) obtiveram menor valor. A redução do valor de a^* observada com o uso

do cromo pode ser em parte atribuída aos mecanismos de transporte do cromo e ferro. O aporte de ferro diminui a absorção do cromo. Parece existir um mecanismo comum de transporte. Após a absorção, o cromo é transportado pela mesma proteína que transporta o ferro: a transferrina (Vincent, 2000). Há uma competição pelo sítio e diminui a quantidade de ferro e este está associado a mioglobina no músculo, que dá a cor vermelha a carne.

Lindemann et al. (2008) observaram que a carne estava menos vermelha, (menor valor de a^*) em suínos alimentados com tripicolinato de cromo em comparação aos animais controle e o valor de b^* aumentou com o tratamento com cromo metionina. Variações na qualidade da carne de suínos, Coloração CIE, perda de água por descongelamento e cocção e força de cisalhamento não foram verificadas com a adição de cromo na ração de suínos em metaanálise de Sales e Jancik (2011).

Observou-se que o tratamento que recebeu cromo durante o período total (42 dias), diminui o valor de a^* em relação aos demais tratamentos, isso porque com a diminuição do valor de a^* há um aumento do ângulo de tonalidade (h), sendo indicativo da cor mais clara (menos vermelha).

Entretanto, Apple et al. (2007) consideraram que embora possam ser observadas diferenças na coloração medida na carne, essas diferenças geralmente não são visivelmente perceptíveis para os consumidores, na maioria dos casos, e estão dentro das características consideradas normais para a carne suína.

Segundo Pozza et al. (2003), a RAC têm os efeitos anabólicos que incluem a hipertrofia de fibras brancas e intermediárias, justificando o aumento no diâmetro das fibras musculares e o conseqüente aumento na massa muscular. A ação do cromo na hipertrofia da fibra muscular existe poucos estudos que justifiquem seu efeito sobre tal variável.

A estabilidade lipídica nas carnes e nos produtos cárneos pode ser influenciada por diversos fatores, como a espécie animal, o tipo de tecido muscular, o estresse, o abate, as condições de vida dos animais e pela dieta dos animais. Segundo Ferrani, (1999), a carne suína e de frango são mais susceptíveis à oxidação que a carne bovina pelo elevado teor de ácidos graxos insaturados, principalmente nos fosfolípidos. Em relação ao tipo de tecido muscular, os músculos vermelhos são mais susceptíveis a oxidação lipídica, quando comparados aos músculos brancos, pois os músculos vermelhos apresentam maior concentração de ferro, maior metabolismo oxidativo, e a fração triacilglicerídeos sofre hidrólise mais rapidamente que os fosfolípidos. O valor de TBARS maior com o uso do PN Cr/AA indicam que o excesso de nutrientes, aminoácidos sem estes serem utilizados para desenvolvimento do animal, podem gerar um desgaste metabólico e possivelmente maior

produção de espécies reativas de oxigênio as quais deverão ser controladas pelo sistemas antioxidante do animal, aumentando assim o valor de malonaldeído.

A redução do valor de TBARS com o uso de ractopamina na ração confirma pesquisas de Leal et al. (2011) que ao avaliarem diferentes doses de ractopamina (0-12 ppm) e tempos de armazenamento da carne (0 a 12 dias), verificaram menor oxidação dos lipídios nos corte provenientes de animais tratados com ractopamina.

Rossi et al. (2010), testaram níveis de extratos cítricos e RAC em dietas de suínos. Na avaliação dos ácidos graxos saturados, os teores do Mirístico (C14:0), Palmítico (C16:0) e Esteárico (C18:0) não apresentaram alteração entre os níveis de inclusão dos extratos cítricos e RAC. Os planos nutricionais Cr/AA+Cr+Rac e RC/Cr obtiveram maiores valores em relação ao plano Cr/AA no ácido linoleico.

O metabolismo dos ácidos linolênico e linoléico requer a síntese das mesmas enzimas, resultando na competição entre as duas famílias de ácidos graxos.

A concorrência entre os ácidos linoléico e γ - linolênico está determinada pela afinidade da enzima Δ^6 -desaturase por ambos os ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos ômega 3, precisará de menores quantidades destes ácidos que dos ômega 6 para produzir a mesma quantidade de produto (Lehninger & Nelson, 2007). Isto significa que deve existir uma proporção maior de ácido linoléico que de γ - linolênico, o que pode ser observado no presente trabalho. Um excesso de ácidos graxos da família dos ômega 6 pode interferir no metabolismo dos ácidos graxos da família dos ômega 3, reduzindo a síntese dos ácidos graxos de cadeia longa ômega 3, como os docosapentaenóico (C22:5n-3) e o eicosapentaenóico (C20:5n-3), alterando seus efeitos biológicos. Já o metabolismo do ômega 6 (linoléico), resulta na formação do ácido araquidônico (C20:4n-6).

Já o efeito do CrL e RAC há a necessidade de mais estudos explicando a ação do CrL e RAC na proporção de ácido graxos na carne suína.

Variáveis sanguíneas

No presente estudo a suplementação com cromo levedura associado ou não a ractopamina não teve efeito sobre as variáveis sanguíneas. Esperava-se que o nível de uréia reduziria, já que a síntese proteica aumentaria, porém talvez o tempo de suplementação não foi suficiente para verificação desse efeito, o que ocorreu no trabalho de Page et al., (1992). Estudos de Monney & Cromwell (1997) corroboram com a presente pesquisa, em que a suplementação com CrPic e CrCL₃ não afetou o nível de glicose, triglicerídeos, colesterol e

uréia. Page et al., (1993) e Matthews et al., (2001) observaram que as concentrações de uréia no plasma e na N- ureia não foram afetados pelo Cr a partir de CrPic, CrNic, CrCl₃.

Wang et al. (2007) relataram que a suplementação de CrNano (0 e 200mg/kg) após 35 dias influenciou as concentrações de glicose, triglicerídeos, HDL, uréia e colesterol sanguíneos em suínos. Em que o nível de HDL aumentou, porém glicose, uréia, triglicerídeos e colesterol diminuíram com a suplementação de CrNano. Tal resultado implica em alta absorção de Cr a partir da forma de CrNano (Wang & Xu, 2004).

CONCLUSÃO

O uso de cromo levedura e ractopamina promove alterações positivas no desenvolvimento de células musculares de suínos e na qualidade de carne que devem ser consideradas quando da utilização dos aditivos e o uso do cromo levedura em associação a ractopamina revelou melhorias sobre o desempenho dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, E.R. (2011). Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Archivos de Zootecnia*, 60, 659-660.
- 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, E.C., Rodrigues, V.V., Amaral, N.O., Zangeronimo, M.G., Rodrigues, P.B., Philomeno, R., Silva, J.P. (2008). Desempenho de suínos em terminação recebendo rações formuladas com diferentes níveis de lisina, suplementadas ou não com ractopamina. In: *Fórum Internacional De Suinocultura (4nd ed)*, Curitiba, Brasil, 121-122.
- Apple, J.K., Maxwell, C.V., Kutz, B.R. Rakes, L.K., Sawyer, J.T., Johnson, Z.B., Armstrong, T.A., Carr, S.N., Matzat, P.D. (2008). Interactive Effect Of Ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. *Journal of Animal Science*, 86, 2717-2722.
- Apple, J.K., Rincker, P.J., Mckeith, F.K., Carr, S.N., Armstrong, T.A., Matzat, P.D. (2007). Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, 23, 179-196.
- Associação Brasileira De Criadores De Suínos. (1973). *Método Brasileiro De Classificação De Carcaça*. Abcs, 1973. 17
- Benovic, J.L., Bouvier, M., Caron, M.G., Lefkowitz, R.J. (1988). Regulation of adenylyl cyclase-coupled β -adrenergic receptors. *Annual Review Cell of Biology. Annual Review Cell of Biology*, 4, 405-428.
- Beermann, D.H. (2002). Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. *Journal of Animal Science*, 80, 18-23.
- Bonagurio, S., Pérez, J.R.O., Garcia, I.F.F., Bressan, M.C., Silva, A.L., Lemos, C. Qualidade de carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. (2003). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1981-1991.
- Bridi, A.M., Oliveira, A.R., Fonseca, N.A.N., Shimokomaki, M., Coutinho, L.L., Silva, C.A. (2006). Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 35, 2027-2033.
- Carr, S.N., Rincker, P.J., Killefer, J., Baker, D.H., Ellis, M., Mckeith, F.K. (2005). Effects of different cereal grains and ractopamina hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 83, 223-230.
- Evans, V. G., Bowman, T. D. (1992). Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 46, 243-259.

Ferrani, C. K. B. (1999). Oxidação de lipídios e antioxidantes: importância nas ciências animal e dos alimentos. *Higiene Alimentar*, 60, 16-20.

Garbossa, C.A.P., Sousa, R.V., Cantarelli, V.S., Pimenta, M.E.S.G., Zangeronimo, 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.

Hoffman, J.N., Penque, B.A., Habegger, Kirk.M., Sealls, W., Tackett, L., Elmendorf, J.S.. (2014). *Journal of Nutritional Biochemistry*, 25, 565-572.

Joo, S.T., Kauffman, R.G., Kim, B.C., Park, G.B. (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Science* 52, 291-297.

Juncher, D., Ronn, B., Mortensen, E., Henckel, P., Karlsson, A., Skibsted, L., Bertelsen, G. (2001). Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. *Meat Science*, 58, 347-357.

Kang, K. R., Cherian, G., Sim, J.S. (2001). Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. *Poultry Science*, 80, 228-234.

Leal, R.S. (2011). Desempenho, características químicas, físicas e sensoriais da carne de suínos recebendo diferentes níveis de ractopamina na dieta. Dissertação (Mestrado em Veterinária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, p.97.

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. (2007). *Princípios de Bioquímica*. 4.ed. São Paulo-Brasil, 1232.

Lindemann, M.D.C.M., Wood, A.F., Harper, E. T., Kornegay, R.A. (1995). Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *Journal of Animal Science*, 73, 457-465.

Lindemann, M.D., Cromwell, G.L., Monegue, H.J., Purser, K.W. (2008). Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs. *Journal of Animal Science*, 86, 2971-2978.

Linder, M. C. (1985). *Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications*. Elsevier Publishing, p.189-192.

Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E., Rowe, L.J., Kuhlert, D.L., Jungst, S.B. (2001). Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. *Journal of Animal Science*, 79, 2075-2085.

Matthews, J.O., Southern, L.L; Higbie, A.D., Persica, M.A., Bidner, T.D. (2001). Effects of betaine on growth, carcass characteristics, pork quality, and plasma metabolites of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 79, 722-728.

Matthews, J. O., A. D. Higbie, L. L. Southern, D. F. Coombs, T. D. Bidner And R. L. Odgaard. (2003). Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth,

carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 81, 191-196.

Mertz, W. (1993). Chromium in human nutrition: A review. *The Journal of Nutrition*, 123, 626-633.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011). Instrução Normativa Nº 3, De 17 De Janeiro De 2000 – (Métodos De Insensibilização Para Abate Humanitário).

Mooney, K. W., Cromwell, G. L. (1997). Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential modifiers in swine. *Journal of Animal Science*, 75, 2661-2671.

National Research Council, Committee on the Status of Black Americans. (1990). *A Common Destiny: Blacks and American Society*. Gerald David Jaynes and Robin M. Williams, Jr., eds. Washington, D.C.: National Academy Press.

O'quinn, P.R., Smith II, J.W., Nelssen, J.L., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Owen, K.Q. (1998). Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 76, 56.

Page, T.G., Boleman, S.L., Pike, M.M., Ward, T.L., Boleman, S.J., Southern, L.L., Bidner, T.D., Pontif, J.E. (1992). Effect of chromium picolinate on carcass traits and aging on pork quality. *Journal of Animal Science* 70, 218.

Page, T.G., Southern, L.L., Ward, T.L., Thompson Junior, D.L. (1993). Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 71, 656-662.

Pozza, P.C.; Santos, M.S.; Nunes, R.V. (2003). Avaliação da suplementação de Ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS. Goiânia, Brasil, 11, 291-292

Ramos, E. M., Gomide, L. A. M. (2007). Textura e maciez da carne. In: Ramos, E. M., Gomide, L. A. M. (Eds.) *Avaliação da Qualidade de Carnes, Fundamentos e Metodologias*. Viçosa: Editora UFV, v. 1, cap. 8, p. 438-444..

Rossi, C.A.R. (2010). Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho, características de carcaça, da carne e produto curado. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rural Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Santa Maria – RS.

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. (2011). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3rd ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252.

Sales, J., Jancík, 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, 4043-4067.

Sanches, J.F., Kiefer, C., Moura, M.S., Silva, E.A., Carrijo, A.S., Luz, M.F., Nantes, C.N. (2008). Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos em ambiente de conforto térmico. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA (4nd ed), Curitiba, Brasil, 117-119.

Statistical Analysis System – Sas, Sas/Stat User's Guide (Release 9.1), Cary: 1999, (CD-ROM).

Stites, C.R., McKeith, F.K., Singh, S.D., Bechtel, P.J., Mowrey, D.H., Jones, D.J. (1991). The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, 69, 3094-3101.

Stoller, G.M., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Baas, T.J., Johnson, C., Watkins, L.E. (2003). The effect of feeding ractopamina (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *Journal of Animal Science*, 81, 1508-1516.

Uttaro, B.E., Ball, R.O., Dick, P., Rae, W., Vessie, G., Jeremiah, L.E. (1993). Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science*, 71, 2439-2449.

Van Heugten, E., Spears, J. W. (1997). Immune response and growth of stressed weanling pigs fed diets supplemented with organic or inorganic forms of chromium. *Journal of Animal Science*, 75, 409-416.

Vincent, J.B. (2000). The biochemistry of chromium. *The Journal of Nutrition*, 130, 715-718.

Wang, L., Ando, S., Ishida, Y., Ohtani, H., Tsuge, S., Nakayama, T. (2001). Quantitative and discriminative analysis of carnauba waxes by pyrolysis-GC in the presence of organic alkali using a vertical microfurnace pyrolyzer. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 58, 525-537.

Wang, M. Q., Xu, Z. R. (2004). Effect of chromium nanoparticle on growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue chromium in finishing pigs. *Asian-Aust. Journal Animal Science*. 17, 1118-1122.

Wang, M. Q., Xu, Z. R., Zha, L. Y., Lindemann, M. D. (2007). Effects of chromium nanocomposite supplementation on blood metabolites, endocrine parameters and immune traits in finishing pigs. *Animal Feed Science*, 139, 69-80.

Warris, P.D., Brown, S.N., Rolph, T.P., Kestin, S.C. (1990). Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *Journal of Animal Science*, 68, 3669-3676.

Watanabe, P.H., Thomaz, M.C., Pascoal, L.A.F., Ruiz, U.S., Daniel E., Cristiani, J. (2011). Ractopamine in diets for finishing gilts. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 827-833.

Watkins, L.E., Jones, D.J., Mowrey, D.H., Anderson, D.B., Veenhuizen, E.L. (1990). The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance of finishing swine. *Journal of Animal Science*, 68, 3588-3595.

Weber, T.E., Richert, B.T., Belury, M.A., Gu, Y., Enright, K., Schinckel, A.P. (2006). Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth

performance, pork quality, and fatty acid profiles genetically lean gilts. *Journal of Animal Science*, 84,720-732.

Wood, J.D., Wiseman, J., Cole, D.J.A. (1994). Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J., Varley, M.A. (Eds.). *Principles of pig science*. London: Nottingham University, 25, 446-448.

Xi, G., Xu, Z. R., Wu, S. H., Chen, S. J. (2001). Effect of chromium picolinate on growth performance, carcass characteristics, serum metabolites and metabolism of lipid in pigs. *Journal of Animal Science*. 14, 258-264.

Xiong, Y.L., Gower, M.J., Li, C., Elmore, C.A., Cromwell, G.L., Lindemann, M.D. (2006). Effect of dietary ractopamina on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*, 73, 600-604.