UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARCELO DA SILVEIRA MEIRELLES PINHEIRO

**Interação ractopamina, cromo e restrição alimentar em suínos
terminados**

Pirassununga

2018

MARCELO DA SILVEIRA MEIRELLES PINHEIRO

**Interação ractopamina, cromo e restrição alimentar em suínos
terminados**

Versão corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Ciências do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Joanir Pereira Eler

Co-Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D654i DA SILVEIRA MEIRELLES PINHEIRO, MARCELO
Interação ractopamina, cromo e restrição alimentar
em suínos terminados / MARCELO DA SILVEIRA MEIRELLES
PINHEIRO ; orientador Joanir Pereira Eler ;
coorientador Lúcio Francelino Araújo. --
Pirassununga, 2018.
70 f.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia
de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Desempenho. 2. Produção. 3. Carcaça. 4. Carne.
5. Suplementação. I. Pereira Eler, Joanir, orient.
II. Francelino Araújo, Lúcio, coorient. III.
Título.

Parecer Comitê Ético Animal

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Avaliação do cromo orgânico e da ractopamina na dieta de suínos na fase de terminação", protocolada sob o CEUA nº 9241140518, sob a responsabilidade de **Lúcio Francelino Araújo** e equipe; **Marcelo da Silveira Meirelles Pinheiro** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP (CEUA/FZEA) na reunião de 23/05/2018.

We certify that the proposal "Evaluation of Organic chromium and Ractopamin on Swine Diets in the Phinal Phase", utilizing 144 Swines (males and females), protocol number CEUA 9241140518, under the responsibility of **Lúcio Francelino Araújo** and team; **Marcelo da Silveira Meirelles Pinheiro** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Animal Science and Food Engineering - (São Paulo University) (CEUA/FZEA) in the meeting of 05/23/2018.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **01/2017** a **07/2018**

Área: **Nutrição Animal/zaz**

Origem: **Animais provenientes de doação espontânea**

Espécie: **Suínos**

sexo: **Machos e Fêmeas**

idade: **108 a 150 dias**

N: **144**

Linhagem: **Dan Bred**

Peso: **70 a 100 kg**

Resumo: Será realizado um experimento com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes regimes de alimentação e de diferentes aditivos na dieta de suínos na fase de terminação. Serão utilizados 144 animais, da linhagem DanBred, os quais serão pesados e distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 (2 regimes de alimentação: a vontade e restrito; 4 formas de suplementação de aditivos na dieta: sem adição, cromo, ractopamina, cromo + ractopamina), totalizando 8 tratamentos com 6 repetições (3 repetições de machos e 3 repetições de fêmeas) e 3 animais cada, no período de 42 dias. Antes do início do experimento, será avaliado o consumo médio dos animais para o fornecimento das dietas experimentais, o qual será corrigido semanalmente. Será realizada uma restrição quantitativa da dieta em 15% em relação ao consumo dos animais alimentados à vontade, sendo que a restrição será aplicada desde o primeiro dia do experimento e o fornecimento das dietas contendo o cromo e a ractopamina, a partir do 15º dia do experimento, ou seja, nos últimos 28 dias. Entretanto, os níveis nutricionais serão acrescidos em 15% para garantir o consumo da mesma quantidade de nutrientes da dieta. No final do experimento, um animal por repetição será abatido para determinar a qualidade da carcaça dos animais. Serão avaliados dados de RC □ Rendimento de carcaça; ET □ Espessura de toucinho; EM □ Espessura de músculo; CM □ Porcentagem de carne magra. Os dados serão submetidos à análise de variância, ao nível de 10% de significância e teste de comparação de médias Tukey. As análises serão feitas através do programa SAS 2001.

Local do experimento: O experimento será realizado na Suinocultura do Campus de Pirassununga

Pirassununga, 23 de maio de 2018

Prof.ª Dra. Daniele dos Santos Martins
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Prof.ª Dra. Cristiane Gonçalves Titto
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: Marcelo da Silveira Meirelles Pinheiro.

Título: Interação ractopamina, cromo e restrição alimentar em suínos terminados

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Zootecnia.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição _____ Julgamento: _____

Ofereço

A todos,

Dedico

Com minha alma e coração.

Ao meu senhor Deus por tudo ao longo da minha jornada.

À minha esposa, Dolores pelo apoio, carinho e amor.

Aos filhos, Mariah, Davi e Danielle pela compreensão.

*A Suely e Vilma pelo grande apoio a família em todos os
momentos.*

“Somos como anões aos ombros de gigantes, pois podemos ver mais coisas do que eles e mais distantes, não devido à acuidade da nossa vista ou à altura do nosso corpo, mas porque somos mantidos e elevados pela estatura de gigantes”

Bernardo de Chartres, referido por João de Salisbúria.
Metalogicon III, 4 (ed. Webb, Oxford 1929, p. 136, ls. 23-27).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela companhia e por ter conduzido minha vida nos momentos difíceis com toda sua glória e sabedoria.

A minha esposa e família pelo amor, suporte e compreensão.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, Universidade de São Paulo e a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade do estudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Joanir Pereira Eler pela atenção, dedicação e incentivo na elaboração e condução deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo pela revisão crítica, correções e orientação de fato na estruturação da tese.

Aos guardas, funcionários, técnicos de laboratório e aos docentes pela ajuda e amizade, a qual tive o prazer de conhecer e conviver ao longo destes anos.

Aos amigos do curso de Zootecnia.

Aos colegas da Pós-graduação.

A Suely Campos e Vilma Maria por todo carinho e ajuda nos momentos de dificuldade.

As pessoas que compartilharam um pouco do seu tempo e atenção, minha estima e sinceros agradecimentos a todos.

Obrigado!

*“Só é digno da liberdade, como da vida, aquele que se empenha
em conquistá-la.”*

(Johann Wolfgang von Goethe)

RESUMO

PINHEIRO, M.S.M **Interação ractopamina, cromo e restrição alimentar em suínos terminados**. 2018. 70f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes regimes de alimentação e de diferentes aditivos na dieta de suínos na fase de terminação. Foram utilizados 144 animais, da linhagem DB os quais foram pesados e distribuídos em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 (2 regimes de alimentação: a vontade e restrito; 4 formas de suplementação de aditivos na dieta: sem adição, cromo, ractopamina, cromo + ractopamina), totalizando 8 tratamentos com 6 repetições (3 repetições de machos e 3 repetições de fêmeas) e 3 animais cada, no período de 42 dias. Antes do início do experimento, foi avaliado o consumo médio dos animais para o fornecimento das dietas experimentais, o qual era corrigido semanalmente. Foi realizada uma restrição quantitativa da dieta em 15% em relação ao consumo dos animais alimentados à vontade, sendo que a restrição foi aplicada desde o primeiro dia do experimento e o fornecimento das dietas contendo o cromo e a ractopamina, a partir do 15º dia do experimento, ou seja, nos últimos 28 dias. Entretanto, os níveis nutricionais foram acrescidos em 15% para garantir o consumo da mesma quantidade de nutrientes da dieta. No final do experimento, um animal por repetição foi abatido para determinar a qualidade da carcaça dos animais. Foram avaliados dados de desempenho (ganho de peso, consumo médio e conversão alimentar) e de rendimento de carcaça (espessura de toucinho; espessura de músculo; porcentagem de carne magra). Os tratamentos não apresentaram efeito significativo para o desempenho dos animais sobre o consumo médio diário e o ganho médio de peso. Não houve diferença significativa para as características de carcaça. Os animais com restrição alimentar apresentaram diferença significativa ($P < 0,001$) na conversão alimentar quando comparada com a alimentação à vontade. O uso do cromo e da ractopamina de forma isolada ou em conjunto melhoraram a conversão alimentar em comparação aos animais que receberam a ração controle.

PALAVRAS - CHAVE: desempenho, mineral orgânico, qualidade de carcaça

ABSTRACT

PINHEIRO, M.S.M **Interaction ractopamine, chromium and feed restriction in finished pigs.** 2018. 70f. Thesis Research (PhD in Animal Science) - College of Animal Science and Food Engineering. University of São Paulo, Pirassununga, 2018.

The experiment was carried out with the objective of evaluating the effect of different feeding regimes and different additives in the diet of pigs in the finishing phase. A total of 144 animals of the DB lineage were used, which were weighed and distributed in a randomized block design, in a 2 x 4 factorial scheme (2 feeding regimes: will and restricted, 4 supplementation forms in the diet: Chrome, ractopamine, chromium + ractopamine), totaling 8 treatments with 6 replicates (3 replicates of males and 3 replicates of females) and 3 animals each, in the period of 42 days. Before the beginning of the experiment, the average consumption of the animals for the experimental diet was evaluated, which was corrected weekly. A quantitative restriction of the diet was performed in 15% in relation to the consumption of the animals fed at will. The restriction was applied from the first day of the experiment and the diets containing chromium and ractopamine were applied from the 15th day of the experiment. Experiment, that is, in the last 28 days. However, nutritional levels were increased by 15% to ensure consumption of the same amount of nutrients from the diet. At the end of the experiment, one animal per replicate was slaughtered to determine the quality of the carcass of the animals. Performance data (weight gain, mean intake and feed conversion) and carcass yield (fat thickness, muscle thickness, lean meat percentage) were evaluated. The treatments had no significant effect on the performance of the animals on average daily consumption and average weight gain. There was no significant difference in carcass characteristics. Feed restriction animals showed a significant difference ($P < 0.001$) in feed conversion when compared to feed at will. The use of chromium and ractopamine alone or in combination improved feed conversion compared to animals receiving the control ration.

KEY WORDS: carcass quality, organic mineral, performance

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Composição das dietas experimentais do grupo controle (a vontade)	32
Tabela 2 – Composição das dietas experimentais do grupo com restrição	33
Tabela 3 – Desempenho de suínos alimentados em diferentes regimes e com a suplementação de diferentes aditivos	35
Tabela 4 – Características de carcaça de suínos alimentados em diferentes regimes e com a suplementação de diferentes aditivos	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAs Aminoácidos	mín Mínimo
AAFCO Association of American Feed Control Officials	Min Mineral
ABPA Associação Brasileira da Proteína Animal	Mn Manganês
ABCS Associação Brasileira de Criadores de Suínos	Na Sódio
AMPc Monofosfato cíclico de adenosina	NRC National Research Council
Ca Cálcio	Pd Fósforo disponível
CA Conversão Alimentar	p Probabilidade de Significância
CM Porcentagem de carne magra	PB Proteína Bruta
Cr Cromo	PNA Polissacarídeos Não Amiláceos
CR Consumo de Ração	ppb Parte por bilhão
Cys Cistina	ppm Parte por milhão
EM Energia Metabolizável	RC Rendimento de Carcaça
EMu Espessura do músculo	SAS Statistical Analysis System
ET Espessura de toucinho	SIF Serviço de Inspeção Federal
Fe Ferro	Sup Suplemento
FZEA Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos	Thr Treonina
GPM Ganho de Peso Médio	ton Toneladas
HDL High-density lipoprotein	Trp Triptofano
K Potássio	UI Unidade Interacional
Kcal Kilocaloria (s)	USDA United States Department of Agriculture
Kg Kilograma	USP Universidade de São Paulo
LDL Low-density lipoprotein	Val Valina
Lis Lisina	Vit Vitamínico
máx Máximo	VLDL Very low-density lipoprotein
Met Metionina	WTE World's Top Exports
µg Micrograma	Zn Zinco
Mg Magnésio	
mg Miligrama (s)	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Formação e metabolismo do tecido muscular e adiposo	17
2.2. Ractopamina: sua estrutura e sua forma de ação no tecido muscular e tecido adiposo ...	19
2.2.1. Interações e fatores adversos a expressão do potencial da ractopamina	20
2.2.2. O nível de inclusão de ractopamina na ração	20
2.2.3. Tempo de fornecimento da ractopamina	21
2.2.4. Níveis de lisina com ractopamina	22
2.2.5. Diferenças de desempenho sobre o sexo no uso da ractopamina.....	24
2.2.6. Programa de restrição alimentar associado a ractopamina	25
2.3. Cromo suas formas e ação no tecido muscular e adiposo	25
2.4. Restrição alimentar.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Análise do uso do Cromo.	36
4.2. Análise do uso da Ractopamina.	40
4.3. Análise do uso do Cromo + Ractopamina.....	43
4.4. Análise do uso da Restrição.	45
5. CONCLUSÕES.....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7. REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A carne suína se destaca no cenário internacional como a mais consumida no mundo. No nosso país, mesmo com um consumo anual em torno de 15 kg por pessoa, o Brasil figura entre os maiores produtores e exportadores de carne suína, oscilando posições entre o 3º (USDA 2017; WTE_x, 2017) e o 4º lugar (ABPA 2017). Atualmente o país abriga três das dez maiores indústrias mundiais de processamento de carne ocupando o 1º, 4º e 8º lugar (USDA 2017; WTE_x, 2017), sendo que 80,4% dos suínos que são produzidos no Brasil têm destino voltados ao mercado interno (ABAPA, 2017) e, segundo o mapeamento da suinocultura - ABCS, 2016, desses animais 71,07 % acabam se tornando produtos processados pela indústria (cozidos, embutidos, defumados, curados e marinados) e apenas 28,93% são ofertados in natura direto ao consumidor (ABCS, 2016).

Devido a esse potencial a indústria busca objetivar, de forma estratégica, o aumento da quantidade de carne de boa qualidade na carcaça suína. Esse reflexo pode ser comprovado, principalmente, pelo pagamento baseado na tipificação e bonificação das carcaças, prática realizada pelas indústrias frigoríficas de médio e grande porte, passando a exigir carcaças com maior quantidade de carne e menor quantidade de gordura no acabamento e conformação da carcaça para o processamento industrial de cortes (GUIDONI, 2000; FACCO, 2003).

Essa estratégia segue na mesma direção do crescente e exigente mercado consumidor, empenhado na procura por um melhor produto nas prateleiras de forma diferenciada com variedades de cortes, mais carne e menos gordura; e onde os produtores de suínos também buscam uma maior rentabilidade e redução dos custos de produção (GUIDONI, 2000; FÁVERO, 2001; GINÉ et al., 2004; WATANABE, 2010).

Desta forma, a produção da carne suína brasileira na granja passou por uma grande transformação, onde os fatores produtivos como ganho de peso médio diário, conversão alimentar e idade associada ao peso de abate são medidas importantes na avaliação do desempenho dos animais para diminuir os custos de produção e aumentar a lucratividade por animal (GIROTTI, SANTOS FILHO, 2000; FÁVERO, BELLAVAR, 2001, AMARAL et al., 2006; MARTINS et al., 2012).

Um outro ponto de grande impacto no preço final do suíno está na alimentação que atualmente pode oscilar entre 70 a 75% dos custos de produção passando a ser o item primordial na criação (TALAMINI et al., 2006; CONAB, 2016).

Com o surgimento de novas linhagens comerciais de suínos mais produtivas, sustentada pelo melhoramento genético, a exigência nutricional animal também aumentou, possibilitando melhoria na eficiência alimentar e contribuindo na redução do uso de grãos nas dietas (APPLE et al., 2004; MOURA et al., 2015).

Para conseguir melhorar os índices produtivos desses suínos os produtores adotaram o uso de aditivos na alimentação. Nas rações, embora em quantidades pequenas, os aditivos são componentes de extrema importância ao desenvolvimento suíno, proporcionando condições metabólicas que contribuem para um desenvolvimento melhor das características de carcaça e qualidade da carne, conferindo um bom acabamento com maior rendimento de carne magra e menor deposição de gordura gerando maior rentabilidade e atendendo aos interesses das indústrias (APPLE et al., 2004; GOMIDE et al., 2006; MARINHO et al., 2007; SILVEIRA, 2007; PATIENCE et al., 2009; JOAQUIM, 2014).

Dentre os aditivos disponíveis no mercado há um destaque para o uso do cromo (Cr) e da ractopamina na dieta de suínos (LIEN et al., 2001; SEE et al., 2004; SILVEIRA et al., 2015). O cromo pela potencialização da síntese proteica no crescimento muscular pela absorção da glicose. A ractopamina pelo aumento da síntese proteica e diminuição das gorduras (GOMES et al., 2005; PARK et al., 2009; WATANABE, 2009).

Outro conceito aplicado pelos produtores é a redução da energia fornecida aos animais principalmente na fase de terminação. Nesta fase há uma maior deposição de gordura, uma vez que se gasta mais energia para depositar gordura do que proteína, pode-se adotar a restrição alimentar qualitativa ou quantitativa. Este manejo alimentar diferenciado consiste na redução da densidade energética ou da quantidade de ração fornecida aos animais com o intuito de promover aumento na eficiência alimentar, melhora na conversão alimentar e redução da gordura, produzindo carcaça mais magra (LEYMASTER, MERSMANN, 1991; BELLAVER, 1992; BELLAVER, 1995; MAZZUCO et al., 2000; PETTIGREW, 2001; BARBOSA et al., 2002b).

A combinação entre os aditivos no potencial produtivo animal e a interação dos mesmos, associada à restrição alimentar, ainda necessitam de mais estudos sendo pouco explorada. Desta forma, tendo em vista essas informações, o objetivo do trabalho foi o de avaliar as características zootécnicas e as características de carcaça de suínos durante a fase de terminação, fornecendo cromo e/ou ractopamina na dieta associado a restrição alimentar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No desenvolvimento e crescimento do tecido corporal, o organismo animal utiliza-se de processos metabólicos para formação e multiplicação de suas células. Na produção animal, há uma maior atenção nos processos de formação das células do músculo e da gordura, visando o aumento ou diminuição da produção das mesmas em sintonia com os interesses ou necessidades mercadológicas.

2.1. Formação e metabolismo do tecido muscular e adiposo

O tecido muscular esquelético do animal forma a sua massa muscular (vasos, tecido conjuntivo, fibra muscular) desenvolvendo as fibras que ao crescerem passam por diferentes etapas fisiológicas (STOCKDALE, 1992; TE PAS et al., 1999).

A primeira é chamada de etapa miogênica ou miogênese. Esta fase é dividida em outros dois períodos: o primeiro chamado de determinação ou hiperplasia (número) onde as células se multiplicam sendo conhecidas como mioblastos; na sequência vem a segunda etapa, chamada de diferenciação ou hipertrofia (volume), onde há a união dos mioblastos e formação das células com diversos núcleos (multinucleadas), sendo chamadas de miotubos. No início da construção da fibra muscular, as células primárias já pré-estabelecidas servem como base suporte para a sobreposição das fibras secundárias (MILLER et al, 1985; MILLER, 1991; MEURIANT, 2012).

Nesse processo de diferenciação dos mioblastos ocorre a transformação e expressão específica muscular. Todo o processo de miogênese é controlado por um grupo de genes regulatórios formado por quatro genes: MyoD1 (MILLER, 1991), Myf-5 (HOH, HUGHES, 1988), Miogenina (TE PAS et al., 1999) e MRF4 (HINTERBERGER et al., 1991). Cada um desses genes transcreve um fator de transcrição que regula a expressão dos genes durante o processo da miogênese (BERGSTROM, TAPSCOOT, 2001).

Nesta fase de formação os genes do miotubos se ativam iniciando a diferenciação, cessam a multiplicação e aumentam o seu volume (diâmetro muscular) (STOCKDALE, 1992, TE PAS et al., 2000; BUCKINGHAM et al., 2003).

Na formação das fibras musculares há duas diferenciações distintas dos mioblastos: os chamados de primários que formam as fibras vermelhas de contração mais lenta e com grande quantidade de mitocôndrias e mioglobinas; e os mioblastos que

se diferenciam em fibras secundárias ou brancas para realizar contração mais rápida (STOCKDALE, 1992).

Em um terceiro evento, os mioblastos podem-se transformar em células satélites (mononucleadas), quando não há diferenciação em células musculares, sendo depositadas de forma estratégica na região periférica da fibra muscular (SCHULTZ et al., 2006; YIN et al., 2013). Essas células permanecem em estado latente e suas ações destinam-se a manutenção do músculo esquelético, crescimento muscular ou regeneração das fibras quando necessário (STOCKDALE, 1992; TE PAS et al., 1999). Devido a sua enorme capacidade mitótica, quando essas células recebem algum estímulo como trauma ou hipertrofia muscular, são acionadas havendo uma rápida multiplicação celular permitindo a regeneração tecidual na formação de novas fibras musculares ou na junção de fibras já existente (KOVANEN; 2002; BRACK, RANDO; 2007).

Sendo inato da espécie, os suínos têm uma grande capacidade de produção de músculo e gordura. Entretanto, quando nasce, o leitão tem pouquíssima quantidade de gordura corporal, e passa a ter uma maior deposição à medida que aumenta o seu aleitamento devido a gordura do leite (DUNSHEA et al., 2003). Com a alteração da dieta líquida para a sólida, em decorrer do desmame, há uma diminuição na taxa de lipogênese. Após o período de adaptação a deposição de gordura volta a aumentar (MERSMANN et al., 1975).

No crescimento inicial dos leitões as funções lipolíticas são muito maiores que as funções lipogênicas. Essa lipólise segue pelo menos até os 40 dias de idade, tendo também o seu metabolismo muscular direcionado para as funções proteinogênicas em detrimento às proteolíticas, promovendo o aumento da deposição de massa muscular até os 70 dias de idade (GONZALES et al, 1993; DUNSHEA et al., 1998). Na maioria do tempo, com a alimentação a vontade, o leitão está em estado lipogênico, porém em situações de jejum ou sob estresse passa para um estado lipolítico com o objetivo de fornecimento de energia para a manutenção corporal (DUNSHEA et al., 1998; BERTOL et al., 2001). Com o avanço da idade há crescimento de massa muscular que vai diminuindo até chegar a maturidade sexual. Neste ponto, o suprimento de nutrientes se torna igual às necessidades oxidativas e de regeneração de tecidos, favorecendo a deposição de gordura em relação a de proteína (CAMPBELL, KING, 1982; GONZALES et al, 1993).

Nesta fase dos leitões, muitos produtores têm procurado por compostos ativos

orais capazes de provocar mudanças metabólicas com o objetivo de melhorar a composição corporal e a redução da deposição de gordura. Atualmente, diversas tecnologias emergentes e aditivos podem ser utilizados para manipular o crescimento, a composição corporal e a qualidade da carne suína. Devido a facilidade de fornecimento aos animais e sua relação de custo/benefício os aditivos ganharam destaque (JACELA, 2009; DUNSHEA, 2012).

2.2. Ractopamina: sua estrutura e sua forma de ação no tecido muscular e tecido adiposo

A ractopamina é um aditivo usado para o aumento da produção de carne no desenvolvimento animal alterando o metabolismo e modificando a repartição dos nutrientes. Os animais possuem receptores β -adrenérgicos no tecido esquelético muscular e no tecido adiposo. Sendo que a maioria dos tecidos musculares possuem receptores do tipo β_1 , β_2 e β_3 (MILLS et al., 1990).

A molécula de ractopamina é um aditivo agonista β -adrenérgico que se liga principalmente aos receptores β_1 de forma seletiva nas espécies. Este agonista β -adrenérgico tem a estrutura semelhante à das catecolaminas, epinefrina e norepinefrina. Dentre as catecolaminas sintéticas, o clenbuterol, o salbutamol e a ractopamina são as mais estudadas, as quais promovem o desempenho animal e melhora nas características de carcaça (MILLS et al., 1990; STITES, 1991; SMITH, 1998; PALERMO NETO, 2002; SCHINCKEL et al., 2003).

Já as moléculas que promovem a ativação dos receptores β_2 (cimaterol e clenbuterol) estimulam a síntese e também ao mesmo tempo inibem a degradação proteica. Para os suínos, as afinidades entre os receptores são semelhantes sendo que os receptores β_2 promovem um melhor sinal de transdução (MILLS et al., 1990).

Esse processo se dá por um redirecionamento dos nutrientes envolvidos na deposição lipídica em direção à formação de tecido muscular, ou seja, ao mesmo tempo ocorre redução na síntese lipídica e aumento na síntese proteica (DUNSHEA et al., 1993; SCHINCKEL et al., 2003; PEREIRA et al., 2008).

Após a ingestão da ractopamina sua atuação se dá na membrana celular onde existem os receptores α e β , sendo os β -receptores estimulados e ativados pelos agonistas β -adrenérgico (RAMOS, SILVEIRA, 2001; RAMOS, SILVEIRA, 2002; ZAGURY, 2002; STOLLER et al., 2003). Este agonista β -adrenérgico acaba ligando-se e ativando a proteína da membrana que será regulada por nucleotídeos guanínicos. A

membrana passa a tornar-se mais fluida e estimula a enzima adenilato-ciclase para sua ação de catalisação do lado interno da membrana plasmática pelo trifosfato de adenosina. Posteriormente esse trifosfato de adenosina irá levar à formação de monofosfato cíclico de adenosina (AMPc) a qual atua como mensageiro secundário na ativação de uma proteína quinase que irá conduzir à fosforilação de enzimas. São estas enzimas que respondem promovendo a quebra das reservas de gorduras pela estimulação da lipólise e o aumento da gliconeogênese e glicogenólise, também estimulam o aumento da insulina, glucagon e renina (MOODY et al., 2000) e levando à maior taxa de quebra dos triglicerídeos em ácidos graxos livres e glicerol (ZAGURY, 2002). Na membrana dos adipócitos os eventos metabólicos promovem a quebra dos triglicerídeos a ácidos graxos livres e glicerol (ZAGURY, 2002).

O estudo do mecanismo de ação aponta para hipertrofia do diâmetro das fibras musculares brancas e intermediárias principalmente pela síntese da actina e miosina e por consequência o aumento do rendimento das carcaças dos suínos e a melhora na qualidade da carne como a cor, maciez e diminuição da perda de água (BELLAYER et al., 1991; STITES, 1991; AALHUS et al., 1992; XIONG 2006; WATANABE, 2009).

2.2.1. Interações e fatores adversos a expressão do potencial da ractopamina

A efetividade da ractopamina em sua plenitude máxima encontrado em trabalhos científicos pode variar devido a diversos fatores. As várias práticas de uso, bem como as interações com os componentes da dieta e fatores experimentais adversos contribuem de certa forma para a limitação de sua magnitude. Dentre esses fatores, os mais destacados são: o nível de inclusão na ração e o tempo de fornecimento do produto, os níveis de lisina e a relação lisina/energia metabolizável, a linhagem genética/sexo e o programa alimentar adotado (CAMPBELL, TAVERNER, 1988; STAHLY, BARK, 1991; SMITH et al., 1995; SCHINCKEL et al., 2001, SCHINCKEL et al., 2002; CANTARELLI, 2007; SANCHES et al., 2010; WATANABE et al., 2012).

2.2.2. O nível de inclusão de ractopamina na ração

Nos primeiros estudos com inclusão de ractopamina às dietas dos suínos em terminação, os resultados que proporcionaram maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar sugeriam a inclusão de 5 a 30 ppm (WATKINS et al., 1990; MITCHELL et al.,

1991; SMITH et al., 1995; SCHINCKEL et al., 2001) sendo que a variação usual está entre 10 a 20 ppm (APPLE et al., 2004).

A ração suplementada com nível de 5 ppm de ractopamina proporciona um maior peso final com melhorias no ganho de peso diário e diminuição na conversão alimentar de terminados (CANTARELLI, 2007; PEREIRA et al., 2008; FERREIRA, 2009), enquanto a inclusão de 4mg/kg também pode ser recomendada para fêmeas pesadas quando há bonificação por carcaça mais magra (WATANABE et al., 2012; WATANABE et al., 2016).

Valor intermediário de 10 ppm melhoram o ganho de peso (PHILOMENO, 2013). Já os níveis de 20 ppm contribuem com rapidez e eficiência para um maior ganho diário de peso, melhora no desempenho e nas características de carcaça (WATKINS et al., 1990; STAHLY, BARK, 1991; UTTARO et al., 1993; CROME et al., 1996; BUDIÑO et al., 2005; SANCHES et al., 2010; GARBOSSA et al., 2013) com redução na espessura de toucinho e aumentos na percentagem de carne magra e na taxa de deposição de carne magra diária (SCHINCKEL et al., 2001; SANCHES et al., 2010).

De modo geral os níveis de 5 a 10 ppm proporcionam um ganho de peso médio satisfatório. Já os níveis de 20 ppm, levam a uma eficiência alimentar alta e melhorias nas características quantitativas das carcaças (SEE et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2013). As suplementações graduais de 5-10 e 10-20 ppm de ractopamina também aumentam a quantidade de carne na carcaça dos suínos, já a suplementação gradual de 5-10 ppm melhora a bonificação de carcaça (ROSA, 2013). No entanto alguns estudos relatam não obter efeito entre os sexos para qualquer melhora no desempenho do crescimento ou nas características da carcaça ao nível de 10 ppm na ração nos terminados (BELLAYER et al., 1991); ou com o aumento (5, 10, e 20 ppm), a diminuição (20, 10, e 5 ppm) ou nível constante (11.6 ppm) no período experimental (MARINHO et al., 2007).

2.2.3. Tempo de fornecimento da ractopamina

O início da oferta e o tempo de fornecimento de ractopamina aos suínos pode ser variável em função do objetivo a ser alcançado, seja um animal de peso final mais elevado destinado ou não a cortes ou com a carcaça mais magra (SMITH, 1998; SCHINCKEL et al., 2001; MARINHO et al., 2007; SANCHES et al., 2010; WATANABE et al., 2012; WATANABE et al., 2016).

Em média, experimentos iniciais sugeriam o fornecimento da ractopamina por

um período entre duas semanas anterior ao abate (FERREIRA, 2008; FERREIRA, 2009; SANCHES et al., 2010; SOUZA, 2011). Um período adicional de fornecimento (três semanas) ganhou interesse por pesquisadores (SEE et al., 2004; MARINHO et al., 2007b; ESPERANÇA et al., 2015). No entanto, a maior concentração de estudos indica bons resultados de desempenho animal e qualidade de carcaça para um período de quatro semanas (APPLE et al., 2004; SEE et al., 2004; BUDIÑO et al. 2005; MARINHO et al., 2007; WATANABE et al., 2012; GARBOSSA et al., 2013; PHILOMENO, 2013; SOUZA, 2015; WATANABE et al., 2016) chegando até 30 dias (ROSA, 2013). Os autores também procuraram explorar períodos maiores (cinco semanas) de fornecimento (WATKINS et al., 1990; SEE et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2013), avaliando o desempenho e o desenvolvimento corporal (seis semanas) (HERR et al., 2001b, HERR et al., 2000; SEE et al., 2004) e o desempenho animal (45 dias) de machos e fêmeas (WATKINS et al., 1990; UTTARO et al., 1993). O impacto da suplementação, em maior período (setes semanas), avaliou o mérito da carcaça animal e fase de melhor desempenho (WILLIAMS et al.;1994), mesmo presenciando em alguns casos (oito semanas) piores desempenhos no período final (BARK et al., 1992; WILLIAMS et al.;1994; SCHINCKEL et al., 2002).

2.2.4. Níveis de lisina com ractopamina

Em termos metabólicos a lisina é o aminoácido mais importante na alimentação para o desempenho dos suínos, atuando para o crescimento e aumento da musculatura na carcaça, principalmente pelo fato da ração brasileira ter como base o uso de milho e farelo de soja e devido também ao melhoramento genético das linhagens modernas que aumentaram suas exigências nutricionais e o seu potencial de crescimento para um maior volume de deposição de carne (KERR, 1993; SCHINCKEL, BENNETT, 1999; FÁVERO, BELLAVER, 2001; SANCHES et al., 2010). Porém, o uso excessivo da lisina pode aumentar o custo da ração e comprometer o desempenho animal pela competição dos agonistas β -adrenérgicos pelo sítio de absorção além da poluição do meio ambiente pelas fezes com excesso de nitrogênio dos aminoácidos não absorvidos (EDMONDS, BAKER, 1987; DÍEZ-SAMPEDRO et al., 1998; ALMEIDA et al., 2010; FERREIRA et al., 2013).

Desta forma com a adição de repartidores β -adrenérgicos como a ractopamina, tem sido necessário avaliar a real necessidade do nível de lisina fornecido e requerido na

ração (MARINHO et al., 2007a; PEREIRA et al., 2008; SANCHES et al., 2010; NRC 2012).

Considerando que os animais monogástricos se alimentam da ração para satisfazer primeiramente suas necessidades energéticas (FAO 1973; REEDS, MERSMANN, 1991, PENZ, VIOLA, 1998), para definir os padrões de alimentação dos suínos é importante a observação do desempenho animal e a conformação da carcaça. Assim, buscar associar o nível dos aminoácidos absorvidos no trato gastrointestinal em relação à quantidade de energia, enfatizado a relação entre níveis de lisina e energia para um adequado aproveitamento energético e máxima absorção dos aminoácidos, permite expressar as exigências dos animais nas rações a serem formuladas (CHUNG, BAKER, 1992; SMITH et al., 1999; APPLE et al., 2004; RESENDE et al., 2006).

Com o avanço na seleção e melhoramento dos suínos, houve um distanciamento entre as populações causando diferenças nas exigências nutricionais entre os animais de baixo, médio e alto potencial genético (ROSTAGNO et al., 2000). Com a utilização da ractopamina, surgiu a necessidade de estudos e ajustes da quantidade deste aditivo em associação aos níveis de lisina, pois é possível que o nível de lisina fornecido nas dietas esteja abaixo da real necessidade dos animais. A identificação das quantidades diárias de lisina permite potencializar o máximo desempenho e a maior deposição de proteína (ROSTAGNO et al., 2005, PEREIRA et al., 2008; SANCHES et al., 2010).

A expressão do ganho animal varia de acordo com o nível de inclusão de ractopamina na dieta e essa resposta está relacionada também com a genética animal (STAHLY, BARK, 1991). Os animais de baixo potencial genético têm resposta menor que os animais de médio e alto potencial genético, podendo estar relacionado com a maior densidade e número de fibras musculares, e por consequência, maior número de receptores β -adrenérgicos que estão presentes nas células (STAHLY, BARK, 1991; SCHINCKEL et al., 2003).

Suínos com alto e médio potencial genético que exigem maiores quantidades diárias de lisina e recebem suplementação com ractopamina respondem positivamente com maior deposição de tecido magro muscular quando comparados aos suínos de baixo potencial genético (BARK et al., 1992). Quando a ractopamina é utilizada para obtenção de maior taxa de deposição proteica recomenda-se 30% a mais de lisina em relação a exigência animal preconizada nas tabelas nutricionais (MITCHELL et al., 1991).

Diversas pesquisas testaram variações no fornecimento de 5 a 30 ppm de

ractopamina em rações para animais em terminação onde encontra-se uma variação de 12% a 19% de proteína bruta para animais de baixo e médio potencial genético e uma variação de 16% a 24,5% de proteína bruta para animais de alto potencial genético (MITCHELL et al., 1990; MITCHELL et al., 1991; BARK et al., 1992; DUNSHEA et al., 1993; HE et al., 1993; SCHINCKEL et al., 2003; MARINHO et al., 2007a; WEBSTER et al., 2007).

Da mesma forma os estudos reportam diferentes níveis de inclusão de lisina na ração variando de 0,55% a 1,50%, com uma faixa preferencial de 0,67 a 0,87% proporcionando uma melhora na percentagem de carne magra, no desempenho e nas características de carcaça com a redução da espessura de toucinho (MITCHELL et al., 1990; MITCHELL et al., 1991; BARK et al., 1992; DUNSHEA et al., 1993; SCHINCKEL et al., 2003; MARINHO et al., 2007a; WEBSTER et al., 2007).

2.2.5. Diferenças de desempenho sobre o sexo no uso da ractopamina

Na suinocultura o sexo dos animais é um fator importante com destaque por influenciar no desenvolvimento e maturação dos animais. Na espécie suína é possível separar os animais em categorias sexuais de acordo com o crescimento animal avaliando a idade à puberdade: a ordem crescente de importância é ordenada por: machos castrados, fêmeas e machos inteiros, já em relação a ordem de crescimento compreende os machos inteiros, fêmeas e machos castrados (FULLER, 1985; FULLER et al., 1995; BARBOSA, 2010).

Com o uso da ractopamina essas variações ficam mais evidentes nas fases de crescimento e principalmente na fase de terminação, influenciando a deposição de gordura e formação do tecido magro de forma igual para todas as categorias e reduzindo a deposição de tecido adiposo em machos inteiros e imunocastrados (ELLIS, 1999; LATORE et al., 2004; BARBOSA et al., 2012).

Em testes avaliando as diferenças entre as categorias animais usando níveis variando de 5 a 20 ppm de ractopamina, observou-se melhoras no desempenho animal e na característica da carcaça dos animais que ingeriram níveis maiores, porém não foram encontradas diferenças no consumo de ração, desempenho, crescimento ou nas características da carcaça entre animais castrados e fêmeas (DUNSHEA et al., 1993; HE et al., 1993; UTTARO et al., 1993; WILLIAMS et al., 1994; SMITH et al., 1995; ELLIS et al., 1996; HERR et al., 2001; AMARAL, 2008; AMARAL et al., 2009; BARBOSA,

2010; BARBOSA et al., 2012; MORAES et al., 2010; SILVA, 2013; LOWE et al., 2016) só havendo diferença para machos inteiros (DUNSHEA et al., 1993; UTTARO et al., 1993).

No entanto alguns trabalhos usando 20 ppm de ractopamina apontam para diferenças, ressaltando o melhor desempenho de imunocastrados em relação as fêmeas (APPLE et al., 2007; MOORE et al., 2009; RIKARD-BELL et al., 2009; PULS et al., 2014), todavia os resultados encontrados não demonstraram diferenças significativas quando compararam os dados entre castração física tradicional e imunocastrados (SILVA, 2013; LOWE et al., 2016).

2.2.6. Programa de restrição alimentar associado a ractopamina

Os programas alimentares que visam a redução dos gastos com o custo da ração utilizam a ractopamina associada a restrição alimentar buscando um incremento no ganho de peso e melhora na conversão alimentar reduzindo a quantidade e a percentagem de gordura na carcaça, os valores de restrição podem ser ajustados semanalmente de acordo com o peso animal (DUNSHEA et al., 1993; SMITH et al., 1995; CANTARELLI, 2007).

A adição crescente de ractopamina até 20 ppm com restrição alimentar de 13% a 15% na fase final de terminação pode melhorar de forma linear o ganho de peso e a conversão alimentar (SMITH et al., 1995; FREITAS et al., 2014), o mesmo pode ocorrer com restrição de 13,5% a 15% usando 5 ppm de ractopamina com melhora no desempenho, nas características da carcaça e viabilizando economicamente a produção (CANTARELLI et al., 2009a) melhorando a eficiência de utilização de nitrogênio (CANTARELLI et al., 2009b). Todavia, a restrição alimentar também pode interferir de forma negativa no ganho de peso (CANTARELLI, 2007).

A restrição mais drástica (20%) com valores intermediários de ractopamina (10 ppm) visando o ganho compensatório, apresenta reflexos positivos nas características de carcaça potencializando o ganho de peso e especialmente a conversão alimentar (ESPERANÇA et al., 2015). A principal vantagem da utilização da restrição alimentar está quando empregada na fase final da terminação dos suínos (MANSKE et al., 2011).

2.3. Cromo suas formas e ação no tecido muscular e adiposo

Na busca por um composto denominado “fator de tolerância à glicose” na manutenção do metabolismo de carboidratos, as primeiras pesquisas em ratos demonstraram a importância do cromo (Cr^{+3} trivalente, forma mais estável) como um dos componentes que favorecem o metabolismo da glicose. O cromo atua como um cofator promovendo e potencializando o balanço homeostático glicêmico através da regulação da ação do hormônio insulina, catalisando a ligação da insulina com o receptor na membrana celular, melhorando assim a absorção da glicose (SCHWARZ, MERTZ, 1957; ANDERSON, 1981; BOREL, ANDERSON, 1984; ANDERSON et al., 1991; EVANS, BOWMAN, 1992; MORRIS et al., 1993; LIEN et al., 2001; GOMES et al., 2005; SPEARS, 2016).

Com menor intensidade, no metabolismo lipídico o cromo participa com o aumento da concentração de lipoproteínas de alta densidade, inibindo a enzima hepática Hidroximetilglutaril - CoA Redutase e diminuindo a síntese de colesterol, triglicerídeos e lipoproteínas de baixa densidade através do aumento da atividade da enzima lipase lipoprotéica (STOEKER, 1999; LIEN et al., 2001; GOMES et al., 2005). Com o aumento do número de receptores de insulina, passa a promover maior estímulo na captação e absorção de aminoácidos, aumentando a deposição de proteína no músculo esquelético e ajudando na ativação e estabilização de enzimas, proteínas e ácidos nucleicos (BOREL, ANDERSON, 1984; MORRIS et al., 1993; ANDERSON, 1995; ANDERSON et al., 1996; ANDERSON et al., 1998; EREN, BASPNAR, 2004; YILDIZ et al., 2004).

O comportamento de desequilíbrio do cromo nos animais se deve em muito ao aumento da concentração de glicose no sangue provocado pela ingestão da dieta que diretamente aumenta a secreção de insulina, a qual provoca uma maior liberação de cromo. Com o maior nível de cromo no sangue, ao passar pelos rins, boa parte do cromo em excesso é excretado na urina (GOMES et al., 2005).

As fontes do mineral podem ser encontradas na forma inorgânica como cloreto de cromo que tem baixa absorção pelo trato digestivo dos animais (1 a 3%) e menor atividade biológica. Na forma orgânica o cromo encontra-se como cromo metionina, complexo cromo ácido nicotínico, cromo levedura e cromo picolinato (SCHWARZ, MERTZ, 1957; ANDERSON, KOZLOVSKY, 1985; ANDERSON, 1987; PECHOVA, PAVLATA, 2007).

O mecanismo de transporte e absorção dos íons de cromo ainda são incertos, podendo ocorrer a formação de complexos durante a digestão do alimento, formando

moléculas insolúveis e perdas pela aderência de íons do cromo nos carboidratos, aminoácidos (metionina e histidina) e vitaminas (Vitamina C) presentes na ração. Enquanto minerais como o Zinco, Vanádio e Ferro e os fitatos inibem a absorção sendo que o maior destaque fica para as moléculas em forma de quelatos, como por exemplo o picolinato (PAGE et al., 1993; LINDERMAN et al. 1995; GARCIA, GARNES, 2004; GOMES, et al., 2005; SILVA, 2007; MAK VALU, 2008).

A forma estrutural orgânica do picolinato de cromo (Cr^{+3} ou tripicolinato) é uma molécula trivalente de cromo que despertou grande interesse nos estudos com suplementação mineral por possuir baixa toxicidade e maior biodisponibilidade e absorção (15% a 30%) em comparação com as fontes inorgânicas, quando comparado com outras fontes orgânicas a sua biodisponibilidade pode ser sensivelmente superior ou semelhante (PAGE et al., 1993; ANDERSON, 1994; LINDERMAN et al. 1995; EFSA, 2010; NRC, 2012).

A suplementação de cromo na alimentação animal destaca-se por promover o desempenho, a taxa de crescimento, a resposta imune e alterações metabólicas (VINCENT, 2000). O cromo é considerado essencial na alimentação, mas atualmente, ainda não está determinado a exigência nutricional dos suínos para sua suplementação (NRC, 2012).

Alguns estudos sugerem o uso do cromo como componente para diminuir os efeitos associados ao estresse nos animais e humanos, alguns trabalhos com Cr-picolinato em testes simulados sustentam o aumento da resposta imune celular in vitro, do consumo alimentar e do ganho de peso de suínos desmamados e em crescimento. Entretanto pesquisas mais recentes não demonstraram efeito significativo em teste simulado para o estresse térmico, o estresse imune e o estresse dietético em suínos, mesmo havendo efeito para animais em estresse severo (ANDERSON, 1994; LINDERMAN et al. 1995; VAN HEUGTEN et al., 1996; VAN HEUGTEN, SPEARS, 1997; XI et al., 2001; LIEN et al., 2005; KIM et al., 2007; KIM et al., 2009; EFSA, 2010; NRC, 2012). Já em outro estudo a suplementação com propionato de cromo indica redução no colesterol LDL + VLDL e aumento na porcentagem do bom colesterol HDL (LIEN et al., 2001; LIEN et al., 2005).

As primeiras pesquisas em suínos com suplementação de fontes minerais e orgânicas de cromo tinham como objetivo avaliar o desempenho e qualidade da carcaça dos animais. Contudo, as pesquisas apresentadas até o momento com diferentes fontes de cromo apresentam divergências; alguns trabalhos relatam efeito significativo para o

ganho de peso, aumento da deposição muscular e redução de quantidade de gordura na carcaça e espessura de toucinho (LINDEMANN et al., 1995; MOONEY, CROMWELL, 1995; MOONEY, CROMWELL, 1999; LIEN et al., 2001; XI et al. 2000; XI et al., 2001; PAGE et al., 1993; SEE et al., 2004; GOMES et al., 2005; OHH, LEE, 2005; JACELA et al., 2009; SALES, JANCÍK, 2011, PAMEI et al., 2014) inclusive usando nano compósitos de cromo (WANG et al., 2009); efeito significativo na redução da oxidação lipídica nos dois períodos de estudo (PEREZ et al., 2006); na qualidade de carne promoveu a melhora na retenção de água e no marmoreio (MATTHEWS et al., 2003; SHELTON et al., 2003) e influenciou positivamente no aumento da área de olho de lombo (LIEN et al., 2001; PAMEI et al., 2014). Também reduziu a concentração de glicose no sangue e aumentou uso da energia das rações dos suínos em crescimento (OLIVEIRA et al., 2007), aproveitando melhor a utilização do nitrogênio (WANG, 1995; OLIVEIRA et al., 2007). Melhorou e aumentou ainda mais a sensibilidade à insulina (EVOCK-CLOVER et al., 1993). Aumentou as atividades do sistema imune com maior blastogênese dos linfócitos (VAN HEUGTEN, SPEARS, 1997) e aumento da produção de imunoglobulinas até os 12 dias de vida (VAN de LIGT et al., 2002).

Em outros, os trabalhos, não relataram efeito significativo para as características de desempenho e carcaça (PAGE et al., 1992; EVOCK-CLOVER et al., 1993; MOONEY, CROMWELL 1997; RENTERIA, CUARÓN, 1998; LIMA, GUIDONI, 1999; MATTHEWS et al., 2001; PARK et al., 2009; ALMEIDA et al., 2010); não melhorou o desempenho reprodutivo de leitoas suplementadas com picolinato de cromo via ração (MACHADO, 1998).

2.4. Restrição alimentar

O conceito da restrição é baseado na teoria de que a menor ingestão de energia melhora a conversão alimentar e diminui a gordura da carcaça (BELLAYER, 1992).

A restrição alimentar pode ser realizada de duas formas: uma baseando na redução da qualidade da ração que é fornecida para os suínos como por exemplo a adição de fibras e a outra é pela redução da quantidade de ração fornecida com a correção dos valores energéticos e proteicos (BELLAYER, 1995; POUND, 1998; RAMONET et al., 1999; BARBOSA et al., 2002a; BARBOSA et al., 2002b; BARBOSA, 2003).

O principal motivo do uso da restrição alimentar é o aumento na eficiência

produtiva animal, seja pela economia com a redução da quantidade de ração fornecida ou pela melhor bonificação no acabamento de carcaças mais magras (carne/gordura) ou até mesmo pela redução do tempo de permanência nas baias e diminuição do uso de mão de obra (BELLAYER, 1992; ROPPA, 2004).

A gordura na carcaça suína é uma característica indesejável para a grande maioria da indústria frigorífica brasileira. As linhagens suínas atuais, de alto potencial genético, apresentam uma curva de desenvolvimento muscular corporal muito acentuada na fase inicial do crescimento, já na fase de terminação após os 100 kg essas linhagens apresentam uma maior deposição de gordura devido à alta ingestão de ração (BERTOL et al., 2001).

Neste período do desenvolvimento corporal animal a relação entre gordura e músculo se altera de forma gradativa, com aumento na deposição de gordura na carcaça e o crescimento muscular se dá de forma mais lenta. Para estes casos a restrição alimentar tem o propósito de reduzir a deposição de gordura, melhorar a conversão alimentar e melhorar a carcaça magra, buscando otimizar e manter a relação entre crescimento muscular e quantidade de ossos (CHUNG et al., 1985, LEYMASTER, MERSMANN, 1991; BELLAYER et al., 1997).

A restrição alimentar em alguns casos difere das expectativas produtivas, tendo em vista que alguns autores encontraram dados divergentes e de pouco interesse comercial. Em algumas situações, suínos de alto potencial genético, com peso de abate até os 120 kg, não tiveram resposta de forma satisfatória na melhoria da carcaça (BERTOL et al., 2001; SANTOS et al., 2012). Em outras, houve a redução de forma linear no ganho de peso de suínos castrados tradicionalmente e imunocastrados (BIKKER et al., 1996; WARPECHOWSKI et al., 1999; ROPPA, 2004; FRAGA, 2005; FRAGA et al., 2008), chegando ao ponto de interferir de forma negativa ou até mesmo piorar o ganho de peso diário e a conversão alimentar reduzindo o peso de abate (BARBOSA et al., 2003; FRAGA, 2005; CANTARELLI, 2007; FRAGA et al., 2008; SANTOS et al., 2012) ou até mesmo a redução no rendimento de carcaça (HAYDON et al., 1989). No entanto, melhora a eficiência de utilização do nitrogênio bem como as características de carcaça viabilizando economicamente (CANTARELLI, 2007; CANTARELLI et al., 2009).

As respostas produtivas negativas que a restrição alimentar apresenta se deve em parte a grande variação dos trabalhos desenvolvidos e questões abordadas. As diferenças entre a curva de crescimento dos animais, a idade inicial da restrição, o sexo

dos animais e o tipo de ração podem prejudicar o desempenho e a melhoria da carcaça aumentando o tempo de abate (ELLIS et al., 1991; BELLAVER, 1992; BELLAVER et al., 1997; BERTOL et al., 2001; FURMAN et al., 2001; SUNDRUM et al., 2011).

Portanto, suínos de genótipos com alto potencial para deposição de carne magra e baixo consumo voluntário de alimento, alimentados com dietas fareladas contendo níveis adequados de aminoácidos e abatidos até os 120 kg de peso vivo, não respondem à restrição de energia, independente do peso ao início da restrição, para melhorar o desempenho e a qualidade da carcaça (BERTOL et al., 2001).

A restrição alimentar também pode piorar o ganho de peso e não alterar as características de carcaça dos suínos machos castrados e imunocastrados (SANTOS et al., 2012).

Considerando as questões econômicas, com o alto custo da ração, a restrição alimentar direciona para uma escolha por uma conversão alimentar mais eficiente. Neste ponto a prática da alimentação restrita se sobressai à alimentação a vontade que é preferível do ponto de vista do ganho por quilograma do animal abatido.

Desconsiderando a necessidade de mão de obra treinada e equipamentos modernos, com fácil implementação para uma alimentação com eficiência, o fato é que o estudo da restrição alimentar ainda não está consolidado, sendo um tema de pesquisa que precisa ser muito mais explorado e testado com variações diversas nas diferentes instalações, linhagens genéticas e nos diferentes programas alimentares (BELLAVER, GARCEZ, 2000; MANZKE et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pelo comitê de ética animal e conduzido na granja da prefeitura do Campus de Pirassununga no setor de Suinocultura da FZEA - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, da Universidade de São Paulo.

Antes do início do experimento foi avaliado o consumo médio dos animais para o cálculo do fornecimento das dietas experimentais, o qual foi corrigido semanalmente.

Os animais utilizados tiveram o início do experimento com 100 dias de idade e média de 60 kg de peso e o final com 142 dias de idade e média de 100 kg de peso, sendo abatidos posteriormente.

As fases de crescimento e terminação da granja foram conduzidas em galpões com cobertura de telhas romana de barro, meia mureta em alvenaria de 1,20 m de altura e pé-direito de 3 m. As baias com piso em concreto, área de 22 m² (4,00 x 5,50) acrescidas com divisórias de grade metálicas vazadas dividindo em duas baias menores com comedouro semiautomático e bebedouro tipo chupeta.

Antes do início do experimento a instalação foi lavada, desinfetada e posteriormente recebeu pintura de cal.

Foram utilizadas 48 baias com 144 animais da linhagem DB, os quais foram pesados e distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com um esquema fatorial 2 x 4 (2 formas de alimentação: a vontade e restrita; 4 formas de suplementação de aditivos na dieta: sem adição, cromo, ractopamina, cromo + ractopamina), totalizando 8 tratamentos com 6 repetições (3 repetições de machos e 3 repetições de fêmeas) e 3 animais cada, no período de 42 dias.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja e oferecidas na forma farelada, suplementadas com núcleo (pré-mistura mineral e vitamínica) e aditivos (ractopamina e cromo) de produto comercial com água a vontade. As rações seguiram as recomendações de Rostagno et al. (2011), sendo apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

A suplementação dos aditivos de tripicolinato de cromo e de ractopamina ocorreu na dosagem de 200 g/ton da dieta.

No cálculo base da quantidade de ração a ser fornecida para o tratamento com alimentação restrita, foi realizado um levantamento prévio do consumo médio dos animais antes do início do experimento e calculado uma restrição quantitativa da dieta em 15% em relação ao consumo dos animais alimentados à vontade, esta restrição foi aplicada desde o primeiro dia do experimento e o fornecimento das dietas contendo o

cromo e a ractopamina, a partir do 15º dia do experimento, ou seja, nos últimos 27 dias. Entretanto, os níveis nutricionais foram acrescidos em 15% para garantir o consumo da mesma quantidade de nutrientes da dieta ingeridas pelos animais alimentados à vontade.

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais do grupo controle (a vontade)

	Controle	Cr	Racto	Cr + Racto
Milho	77,91	77,91	77,91	77,91
Farelo de Soja	19,35	19,35	19,35	19,35
Fosfato Bicálcico	0,82	0,82	0,82	0,82
Calcário	0,75	0,75	0,75	0,75
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36
Lisina	0,40	0,40	0,40	0,40
Treonina	0,22	0,22	0,22	0,22
Sup. Vit/Min	0,13	0,13	0,13	0,13
Metionina	0,02	0,02	0,02	0,02
Inerte	0,04	0,02	0,02	0,00
Cromo	0,00	0,02	0,00	0,02
Ractopamina	0,00	0,00	0,02	0,02
Óleo soja	0,00	0,00	0,00	0,00
Níveis Nutricionais				
EM, kcal/kg	3,230	3,230	3,230	3,230
PB, %	15,53	15,53	15,53	15,53
Ca, %	0,55	0,55	0,55	0,55
Pd, %	0,25	0,25	0,25	0,25
Lis d, %	0,83	0,83	0,83	0,83
M+C d, %	0,50	0,50	0,50	0,50
Tre d, %	0,70	0,70	0,70	0,70
Trp d, %	0,17	0,17	0,17	0,17
Val d, %	0,65	0,65	0,65	0,65
Na, %	0,16	0,16	0,16	0,16

* Composição por kg de produto: cobalto - 185 mg; cobre - 15,75 mg; ferro - 26,250 mg; iodo - 1.470 mg; manganês - 41,850 mg; zinco - 77,999 mg; ácido fólico - 116,55 mg; ácido pantotênico - 2,334 mg; biotina - 5,28 mg; niacina - 5,600 mg; piridoxina - 175 mg; riboflavina - 933 mg; tiamina - 175 mg; vitamina A - 1.225.000 IU; vitamina D3 - 315,000 UI; vitamina E - 1.400 mg; vitamina K3 - 700 mg; vitamina B12 - 6,83 mg; selênio - 105 mg; e antioxidante - 1.500 mg.

Tabela 2 – Composição das dietas experimentais do grupo com restrição

	Controle	Cr	Racto	Cr + Racto
Milho	59,23	59,23	59,23	59,23
Farelo de Soja	27,68	27,68	27,68	27,68
Fosfato Bicálcico	1,03	1,03	1,03	1,03
Calcário	0,62	0,62	0,62	0,62
Sal	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina	0,37	0,37	0,37	0,37
Treonina	0,26	0,26	0,26	0,26
Sup. Vit/Min*	0,13	0,13	0,13	0,13
Metionina	0,06	0,06	0,06	0,06
Inerte	0,04	0,02	0,02	0,00
Cromo	0,00	0,02	0,00	0,02
Ractopamina	0,00	0,00	0,02	0,02
Óleo soja	10,18	10,18	10,18	10,18
Níveis Nutricionais				
EM, kcal/kg	3,715	3,715	3,715	3,715
PB, %	17,86	17,86	17,86	17,86
Ca, %	0,60	0,60	0,60	0,60
Pd, %	0,29	0,29	0,29	0,29
Lis d, %	0,95	0,95	0,95	0,95
M+C d, %	0,57	0,57	0,57	0,57
Tre d, %	0,80	0,80	0,80	0,80
Trp d, %	0,20	0,20	0,20	0,20
Val d, %	0,75	0,75	0,75	0,75
Na, %	0,18	0,18	0,18	0,18

* Composição por kg de produto: cobalto - 185 mg; cobre - 15,75 mg; ferro - 26,250 mg; iodo - 1.470 mg; manganês - 41,850 mg; zinco - 77,999 mg; ácido fólico - 116,55 mg; ácido pantotênico - 2,334 mg; biotina - 5,28 mg; niacina - 5,600 mg; piridoxina - 175 mg; riboflavina - 933 mg; tiamina - 175 mg; vitamina A - 1.225.000 IU; vitamina D3 - 315,000 UI; vitamina E - 1.400 mg; vitamina K3 - 700 mg; vitamina B12 - 6,83 mg; selênio - 105 mg; e antioxidante - 1.500 mg.

Foram avaliados os dados de ganho de peso médio, conversão alimentar e consumo de ração.

Para os dados de ganho de peso médio dos animais (baia) foram realizadas 2 coletas na fase do experimento (1 no início e 1 no fim) para o cálculo de ganho de peso médio final. As pesagens ocorreram aos 100 dias e 142 dias. O consumo de ração também foi medido para o cálculo dos valores do consumo médio de baia e para a conversão alimentar média de baia.

Ao final do último dia de experimento os animais foram submetidos ao jejum alimentar doze horas antes do embarque às 06:00, onde foram transportados para o abate em um frigorífico comercial supervisionado pelo Serviço de Inspeção Federal

(SIF).

O abate foi realizado no início da manhã do 143º dia.

Os animais foram insensibilizados por eletronarcore, utilizando-se voltagem de 350 volts e 1,3 A por três segundos. Seguida pela sangria e posteriormente procedeu-se com a suspensão dos animais por um dos membros posteriores e içados de cabeça para baixo. Foi realizado uma secção no pescoço na região dos grandes vasos do pescoço (principalmente a veia jugular), com a sangria sendo facilitada pela ação da gravidade. Na sequência os animais foram escaldados, depilados, eviscerados, suas carcaças foram divididas longitudinalmente ao meio e encaminhadas para a sala frigorífica para serem resfriadas.

Após o resfriamento, a padronização da coleta de dados do peso individual da carcaça foi realizada por empresa especializada. Também se utilizou para tipificação de carcaças a coleta de dados da banda (apenas na metade esquerda) com uso da pistola HENNESSY Grading Systems GP4/BP4, os parâmetros medidos foram o Rendimento de carcaça - RC, Espessura de toucinho - ET; Espessura de músculo - EMu; Porcentagem de carne magra - CM e coloração do músculo. Os valores da espessura de toucinho foram realizados em profundidade no músculo *Longissimus dorsi* e mensurados na altura da última costela a 6 cm da linha média do corte.

As análises foram feitas através do programa SAS 2001.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ocorrendo diferenças significativas ao nível de 5%, foi aplicado o teste de comparação de médias Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os dados de desempenho de suínos submetidos aos diferentes regimes de alimentação e diferentes aditivos e os resultados das características de carcaça apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 – Desempenho de suínos alimentados em diferentes regimes e com a suplementação de diferentes aditivos

	CMD*, g	GMD, g	CA, g/g
Regimes de alimentação			
À vontade	2.770 ^a	1.000	2,78 ^b
Restrito	2.498 ^b	1.008	2,49 ^a
Aditivos			
Controle	2.642	0,961	2,76 ^d
Cromo	2.587	1.002	2,60 ^b
Ractopamina	2.614	1.048	2,50 ^a
Cromo + Ractopamina	2.692	1.007	2,68 ^c
Probabilidade (%)			
Regimes de alimentação	<0,001	0,759	<0,001
Aditivos	0,676	0,153	0,034
Regimes x Aditivos	0,780	0,599	0,970

^{a,b} letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05),

* CMD – consumo médio diário; GMD – ganho médio diário; CA – conversão alimentar

Tabela 4 – Características de carcaça de suínos alimentados em diferentes regimes e com a suplementação de diferentes aditivos

	RC, %	ET, mm	EM, mm	CM, %	Cor
Regimes de alimentação					
À vontade	76,33	24,00	46,28	47,72	70,19
Restrito	76,93	25,36	48,83	46,94	73,41
Aditivos					
Controle	77,28	23,87	46,09	47,81	70,78
Cromo	75,64	27,49	46,58	45,09	73,56
Ractopamina	75,87	25,63	47,82	46,63	70,42
Cromo + Ractopamina	77,95	21,56	49,55	49,91	70,73
Probabilidade (%)					
Regimes	0,622	0,439	0,240	0,557	0,171
Aditivos	0,452	0,084	0,699	0,052	0,379
Regimes x Aditivos	0,479	0,187	0,330	0,192	0,104

RC – Rendimento de carcaça; ET – Espessura de toucinho; EM – Espessura de músculo; CM – Porcentagem de carne magra

Nos resultados das características da carcaça (Tabela 4), não foram observadas respostas para o rendimento de carcaça, espessura de toucinho; espessura de músculo, porcentagem de carne magra e cor em função dos regimes de alimentação avaliados. Estes dados estão de acordo de com outro trabalho, que avaliou o cromo orgânico com ractopamina em restrição alimentar mostrando que não houve influência dos aditivos em situação de restrição alimentar sobre o rendimento de carcaça (FREITAS et al., 2014).

4.1. Análise do uso do Cromo.

Pode-se observar que não houve interação significativa ($P>0,05$) entre os fatores estudados e que o consumo médio diário e o ganho médio de peso também não foram influenciados pelos diferentes tratamentos. Estes dados estão em acordo com outras pesquisas onde também não observaram diferenças no crescimento e desempenho usando diferentes fontes de cromo (LINDEMANN et al., 2008) ou até mesmo usando tripicolinato de cromo (AMOIKON et al., 1995; RENTERÍA, CUARÓN, 1998; MOONEY, CROMWELL, 1999). Também usando picolinato de cromo somente em matrizes não foi constatado diferença significativa ($P>0,10$) entre os tratamentos. Embora tenha aumentado o número de embriões viáveis dos 28 a 34 dias de gestação, não aumentou o tamanho da leitegada ou a taxa de parto na primeira parição das leitoas (MACHADO, 1998). A inclusão de 200 ppb de picolinato de cromo em outro experimento não encontrou diferença significativa, para o desempenho, mas a suplementação mas propiciou maior utilização do nitrogênio e melhor aproveitamento de energia das rações de suínos em crescimento, reduzindo a concentração de glicose no sangue (OLIVEIRA et al., 2007). Com outra fonte, usando o propionato de cromo, observou efeito negativo sobre o consumo de ração e ganho de peso (MATTHEWS et al., 2003).

Embora não tenham ocorridos efeitos significativos dos diferentes tratamentos sobre as características de carcaça, observamos que a suplementação do cromo, na dosagem utilizada, apresentou o segundo melhor desempenho na melhora da conversão alimentar quando comparado com o tratamento controle. A ação esperada do picolinato de cromo seria na redução da porcentagem de gordura corporal valorizando a deposição de carne e promovendo uma carcaça mais magra, já que o cromo promove a ação da insulina a metabolizar a glicose circulante, transformando a glicose em energia

diminuindo o estado glicêmico plasmático. Assim facilita o aumento dos receptores de insulina, resultando num efeito de captação e transporte de aminoácidos reduzindo da taxa de degradação proteica aumentando sua deposição (PAGE et al., 1993; BOLEMAN et al. 1995; LIEN et al., 2001; GOMES et al., 2005; PARK et al., 2009; ZHANG et al., 2011; PERES et al. 2014).

Na condução de um experimento com a adição de 200 ppb picolinato de cromo à dieta de suínos, fornecido nas fases de crescimento e terminação, não ocasionou melhora no desempenho produtivo dos animais (consumo diário de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar), mas contribuiu para melhorar o mérito da carcaça. O efeito foi notório em animais abatidos com pesos superiores a 95 kg. Os efeitos do cromo trivalente na dieta parecem indicar o de um nutriente essencial com o seu uso rotineiro (RENTERÍA, CUARÓN, 1998).

Em um experimento realizado para avaliar o efeito de 200 ppb de picolinato de cromo na dieta de leitões em crescimento e terminação, constatou-se que o ganho de peso médio diário e o consumo diário de ração foram reduzidos ($P < 0,08$) e as características de carcaça não foram influenciadas. Esta pesquisa sugere que a suplementação dietética de cromo picolinato na fase de acabamento dos suínos pode aumentar a deposição de músculo e diminuir a deposição de gordura (BOLEMAM et al., 1995).

Com o fornecimento de 200 ppb de cromo picolinato em leitões, os resultados da pesquisa confirmaram que a suplementação com cromo melhorou a área do olho de lombo e melhorou a absorção de nitrogênio e a digestibilidade da matéria seca, mas não influenciou na retenção de nitrogênio. Estas observações sugerem que as mudanças no metabolismo da proteína não foram suficientes para promover melhorias na carcaça (WANG, 1995). Em outra pesquisa usando também 200 µg/kg de nano compósitos de cromo na ração, observou-se maior eficácia no desenvolvimento e nas características de carcaça, sendo significativo sobre metabólitos sanguíneos e alguns parâmetros endócrinos (WANG et al., 2009).

Em um estudo com linhagem de leitões comerciais (yorkshire x duroc x landrace) usando 200 µg/kg de picolinato de cromo, houve melhora na conversão alimentar, porém não houve diferença significativa para o ganho de peso e consumo diário de ração. Mesmo havendo ganho na fase final houve diferença significativa para o consumo final de ração, espessura de toucinho e porcentagem de gordura na carcaça, porém os dados se mostraram inconsistentes para outros parâmetros avaliados (XI et al.,

2001).

Em outro trabalho com tripicolinato de cromo, realizou-se três experimentos na fase final de terminação. O uso de 0, 25, 50, 100 ou 200 ppb de Cr teve resposta positivas em aumentar o ganho diário, porém o colesterol sérico diminuiu. Em outra dieta suplementada com 0, 100, 200, 400 ou 800 ppb de Cr contribuiu para melhorar o musculo longissimus e o ganho diário. O consumo de ração e o colesterol no soro foi diminuindo. A porcentagem de musculo foi aumentada em relação a gordura indicando que 100 ou 200 ppb de Cr contribui para melhoria da carcaça (PAGE et al., 2003).

Testando a inclusão 200 ppb de picolinato de cromo por 90 dias em leitões em terminação, observou melhora na performance dos animais com o aumento do ganho diário e o consumo diário de ração. Ocorreu ainda melhora nas características de carcaça reduzindo a espessura de toucinho e aumentando a área de olho de lombo. Em outro experimento suplementando os animais desmamados com propionato de cromo, detectou a redução do colesterol LDL + VLDL e aumentou a porcentagem de HDL. Além disso, aumentou as imunoglobulinas totais e a atividade de neutrófilos e glóbulos brancos sugerindo benefícios na resposta imune de leitões desmamados (LIEN et al., 2001; LIEN et al., 2005).

Uma pesquisa testando diferentes fontes de cromo, os animais em terminação receberam 200 ppb de cromo na ração. O efeito do cromo melhorou o ganho médio diário e o consumo diário de ração, porém a conversão alimentar não foi diferente ($P > 0,05$). Não houve resposta consistente que pudesse estar relacionado às fontes dietéticas de Cr, independentemente da fase de crescimento ou terminação. Porém, os dados gerais sugerem que o nível de colesterol no soro aumentou à medida que aumentaram os valores de inclusão das fontes de Cr. No entanto os leitões alimentados com picolinato melhoraram tanto a porcentagem de carne magra na carcaça e a espessura de toucinho no quarto traseiro (PARK et al., 2009).

Em um experimento com picolinato de cromo (0,2 e 0,4 $\mu\text{g/g}$ de Cr) em suínos em crescimento não apresentou melhora na massa corporal, ganho médio diário, consumo de ração ou taxa de conversão alimentar ($P > 0,05$). Na terminação o ganho de peso diário foi significativo ($P < 0,05$). Embora não houvesse alterações no rendimento de carcaça, espessura de toucinho, capacidade de retenção de água ou níveis de proteína e gordura muscular brutas ($P > 0,05$) no tratamento, a proporção de carne magra aumentou significativamente apenas para 0,2 μg de Cr/g ($P < 0,05$). A inclusão poderia promover a melhora no desempenho dos animais na fase do crescimento, melhorando as

características da carcaça e a deposição de proteínas (ZHANG et al., 2011).

Avaliando a suplementação de suínos em terminação com diferentes fontes de cromo (orgânica e inorgânica). O fornecimento de 200 ppb nos experimentos não apresentou diferença estatística para consumo diário de ração e os pesos iniciais e finais dos animais. O suplemento de cromo aquilatado apresentou a melhor conversão alimentar em comparação com os outros tratamentos. A suplementação de cromo foi efetiva em reduzir a oxidação lipídica em ambos os períodos de refrigeração. Explica-se a redução da oxidação lipídica na carne devido a diminuição de glicose circulante. Verificou-se também um nível mais alto de glicose no grupo de animais sem cromo (PERES et al., 2014).

A suplementação de tripicolinato de cromo em sistema de fornecimento de alimentos com alimentação líquida, produziu efeito positivo na produção de carne magra em leitões em crescimento. O cromo teve efeito de redução na espessura de toucinho e na porcentagem de gordura. O cromo também influenciou positivamente no aumento da área de olho de lombo e na porcentagem de carne (PAMEI et al., 2014).

Em alguns estudos com fontes diferentes de cromo tem demonstrado efeitos parecidos com o desempenho. Usando níveis de 50, 100, 200 e 400 ppb de cromo nicotínico ou 200 ppb de picolinato de cromo em machos e fêmeas em fase de terminação. Concluiu que as duas fontes de cromo não tiveram efeito significativo nas características de carcaça dos animais em terminação. Os resultados sugerem que a resposta suplementar do cromo pode estar relacionada diretamente com o nível de cromo existente na ração (O'QUINN et al., 1998).

A adição de níveis de até 500 ppb de Cr na forma de ácido nicotínico não altera o desempenho e a qualidade de carcaça de suínos em crescimento e em terminação (LIMA, GUIDONI, 1999).

A adição de propionato de cromo nas rações de crescimento e terminação para suínos de diferentes fases (crescimento tardio, acabamento inicial e acabamento final) com inclusões de 50, 100 e 200 ppb, podem melhorar alguns aspectos das características de carcaça e qualidade da carne, especialmente à capacidade de retenção de água. Os resultados sugerem que a adição de Cr em níveis de 200 ppb não resultaram em melhorias no desempenho do crescimento, no entanto, a inclusão de Cr pode ter um efeito sobre os traços de carcaça e qualidade da carne. O cromo não afetou, espessura média de toucinho, comprimento de carcaça, porcentagem de gordura e porcentagem de gordura no pernil. O desempenho geral do crescimento não foi afetado, nem mesmo

quando o cromo foi adicionado às dietas. É necessária mais pesquisa para avaliar a consistência desses resultados (SHELTON et al., 2003).

Avaliando a resposta da suplementação de 4 fontes orgânicas de cromo foram avaliadas em um curto período de tempo para determinar a biodisponibilidade relativa das fontes. Os resultados mostram a presença clara de cromo em vários tecidos, provando sua absorção e deposição. Nem todas as formas afetaram igualmente a presença e a concentração de cromo, os resultados mostram diferenças claras da concentração do cromo orgânico nos tecidos em relação as diferentes fontes (LINDERMAN et al., 2008). No entanto, as respostas negativas para o desempenho do crescimento, características de carcaça e a presença química do elemento garante que as quantidades normais recomendadas para a adição são extremamente seguras. O cromo foi listado há muitos anos como um elemento de baixa toxicidade (menos do que todos os outros minerais que são complementados na dieta animal. A baixa toxidez é o principal fator para a recomendação de seu uso (AAFCO, 2001).

4.2. Análise do uso da Ractopamina.

A ractopamina propiciou melhor conversão alimentar em relação aos demais tratamentos. A ausência de efeito da Ractopamina sobre a redução da espessura de toucinho pode ser explicada pela redução da resposta pelos receptores localizados nas células adiposas (MIMBS, et al., 2005; PEREZ et al., 2006). Este processo é conhecido como down regulation e limita a efetividade dos receptores b-adrenérgicos reduzindo em oito dias até 53% da efetividade dos receptores, demonstrando que o tempo de fornecimento da Ractopamina também é importante para a sua resposta no organismo animal (SPURLOCK et al., 1994).

Em um dos primeiros experimentos com o uso de ractopamina, suínos puros da raça Lacombe (machos e fêmeas iguais) foram distribuídos em quatro tratamentos com alimentação a vontade, incorporando níveis de 10, 15 ou 20 ppm de ractopamina. Os animais foram abatidos com 100 kg de peso vivo, não sendo observado efeito significativo sobre a taxa de crescimento, consumo de ração, a conversão alimentar ou os dias de alimentação. Embora tenha reduzido a espessura de toucinho na carcaça (10%) não foi significativo, talvez devido a equação de predição não está adequada a raça para mostrar o aumento do rendimento de carne magra associado ao tratamento de ractopamina. A ractopamina aumentou de gordura intramuscular, suculência expressiva

na força de cisalhamento e diminuição da rigidez do toucinho. Este estudo teve respostas inferiores para desempenho e qualidade da carne com o uso da ractopamina, porém aumentou a quantidade de carne magra na carcaça (AALHUS et al., 1990).

Entre machos inteiros, machos castrados e marrãs recebendo 20 ppm de ractopamina, com dietas variando de 16, 20, ou 24% de proteína bruta, todos tiveram efeito para o aumento na deposição diária de proteína, porém em relação ao ganho diário médio, apenas o primeiro não teve efeito, podendo ser explicado pelo maior metabolismo dos animais inteiros e pelo nível de lisina dietética que pode ter sido limitante (DUNSHEA et al., 1993).

Os estudos para determinar os efeitos de um aumento, da diminuição ou da concentração constante de ractopamina no crescimento e nas características da carcaça, utilizaram níveis crescentes de ractopamina (0, 5, 10, 20 ppm). Os dados da carcaça foram avaliados em tempos iguais. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para o peso do pernil desossado, paleta e lombo usando ractopamina constante. O programa com tratamento de ractopamina constante em comparação com os controles, apresentou resultados favoráveis para o desempenho no crescimento produzindo mais carne magra. O programa alimentar contínuo é preferível ao gradual. A resposta da ractopamina diminui com o tempo e foi consistente em todos os programas (SEE et al., 2004).

No estudo com animais em terminação, foi fornecido ractopamina por 14 a 28 dias antes do abate sendo alimentando com a inclusão de 5 a 10 ppm de ractopamina. Promoveu melhorias na porcentagem de carcaça magra. As melhorias no desempenho foram alcançadas com a suplementação de ractopamina superior a 14 dias antes do abate (MAIN et al., 2009).

Em pesquisa comparando o nível de 18% de proteína bruta na ração acrescida com 20 ppm de ractopamina na ração. Os efeitos da porcentagem de gordura e deposição de carne magra foram semelhantes para os animais com alimentação a vontade e aqueles com crescimento compensatório. Durante o ganho compensatório, os suínos responderam positivamente ao tratamento com ractopamina, resultando em um aumento adicional na taxa de crescimento e deposição de carne magra e redução da deposição de gordura (MITCHELL et al., 2009).

Realizando experimento com fêmeas, para avaliar o efeito da adição de quatro níveis de inclusão de ractopamina nas dietas (0, 5, 10 e 15 mg/kg de dieta). Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) da adição de ractopamina sobre o ganho de peso

diário. Para o consumo diário de ração e conversão alimentar, encontrou-se reduções lineares ($P < 0,05$) com o aumento da inclusão de ractopamina. Os pesquisadores sugerem que dentro das concentrações estudadas, a adição de 15 mg de ractopamina/kg de dieta proporcionou a melhor conversão alimentar e aumentou a porcentagem de carne magra na carcaça. Também não alterou as características físicas, sensoriais e o perfil de ácidos graxos da carne de fêmeas suínas abatidas com 110 kg de peso (WATANABE, 2009).

A condução de um estudo sobre a ação da suplementação 5 mg de cloridrato de ractopamina por kg antes do abate, para determinar os efeitos da dieta sobre o crescimento, desempenho, composição da carcaça e qualidade alimentar da carne suína. Utilizaram um total de 536 animais em dois tratamentos com ração controle e ração para acabamento com inclusão de ractopamina, vitaminas e minerais no mesmo produto comercial. A ractopamina não teve efeito significativo sobre suculência, sabor, maciez ou aceitabilidade em geral. Mas aumentou a força de cisalhamento e reduziu ligeiramente a sensibilidade ao painel de sabor (PATIENCE et al., 2009).

Avaliando o desempenho de machos castrados mantidos em ambiente de estresse por calor e alimentados com dietas suplementadas com ractopamina (0, 5, 10 e 20 mg/kg). Constatou-se que os níveis de ractopamina não influenciaram o consumo de ração diário, porém melhoraram a conversão alimentar e aumentaram o ganho diário de peso e o peso final dos suínos. Não houve efeito significativo para as características quantitativas de carcaça. O nível ideal de ractopamina para melhorar o desempenho de machos castrados sob estresse por calor foi de 20 ppm, não alterando as características quantitativas da carcaça (SANCHES et al., 2010).

Um ensaio experimental avaliando diferentes planos de suplementação com ractopamina, em dietas sem ajustes de aminoácidos, para suínos machos castrados em terminação. As rações basais foram distribuídas em seis planos de suplementação com duração de 30 dias pré abate (0 ppm; 5 ppm; 10 ppm; 20 ppm) sendo 5 ppm durante 15 dias seguidos por 10 ppm durante 15 dias; e 10 ppm durante 15 dias seguidos por 20 ppm durante 15 dias. Os níveis de 10 e 20 ppm com suplementações graduais reduziram o consumo diário de ração. Não houve efeito significativo da suplementação sobre o peso de carcaça quente e o comprimento de carcaça. A ractopamina reduziu a espessura de toucinho e aumentou a profundidade de músculo. Também reduziu o percentual de carne magra, a quantidade de carne magra e o índice de bonificação das carcaças. A inclusão de 5 ppm de ractopamina melhorou o desempenho e as características de

carcaça de suínos em terminação alimentados com ração sem ajustes aminoacídicos (MARÇAL et al., 2015).

Um ensaio experimental testou a suplementação constante e o aumento gradual de ractopamina em dietas com ajustes nutricionais para suínos em terminação, sob clima quente. Os tratamentos variaram de 0, 5, 10 e 20 ppm aumentando gradualmente (5 para 10 ppm e de 10 para 20 ppm), as suplementações constantes e as suplementações graduais aos suínos apresentaram maiores consumos de lisina digestível. No entanto os outros parâmetros não tiveram efeito significativo pelos tratamentos. As dietas não influenciaram positivamente no desempenho mas aumentam a quantidade de carne e o índice de bonificação da carcaça (ROSA et al., 2015).

Vários outros trabalhos em associação a outros fatores, tiveram incremento com maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar (WATKINS et al., 1990; MITCHELL et al., 1991; SMITH et al., 1995; SCHINCKEL et al., 2001; SCHINCKEL et al., 2002).

Há atualmente, vários trabalhos avaliando os efeitos positivos da adição de ractopamina na dieta de suínos. Diversos trabalhos conseguiram um maior ganho de peso diário, melhora no desempenho e nas características de carcaça (WATKINS et al., 1990; STAHLY, BARK, 1991; UTTARO et al., 1993; CROME et al., 1996; BUDIÑO et al., 2005; SANCHES et al., 2010; GARBOSSA et al., 2013).

4.3. Análise do uso do Cromo + Ractopamina

Com relação ao uso do cromo associado a ractopamina é visível que as adições destes aditivos na dieta, e sua interação, melhoraram a conversão alimentar quando comparado com os animais que não receberam qualquer tipo de aditivo na dieta.

Em um experimento que avaliou o efeito da ractopamina (5 ppm), cromo-metionina (400 ppb) e suas combinações nas dietas de suínos em crescimento e terminação sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne. A suplementação de ractopamina melhorou a conversão alimentar e algumas características de carcaça (rendimento de carcaça fria, área de olho de lombo e relação gordura: carne). Não houve efeito para a espessura de toucinho. O cromo-metionina, não alterou variáveis de desempenho com exceção da redução no consumo diário de ração. A suplementação associada de ractopamina com cromo-metionina não afetou o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne. As diferenças

apresentadas se deram com o fornecimento de ractopamina na dieta que conseguiu contribuir para a melhoria no desempenho, nas características de carcaça e até mesmo da qualidade da carne dos suínos avaliados (ALMEIDA, 2010).

Com o objetivo de avaliar o melhor programa nutricional para suínos em terminação com o uso de 20 ppm de ractopamina. Pesquisadores testaram cinco formulações de rações experimentais comerciais alterando os níveis de proteína total (alta, média e baixa) e acrescentando o picolinato de cromo (Cr) e a ractopamina no final da terminação. Na fase inicial do crescimento apresentou diferença significativa para a conversão alimentar com a ração com alta proteína sem a adição do picolinato de cromo. Na fase final da terminação também apresentou diferença significativa no ganho diário de peso (ractopamina superando baixa proteína). Também foi identificado diferença na deposição de músculo e gordura na carcaça (ractopamina superando baixa proteína). Entre os dados apresentados o melhor programa para a fase de terminação II, foi a inclusão de ractopamina na última fase da terminação. A ractopamina também se mostrou a mais eficiente economicamente (OLIVEIRA et al., 2012).

No estudo para avaliar o efeito do cromo levedura e ractopamina em rações sobre o desempenho, características da carcaça, qualidade de carne e variáveis sanguíneas, foi realizado um experimento com suínos comerciais. Com tratamentos constituídos de planos nutricionais em dois períodos consecutivos. O período 1 com duração de 0 a 14 dias e o período 2 com duração de 14 a 42 dias, respectivamente. De modo geral os programas contendo cromo e ractopamina, apresentaram diferenças significativas para ganho de peso, conversão alimentar e consumo de ração. O cromo levedura e a ractopamina promoveram alterações positivas nas células musculares e na qualidade de carne. Considerando a associação dos aditivos cromo e ractopamina apresentou melhorias sobre o desempenho dos animais (BAFFA, 2014).

Na avaliação da suplementação de cromo, ácido linoleico e ractopamina no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos abatidos com 115 kg de peso. As rações consistiam de uma dieta basal testemunha e as demais foram feitas a partir dessa com seus aditivos. O peso final, ganho de peso e a conversão alimentar foram maiores para as rações contendo ractopamina. A combinação de cromo e ractopamina aumentaram a área de olho de lombo e o rendimento da carcaça. O uso de 20 ppm de ractopamina e 400 ppb de cromo de forma geral melhorou significativamente as características de carcaça (MARCILLA, 2017).

Vale ressaltar que, embora a ractopamina tem propiciado melhor conversão do

que os demais tratamentos, a suplementação com o cromo apresenta-se como uma opção mais viável na melhoria do desempenho dos animais, pois este, não apresenta restrições de utilização na dieta e nem mesmo de comercialização internacional das carcaças dos animais, sendo uma ótima alternativa para a produção suinícola brasileira.

4.4. Análise do uso da Restrição.

No experimento, o consumo de ração foi 10,9% menor para suínos alimentados sob o regime restrito, havendo diferença significativa ($P < 0,001$), o que era de se esperar já que os animais receberam uma menor quantidade de ração.

A restrição alimentar melhora a eficiência alimentar e reduz a deposição de gordura na carcaça (BELLAYER, 1995; WARPECHOWSKI et al., 1999, FRAGA, 2005; FRAGA et al., 2008). Além disso, para outros pesquisadores, ao utilizarem programas de restrição alimentar para suínos, observaram que na conformação animal a carcaça ficou mais magra e com maior porcentagem de carne superando os animais com alimentação à vontade, em destaque quando usada na fase de acabamento (terminação) dos suínos (PEREIRA et al., 1987; LEYMASTER; MERSMANN, 1991, MOREIRA et al., 2007).

Os animais mantidos sob o regime restrito de alimentação também apresentaram melhor conversão alimentar quando comparados com os animais mantidos sob o regime à vontade ($P < 0,01$). Entretanto os tratamentos da restrição não afetaram ($p > 0,05$) os parâmetros da qualidade de carcaça dos animais no presente estudo, porém a diminuição na ingestão da ração, pode ter contribuído para um melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Uma pesquisa testou leitões em crescimento provenientes de linhagem comercial de quatro linhagens recebendo dietas com restrição alimentar variando de 7,5% a 15%, verificou-se um retardamento na taxa de ganho de peso dos animais, embora a deposição muscular tivesse permanecida de forma inalterada, houve redução na taxa de deposição de gordura. Foi detectado que na alimentação restrita a deposição muscular e a deposição de gordura responderam de forma diferente. Os animais tiveram redução do peso final que contribuiu na formação de carcaças mais magras (LEYMASTER, MERSMANN, 1991).

Em um estudo experimental com animais terminados em dietas com três níveis de restrição alimentar (7%, 14% e 21%), promoveu a redução linear do consumo e do ganho de peso diário, demorando mais para atingir o tempo de abate. Não foi observado efeito significativo sobre a conversão alimentar, mas houve diferença para espessura média de toucinho e aumento da porcentagem de pernil, apresentando a restrição de 14% como melhores resultados (WARPECHOWSKI et al., 1999).

Avaliando a alimentação a vontade em relação à aplicação da restrição alimentar (10%) sobre diferentes médias de pesos, pesquisadores observaram que as diferentes médias de peso não alteraram o desempenho nem as características de carcaça dos suínos machos castrados e fêmeas; mas apresentou diferença significativa para o ganho de peso diário de todos os pesos estudados tanto para machos quanto fêmeas, embora as fêmeas apresentem menores efeitos. A conversão alimentar não foi afetada em nenhum tratamento ou sexo, mas apresentou uma piora nos valores das fêmeas com pesos mais leves (BERTOL et al., 2001).

Pesquisadores testaram três dietas com restrição alimentar gradativa (0%, 5%, 10% e 15%) e sua interação com a energia líquida da dieta. O objeto de estudo foi avaliar o desempenho, comprimento de carcaça e espessura de toucinho de leitões machos e fêmeas de linhagem comercial em fase de terminação. Não observaram interação significativa entre os níveis de restrição alimentar, níveis de energia na dieta e sexo. Também não houve diferenças significativas dos níveis de restrição alimentar sobre o peso final, a conversão alimentar, peso e comprimento de carcaça, embora o consumo médio de ração diário, ganho de peso médio diário, espessura média de toucinho, consumo de energia líquida apresentaram resposta linear decrescente em função do aumento no nível de restrição alimentar. O aumento gradual na restrição alimentar interferiu na diminuição do ganho de peso de machos e fêmeas de forma semelhante. O aumento no nível de energia líquida da dieta resultou em aumento no ganho de peso e melhoria na conversão alimentar (BARBOSA et al., 2002a; BARBOSA, 2003).

Suínos de elevado peso foram usados em um trabalho de pesquisa testando níveis (5%, 10%, 15% e 20%) de restrição alimentar qualitativa com o uso de casca de arroz. O consumo não sofreu alteração, porém houve piora no ganho diário de peso e conversão alimentar. Os tratamentos reduziram a deposição de gordura propiciando carcaças mais magras, sem efeitos negativos na qualidade da carne (FRAGA, 2005; FRAGA et al., 2008). Também utilizando casca de arroz nos níveis de 7,5% e 15% em

duas fases como forma de restrição qualitativa para suínos em terminação, não observaram efeito significativo para as variáveis de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) bem como as características de carcaça (espessura de toucinho, área de olho de lombo e rendimento de carcaça e pernil), no entanto observou um aumento significativo no volume de fezes (MOREIRA et al., 2007).

A restrição alimentar também pode ser aplicada em diferentes faixas de peso dos suínos. Um ensaio experimental, avaliou-se a restrição alimentar de 20% em três fixas de peso inicial (30, 50 e 70 Kg) por um período de tempo de 21 dias, posteriormente passaram a receber ração *ad libitum* a fim de evitar competição pelo alimento e poderem expressar o seu ganho compensatório. Este experimento demonstrou que não houve diferença significativa para os parâmetros de desempenho e de características de carcaça, porém o peso inicial aos 70 kg apresentou uma melhor eficiência econômica de produção (PACHECO et al., 2007; BRIGANÓ et al., 2008).

Avaliando rações de suínos terminados com restrição alimentar (18 e 28%) para fêmeas inteiras, fêmeas castradas e machos castrados a partir dos 152 dias de idade, pesquisadores observaram uma redução nas aparas de cortes de primeira sem afetar a eficiência alimentar e a qualidade da carne, principalmente para as fêmeas inteiras em comparação com fêmeas castradas (SERRANO et al., 2009). Em outro experimento, também com machos castrados e imunocastrados, porém com uma restrição menor (10%) e idade de abate mais tardia (168 dias), foi observado um desempenho melhor para os suínos imunocastrados em relação aos castrados com relação a conversão alimentar, mas sem alterar as características de carcaça de ambos, entretanto a restrição piorou o ganho de peso (SANTOS et al., 2012). Em uma terceira pesquisa com níveis de restrição qualitativa de 15% e 30%, também para machos castrados e fêmeas, o maior nível melhorou o rendimento de carcaça dos machos em relação as fêmeas com a redução da espessura do toucinho sem prejudicar o perfil de ácidos graxos (SILVA, 2015).

Os resultados da restrição alimentar em associação com o cromo não foram significativos, estes dados estão em acordo com uma pesquisa que utilizou cromo picolinato (200 ppb), cromo levedura (300 ppb) e betaina em animais na fase de terminação, separados pelo sexo e com alimentação restrita e *ad libitum* (HANCZAKOWSKA et al., 1999), porém diferem de outra pesquisa com que conseguiu melhorar o ganho de peso, a conversão alimentar e o desempenho sem afetar

o rendimento de carcaça (FREITAS et al., 2014).

A restrição alimentar em associação com a ractopamina também não se mostrou significativa, no entanto é uma prática adotada usualmente nos sistemas de produção visando a redução da taxa de deposição de gordura corporal (MITCHELL et al., 1991; SMITH et al., 1995; CANTARELLI et al., 2009a; CANTARELLI et al., 2009b; FREITAS et al., 2014).

Testes avaliaram o efeito da associação entre restrição alimentar e uso de 5 ppm de ractopamina; e observaram que a suplementação com ractopamina reduziu a conversão alimentar. Em contrapartida, ocorreu uma melhora na taxa de deposição proteica apenas quando associada com alimentação à vontade (CANTARELLI et al., 2009a; CANTARELLI et al., 2009b).

Trabalhando com a ractopamina e avaliando o crescimento, a utilização de nutrientes e a composição da carcaça, foi estudado suínos alimentados com dietas contendo 18% de PB, 12% de PB ou 18% de PB + restrição da dieta (restrição = 67% de ad libitum). Não houve efeito da ractopamina nos tratamentos ($P > 0,05$) para o ganho diário, embora tenha melhorado a ingestão de ração em 8% nos dois grupos. O tratamento com ractopamina resultou ($P < 0,01$) na redução total de lipídios de carcaça em 8%, um aumento da proteína de carcaça de 5%, e uma melhoria de 21% na eficiência da utilização de proteínas; as maiores mudanças ocorreram nos animais alimentados com a dieta de 12% de PB. O aumento do consumo a vontade foi 15% menor para os animais com a dieta de 12% de PB do que para aqueles com 18% PB. Também apresentou uma redução de 10% na ingestão de ambas as dietas com a adição de ractopamina ($P < 0,05$). Os resultados deste estudo sugerem que os suínos com dieta mais baixa em proteínas durante o crescimento sofrem efeito da ractopamina no metabolismo dos lipídios e das proteínas e que o impacto da restrição de energia é maior do que a restrição de proteína durante o tratamento (MITCHELL et al., 1991).

O estudo com quatro tratamentos com diferentes níveis de ractopamina (0, 5, 12,5 ou 20 mg/kg) na ração de machos e fêmeas com genética para deposição de carne magra, foram avaliadas em dois experimentos em sequência. No primeiro com alimentação a vontade e ractopamina não teve efeito significativo sobre a taxa de crescimento de ambos os sexos e sobre a composição de carcaça para machos, mas nas fêmeas aumentou o teor de gordura na carcaça. No segundo experimento aumentou a taxa de crescimento, porcentagem de morte e a porcentagem de carcaça magra para ambos os sexos, sem influenciar os níveis de gordura. Não houve efeito significativo

nos parâmetros da qualidade de carne, os dados foram inconsistentes. O nível de 16,5% de proteína na ração pode ter limitado o efeito da ractopamina (SMITH et al., 1995).

Buscando o ganho compensatório em associação com 10 ppm de ractopamina, com manejo alimentar de restrição quantitativa em suínos em terminação. Detectou ganho compensatório para os animais que receberam ractopamina após a fase de restrição com melhora na conversão alimentar. Os parâmetros quantitativos da carcaça não apresentaram efeito significativo. O uso da ractopamina e restrição alimentar potencializou o ganho de peso e a conversão alimentar, com reflexos positivos nas características de carcaça (ESPERANÇA et al., 2015).

A interação da ractopamina com o cromo orgânico associado a restrição alimentar mostrou-se eficiente em promover a melhora no desempenho e no ganho de peso dos animais, porém não influenciou o rendimento de carcaça (FREITAS et al., 2014).

Em um trabalho similar usando cromo levedura, utilizou cinco tratamentos (controle; 10 ppm de ractopamina; 0,8 mg de cromo levedura; restrição qualitativa com 7,5% de redução de energia líquida da dieta e restrição quantitativa com redução estimada de 15% no fornecimento de ração. A conversão alimentar dos suínos teve efeito significativo quando se utilizou o manejo de restrição alimentar quantitativa e as suplementações de 10 ppm de ractopamina e de 0,8 mg de cromo levedura/kg de ração. A suplementação de cromo, ractopamina e as restrições alimentares qualitativa e quantitativa não propiciaram efeito significativo para a profundidade do músculo, a espessura de toucinho, o peso de carcaça quente, o comprimento de carcaça, o percentual e a quantidade de carne magra das carcaças dos animais. A restrição alimentar quantitativa com redução de 15% na oferta diária de ração e a suplementação de 0,8 mg de cromo apresentou potência para substituir a ractopamina (SILVA et al., 2016).

5. CONCLUSÕES

Os animais mantidos sob o regime de restrição alimentar, tiveram uma melhora na conversão alimentar quando comparado com os animais mantidos sob o regime à vontade ($P < 0,01$).

O uso do cromo e da ractopamina de forma isolada ou em conjunto melhoraram a conversão alimentar em comparação aos animais que receberam a ração controle.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos com a suplementação de tripicolinato de cromo e de ractopamina associada a restrição alimentar não afetaram o desempenho dos animais sobre o consumo médio diário, o ganho médio de peso e as características de carcaça.

Devido às restrições na comercialização da carcaça de animais alimentados com dietas suplementadas com ractopamina, o cromo é uma alternativa viável que pode ser utilizado como aditivo melhorador das características produtivas dos animais durante a fase de terminação, possibilitando estratégia de comercialização da carne suína no mercado internacional.

7. REFERÊNCIAS

AAFCO. **Official Publication. Assoc. Am. Feed Control Off. Inc.**, St. Louis. MO. 2001.

AALHUS, J. L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C.; JONES, S. D. M. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Sci.** 31:397-409. 1992.

ABCS - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. **Mapeamento da suinocultura brasileira.** <http://www.abcs.org.br/informativo-abcs/2364-mapeamento-da-suinocultura-brasileira-ja-esta-disponivel-no-site-da-abcs>. Acesso em: 12/12/2017.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Suinocultura mercado interno.** Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/mercado-mundial>. Acesso em: 12/12/2017.

ALMEIDA, E. C.; FIALHO, E. T.; RODRIGUES, P. B.; ZANGERONIMO, M.G.; LIMA, J. A. F.; FONTES, D.O. Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **R Bras Zootec**; 39: 1961-68. 2010.

ALMEIDA, V. V., B. BERENCHTEIN, L. B. COSTA, M. L. P. TSE, D. B. BRAZ, and V. S. MIYADA. Ractopamine, chromium-methionine and their combinations as metabolism modifier feed additives of growing and finishing pigs **Braz. J. Anim. Sci.** 39:1969 – 1977. 2010.

AMARAL, A. L. et al. Boas práticas de produção de suínos. (Circular Técnica, 50). Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**. 60p. 2006.

AMARAL, N. O. **Ractopamina hidrocloreada em rações formuladas para suínos machos castrados e ou para fêmeas dos 94 aos 130 kg.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 48p. 2008.

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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38(8), 1494-1501. 2009. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000800013>

AMOIKON, E. K., FERNANDEZ, J.M., SOUTHERN, L. L., THOMPSON, D. L., WARD, T.L., OLCOTT, B. M. Effect of Chromium Tripicolinate on Growth Glucose Tolerance, Insulin Sensitivity, Plasma Metabolites, and Growth Hormone in Pigs. **Journal of Animal Science**, 73, 1123-1130. 1995.

ANDERSON, R. A. **Nutritional role of chromium.** Sci. Total Environm. 17, 13-29. 1981.

ANDERSON, R. A. Stress effects on chromium nutrition of humans and farm animals. In. Proc. **Alltech's Tenth Symposium Biotechnology in the Feed Industry** (Lyons T.P., and Jacques, K.A., eds.), University Press, Nottingham, England, pp. 267-274. 1994.

ANDERSON, R. A.; BRYDEN, N. A.; POLANSKY, M. M.; GAUTSCHI, K. Dietary chromium effects on tissue chromium concentrations and chromium absorption in rats. **Journal of Trace Elements Experimental Medicine**. 9:11–25. 1996.

ANDERSON, R. A.; KOZLOVSKY, A. S. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 41, n. 6, p. 1177-1183, jun. 1985.

ANDERSON, R. A.; POLANSKY, M. M.; BRYDEN, N. A.; CANARY, J. J. Supplemental chromium effects on glucose, insulin, glucagons, and urinary chromium losses in subjects consuming controlled low chromium diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 5, p. 909-916, 1991.

ANDERSON, R.A. **Chromium metabolism and its role in disease processes in man**. **Clinical Physiology of Biochemistry**, v.4, p.31-41, 1986.

ANDERSON, R.A. Chromium, glucose and lipid metabolism. **J. Adv. Med.**. V.8, p.37. 1995.

ANDERSON, R.A. Chromium. In: **Trace minerals in foods**. Marcel Dekkes Inc., New York, p. 231-247, 1988.

ANDERSON, R.A. Recent advances in the clinical and biochemical manifestation of chromium deficiency in human and animal nutrition. **Journal of Trace Elements Experimental Medicine**, v. 11, p. 241-250, 1998.

APPLE, J. K., RINCKER, P. J.; MCKEITH, F. K.; CARR, S. N.; ARMSTRONG, T. A.; MATZAT, P. D.; Review: Meta-Analysis of the ractopamine response in finishing swine. **Prof. Anim. Sci.** 23:179–196. 2007.

APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C. et al. Effects of dietary lysine and density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **J. Anim. Sci.**, v.82, p.3277-3287, 2004. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/content/full/82/11/3277>>.

BAFFA, D. F. **Cromo levedura e ractopamina em dietas para suínos em terminação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 66p. 2014.

BARBOSA, C. E. T.; SILVA, C. T. C.; CANTARELLI, V. S.; ZANGERONIMO, M. G.; SOUSA, R. V.; GARBOSA, C. A. P.; AMARAL, N. O. ZEVIANI, W. M. Ractopamine in diets for finishing pigs of different sexual categories. **Rev Bras Zootecn**, 41(5): 1173-1179. 2012.

BARBOSA, C.E.T. **Uso de ractopamina e níveis de energia para suínos machos castrados, imunocastrados e fêmeas em terminação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 134p. 2010.

BARBOSA, H. C. A.; VIEIRA, A. A.; ALMEIDA, F. Q.; TEIXEIRA, Z. S.; SOUZA, R. M.; CAMPOS, J. F. Carcass quality of pigs in the finishing period fed with different feed restriction levels and energy in the diet. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** vol.55, n.5, pp.606-614. 2003. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000500015&lng=en&nrm=iso

BARBOSA, H.C.A.; VEIRA, A.A.; TEIXEIRA, Z.S. et al. Desempenho de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v.9, n.3, p.147-153, 2002a.

BARBOSA, H.C.A.; VEIRA, A.A.; TEIXEIRA, Z.S. et al. Qualidade de carcaça de suínos submetidos à restrição alimentar na fase de terminação e abatidos em diferentes pesos. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v.9, n.3, p.175-181, 2002b.

BELLAVER, C.; GARCEZ, D.C.P. **Comedouros para suínos em crescimento e Terminação**. Comunicado Técnico nº 248, Embrapa Suínos e Aves, p. 1-7. 2000.

BELLAVER, C.; LIMA, G. J. M. M., GUIDONI, A. L et al. Efeitos da restrição alimentar e do sexo sobre o desempenho de suínos em terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, Foz Iguaçu. **Anais...** Foz Iguaçu: ABRAVES, p.385-386. 1997.

BELLAVER, C. Qualidade da carcaça relacionada a restrição alimentar. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1995, Campinas. **Anais ...** Campinas: CBNA. p. 21-27. R. bras. Ci. Vet. v. 9, n. 3, p. 175-181, 1995.

BELLAVER, C. Restrição da alimentação para suínos em terminação. **Suinocultura Dinâmica**, v.1, n.2, p.1-3, 1992.

BERGSTROM, D.A.; TAPSCOOT, S.J. Molecular distinction between specification and differentiation in the myogenic basic helix-loop-helix transcription factor family. **Molecular and Cellular Biology**, v.21 n.7, p.2404-2412, 2001.

BERTOL, T.M.; LUDKE, J. V.; BELLAVER. C. Efeito do peso do suíno em terminação ao início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. **Rev. Bras. Zootec.** Viçosa, v. 30, n. 2, p. 417-424, 2001.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M.W.A.; CAMPBELL, R.G. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kilogramas) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: II. Protein and lipid accretion in body components. **J. Anim. Sci.**, v.74, p.817-826, 1996.

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

BOREL, J. S.; ANDERSON, R. A. Chromium. In: **Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements**. E. Frieden, ed. New York: Plenum Press. p. 175-199, 1984.

BOSTRÖM, P.; WU, J.; JEDRYCHOWSKI, M. P.; KORDE, A.; YE, L.; LO, J. C.; et al. A PGC1 α -dependent myokine that drives browning of white fat and thermogenesis. **Nature**; 481(7382): 463-8. 2012.

BRACK, A.S, RANDO, T. A. Intrinsic changes and extrinsic influences of myogenic stem cell function during aging. **Stem Cell Rev.** 3 (3): 226-237. 2007;

BRIGANÓ, M. V.; PACHECO, G. D.; BRIDI, A. M.; OBA, A.; FONSECA, N. A. N.; SILVA, C. A. Desempenho e características de carcaça de suínos submetidos a diferentes programas de restrição alimentar na fase dos 30 aos 118 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 37. Aug. n. 8, 2008.

BUCKINGHAM, M., BAJARD, L., CHANG, T., DAUBAS, P., HADCHOUEL, J., MEILHAC, S., RELAIX, F. The formation of skeletal muscle: from somite to limb. **Journal of Anatomy**, 202 (1), 59–68. 2003. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1571050/pdf/joa0202-0059.pdf>.

BUDIÑO, F.E.L.; THOMAZ, M.C.; NEME, R.; RUIZ, U.S.; FRAGA, A.L.; HUAYNATE, A.R.; CAVALCANTE NETO, A.; SANTOS, V.M. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, n.3, p. 245-250, 2005.

CAMPBELL, R. G.; TAVERNER, M. R. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. **Journal of Animal Science**. 66: 676–686. 1988.

CAMPBELL, R.G., KING, R.H. The influence of dietary protein and level of feeding on the growth performance and carcass characteristics of entire and castrated male pigs. **Anim. Produc.** 35:177-184. 1982.

CANTARELLI, V. S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação a vontade ou restrita**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 108 p. 2007.

CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; ALMEIDA, E. C.; ZANGERONIMO, M. G.; AMARAL, N. O.; LIMA, J. A. F. Carcass characteristics and economic viability of the use of ractopamine for finishing swine with ad libitum or restricted feeding. **Cienc. Rural**, 39: 844-851. 2009a.

CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; ALMEIDA, E. C.; ZANGERONIMO, M. G.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R. T. F. Ractopamine for finishing barrows fed restricted or ad libitum diets: performance and nitrogen balance. **Braz. J. Anim. Sci.** 38: 2375-2382. 2009b.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Custos de produção - Suínos - **Série histórica**. Brasília: Conab. Suínos - Ciclo Completo - MAI-2016. 2017.

CONDÉ, M. S.; PENA, S. M.; ROCHA JUNIOR, C. M.; Homem, B. G. C.; DEMARTINI, G. P.; SILVA, A. G. B. E. Minerais quelatados na nutrição de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, p. 3547-3565, 2014.

CORASSA, A.; LOPES, D. C., TEIXEIRA, A. O. Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de RAC e fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 1740-1747. 2010.

CROME, P.K.; McKEITH, F.K.; CARR, T.R.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; CANNON, J. E. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 74, n.4, p. 709 - 716, 1996.

CHUNG. C. S.; ETHEERTON, T. D.; WIGGIN, J. P. Stimulation of swine growth by porcine growth hormone. **J. Anim. Sci.** 60:118. 1985.

CHUNG, T. K.; D. H. BAKER. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **J. Anim. Sci.** 70:3102–3111. 1992.

DARK J. Annual lipid cycles in hibernators: integration of physiology and behavior. **Annu Rev Nutr.** 25 :469–97. 2005. doi: 10.1146/annurev.nutr.25.050304.092514.

DEBSKI B, ZALEWSKI W, GRALAK MA, KOSLA T. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. **J Trace Elem Med Biol.** 18:47–51. 2004.

DÍEZ-SAMPEDRO, A.; PÉREZ, M.; COBO, M.T.; MARTÍNEZ, J. A.; BARBER, A. Effect of different beta-adrenergic agonists on the intestinal absorption of galactose and phenylalanine. **J Pharm Pharmacol.** Aug. 50 (8): p 907-11. 1998.

DUNSHEA, F. R., KING, R. H., CAMPBELL, R. G., SAINZ, R. D., and KIM, Y. S. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **J. Anim. Sci.** 71:2919-2930. 1993.

DUNSHEA, F.R. Emerging technologies with the potential to improve feed efficiency in swine. in: **Feed Efficiency of Swine**. Wageningen, Netherlands. p 261 -263. 2012.

DUNSHEA, F. R.; EASON, P. J.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G. Interrelationships between dietary ractopamine, dietary energy and sex on protein and fat deposition in growing pigs. **Australian Journal of Agricultural Research.** 49:565-574. 1998.

EDMONDS; M. S.; BAKER, D. H. Failure of excess dietary lysine to antagonize arginine in young pigs. **J Nutr.** 117:1396–1401. 1987.

EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food), Scientific Opinion on the safety of chromium picolinate as a source of chromium added for nutritional purposes to foodstuff for particular nutritional uses and to foods intended for the general population. **EFSA Journal**; 8 (12):1883, 49p. 2010. doi: 10.2903/j.efsa.2010.1883

ELLIS, M., MCKEITH, F. K.; MILLER, K. D. The Effects of Genetic and Nutritional Factors on Pork Quality - Review – **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, 12(2), 261-270. 1999.

ELLIS, M.; WEBB, A.J.; AVERY, P.J. et al. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. **Journal of Animal Sciences**, v.62, p.521-530, 1996.

EREN, M.; BASPNAR, N. Effect of dietary CrCl₃ supplementation on some serum biochemical markers in broilers. Influence of season, age and sex. **Revue de Medicine Veterinaire**, n. 155, p. 637-641, 2004.

ESPERANÇA, M. J. B.; OLIVEIRA, E. R.; FREDERICO, G.; BARATA, C. C. P.; SILVA C. A. Potencialização do ganho de peso compensatório e da eficiência alimentar com o uso de ractopamina em suínos. **Artigos técnicos engormix**. 3p. 2015.

EVANS, G.; BOWMAN, T.D. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. **J. Inorg. Biochem.** 6:243-250. 1992.

EVOCK-CLOVER, C. M., POLANSKY, M. M., ANDERSON, R. A.; STEELE, N.C. Dietary chromium supplementation with or without somatropin treatment alters serum hormones and metabolites in growing pigs without affecting growth performance. **J. Nutr.** 123: 1504- 1512. 1993.

FACCO, E.T.F. **Valorização da carcaça suína e suas implicações na cadeia produtiva de suínos**. Porkworld, v.2, p.32, 2003.

FAO Nutrition Meetings Report Series, No. 52; WHO Technical Report Series, No. 522, **(Energy and protein requirements: report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee)**. 1973.

FÁVERO, J. A. A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: **Soc. Bra. Zoot.** FEALQ, p. 158-163. 2001.

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

FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, G.M.; SILVA, F.C.O. et al. Ractopamine for Pigs: A Review about Nutritional Requirements. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v.9, p.276-285, 2013.

FERREIRA, M. A. Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. PorkExpo. In: IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais**. p.139-141, 2008.

FERREIRA, M. S. S. **Níveis de cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 55 p. 2009.

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

FRAGA, A.L. **Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 94p. 2005.

FREITAS, B V.; ARAÚJO, L. F., AFONSO, E. R., SILVA, C. C., FALLEIROS, F. Avaliação de cromo orgânico e ractopamina na dieta de suínos em restrição alimentar na fase de terminação. 2014. Estância de São Pedro. In. **Anais... VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal**, Estância de São Pedro, SP – Brasil, 2 p, 2014.

FULLER M. F. Sex differences in the nutrition and growth of pigs (Cap 12). In **Recent developments in pig nutrition** (ed. Cole D. J. A. and Haresign W.). Butterworths, London. 1985.

FULLER, M. F., FRANKLIN, M. F., MCWILLIAM, R., PENNIE, K. The responses of growing pigs, of different Sex and genotype, to dietary energy and protein. **Animal Science**, 60, 291-298. 1995.

FURMAN; M.; MALOVRH; Š.; SEVER, S.; KOVAC, M. The effects of genotype and sex on pork quality. **Scientific and Professional Review**. Vol. 13. p. 51–54. 2007. <http://hrcak.srce.hr/16050>.

GARBOSSA, C. A. P.; SOUSA, R. V. D.; CANTARELLI, V. D. S.; PIMENTA, M. E. D. S. G.; ZANGERONIMO, M. G.; SILVEIRA, H.; CERQUEIRA, L. G. D. S. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 5, p.325-333, 2013. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982013000500004>.

GARCIA, A. G.; GARNS, P. M. Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la isulina. **Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social**. Colonia Juárez, v. 42, p. 347-352, 2004.

GINÉ, G. A. F.; FREITAS, R. T. F.; OLIVEIRA, A. I. G.; PEREIRA, I. G.; GONÇALVES, T. M. Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça em um rebanho de suínos large white. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p.337 343, 2004.

GIRALT, M. & VILLARROYA, F. White, brown, beige/brite: different adipose cells for different functions? **Endocrinology** 154, 2992–3000. 2013. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23782940>

GIROTTI, A. F.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **Custo de produção de suínos**. (Documentos, 62). Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 36 p. 2000.

GOMES, M. R.; ROGERO, M. M. TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira Medicina do Esporte** 11:262-266. 2005. <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v11n5/27585.pdf>.

GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; FONTES, P.R. **Tecnologia de Abate e Tipificação de Carcaças**. 1ed., Editora UFV. Viçosa. 366p. 2006.

GONZALES, E.; BERTO, D.A.; MACARI, M. Utilização de agonistas beta adrenérgicos como repartidores de nutrientes em produção animal. **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, Viçosa-MG, v.22, n.2, 1993.

GU, Y.; CHINCKEL, A. P.; FORREST, J. C.; KUEI, C. H.; WATKINS, L. E. Effects of ractopamine, genotype and growth phase on finishing performance and carcass value in swine. I. Growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.* 69:2685-2693. 1991a.

GU, Y.; CHINCKEL, A. P.; FORREST, J. C.; KUEI, C. H.; WATKINS, L. E. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean growth rate and lean feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 69:2694-2702. 1991b.

GUIDONI, A.L. **Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil**. 14p. 2000. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/pork/anais00cv_guidoni_pt.pdf.

HANCZAKOWSKA, E. The efficiency of betaine and organic compounds of chromium in fattening of pigs with ad libitum or restricted feeding. **Ann. Anim. Sci. – Roczn. Nauk. Zoot.** 26, 263–274. 1999.

HAYDON, K.D.; TRANKSLEY, T.D.Jr.; KNABE, D.A. Performance and carcass composition of limited fed finishing swine. *J. Anim. Sci.* , v.68, p.1916-1925, 1989. https://www.researchgate.net/publication/242673398_Performance_and_Carcass_Composition_of_Limit-Fed_Growing-Finishing_Swine

HE, P.F.; AHERNE, X.; THOMPSON, J.R. et al. Effect of ractopamine on carcass characteristics and joint-cartilage soundness in finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.73, p.169-176, 1993.

HERR, C. T., HANKINS, S. L., SCHINCKEL, A. P., RICHERT, B. T. Evaluation of three genetic populations of pigs for response to increasing levels of ractopamine. *J. Anim. Sci.*, 32p. 2001a.

HERR, C. T., KENDALL, D. C., SCHINCKEL, A. P., RICHERT, B. T. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 15p. 2001b.

HERR, C. T., YAKE, W., ROBSON, C., KENDALL, D. C., SCHINCKEL, A. P., RICHERT, B. T. Effect of nutritional level while feeding PayleanTM to late-finishing swine. **Purdue University Swine Day Report**. p 89-95. 2000.

HINTERBERGER, T. J.; SASSOON, D. A.; RHODES, S. J.; KONIECZNY, S. F. Expression of the muscle regulatory factor MRF4 during somite and skeletal myofiber development. **Dev. Biol.** 147, 144-156. 1991. https://www.researchgate.net/publication/223730553_Expression_of_the_muscle_regulatory_MRF4_during_somite_and_skeletal_myofiber_development.

HOH, J. F. Y., HUGHES, S. Myogenic and neurogenic regulation regenerating in fast and slow limb muscle beds. **J. Muscle Res. Cell Motil.** 9, 59-72. 1988.

JACELA, J.Y.; DEROCHEY, J.M.; TOKACHET M.D., et al. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintic. **Journal of Swine Health and Production**, v. 17, n. 6, p. 325-332, 2009.

JOAQUIM, L.O, **Efeitos da ractopamina nos rendimentos de carne magra e gordura em cortes da carcaça suína**, Unicamp, Faculdade de Engenharia de Alimentos –Dissertação 52p. 2014. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000928020>

KAATS, G. R.; BLUM, K.; PULLIN, D.; KEITH, S. C.; WOOD, R. A. A randomized, double-masked, placebocontrolled study of the effect of chromium picolinate supplementation on body composition: a replication and extension of a previous study. **Curr Ther Res.** 59:379–388. 1998. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011393X98850406>

KLOAREG, M.; BELLEGO, L. L.; MOUROT, J.; NOBLET, J.; MILGEN, J. V. Deposition of dietary fatty acids and of synthesized fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. **British Journal of Nutrition**, v. 93, n. 6, p. 803-811, 2005.

KORNEGAY, E. T., WANG, Z.; WOOD, C. M.; LINDEMANN, M. D. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing –finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 75:1319 –1323. 1997.

KOVANEN V. Intramuscular extracellular matrix: complex environment of muscle cells. **Exerc Sport Sci Rev** 30: 20–25, 2002.

LATORRE, M.A.; LÁZARO, R.; VALENCIA, D.G. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.526-533, 2004. <https://academic.oup.com/jas/article/82/2/526/4790429>

LEYMASTER, K.A., MERSMANN, H.J. Effect of limited feed intake on growth of subcutaneous adiposa tissue layers and carcass composition in swine. **J. Anim. Sci.**, v.64, p.2837-2843, 1991.

LIEN, T. F; YANG, K. H.; LIN, K. J. Effect of chromium propionate supplementation on growth performance, serum traits and immune response in weaned pigs. **Asian-Aust J Anim Sci.** 18:403–408. 2005. https://www.ajas.info/upload/pdf/18_63.pdf.

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

LIMA, G. J. M. M.; GUIDONI, A. L. Levels of chromium-nicotinic acid in diets for growing-finishing pigs. **Pesq. Agropec. Bras.** 34:433 – 439. 1999.

LINDEMANN, M. D. Chromium and swine nutrition. **J. Trac. Elem. Experim. Medic.** 12:149 – 161. 1999.

LINDEMANN, M. D.; WOOD, C. M.; HARPER, A. F.; KORNEGAY, E. T.; ANDERSON, R. A; 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. 1995.

LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. PURSER, K.W. Effects of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs. **Journal of Animal Science**. 86, 2971- 2978. 2008.

LOWE, B. K.; KROSCHER, K. A.; TAVÁREZ, M. A.; MCKEITH, F. K.; SCHROEDER, A. L.; DILGER, A. C. Effects of feeding ractopamine to physically castrated barrows, immunologically castrated barrows, and gilts on carcass characteristics, cutting yields, and fresh meat quality. In: **Professional Animal Scientist**. Vol. 32, No. 3. p. 346-356. 2016.

MACHADO, I. **Desempenho reprodutivo de leitoas suplementadas com picolinato de cromo via ração**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia da Reprodução) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 133 p. 1998.

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

MAK VALUE. **Chromium (III) and its Inorganic Compounds** [MAK Value Documentation, 2009]. Documentations and Methods. 38p. 2008. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/3527600418.mb1606583vee4614>

MANZKE, N. E.; ATHAYDE, N. B.; DALLA COSTA, O. A.; LIMA, G. J. M. M. Novos desenvolvimentos na nutrição dos leitões nas fases de crescimento e terminação. In: Simpósio internacional de suinocultura. Porto Alegre, RS. Produção, reprodução e sanidade suína: **Anais...** Porto Alegre: UFRGS. p. 43-62. 2011.

MARÇAL, D.A.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R.; ABREU, R.C.; ROSA, R.A.; ROSA, L.S. Ractopamina em dietas sem ajustes aminoácídicos para suínos machos castrados em terminação. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 259-264, 2015.

MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O.; SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A.; AROUCA, C.L.C. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.4, p. 1061-1068, 2007a. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n4s0/11.pdf>

MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O.; SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A.; AROUCA, C.L.C. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.6, p. 1791-1798, 2007b.

MARTINS, F.M. et al. Coeficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de suínos. (Comunicado Técnico, 506). Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**, 2012. 36p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/952881/1/Comunicado506.pdf>

MATTHEWS, J. O.; HIGBIE, A. D.; SOUTHERN, L. L.; COOMBS, D. F.; BIDNER, T. D.; ODGAARD, R. L. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **J Anim Sci**. Jan;81(1):191-6. 2003.

MATTHEWS, J. O.; SOUTHERN, L. L.; FERNANDEZ, J. M.; PONTIF, J. E., BIDNER, T. D.; ODGAARD, R. L. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing finishing barrows. **J. Anim. Sci**. 79:2172–2178. 2001.

MAZZUCO, H. et al. Efeito da restrição alimentar qualitativa sobre o ganho compensatório em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.543-549, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v35n3/v35n3a09.pdf>>.

MERSMANN, H. J.; GOODMAN, J. R.; BROWN, L. J. Development of swine adipose tissue: morphology and chemical composition. **Journal of Lipid Research**. 16:269-279. . 1975.

MILLER, J. B. Myoblasts, myosins, MyoDs, and the diversification of muscle fibers. **Neuromusc. Disorders**. 1,7-17. 1991. [http://www.nmd-journal.com/article/0960-8966\(91\)90038-T/pdf](http://www.nmd-journal.com/article/0960-8966(91)90038-T/pdf).

MILLER, J. B.; CROW, M. T.; STOCKDALE, F. E. Slow and fast myosin heavy chain content defines three types of myotubes in early muscle cell cultures. **J. Cell Biol**. 101, 1643-1650. 1985. <http://jcb.rupress.org/content/jcb/101/5/1643.full.pdf>.

MILLS, S.E.; LIU, C.Y.; GU, Y.; SCHINCKEL, A. P. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. **Domest Anim Endocrin**. 7:251-64. 1990.

MIMBS, K. J.; PRINGLE, T. D.; AZAIN, M. J.; MEERS, S. A.; ARMSTRONG, T. A. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **J. Anim. Sci**. 83:1361-1369. 2005.

MITCHELL A. D.; SOLOMOM, M. B.; STEELE, N. C. Response of low and high protein select lines of pigs to the feeding of the beta-adrenergic agonist ractopamine (Phenethanolamine). **Journal of Animal Science**. 68:3226. 1990.

MITCHELL, A. Effect of ractopamine on growth and body composition of pigs during compensatory growth. *Animal*, **J. Anim. Sci** 3 (1), 173-180. 2009.

MITCHELL, A. D; SOLOMON, M. B.; STEELE, N. C. Influence of level of dietary protein or energy on effects of ractopamine in finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, n.11. p. 4487-4495, 1991.

MOHAMED, F.F.; AFIFI, M. Role of inorganic chromium in performance and immunity in Broilers. *Veterinary Medicine Journal, Giza*, v.49, p.147-162, 2001.

MOONEY, K. W.; CROMWELL, G. L. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. **J. Anim. Sci**. 73:3351. 1995.

MOONEY, K. W.; CROMWELL, G. L. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. **J. Anim. Sci**. 75:2661-2671. 1997.

MOONEY, K. W.; CROMWELL, G. L. Efficacy of chromium picolinate on performance and tissue accretion in pigs with different lean gain potential. **J. Anim. Sci**. 77:1188-1198. 1999.

MOORE, K. L.; DUNSHEA, F. R.; MULLAN, B. P.; HENNESSY, D. P.; D'SOUZA, D. N. Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. **Anim. Prod. Sci**. 49:1113-1119. 2009.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. **Ciênc. Rural**, 40: 409-414. 2010.

MOREIRA, I.; VOORSLUYS, T.; MARTINS, R.M. et al. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, característica de carcaça e poluição ambiental. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.29, p.179-185, 2007.

MORRIS, B. W. et al. The interrelationship between insulin and chromium in hyperinsulinaemic euglycaemic clamps in healthy volunteers. **Journal of Endocrinology**. 139: 339-345, 1993.

MOURA, J. W. F., MEDEIROS, F.M.; ALVES, G.M., BATISTA A.S.M. Fatores Influenciadores na Qualidade da Carne Suína. **Rev. Cient. Prod. Anim**. v.17, n.1, p.18-29. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v17n1p18-29>

NACIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 11.ed. Washington: National Academy of Science. National Academic Press (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 2). 424 p. 2012.

OHH, S. J.; LEE, J. Y. Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. **Asian-Aust J Anim Sci.** 18:898–907. 2005.

O'QUINN, P.R.; SMITH, J.W.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; OWEN, K.Q. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **J. of Ani. Sci.** 76 : 56-60, 1998.

OLIVEIRA, B. F., KIEFER, C., SANTOS, T. M. B, GARCIA, ELIS, R. M., MARÇAL, D. A., ABREU, R. C., RODRIGUES, G. P. Período de suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, 43(2), 355-360. 2013. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200027>

OLIVEIRA, E. R.; CAIO, A. S.; BRIDI, A. M.; GAVIOLI, D. F; LOZANO, A. P.; ANDREO, N.; SILVA, R. A. M.; OLIVEIRA, J. M.; MOREIRA, V. S.; TARSITANO, M. A. Efeitos produtivos, qualitativos e econômicos de diferentes programas nutricionais para suínos em crescimento e terminação1. Semina: Ci. Agra. Londrina, v. 33, p. 3323-3340, 2012.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; ARAUJO, J.S. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade dos nutrientes e metabólitos sanguíneos de suínos. **Archivos de Zootecnia**. Córdoba, v. 56, p. 137-143, 2007.

PACHECO, G.D., BRIGANÓ, M.V.; OBA, A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Efeitos da restrição alimentar seguida de ganho de compensatório sobre a qualidade da carne de suínos. **Archivos de Zootecnia**. v. 56, n.216, p. 895-906. 2007.

PAGE, K. A.; HARTZELL, D. L., LI, C.; WESTBY, A. L.; DELLA-FERA, M. A., AZAIN, M. J.; PRINGLE T. D.; BAILE, C. A. B-adrenergic receptor agonists increase apoptosis of adipose tissue in mice. **Domest Anim Endocrinol**. 26:23–31. 2004.

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

PAMEI, G.; GNANARAJ, T. G.; SIVAKUMAR, T.; JAWAHAR, K. T. P.; MUTHURAMALINGAM, T.; POTHAPPAN, P. Influence of dietary supplementation of chromium on the carcass traits of crossbred pigs. **J. Adv. Vet. Anim. Res.**, 1(3): 125-129. 5 p. 2014.

PARK, J. K.; LEE, J. Y.; CHAE, B. J. OHH, S. J. Effects of different sources of dietary chromium on growth, blood profiles and carcass traits in growing-finishing pigs. Asian – **Australasian Journal of Animal Sciences**. 22:1547-1554. 2009.

PATIENCE, J. F.; SHAND, P.; PIETRASIK, Z.; MERRILL, J.; VESSIE, G.; ROSS, K. A.; BEAULIEU, A. D. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**. 89 (1): 53-66, 2009.

PECHOVA, A.; PAVLATA, L. Chromium as an essential nutrient: a review. **Veterinaria Medicina**. 52: 1-18. 2007.

PENZ J. R., A.M.; VIOLA, E. S. Nutrição. In: **Suinocultura Intensiva: produção, manejo e sanidade do rebanho**. Concórdia: Embrapa-CNPSA, p. 45-59. 1998.

PEREIRA, J.A., CUNHA, J.L., COSTA, P.M.A., et al. Efeitos da restrição alimentar sobre o desempenho de suínos em crescimento-terminação. **Rev. Soe. Bras. Zoot.** v. 16, n. 1, p. 111-119, 1987.

PEREIRA, F.A., FONTES, D.O., SILVA, F.C.O., FERREIRA, W.M., LANNA, A.M.Q., CORRÊA, G.S.S., SILVA, M.A., MARINHO, P.C., AROUCA, C.L.C., SALUM, G.M. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 60 (4), p 943-952. 2008.

PERES, L. M.; BRIDI, A. M.; SILVA, C. A.; ANDREO, N.; CHILANTI, C.; BARATA, P.; GABRIELA, J.; DÁRIO, N. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **R. Bras. Zootec.** 43(7):369-375, 2014.

PEREZ, A.; OBISPO, N. E.; PALMA, J.; CHICCO, C. F. Effect of ractopamine and lysine on lean yield of leaning pigs in the finishing phase. **Zoot Tropic.** 24: 435-455. 2006.https://www.researchgate.net/publication/43564364_Effect_of_ractopamine_and_lysinine_on_lean_yield_of_leaning_pigs_in_the_finishing_phase

PETTIGREW, J. E.; ESNAOLA, M. A. Swine nutrition and pork quality: a review. **Journal of Animal Science**, v.79, p.E316-E342, 2001.

PHILOMENO, R. **Ractopamina em rações para suínos em terminação submetidos a diferentes ambientes térmicos**. Dissertação (Mestrado em Produção e Nutrição de Monogástricos) -Universidade Federal de Lavras, Lavras. 116 p. 2013.

POLETTO, R.; ROSTAGNO, M. H.; RICHERT, B. T.; MARCHANT-FORDE J. N. Effects of a “step-up” ractopamine feeding program, sex, and social rank on growth performance, hoof lesions, and Enterobacteriaceae shedding in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 87: 304-313. Doi: 10.2527/jas.2008-1188. 2009.

POND, W. G.; JUNG, H. G.; VAREL, V. H. Effect of dietary fiber on young genetically lean, obese and contemporary pigs: body weight, carcass measurements, organ weights and digesta content. **J. Anim. Sci. Savoy**, v. 66, p. 699-706, 1988.

RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAÜN, M. C.; DOUMAND, J. Y. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. **Journal of Animal Science, Savoy**, v. 77, n. 3, p. 591-599, 1999.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: II – relação estrutura – actividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.96, n.540, p. 167-175, 2001.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III – Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.97, p. 51-62, 2002.

REEDS, P.J.; MERSMANN, H.J. Protein and energy requirements of animals treated with beta-adrenergic agonists: a discussion. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1532-1550, 1991. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/69/4/1532>>

RENTERÍA, J. A.; CUARÓN, J. A. Tripicolinato de cromo en la dieta de credos en crecimiento-finalización. **Técnica Pecuaria en México** Vol. 36 p 121-139. 1998.

RIKARD-BELL, C.; CURTIS, M. A.; VAN BARNEVELD, R. J.; MULLAN, A. C.; EDWARDS, A. C.; GANNON, N. J.; HENMAN, D. J.; HUGHES, P. E.; DUNSHEA, F. R. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and glits. **J Animal Sci**, 87: 3536-3543. 2009.

ROPPA, L. **A suinocultura no mundo**. Anuário 2004. Porkworld. p.14-37, 2004.

ROSA, R. A. **Ractopamina em dietas com ajustes nutricionais para suínos machos castrados em terminação sob clima quente**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 31p. 2013.

ROSA, R.A.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R.; MARÇAL, D.A.; JUNIOR, J.G.C.; ABREU, R.C.; LINO, K.A. Ractopamina em dietas com ajustes nutricionais para suínos machos castrados em terminação sob clima quente. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v.10, n.1, p.159-164, 2015.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES R.F.; **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)**, Viçosa: UFV – Imprensa Universitária, 252 p, 2011.

ROSTAGNO, H.S.; **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)**, Viçosa: UFV – Imprensa Universitária, 186 p. 2005.

ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.S.; COSTA, P.M.A.; FONSECA, J.B.; SOARES, P.R.; PEREIRA, J.A.A.; SILVA, M.A.; **Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras)**, Viçosa: UFV – Imprensa Universitária, 56 p. 2000.

SALES, J.; JANCÍK, F. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. **J. Anim. Sci.** 2011. 89:4054–4067. 14p. 2011.

SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; CARRIJO, A.S. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.403-408, 2010.

SANTOS, A.P.; KIEFER, C. MARTINS, L. P. FANTIN, C. C. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, p. 147-153, 2012.

SCHINCKEL, A. P., BENNETT, G. **The economic impact of genetic improvement. Swine Genetics**. NSIF. Fact Sheet Number 1. Purdue University Cooperativa Extension Service, West Lafayette, IN47907. 6p. 1999. <http://www.nsif.com/factsheets/nsif1.pdf>

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2. 2001, Concórdia. **Anais...**, p.324-335. 2001.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, n.5, p.1106-1119, 2003.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamina. **Journal of Animal Science**, v. 80, n.2, p.85-89, 2002.

SCHULTZ, E.; CHAMBERLAIN, C.; MCCORMICK, K. M.; MOZDZIAK, P. E. Satellite cells express distinct patterns of myogenic proteins in immature skeletal muscle. **Dev Dyn**. 235(12): 3230-3209. 2006.

SCHWARZ, K.; MERTZ, W. Chromium (III) and glucose tolerance factor. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.85, p.292-295, 1959.

SEE, M. T.; ARMSTRONG, T. A.; WELDON, W. C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.8, p.2474-2480, 2004.

SERRANO, M. P.; VALENCIA, D. G.; FUENTETAJA, A.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. In: **Journal of Animal Science**. 87: 1676-1685. 2009. <https://academic.oup.com/jas/article/87/5/1676/4731176>

SILVA, A. D. L., **Farelo do bagaço de caju na restrição alimentar qualitativa para suínos em terminação**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 50p. 2015.

SILVA, C. M.; ABREU, R. C.; KIEFER, C.; GONÇALVES, L. M. P.; MARÇAL, D. A.; NIETO, V. M. O. S.; TEODORO, B. D.; FARIAS, T. V. A. Cromo, ractopamina e restrições alimentares qualitativa e quantitativa para suínos em terminação. In. **Anais...** Pork Expo 2016. VIII Forum internacional de suinocultura. Foz do Iguaçu. 45-47. 2016.

SILVA, L. M. G. S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 52p. 2007.

SILVA, L. R. da. **Ractopamina para suínos machos imunocastrados**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 128 p. 2013.

SILVEIRA, C.O., SILVEIRA, R.O., ABREU, C DA CUNHA, FAUSTO, M.C. Utilização de ractopamina na dieta de suínos. **Anais... SIMPAC** 5 (1), 6p. 2015.

SILVEIRA, E. T. F. Inovações tecnológicas aplicadas na determinação da composição da carcaça e suas implicações na industrialização da carne suína. In: **Seminário de Aves e Suínos – AveSui**. Regiões 2007, Belo Horizonte, p. 96-109. 2007.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.173-194, 1998.

SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta adrenergic agonists in livestock. **J. Anim. Sci.** 76:173–194. 1998.

SMITH, I. J. W. et al. Effects of lysine: calorie ratio on growth performance of 10 to 25 kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 11, p. 3000-3006, 1999.

SMITH, W. C.; PURCHAS, R. W.; VAN ENKEVORT, A.; PEARSON, G. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire Male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural Research, Wellington**, v. 38, p. 373-380, 1995.

SOUZA, G. H. C. **Níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- Diamantina: UFVJM. 43p. 2011.

SOUZA, M. F. **Lisina digestível e ractopamina em rações para suínos machos castrados em terminação nos períodos de inverno e verão**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 81p. 2015.

SPEARS, J. W. **History of chromium and its relationship to glucose metabolism**. Department of Animal Science. North Carolina State University. 6p. 2016.

SPURLOCK, M. E.; CUSUMANO, J. C.; JI, S. Q.; ANDERSON, D. B.; SMITH, C. K.; HANCOCK, D. L.; MILLS, S. E. The effect of ractopamine on beta-adrenoceptor density and affinity in porcine adipose and skeletal muscle tissue. **J. Anim. Sci.** 72:75-80. 1994.

STAHLY, T. S.; BARK, L. J. Impact of somatotropin and beta-adrenergic agonists in swine. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Ed.). **Swine nutrition**. Stoneham: Butterworth Heinemann. p. 103-117. 1991.

STOCKDALE, F.E. Myogenic cell lineages. **Dev Biol**, v.154, n.2, p.284-298, 1992.

STOEKER, B. J.; SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M.; ROSS, A. C. Chromium. In: **Modern nutrition in health and disease**. 9a ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Williams. p.277-282, 1999.

STOLLER, G. M.; ZERB, H. N.; MOELLER, S. J.; BAAS, T. J.; JOHNSON, C. D.; WATKINS, L. E. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 1508-1516, 2003.

SUNDRUM, A.; ARAGON, A.; SCHULZE-LANGENHORST, C.; BÜTFERING, L.; HENNING, M.; STALLJOHANN, G. Effects of feeding strategies, genotypes, sex, and birth weight on carcass and meat quality traits under organic pig production conditions. **NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences**. 58:163-172. 2011.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, M. F.; ARBOIT, C.; WOLOZSIM, N. Custos agregados da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação. **Custos e Agronegócio**. v. 2ª edição especial, p. 64-83, 2006.

TE PAS, M. F. W.; SOUMILLION, A.; HARDERS, F.L. et al. Influences of Myogenin genotypes on birth weight, growth rate, carcass weight, backfat thickness, and lean weight of pigs. **J. Anim. Sci.** v.77, p.2352-2356, 1999.

TE PAS, M. F. W.; VERBURG, F. J.; GERRITSEN, C. L. M. et al. Messenger ribonucleic acid expression of the MyoD gene family in muscle tissue at slaughter in relation to selection for porcine growth rate. **J. Anim. Sci.** v.78, p.69-77, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. 2017. Livestock and Poultry: World Markets and Trade - **USDA Foreign Agricultural Service**. 2017.

UTTARO, B. E.; BALL, R. O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L. E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **J. Anim. Sci.** 71:2439–2449. 1993.

VAN de LIGT, J. L. G.; LINDEMANN, M. D.; HARMON, R. J. et al. Effect of chromium tripicolinate supplementation on porcine immune response during the postweaning period. **Journal of Animal Science**, v.80, p. 449- 455, 2002.

VAN HEUGTEN, E.; SPEARS, J. W. Immune response and growth of stressed weaning pigs fed diets supplemented with organic or inorganic forms of chromium. **J. Anim. Sci.** 75: 09 - 416. 1997.

VAN HEUGTEN, E. V.; COFFEY, M. T.; SPEARS, J. W. Effects of immune challenge, dietary energy density and source of energy on performance and immunity in weanling pigs. **J Anim Sci.** 74:2431–2440. 1996.

VINCENT, J.B. The Biochemistry of Chromium. **Journal of Nutrition**, v.130, p.715-718, 2000. <https://academic.oup.com/jn/article/130/4/715/4686593>

WANG, Z. **Influence of supplemental chromium picolinate on nitrogen balance, dry matter digestibility and lean-ness in growing-finishing pigs**. M.S. Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. 1995.

WARPECHOWSKI, M. B.; FEDALTO, L. M.; GUARESCHI NETO, A. R.; BEDIN, S. R. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Archives of Veterinary Science**, v. 4, n. 1, p. 73-75, 1999.

WATANABE, P. H. et al. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** Belo Horizonte , v. 62,n. 4, p. 921-929. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352010000400023>.

WATANABE, P. H. **Ractopamina em dietas para fêmeas suínas**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP. 100p. 2009.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; PASCOAL, L. A. F.; RUIZ, U. S.; DANIEL, E.; AMORIM, A. B.; CRISTANI, J.; CASTRO, F. F. Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 64(5), 1381-1388. 2012.

WATANABE, P. H. et al. Avaliação econômica da inclusão de ractopamina em dietas para fêmeas suínas em fase de terminação. **Veterinária e Zootecnia**, [S.l.], v. 23, n. 4, p. 626-630, dec. ISSN 2178-3764. 2016.

WATKINS, L.E.; JONES, D.J; MOWREY, D.H.; ANDRESON, D.B.; VEENHUIZEN, E.L. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 68, n.11, p. 3588-3595, 1990.

WEBSTER, M. J.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; UNRUH, J. A. et al. Interactive effects between Paylean (ractopamine HCl) and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics and tissue accretion. **J. Anim. Sci.**; 23(2): 597-611. 2007.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P.; JONES, D. J. The impact of ractopamina, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 3152-3162, 1994.

WORLDS TOP EXPORTS. World pork meat exports. **Pork Exports** by Country. <http://www.worldstopexports.com/pork-exports-by-country/>. 2017.

XI, G.; XU, Z. R.; WU, S-H.; CHEN, S. J. Effect of chromium picolinate on growth performance, carcass characteristics, serum metabolites and metabolism of lipid in pigs. **Asian Austr. J Anim Sci** 14:258–262. 2001.

YILDIZ, A. O., PARLAT, S. S., YAZGAN, O. The effects of organic chromium supplementation on production traits and some serum parameters of laying quails. **Revue de Medecine Veterinaire**, v. 155, n.12, p.642-646, 2004.

YIN, H. PRICE, F. RUDNICKI, M.A. Satellite Cells and the Muscle. **Stem Cell Niche. Physiological Reviews**. 93 (1) : 23-67. 2013.

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

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