



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

EDUARDO RAELE DE OLIVEIRA

**PROGRAMAS NUTRICIONAIS COM DIFERENTES NÍVEIS
PROTEICOS E ADITIVOS PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Londrina
2012

EDUARDO RAELE DE OLIVEIRA

**PROGRAMAS NUTRICIONAIS COM DIFERENTES NÍVEIS
PROTEICOS E ADITIVOS PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva.

Londrina

2012

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O48p Oliveira, Eduardo Raele de.
Programas nutricionais com diferentes níveis proteicos e aditivos
para suínos em crescimento e terminação / Eduardo Raele de
Oliveira. – Londrina, 2012.
100 f. : il.

Orientador: Caio Abércio da Silva.
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência Animal, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Aminoácidos na nutrição animal – Teses. 2. Suíno – Alimentação e
rações – Teses. 3. Alimentos – Aditivos – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. I.
Silva, Caio Abércio da. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636.085

EDUARDO RAELE DE OLIVEIRA

**PROGRAMAS NUTRICIONAIS COM DIFERENTES NÍVEIS
PROTEICOS E ADITIVOS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E
TERMINAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Dr. Caio Abércio da Silva
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. José Maurício Gonçalves dos Santos
CESUMAR – Maringá – PR

Prof. Dra. Ana Maria Bridi
UEL – Londrina – PR

Londrina, 14 de Março de 2012.

Dedico este trabalho a meus pais, que tanto me ajudaram em todas as minhas conquistas!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a *Deus* pelas pedras no caminho, que, ao invés de obstáculos, são atalhos para a felicidade plena.

A meus pais, *Flcio de Oliveira* e *Silvia Rosa Raelle de Oliveira* que foram o alicerce das minhas ações durante todo o tempo em que eu estive longe de suas ternas asas.

Ao meu irmão *Flcio de Oliveira Filho* pelo apoio e compreensão

À minha eterna amiga *Andreza Alves dos Santos*, pelo amor, paciência e compreensão.

Agradeço ao meu orientador e amigo prof. Dr. *Caio Abércio da Silva*, que foi muito compreensivo, amigo e companheiro dos momentos difíceis, dos trabalhos árduos e mestre com sua sabedoria.

Agradeço à *Universidade Estadual de Londrina* pelas oportunidades

Agradeço ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)* pelo auxílio financeiro concedido pela bolsa de mestrado.

À empresa *Vitagri*, por todo o apoio financeiro e parceria.

À profa. Dra. *Ana Maria Bridi*, pela ajuda com a estatística, com os abates, com as bibliografias e a amizade.

Ao prof. Dr. *Amauri Alcindo Alfieri*, pelo trabalho e dedicação como coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal.

À todos os professores do programa de Pós Graduação da Universidade Estadual de Londrina.

Ao doutorando *Cleandro Pazinato Dias* pela amizade, apoio e ajuda.

Ao meu grande amigo *David Fernandes Gavioli*, por toda sua ajuda desde o experimento, que foi incrível até com suas palavras religiosas, tentando me levar para o caminho 'certo' sempre. Obrigado, meu grande amigo!

À minha grande amiga francesa, doutoranda *Roberta Abrami Monteiro Silva*, que foi meu braço direito, esquerdo, e as pernas também, durante meu trabalho.

À minha grande amiga *Natália Ceron Romero*, por toda sua ajuda, compreensão, amizade e carinho.

Ao doutorando *Arturo Pardo Lozano*, por sua amizade e sábias palavras deste meu amigo luso-brasileiro-colombiano.

Às minhas amigas *Jamile Oliveira* e *Valéria Moreira*, que compartilharam este arduo trabalho durante quatro meses, sempre com alegria e diversão.

A todos os colegas que participaram de meu experimento, *Nayara, Kelita, Joro, Carlão, Mineiro, Zidane, Nati, Paty, Bia, Marcino, Gabi*. Obrigado pela força e dedicação.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram, mais do que apenas ajudando este experimento a dar certo, para momentos de alegria na Fazenda Escola. Obrigado, de coração, ao sr. *Pedro*, sr. *José*, sr. *Jorge*, sr. *Unácio* e sr. *Erminio*.

Aos amigos e colegas que ajudaram no abate e nas análises laboratoriais, *Louise Peres, Camila Constantino, Marina Avena Jarsitano, Jhales de Almeida Bitencourt Cardoso*, e outros tantos que foram tão dedicados com estas análises.

Aos professores e profissionais do Laboratório de Nutrição Animal, *Fernando Luiz Massaro Júnior e Jânia Mara Sedemaka Milane*.

À minha grande amiga Elisângela, por toda a ajuda e carinho em um momento tão difícil. E aos amigos, Aline, Horse, Alison, Luis Daniel, Luis Miguel, Itapira, Roger, Nardo, Márcio, Thiago, André, Dario, Danyel, Mauro, Batata, Alê, César, que me ajudaram de alguma forma nestes dois anos de trabalho.

“O homem deve ser bondoso para com os inimigos e não para com os amigos: com estes, nada mais faz do que seguir a própria inclinação; com aqueles exerce elevadíssima virtude.”

Averróes

OLIVEIRA, Eduardo Raele. **Programas nutricionais com diferentes níveis proteicos e aditivos para suínos em crescimento e terminação**. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar o melhor programa nutricional para suínos em engorda, entre cinco formulações comerciais a partir do uso de diferentes níveis de proteína total (alta, média e baixa), picolinato de cromo (Cr) e ractopamina (Rac) no final da terminação. Os tratamentos foram avaliados para desempenho, características de carcaça, aspectos econômicos e qualidade de carne. Foram utilizados 70 suínos de linhagem comercial Pen Ar Lan (35 machos castrados e 35 fêmeas) com peso médio inicial \pm desvio padrão de $25,22 \pm 2,5$ kg e peso final de abate \pm desvio padrão de $119,08 \pm 6,0$ kg. Para as fases iniciais de crescimento, foi observada diferença para a conversão alimentar com a ração com alta proteína apresentando melhor conversão alimentar em relação à ração com picolinato de cromo. Para a fase de terminação II, foram observadas diferenças em ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar, com o programa com ractopamina apresentando os melhores resultados de ganho de peso apenas em relação ao programa com baixa proteína e conversão alimentar apenas em relação ao programa com picolinato de cromo. Este, por sua vez, teve um consumo maior do que os programas com alta, média proteína e ractopamina. Também houve diferença na deposição de músculo e gordura na carcaça em favor da ractopamina quando comparada com a ração de baixa proteína. Observou-se diferença para a perda de água por gotejamento para ractopamina e baixa proteína em relação aos maiores níveis desse nutriente. A associação baixa proteína e ractopamina também mostrou-se a mais eficiente economicamente. Para os aspectos estudados neste trabalho, entre os programas nutricionais testados, a ractopamina mostrou-se a mais eficiente.

Palavras-chave: Aminoácidos. Carcaça. Lisina. Músculo.

OLIVEIRA, Eduardo Rael. **Nutritional programs with different protein levels and additives for growing and finishing pigs**. 2012. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

ABSTRACT

The objective of this work was evaluate the best nutritional program for growing pigs, between five comercial diets with different levels of protein (high, medium and low), chrome picolinate and ractopamine for finishing pigs. Performance, carcass, economy and meat quality were evaluated. Seventy pigs (Pen Ar Lan) were used (35 barrows and 35 gilts) with initial weight \pm standard deviation of 25.22 ± 2.5 kg and were slaughtered with final weight plus standard deviation of 119.08 ± 6.0 kg. Difference between high protein and low protein + chrrome was observed to feed convection during growth phases, with high protein showing better results. Differences were observed during finishing phase II to daily gain and feed conversion, showing better results for ractopamine over low protein and chrome picolinate respectively, and daily gain, with chrome picolinate showing better results over all other treatmens except the low protein program. Muscle and fat deposition over carcass showed better results for ractopamine against low protein only. Lower levels of drip loss was observed for low protein and ractopamine treatments against higher levels of protein treatments. Ractopamine also showed the best cost when compared with all treatments and was the best nutritional program studied.

Keywords: Amino acids. Carcass. Lysine. Muscle. Stress.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mecanismo de ação de ação do cromo no estímulo da ação da insulina	49
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos aminoácidos para suínos17

ARTIGO:

Tabela 1 – Composição percentual e calculada das rações experimentais69

Tabela 2 – Níveis nutricionais das rações experimentais.....70

Tabela 3 – Médias e desvio-padrão observados para consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GPD), conversão alimentar (CA), média de peso final (MPF) e consumo de lisina diário (CLD) para os tratamentos estudados durante as diferentes fases experimentais77

Tabela 4 – Médias e desvio-padrão observados para o peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCR), quantidade de carne na carcaça (QCC), perdas da carcaça no resfriamento (PCRES), rendimento de carcaça no resfriamento (RCRES), quantidade de carne no resfriamento (QCRES), índice de bonificação (IB), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), profundidade de músculo (PM), área de olho de lombo (AOL), rendimento de carcaça (RC), de acordo com as dietas experimentais e os gêneros78

Tabela 5 – Média de custo de ração (R\$/kg PV), Índice de Eficiência Econômica (IEE) (em %) e Índice de Custo Médio (ICM) (%)83

Tabela 6 – Perda de água por gotejamento (DRIP), no congelamento (PAC), maciez, marmoreio, níveis séricos de glicose, lactato, colesterol, triglicérides (TGL) e cortisol, de acordo com as dietas experimentais e os gêneros de acordo com as dietas experimentais e os gêneros83

Tabela 7 – Médias de pH inicial e final, cor e composição química por tratamentos e gêneros estudados84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 AMINOÁCIDOS	15
2.1.1 O Excesso de Nitrogênio na Nutrição de Suínos em Crescimento e Terminação.....	15
2.1.2 Proteína e suas Interações com o Desenvolvimento Animal.....	15
2.1.3 Aminoácidos: A Base Fundamental da Estrutura Proteica	16
2.1.4 Conceitos de Proteína: Do total ao Ideal	18
2.1.5 Os Mecanismos de Digestão e Transformação Proteica dos Suínos	20
2.1.6 Absorção de Aminoácidos e o Desenvolvimento Muscular	23
2.1.7 Lisina: A Base para a Formulação de Rações para Suínos	25
2.1.8 Metionina: O “Primer” da Biossíntese do Desenvolvimento dos Suínos.....	26
2.1.9 Treonina: O Aminoácido das Várias Funções no Organismo	27
2.1.10 Benefícios da Proteína Ideal: Da Economia do Produtor à Redução de Problemas Ambientais.....	28
2.2 RACTOPAMINA	31
2.2.1 Conceito	31
2.2.2 Catecolaminas e Simpatomiméticos: Semelhantes ou Iguais	31
2.2.3 Metabolismo e Mecanismos de Ação da Ractopamina	33
2.2.4 Músculo Esquelético e Tecido Adiposo, Os Principais Alvos da Ação da Ractopamina	35
2.2.5 Período, Níveis de Inclusão e Toxicidade da Ractopamina.....	38
2.2.6 Fatores que Podem Influenciar a Ação da Ractopamina.....	39
2.2.7 Ação da Ractopamina Sobre as Características Zootécnicas de Carçaça, Meio Ambiente, Custo, Qualidade de Carne e Fisiologia Animal.....	42
2.2.8 Parâmetros Fisiológicos e Comportamento Animal	45
2.2.9 Índices de Eficiência de Custo para a Ractopamina	46
2.2.10 A Ractopamina Pode Reduzir o Impacto Ambiental do Nitrogênio Excretado	46
2.3 CROMO ORGÂNICO	46
2.3.1 Absorção e Excreção do Cromo.....	47

2.3.2 Atividade Metabólica do Cromo	48
2.3.3 O Cromo na Nutrição Animal	49
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51
3 OBJETIVOS E METAS ALCANÇADOS	64
3.1 OBJETIVO GERAL	64
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	64
4 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	65
4.1 INTRODUÇÃO	66
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	67
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4.4 Conclusões	84
4.5 Referências	84
ANEXO	90

1 INTRODUÇÃO

O gasto com alimentação em uma suinocultura de ciclo completo, segundo a Embrapa S.A. correspondeu em 2011 a mais de 80% do custo total de criação. Os principais responsáveis por esse montante são as matérias primas milho e soja, com esta última sendo responsável pelo maior incremento proteico da alimentação e as fases de crescimento e terminação (BRASIL, 2012).

O uso de aminoácidos sintéticos na formulação de dietas é uma ferramenta importante para a criação de novos programas nutricionais, capacitando-os para uma redução no teor de proteína total em até 4 a 5% e, conseqüentemente, reduzindo os custos finais da carne suína, reduzindo também o impacto ambiental e melhorando o desempenho (TRINDADE-NETO et al., 2009).

Neste sentido, oferecer níveis ótimos de aminoácidos e com baixo teor proteico, conforme as necessidades de cada fase de engorda de suínos, é uma estratégia interessante, entretanto, a obtenção dos níveis adequados destes nutrientes baseia-se em tabelas de referências e bibliografias específicas de larga abrangência obtidas sob condições experimentais controladas e aprimoramento genético conhecido (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2011).

Um programa nutricional inadequado influencia a resposta final do animal quanto ao desempenho, subestimando a resposta de ganho de peso e conversão alimentar, e quanto às características de carcaça, aumentando a deposição de gordura indesejável para os padrões de consumo vigentes (BRUMANO, 2009).

Para incrementar estes aspectos sobre os programas nutricionais que levam em conta baixos níveis proteicos, o uso de aditivos repartidores de nutrientes cria perspectivas de bons resultados. A ractopamina, um agonista beta adrenérgico com ação específica, favorece a deposição muscular em detrimento do incremento de gordura durante a fase final de terminação e tem ação benéfica sobre o desempenho e a carcaça (BELLAVÉR, 2005). Já o cromo picolinato é um micronutriente quelatado que potencializa a ação da insulina, favorecendo o maior aporte de glicose para o músculo, promovendo melhora no desempenho e também nas características de carcaça (GOMES; ROGEDO; TIRAPEGUI, 2005).

Outra questão relevante para a suinocultura moderna diz respeito à qualidade da carne produzida. A influência de programas nutricionais com baixos

níveis de proteína total sobre este parâmetro é pouco conhecida e precisa de novos estudos, assim como o uso de repartidores que modificam a apresentação final da carne ao consumidor, sobretudo o cromo picolinato (ALMEIDA, 2008).

Com base nestas perspectivas, buscou-se comparar três diferentes níveis proteicos em formulações de caráter comercial e associar mais duas formulações utilizando o menor nível proteico com dois aditivos promotores de crescimento, a ractopamina e o cromo picolinato, para avaliar o comportamento destes cinco diferentes programas nutricionais quanto ao desempenho, características de carcaça e qualidade de carne. O objetivo final deste trabalho é apontar qual destas formulações comerciais atende aos parâmetros propostos para suínos em crescimento e terminação criados sob as condições deste experimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AMINOÁCIDOS

2.1.1 O Excesso de Nitrogênio na Nutrição de Suínos em Crescimento e Terminação

A produção industrial de suínos no Brasil enfrenta, além das exigências competitivas do mercado internacional e da pressão do consumidor por uma carne de qualidade e confiabilidade, uma crescente preocupação em relação à poluição ambiental. Esse embate entre criação e sustentabilidade tem levado a suinocultura a utilizar tecnologias que visam reduzir substancialmente a excreção de nutrientes, especialmente o nitrogênio (N) e o fósforo (P) (AROUCA, 2008). Uma das alternativas mais eficientes para reduzir a emissão de nitrogênio é a formulação de dietas ajustadas associadas a ingredientes de alta qualidade e identificadas com as demandas genéticas e das fases de criação. Nesse sentido, uma ração específica para as fases de crescimento e terminação, com base em um conceito de determinação do máximo aproveitamento dos aminoácidos alimentares, pode ser a chave para reduzir o excesso de nitrogênio na alimentação de suínos.

2.1.2 Proteína e suas Interações com o Desenvolvimento Animal

Proteínas são macromoléculas biológicas sintetizadas a partir de 20 aminoácidos primários (Alanina, Arginina, Aspartato, Asparagina, Cisteína, Fenilalanina, Glicina, Glutamato, Glutamina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Prolina, Serina, Tirosina, Treonina, Triptofano e Valina) que, combinados entre si, possibilitam a formação de $2,4 \times 10^{18}$ moléculas diferentes (MARZOCOO; TORRES, 2007) e são responsáveis pelas mais variadas funções no organismo, como estrutura, nutrição, transporte, defesa, reserva e regulação do metabolismo (BERTECHINI, 2006).

Essa funcionalidade é determinada por quatro estruturas de conformação. A primeira corresponde ao número total e a ordem dos aminoácidos em uma cadeia de ligações covalentes chamadas ligações peptídicas (VIEIRA, 2003). As estruturas regulares tridimensionais formadas por segmentos da cadeia

polipeptídica indicam a estrutura secundária (LEHNINGER, 2006). A estrutura terciária descreve todos os aspectos do dobramento final tridimensional da cadeia polipeptídica. Quando uma proteína apresenta associação de duas ou mais cadeias polipeptídicas, seu arranjo espacial é denominado estrutura quaternária (LEHNINGER, 2006).

Assim, proteínas com funções distintas apresentam diferenças estruturais. Entretanto, sequências semelhantes de aminoácidos geralmente formam proteínas de funções semelhantes e estas estão relacionadas com algumas regiões da sequência de aminoácidos chamadas regiões críticas da função proteica (LEHNINGER, 2006).

2.1.3 Aminoácidos: A Base Fundamental da Estrutura Proteica

Todos os aminoácidos são α -aminoácidos, formados por um grupo carboxila (-COOH) e um grupo amino (-NH₂), ligados ao mesmo átomo de carbono (carbono α), entretanto, diferem entre si por suas cadeias laterais ou grupos R (LEHNINGER, 2006). Os aminoácidos com carbono α assimétrico apresentam dois isômeros opticamente ativos, os isômeros levógiros (L) e dextrógiros (D), porém, nas proteínas encontradas nos seres vivos observa-se apenas L-aminoácidos (MARZOCOO; TORRES, 2007). Isto implica que os D-aminoácidos não são aproveitados pelo metabolismo. Pela convenção de Fischer, determinou-se que a nomenclatura L e D dos aminoácidos referiam-se apenas à configuração absoluta dos quatro substituintes em torno do carbono α (LEHNINGER, 2006).

Nas moléculas proteicas os aminoácidos se ligam covalentemente, formando longas cadeias não ramificadas, através de ligações peptídicas envolvendo o radical amino de um aminoácido e o radical ácido de outro, havendo a liberação de uma molécula de água durante a reação. A união de vários aminoácidos dá origem a uma cadeia polipeptídica (VIEIRA, 2003). As proteínas podem ser formadas por uma ou mais cadeias polipeptídicas e estas podem conter de dois a milhares de aminoácidos (MARZOCOO; TORRES, 2007).

Os aminoácidos que formam as proteínas animais obedecem a duas vias de obtenção, síntese orgânica ou alimentação. Os aminoácidos sintetizados no organismo a partir de outros aminoácidos ou de outros nutrientes presentes na alimentação são classificados como não essenciais, não precisando ser supridos

através das dietas (BERTECHINI, 2006). Os aminoácidos que são obtidos exclusivamente a partir da alimentação são chamados aminoácidos essenciais e são espécie-específicos.

Para os suínos, os aminoácidos essenciais diferem inclusive entre as fases de produção (Tabela 1):

Tabela 1 – Classificação dos aminoácidos para suínos.

Aminoácidos essenciais		Aminoácidos não essenciais
Leitões	Suínos adultos	
Lisina	Lisina	Glicina ^a
Metionina	Metionina	Serina
Triptofano	Triptofano	Alanina
Valina	Valina	Ácido aspártico
Histidina	Histidina	Ácido glutâmico
Fenilalanina	Fenilalanina	Cisteína ^b
Leucina	Leucina	Prolina
Isoleucina	Isoleucina	Tirosina ^c
Treonina	Treonina	Aspargina
Arginina		Glutamina

Fonte: Adaptado de Bertechini, 2006.^a – Parcialmente sintetizado (60%).^b – Pode atender até metade das exigências de metionina.^c – Pode atender até 30% das exigências de fenilalanina.

A nutrição animal torna-se, portanto, ação indispensável na qualidade e quantidade das proteínas produzidas, sintetizadas e utilizadas pelos animais. Mais do que a forma de obtenção destes aminoácidos, os animais apresentam congruências entre determinados aminoácidos e outros nutrientes, sobretudo a energia da dieta, que determinam de que maneira se dá a utilização dos aminoácidos provenientes do fornecimento de ração, levando à consolidação de um fator limitante que estabelece uma relação entre o aproveitamento dos aminoácidos dietéticos para a síntese proteica e sua deficiência em termos nutricionais. Esta, entretanto, também é espécie-específica e está submetida ao comportamento fisiológico das espécies, sua mobilização proteica, sua necessidade diária e seu consumo alimentar. Pode-se conceituar como aminoácidos limitantes aqueles que estão na dieta em uma concentração inferior ao requerido para o máximo

crescimento animal, o que se supõe, portanto, que todos os aminoácidos podem ser limitantes quando estiverem em concentrações abaixo de seu requerimento, limitando o desempenho animal (BERTECHINI, 2006).

Em suínos, a deficiência de um ou mais aminoácidos provoca queda de ganho de peso, piora no índice de conversão alimentar e diminuição no desempenho reprodutivo (PENZ JÚNIOR; VIOLA, 1998). O que determina a relação ideal de aminoácidos para o ótimo aproveitamento nutricional destes animais não é a quantidade de proteína que está sendo fornecida na dieta, mas a quantidade de aminoácidos necessários para que essa nutrição seja adequada. Neste sentido, ganha importância a formulação alimentar para cada categoria e espécie animal e os níveis de aminoácidos que estas devem apresentar para a obtenção dos melhores resultados (ROSTAGNO et al., 2011).

2.1.4 Conceitos de Proteína: do Total ao Ideal

Para determinar os níveis totais de proteína de uma ração é utilizado o método Kjeldahl, método padrão de determinação do nitrogênio em um alimento. Este método consiste na digestão ácida em ácido sulfúrico do alimento, o que converte o nitrogênio em amônio (NH_4^+), que é separada por destilação e quantificada por titulação (SILVA; QUEIROZ, 2002). Portanto, a proteína total de uma ração está diretamente relacionada com o nitrogênio contido no alimento, o que inclui o de origem proteica e outros compostos não proteicos.

A partir desta relação nitrogênio/matéria seca, estima-se a porcentagem total de proteína do alimento, tendo em vista o percentual constante de nitrogênio nas proteínas de diferentes ingredientes alimentares. Essa estimativa é dada pela conversão do total de nitrogênio obtido para a matéria-prima estudada por um fator empírico de correção, o fator "f" que, usualmente, está associado ao valor de 6,25, e que corresponde a 16% do total de moléculas de nitrogênio contidas em uma proteína. O resultado obtido por essa conversão recebe a denominação de proteína bruta do alimento e se constituiu em um método bastante empregado na nutrição animal para formulações de dietas para todas as espécies (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

Entretanto, o método não leva em conta as necessidades reais de aminoácidos de cada categoria ou espécie animal, apenas comporta o mínimo de

proteína total que este alimento deve ter, segundo seus ingredientes, para suprir as exigências fisiológicas e de desempenho de aminoácidos. Isto faz com que a relação de aminoácidos totais da dieta seja muitas vezes superior ao máximo aproveitamento do animal. Ao final este passa a consumir uma ração com excesso de nutrientes que devem ser metabolizados e eliminados nas fezes, fazendo com que se tenha prejuízos no custo da ração, no desempenho dos animais e na eliminação do nitrogênio não utilizado para o ambiente (NUNES, 2008). O consumo também sofre interferência do balanceamento dos aminoácidos, denotando que os suínos sempre tendem a procurar as dietas que apresentam concentrações ótimas destes nutrientes (FORBES, 2010).

A relação de aminoácidos necessários para o desenvolvimento animal/requerimentos nutricionais requer, portanto, uma dieta que forneça uma mistura de aminoácidos capazes de atender sem excesso ou deficiência a exigência de todos esses tipos de nutrientes para a manutenção e crescimento do suíno. Essa dieta ótima para o animal estabeleceu as bases para o conceito de proteína ideal inicialmente discutido por Cole (1978) e que hoje é uma estratégia muito utilizada para a formulação de dietas para os animais de produção (PARSONS; BAKER, 1994).

Para este conceito há uma redução no total percentual de proteína bruta na dieta, entretanto, é uma redução que não afeta o desempenho do animal, tendo importância na excreção de nitrogênio (OLIVEIRA, 2002) e no consumo dos animais (FORBES, 2010). Em suínos, a importância ambiental desse conceito também está calcada na redução da produção total de dejetos e do consumo de água (PALHARES et al., 2009).

A proteína ideal é, portanto, a relação ideal dos aminoácidos necessários para o desenvolvimento animal. É sabido, porém, que a digestibilidade e a disponibilidade destes aminoácidos nas rações animais depende primariamente dos ingredientes utilizados e da procedência e qualidade destes alimentos. Outro ponto relevante é a limitação que a falta de um aminoácido pode provocar sobre a utilização dos demais. Neste sentido, o conceito de proteína ideal implica conhecimento dos ingredientes da ração fornecida, nos aminoácidos que são limitantes para um melhor aproveitamento desse alimento, assim como nos meios de alterar os níveis desses aminoácidos a partir do uso de outras estratégias alimentares.

Na suinocultura nacional, tem-se como principais ingredientes para a elaboração de ração, os *commodities* milho e soja. Estes ingredientes, embora apresentem mudanças composicionais importantes em cada safra, têm uma relação de aminoácidos conhecida e constante, que permite que as formulações sejam pré-definidas em função destes. Entretanto, para esta base alimentar, os aminoácidos limitantes são a lisina, a metionina, a treonina e o triptofano, tornando importante que o total desses aminoácidos, sobretudo a lisina, seja sempre o foco principal na formulação baseada no conceito de proteína ideal (BERTECHINI, 2006).

A lisina é o principal aminoácido responsável pelo incremento proteico muscular, com 6,5 a 7% de participação, sendo, portanto, um aminoácido limitante do crescimento muscular de suínos (MACHADO; FONTES, 2005). Essa é também a principal função biológica deste aminoácido. Outros aminoácidos têm menor participação no aporte proteico muscular, mas participam de outras funções importantes no organismo. A cisteína, por exemplo, tem grande participação na ativação do sistema imune dos animais, mas ainda assim sua deficiência exerce limitação do desenvolvimento muscular quando relacionada a outro aminoácido sulfurado, a metionina (MALMEZAT et al, 1998).

Uma relação ideal de aminoácidos deve, portanto, atender ao máximo as demandas do animal, seja para o ganho de peso ou para outros fatores. Deve-se levar em conta que as funções biológicas, como a ativação do sistema imune (OBLED, 2004) e o estresse calórico (REZENDE et al., 2006) tendem a alterar as exigências de aminoácidos, o que requer um cuidado especial quando se busca trabalhar com o conceito de proteína ideal.

Os inúmeros fatores que influenciam a adequação de uma concentração ideal dos principais aminoácidos incluem a genética animal, o tipo de alimentação, o ambiente, a forma de manejo, as condições sanitárias e a digestibilidade dos nutrientes. Todos esses aspectos podem agir decisivamente sobre a digestibilidade, disponibilidade de aminoácidos e, por consequência, deposição proteica, alterando as exigências dos animais.

2.1.5 Os Mecanismos de Digestão e Transformação Proteica dos Suínos

O estômago funciona como um reservatório apresentando um volume médio de 8 litros. Seu funcionamento é cíclico, com o esvaziamento

iniciando após 15 minutos da primeira deglutição e variando em força e frequência com ondas de esvaziamento, conforme a natureza do alimento e a distensão do estômago e do duodeno. Este movimento do estômago é contínuo e segue por horas, de acordo com as características físico-químicas da ingesta. Isso faz com que o esvaziamento entre duas alimentações nunca seja total. Para a proteína alimentar, o estômago exerce importante papel em sua digestão, a partir da ação do suco gástrico, formado por ácido clorídrico e enzimas digestivas (CALLÉN, 1997).

O ácido clorídrico compõe a formação do bolo alimentar, solubiliza os alimentos, sobretudo os minerais, e mantém o pH do estômago baixo, promovendo a ativação da principal enzima proteolítica estomacal, a pepsina, a partir da ativação dos pepsinogênios. A pepsina tem uma ação proteolítica elevada em suínos de crescimento e terminação, degradando as proteínas em moléculas menores, o que permite uma digestão proteica mais eficiente no intestino delgado (CALLÉN, 1997).

No intestino, o alimento proveniente do estômago chega com o dobro do volume ingerido pelo animal. Esse alimento pré-digerido sofre a ação do suco intestinal, suco pancreático e biliar, que iniciam sua ação digestória no duodeno. O suco pancreático é o mais importante para a proteólise, pois, possui enzimas responsáveis pela degradação dos polipeptídeos e oligopeptídeos em mono, dipeptídeos e aminoácidos livres (PAULINO; PINHEIRO, 2006). As principais enzimas envolvidas são a tripsina, quimiotripsina, elastase e carboxipeptidases (A e B) (CUNNINGHAM, 1999). Após a degradação pelo suco pancreático, esses produtos sofrem a ação de outras carboxipeptidases (C e D) e de aminopeptidases, convertendo-os em aminoácidos livres, que são absorvidos nas vilosidades do intestino delgado através dos capilares sanguíneos (via sanguínea). Algumas proteínas podem também ser absorvidas pelos capilares linfáticos (via linfática) (ZARDO; LIMA, 1999).

A absorção de aminoácidos é influenciada pela sua estereoespecificidade. Ou seja, os L-isômeros (levógiros), de maneira geral, são absorvidos em níveis muito maiores do que os D-isômeros (dextrógiros). Isto porque os L-isômeros conseguem ser transportados contra o gradiente de concentração, diferente do que ocorre com os D-isômeros. Por isso, estes devem ser transformados em levógiros para que sejam absorvidos. Entretanto, essa conversão não é possível para todos os aminoácidos. Portanto, há também a biodisponibilidade

dos aminoácidos “D” somente para aqueles capazes de se converterem em “L”, reduzindo ou impedindo a biodisponibilidade dos aminoácidos “D” não convertidos (BAKER, 1994).

A absorção dos aminoácidos está baseada no transporte ativo, ou seja, é sódio-dependente. O processo de absorção é determinado por sua natureza química neutra, ácida ou básica. Os aminoácidos neutros (alanina, valina, serina, metionina, leucina, isoleucina, triptofano, treonina e tirosina) são transportados por carreadores específicos para glicina, para metionina, para os alifáticos e outro para os demais aminoácidos. Eles são transportados de forma mais rápida em relação aos ácidos (ácido glutâmico, ácido aspártico), mas menos eficientes do que os básicos (lisina e arginina) para o interior dos enterócitos. Outro aspecto determinante da absorção de aminoácidos é a natureza essencial (não produzidos pelo organismo) ou não essencial, que também altera o mecanismo de absorção desses nutrientes (CUNNINGHAM, 1999).

Os aminoácidos livres no líquido extracelular possuem concentrações menores do que no líquido intracelular. Essa diferença de gradiente é mantida pelo próprio transporte ativo que conduz os aminoácidos para dentro da célula. Além desse gradiente, a capacidade de absorção celular dos aminoácidos depende da disponibilidade dos transportadores, da afinidade dos transportadores com o substrato e das interações entre os diferentes aminoácidos, pois, aminoácidos semelhantes podem competir pelo mesmo sítio de absorção (CUNNINGHAM, 1999).

Essa competição torna ainda mais importante o balanceamento correto dos aminoácidos, pois, com algum aminoácido em excesso, tem-se alterações no gradiente extra e intracelular e competições por sítios de ligação que podem prejudicar os resultados esperados (PENZ JÚNIOR, 1990).

Uma das maneiras de tornar a absorção desses nutrientes mais rápida é o fornecimento de aminoácidos sintéticos, produzidos industrialmente, que são melhor absorvidos pelos animais. Entretanto, essa rápida absorção gera dúvidas sobre a real disponibilidade deste nutriente para o desenvolvimento animal. Parece haver um limite para a substituição da proteína oriunda do alimento por aminoácidos sintéticos, e isto estaria relacionado a maior velocidade de absorção destes aminoácidos, resultando em um descompasso entre a quantidade disponível para a síntese e a velocidade da mesma (PENZ JÚNIOR, 1990). Além disso, a biodisponibilidade destes também estaria relacionada com a frequência de

alimentação dos animais, admitindo-se que uma baixa frequência alimentar levaria a um menor aproveitamento desse tipo de nutriente.

Outro aspecto da digestão dos suínos envolve outro compartimento intestinal, o intestino grosso e principalmente o ceco, onde ocorre a digestão fermentativa. Nele, as enzimas responsáveis pela digestão dos produtos da alimentação são provenientes dos microrganismos da flora local e das enzimas que acompanham a digesta proveniente do íleo (LOVATTO, 2002; PAULINO; PINHEIRO, 2006) e servem de substrato para a produção de compostos energéticos e proteínas bacterianas a partir da ação fermentativa destes microrganismos (GABBI, 2010). Em relação à proteína produzida, o suíno não consegue utilizá-lo de maneira eficiente, pois, esse componente não sofre a ação degradativa e catalisadora das enzimas proteolíticas do estômago e intestino, coibindo a obtenção e consequente absorção dos aminoácidos livres pelo intestino (BERGEN; WU, 2009).

2.1.6 Absorção de Aminoácidos e o Desenvolvimento Muscular

Uma vez absorvidos, os aminoácidos passam para a corrente sanguínea e vão servir de substrato para a síntese de proteínas endógenas. O perfil dos aminoácidos na veia porta é diferente daquele oriundo da dieta do animal, o que indica que há transformações dos aminoácidos durante o processo de absorção. O glutamato e o aspartato, por exemplo, são removidos pelas células do epitélio intestinal durante a absorção, fazendo com que esses aminoácidos praticamente não estejam presentes no sistema porta hepático. Entretanto, o nitrogênio proveniente destes aminoácidos serve de substrato para a formação de alanina, o que faz com que esse aminoácido esteja em grande quantidade no sangue pós-absorção (CUNNINGHAM, 1999).

Todos os nutrientes que deixam o intestino e passam para o sangue, atingem o fígado através do sistema porta hepático, antes da circulação sistêmica. Grande parte dos aminoácidos encontrados nessa circulação é retida no fígado e não atinge a circulação sistêmica. Essa posição de sentinela dos aminoácidos absorvidos favorece a síntese proteica. A quantidade percentual de aminoácidos utilizados na dieta que vai efetivamente formar proteínas endógenas varia conforme a ingestão proteica. Grande parte da proteína dietética é metabolizada no fígado

para transformar aminoácidos em carboidratos pelo processo de deaminação. A insulina e o glucagon, assim como no caso dos carboidratos, são responsáveis por esse controle, havendo estímulo de produção de insulina e glucagon para a absorção elevada de aminoácidos, o que faz com que dietas ricas em proteínas aumentem essa taxa de transformação de aminoácidos em carboidratos no fígado (CUNNINGHAM, 1999).

Os aminoácidos que passam para a síntese proteica não são destruídos no fígado, e são seletivamente distribuídos para a circulação sistêmica. Os aminoácidos essenciais passam com mais facilidade para a circulação sistêmica que os aminoácidos não essenciais, mas, os tecidos produtores de proteínas são capazes de sintetizar esses aminoácidos a partir dos anteriores, não comprometendo a taxa de síntese proteica nesse tecido.

Devido a esses fatores, a taxa de absorção e degradação hepática dos aminoácidos está sujeita, sobretudo, às necessidades proteicas do animal e aos níveis de proteína da dieta.

A dinâmica de anabolismo e catabolismo proteico do músculo esquelético gera um constante fluxo de deposição de aminoácidos nesse tecido, levando a um armazenamento destes para a síntese proteica. Ao mesmo tempo, é relativamente constante a degradação proteica desse tecido, fornecendo aminoácidos para esse armazenamento. Quando ocorre a absorção de aminoácidos oriundos da dieta, a taxa de síntese supera a taxa de degradação, levando a um aumento líquido na quantidade de proteína muscular, e, conseqüente, desenvolvimento. A síntese proteica é favorecida pela ação hormonal, sobretudo da insulina, responsável pelo estímulo da captação de aminoácidos pelo músculo esquelético e sobre o depósito de glicogênio nesse tecido (CUNNINGHAM, 1999).

A ideia de se fornecer exatamente a quantidade ótima de aminoácidos necessários para o máximo desenvolvimento muscular animal, que estabelece a base para o conceito de proteína ideal, vai de encontro ao propósito de se evitar perdas metabólicas pelo excesso de nutrientes, reduzindo a taxa de degradação hepática de aminoácidos não utilizados e, conseqüentemente, requerendo um menor gasto energético para a excreção do nitrogênio não utilizado (FRAGA, 2002). Para isso, é preciso que se conheçam bem as necessidades de cada categoria e fase animal e sua relação com tudo que possa alterar a exigência dos principais aminoácidos utilizados para a deposição muscular.

2.1.7 Lisina: A Base para a Formulação de Rações para Suínos

A principal função deste aminoácido para os animais é a deposição proteica devido à sua constância na proteína corporal e sua destinação metabólica preferencial para a deposição de tecido magro. Isto faz deste nutriente um dos mais importantes para a deposição de carne magra na carcaça de suínos em crescimento e terminação (KESSLER, 1998).

A lisina também é o primeiro e mais importante aminoácido limitante na ração para suínos à base de milho e farelo de soja (YEN; COLE; LEWIS, 1986), o que faz deste o aminoácido-referência para o cálculo dos demais aminoácidos essenciais (SANTOS, 2008).

As tabelas de referência utilizadas para a formulação de rações para suínos mais utilizadas atualmente no país, são a do National Research Council (NRC, 1998) e a TabelaS Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011). Estas tabelas apresentam as exigências de lisina para as fases de crescimento e terminação, baseadas em animais de alto potencial genético, com temperatura e ambiente controlados para o mínimo de estresse térmico e individual, ou seja, são tabelas formuladas a partir de condições normais. Os valores estão expressos a seguir:

Existem muitos trabalhos nacionais e internacionais utilizados para determinar a exigência de lisina para suínos sob as mais variadas condições de estresse e temperatura, assim como para a utilização de outros aditivos na ração que venham a comprometer a exigência de lisina para estes animais (FONTES et al., 2005; PENA et al., 2008). Admite-se que a melhoria genética constante dos animais também influencia a exigência deste aminoácido, obrigando uma adequação também constante destas exigências para uma ideal formulação de ração, encontrando níveis ótimos distintos dos mencionados nas tabelas de referência para desempenho e deposição de carne magra na carcaça (FONTES et al., 2005; ABREU et al., 2007; SANTOS, 2008).

É referido também que a melhor forma de se calcular a exigência de lisina para determinada categoria animal é a partir da lisina digestível, ao invés do aminoácido total contido na ração, isto porque a porção digestível do aminoácido fornece um melhor parâmetro para a deposição de carne magra e para o genótipo do animal (OLIVEIRA, 2001).

Outro aspecto de extrema importância para determinação das exigências de lisina digestível para uma dieta animal é a sua relação com a energia metabolizável do alimento. O máximo consumo energético para um desenvolvimento muscular ótimo implica em níveis adequados desse aminoácido. Para tanto, os níveis de lisina, assim como de outros aminoácidos, são sempre relativos à energia fornecida pela dieta e que deve sempre atender o requerimento do animal (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2011). Vários fatores alteram esse requerimento energético animal, como o sexo, a temperatura, a genética, o estresse, fazendo com que essa demanda energética seja maior ou menor para o mesmo desempenho ideal, o que altera também o requerimento aminoacídico, sobretudo da lisina (MAIN et al., 2008).

Calcular a exigência de lisina como único aminoácido limitante na ração de suínos em crescimento e terminação pode levar a deficiências em outros aminoácidos essenciais (FONTES; DONZELE; FERREIRA, 2000; ABREU et al, 2007). A falta de suplementação dos demais aminoácidos essenciais, mesmo com as necessidades de lisina sendo supridas, pode ser importante fonte de variação para o desempenho animal, pois, esta ração não estaria de acordo com o conceito de proteína ideal, não fornecendo, portanto, todos os aminoácidos necessários ao ótimo desempenho do animal (VAN LUNEN; COLE, 1996).

Além da lisina, é necessário que uma dieta com balanceamento ideal de aminoácidos, tenha também outros aminoácidos essenciais nas proporções adequadas. Assim como a lisina, que possui um similar sintético para alimentação animal, a metionina, a treonina e o triptofano também possuem análogos, que podem ser utilizados em formulações de ração, permitindo a redução do teor de proteína bruta sem comprometer o suprimento de todos os aminoácidos essenciais (SANTOS, 2008).

2.1.8 Metionina: O “Primer” da Biossíntese do Desenvolvimento dos Suínos

A metionina é o segundo aminoácido limitante em dietas à base de milho e farelo de soja para suínos em crescimento e terminação (SHARDA; MAHAN; WILSON, 1976). Este aminoácido sulfurado funciona como doador de radicais metil para a biossíntese de carnitina, creatina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina,

componentes corporais fundamentais para o desenvolvimento padrão dos animais, quando na forma de S-adenosilmetionina (KIEFER et al., 2005; SANTOS, 2008).

Além da função descrita anteriormente, a metionina também participa da formação de outro aminoácido, a cistina, a partir de uma reação irreversível da catálise de metionina em cistina. Esse aminoácido, por sua vez, remove o excesso de metionina e supre o organismo com cistina. Isto é importante, pois, os suínos são sensíveis ao excesso de metionina na ração (EDMONDS et al., 1987). A cistina também participa da síntese de proteínas importantes para o metabolismo animal (KIEFER et al., 2005).

Como a metionina tem uma relação estrita com o nível de cistina na ração, uma formulação ideal deve levar em conta essa relação entre aminoácidos sulfurados (metionina + cistina). É sabido também que os aminoácidos sulfurados não têm relação com a deposição de carne magra na carcaça, como ocorre com a lisina, mas com a manutenção e o equilíbrio dinâmico do animal. A utilização de aditivos na ração que alterem a exigência de determinados aminoácidos, como a ractopamina, podem, indiretamente, afetar a manutenção animal e, assim, alterar a exigência também desses aminoácidos (PENA et al., 2008).

2.1.9 Treonina: o Aminoácido das Várias Funções no Organismo

A treonina é outro aminoácido essencial para suínos alimentados à base de milho e farelo de soja (DE BLASS; GARCIA; CARABAÑO., 2004). É responsável por integrar proteínas do sistema imune, formar a estrutura de imunoglobulinas, do sistema gastrintestinal, a partir da mucina, e participa também da síntese proteica muscular. Devido a esses papéis no organismo, sua exigência em relação à lisina e ao consumo do animal aumenta com a idade e o peso do animal (PEDERSEN; BOISEN; FERNANDEZ, 2002).

A treonina também está relacionada com a lisina para deposição de carne magra. Relações estimadas em 75% de treonina digestível em relação à lisina digestível têm sido referenciadas como relações ideais para deposição de carne magra (RODRIGUES et al., 2001; FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2004). Por seu importante papel na formação das imunoglobulinas, a treonina também está relacionada à produção de suínos mais saudáveis (RODRIGUES et al., 2001).

2.1.10 Benefícios da Proteína Ideal: da Economia do Produtor à Redução de Problemas Ambientais

Conhecendo a importância destes principais aminoácidos na alimentação de suínos em crescimento e terminação, pode-se ter uma base para entender quais os benefícios que essa relação ideal de aminoácidos pode trazer para o desenvolvimento da atividade suinícola, no que se refere ao desempenho animal, à qualidade do produto, aos aspectos econômicos e à questão ambiental.

Para o desempenho, a energia necessária para a excreção do excesso de nitrogênio endógeno de uma dieta desbalanceada pode afetar o desempenho animal de forma negativa, mobilizando um montante de energia para a excreção de um nutriente colocado em excesso na alimentação (FRAGA, 2002; OLIVEIRA, 2002a). A lisina, por exemplo, que é o aminoácido fundamental para a síntese e deposição de proteína muscular, quando em excesso, tende a ser também metabolizada pelo fígado e essa metabolização de aminoácidos excedentes também afeta o balanço energia-nutrientes ideal para o desenvolvimento. Além disso, tanto a deficiência dos principais aminoácidos, quanto o excesso, exercem importante influência sobre o consumo voluntário dos animais, devido à procura destes por uma dieta ótima de nutrientes requeridos quando são submetidos a livre escolha de dietas pobres, ricas ou ideais em nutrientes e, também, devido à desaminação destes aminoácidos não utilizados pelo organismo. A deficiência de algum aminoácido essencial também afeta o consumo pelo acúmulo dos demais aminoácidos na corrente sanguínea, levando a uma depressão na ingestão alimentar e alterando o desempenho dos animais (FORBES, 2010).

A utilização do conceito de proteína ideal em dietas para suínos em crescimento e terminação tem demonstrado benefícios na melhora do ganho de peso e conversão alimentar (OLIVEIRA et al., 2003a; AROUCA et al., 2004). Entretanto, a resposta de desempenho quando se utiliza este tipo de formulação ainda é bastante variada para as fases de engorda, com respostas distintas para as fases de crescimento e terminação, e alguns trabalhos demonstrando que não há diferença entre essa suplementação e dietas bases com elevado teor de proteína bruta (OLIVEIRA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002b ; TRINDADE NETO et al., 2009). Esses resultados corroboram a ideia de que a redução dos níveis de proteína bruta em uma dieta, quando suplementadas com aminoácidos essenciais em

quantidade adequada, não tem efeito significativo sobre o desempenho dos animais, permitindo que se utilizem outros benefícios da aplicabilidade deste conceito sem prejuízos zootécnicos e cabendo a decisão da melhor estratégia nutricional a cargo de outros aspectos, como a eficiência econômica de cada dieta (TRINDADE NETO et al., 2009).

A deposição de carne magra na carcaça, assim como de lipídios também vem sendo alvo de estudos quando se utiliza o conceito de proteína ideal na formulação de rações. A lisina, como já mencionada, é o principal aminoácido ligado à deposição de carne magra na carcaça. Entretanto, recentes trabalhos avaliando os parâmetros de carcaça de suínos submetidos a diferentes níveis de lisina na dieta demonstraram que essa heterogenicidade parece não exercer influência nesses parâmetros (UNRUH et al., 1996; LOUGHMILLER et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2003, AROUCA et al., 2004). Já, a espessura de toucinho, em alguns trabalhos com diferentes níveis de lisina, apresenta redução associada ao aumento da suplementação deste aminoácido, o que é explicado pela utilização deste nutriente de forma ótima para a deposição de proteína muscular, reduzindo a metabolização hepática e a transformação do excesso de aminoácidos (FRIESEN et al., 1994; 1996). O conceito de proteína ideal, que está diretamente associado à diminuição do teor de proteína bruta na dieta, também pode favorecer a diminuição da deposição de carne magra na carcaça, justamente por diminuir a ação hepática de metabolização de aminoácidos, favorecer a lipogênese desse órgão e reduzir as perdas energéticas oriundas da produção e eliminação da ureia plasmática, fazendo com que, ao invés de uma redução na deposição de gordura, haja um aumento de formação desse tecido, o que pode influenciar negativamente algumas características de carcaça, como área de olho-de-lombo, espessura de toucinho e percentual de carne magra na carcaça (BRUMANO; GATTAS, 2009).

Talvez um dos aspectos mais relevantes da utilização do conceito de proteína ideal para suínos nas fases de engorda seja a diminuição do potencial poluente de seus dejetos. Uma dieta com melhor aproveitamento dos nutrientes ingeridos leva a uma menor excreção fecal de vários elementos, entre eles, o nitrogênio e o fósforo (OLIVEIRA, 2002a). A redução a cada 1% do nível de proteína dietética, implica em um decréscimo de 8% no nitrogênio excretado nas fezes (FIGUEROA et al., 2002). Esse balanço ideal de nutrientes também é responsável pela redução do consumo de água pelos animais e, conseqüentemente, menor

produção de dejetos líquidos, que podem chegar a reduções de 0,5 L/animal/dia no consumo de água e a 0,41 L/animal/dia na produção de dejetos líquidos (PALHARES et al., 2009).

O aspecto econômico da utilização de uma dieta balanceada de nutrientes é uma questão altamente relacionada com o preço das *commodities* bases para a alimentação dos suínos, o milho e o farelo de soja. Um decréscimo do nível de proteína total na ração em favor do balanceamento de aminoácidos essenciais leva, impreterivelmente, a uma redução do farelo de soja nesta formulação. O que vai determinar qual é a estratégia mais vantajosa para um melhor custo benefício de produção é a relação de preços deste ingrediente com seu substituto, no caso os aminoácidos sintéticos e o milho (TRINDADE NETO et al., 2009).

Para melhorar o aspecto zootécnico, de carcaça, de qualidade de carne e econômico da utilização do conceito de proteína ideal, tem-se utilizado estratégias que aliam esse conceito a aditivos modificadores do metabolismo animal. A ractopamina e o cromo quelatado são exemplos de aditivos que buscam incorporar benefícios à alimentação de animais de engorda. A ractopamina, por exemplo, é incorporada à alimentação 21 ou 28 dias antes do abate do animal e sua utilização implica na alteração do requerimento dos aminoácidos essenciais, pois, o decréscimo normal que ocorre com a exigência de aminoácidos essenciais na fase final de terminação parece ser insuficiente para atender o aporte proteico proporcionado pela inclusão de ractopamina na dieta (SCHINCKEL et al., 2000, 2003; APPLE et al., 2004). Para entender a ação de cada promotor utilizado neste trabalho sobre a exigência de aminoácidos essenciais, é preciso compreender como agem esses produtos na nutrição animal.

2.2 RACTOPAMINA

2.2.1 Conceito

A ractopamina é uma droga de ampla utilização na suinocultura moderna. Tem resultados comprovados de melhora no desempenho, ganho de peso e conversão alimentar dos animais. É usada em países como Estados Unidos, China e Brasil, mas sofre proibições na União Europeia, Chile, Japão (FDA, 2000). Por exercer ação mimética às catecolaminas, essa substância suscita discussão acerca de sua classe química.

Pertencente à família das fenetanolaminas, a molécula de ractopamina apresenta dois carbonos quirais em sua estrutura química, formando quatro estereoisômeros: RR, RS, SR, e SS. Essa substância exerce papel de agonista beta-adrenérgico no organismo animal, caracterizando sua ação como repartidores de nutrientes, provocando alterações no metabolismo animal para um aumento de massa muscular e redução da deposição de gordura na carcaça. Além da ractopamina, outros agonistas beta-adrenérgicos incluem salbutamol, terbutalina, cimaterol e isoproterenol, entretanto, a ractopamina é o mais utilizado e estudado na produção animal por seus efeitos comprovados e ausência de efeitos colaterais ou resíduos na carcaça (AGOSTINI et al., 2011).

2.2.2 Catecolaminas e Simpatomiméticos: Semelhantes ou Iguais?

Os agonistas beta-adrenérgicos são conhecidos como catecolaminas sintéticas, pois, possuem efeitos semelhantes às principais catecolaminas naturais, adrenalina e noradrenalina (BELLAVAR et al., 1991). A ação das catecolaminas naturais incluem sua atividade sobre receptores α e β no organismo, com ações distintas para estes receptores, ativando o sistema nervoso simpático (SNAs) de diferentes maneiras.

Agentes que facilitam a ação do SNAs são denominados simpatomiméticos ou agonistas adrenérgicos, e sua ação pode ser classificada em sete tipos principais: 1 – ação excitatória periférica do músculo liso, vasos sanguíneos, rins, mucosa, glândulas salivares e sudoríparas. 2 – Ação inibitória periférica da musculatura lisa intestinal, árvore brônquica e vasos sanguíneos que

suprem a musculatura esquelética. 3 – ação excitatória cardíaca, com aumento da frequência cardíaca e força de contração. 4 – ação metabólica com aumento da glicogenólise no fígado e músculo e liberação de ácidos graxos livres do tecido adiposo. 5 – ação endócrina com regulação hormonal (principalmente insulina). 6 – ação sobre o Sistema Nervoso Central, com estímulo respiratório. 7 – liberação ou inibição de neurotransmissores pré-sinápticos (HOFFMAN; LEFKOWITZ, 1996).

Existem duas classes de substâncias simpatomiméticas, os de ação direta, que atuam diretamente nos receptores adrenérgicos e os de ação indireta, que atuam na liberação de noradrenalina.

Essas substâncias podem ser reagrupadas ainda em catecolaminérgicos e não catecolaminérgicos, sendo os primeiros caracterizados pela presença de um grupo catecol específico (núcleo 3,4 hidrozibenzendo) em sua molécula. Compreendem esse grupo a noradrenalina, adrenalina, dopamina e isoproterenol e que, devido ao anel catecol apresentam máximo potencial sobre os receptores α e β . Os não catecolaminérgicos, por sua vez, apresentam ação seletiva e potencial inferior sobre os receptores adrenérgicos do organismo. Esse grupo inclui diversas substâncias sintéticas, como a metoxamina, xilazina, romifidina (atuam sobre receptores α), salbutamol, terbutalina, clenbuterol e ractopamina (receptores β) (VITAL & ACCO, 2006).

A ação destes compostos não catecolaminérgicos incluem ainda diferentes predileções pelos diferentes tipos de receptores β . Hoje, tem-se o conhecimento de 4 tipos de receptores, sendo os receptores β_1 e β_2 os mais estudados. A ractopamina e o clenbuterol são agonistas β adrenérgicos de eleição para a produção animal e a ação estimulatória destes receptores incluem musculatura esquelética, tecido adiposo, musculatura lisa uterina e vascular e brônquios. A ractopamina, no entanto, diferente do clenbuterol que tem atividade seletiva para receptores β_2 , também tem ação sobre os receptores β_1 em importância similar ao estímulo sobre os receptores β_2 (PALERMO NETO, 2006).

Também há diferença em relação à metabolização das catecolaminas naturais e dos agentes agonistas sintéticos utilizados na nutrição animal. Enquanto aquelas sofrem ortometilação fenólica do anel aromático pela enzima catecol – O – metiltransferase (COMT), que aumentam sua duração no organismo, os agonistas sintéticos passam por reações de conjugação, formando derivados ortometilados, glicuronilconjugados e sulfuconjugados, que originam

moléculas mais polares que são desprovidas de atividades farmacológicas e mais facilmente eliminadas pelo organismo (PALERMO NETO, 2006).

Devido à estrutura química diferenciada em relação aos hormônios naturais, a ação seletiva sobre determinados receptores e a metabolização diferenciada, pode-se concluir que existem diferenças preponderantes entre os hormônios naturais e as substâncias agonistas adrenérgicas utilizadas na produção animal que fazem com que o conceito de hormônios não se aplique a estas.

2.2.3 Metabolismo e Mecanismos de Ação da Ractopamina

A ractopamina, quando administrada por via oral, tem grande absorção pelo duodeno, jejuno e íleo devido ao pH de natureza mais neutra que promove uma redução da ionização desses compostos. Na circulação sanguínea, não se liga a proteínas plasmáticas, sendo sua vida média de 5 horas e sua concentração, assim como para outros agonistas, envolvem maior concentração no fígado, rins e pulmões. Sua metabolização se dá pelo fígado, havendo liberação de três metabólitos que são excretados na urina e fezes, mas, em especial, pela primeira e os níveis residuais dessa droga no organismo animal é insignificante, podendo esta ser interrompida até doze horas antes do abate, sem deixar resíduos na carne de suínos (FAO, 1993).

A principal ação desta substância no organismo como modificadora do metabolismo é a sua capacidade repartidora de nutrientes, promovendo um anabolismo proteico muscular em detrimento da deposição de gordura na carcaça. O mecanismo mais aceito da ação da ractopamina envolve processos que ocorrem no interior da membrana celular após a estimulação dos receptores β . Forma-se um complexo agonista-receptor que fixa sobre uma proteína de ligação (GDP), ativando esta e induzindo uma modificação na fluidez da membrana, permitindo seu deslocamento lateral e levando a uma ação catalítica da enzima adenilciclase (Ac). Essa ação promove a liberação, a partir do ATP, da formação de um segundo mensageiro (AMPC) que conduz a fosforilação de enzimas com capacidade de estimular enzimas catabólicas para lipídios (triacil-glicerol-lipase) e trocas iônicas (principalmente de Ca^{2+} e K^{+}) que levam ao relaxamento muscular (RAMOS; SILVEIRA, 2002).

O que determina essa resposta celular é a seletividade da ractopamina pelos β receptores presentes no tecido, em tipo e quantidade. É referido que, apesar do potencial e da magnitude da resposta adrenérgica ser inferior para esse tipo de agonista em relação às catecolaminas naturais, a ractopamina apresenta talvez até maior afinidade pelos receptores do que aquelas e, essa substância em especial, apresenta uma estrutura atômica (4 isômeros) que favorece isso, sendo que há diferença também de resposta entre estes isômeros, demonstrando que o isômero RR é o melhor para as respostas de repartição de nutrientes pretendidas na nutrição animal (PALERMO NETO, 2006).

Outro mecanismo de ação relacionado com o uso da ractopamina envolve seus efeitos sobre a secreção de insulina, levando a uma hiperinsulinemia e, conseqüentemente, aumento da tolerância do organismo a esse hormônio e conduzindo a uma redução da ligação da insulina aos seus receptores nos adipócitos (PALERMO NETO, 2006). Ao antagonizar a ação da insulina nesses receptores, há diminuição da síntese e deposição de gordura nos suínos, particularmente no tecido subcutâneo e intermuscular (LIU; MILLS, 1990). No entanto, esse efeito não promove diminuição no número total de adipócitos, apenas do tamanho destas células (PALERMO NETO, 2006).

Há ainda o efeito deste agonista sobre a lipogênese animal, reduzindo a mesma. Ao potencializar a entrada de aminoácidos para o interior da célula muscular e permitir uma maior taxa de anabolismo proteico, tem-se uma maior demanda energética, o que mobiliza a glicose excedente, que iria para a formação do tecido lipídico, para a produção de proteínas musculares (AALHUS et al., 1992).

Para o metabolismo proteico, a ação da ractopamina promove hipertrofia do tecido muscular esquelético. Essa ação se dá por estímulo anabólico proteico e também por redução de seu catabolismo. Há aumento na retenção de aminoácidos pela membrana plasmática graças a formação do complexo agonista-receptor (ADEOLA; BALL; YOUNG, 1992), potencializando a síntese proteica. Isso faz com que ocorra um aumento no diâmetro das fibras musculares, sobretudo, pela diminuição do catabolismo nas fibras tipo I e anabolismo nas fibras tipo II (AALHUS et al., 1992; PALERMO-NETO, 2006). Além disso, ocorre maior expressão gênica das miofibrilas que determina aumento na síntese proteica muscular (ROSSI, 2010).

O metabolismo lipídico, atribuído ao uso da ractopamina, inclui a diminuição da lipogênese e o aumento da lipólise tecidual, evidenciando a

característica primordial da ação dos agonistas β adrenérgicos, que é a diminuição da gordura corporal. Em relação aos efeitos desta substância sobre o metabolismo glicídico, acredita-se que seus efeitos incluam o aumento do lactato sérico, o que pode indicar ocorrência de glicogenólise muscular (PALERMO NETO, 2006).

Para compreender como os efeitos pronunciados da ractopamina ocorrem sobre os tecidos muscular e adiposo de suínos, faz-se necessário entender a estrutura e fisiologia desses tecidos.

2.2.4 Músculo Esquelético e Tecido Adiposo: os Principais Alvos da Ação da Ractopamina

O tecido muscular esquelético é produzido a partir dos mecanismos de hiperplasia e hipertrofia das fibras musculares. A hiperplasia só ocorre na fase fetal do animal, quando há uma produção finita do número total de fibras de um determinado músculo em um processo chamado miogênese. Durante a miogênese, há produção de dois tipos de fibras musculares, as fibras primárias, dos 35 aos 60 dias de gestação, e as secundárias, dos 54 aos 90 dias de gestação. Também há produção de células satélites, pequenos núcleos celulares que funcionam como DNA auxiliar para o crescimento muscular (WIGMORE & STICKLAND, 1983).

Essas fibras oriundas do período pré-natal dos animais dão origem às fibras musculares que compõe o tecido muscular e, conseqüentemente, a carne de um suíno. As fibras primárias formam as células oxidativas de contração lenta, chamadas fibras vermelhas ou tipo I, enquanto as fibras secundárias originam as células de contração rápida, chamadas fibras brancas ou tipo II. Estes dois tipos de fibras variam quanto à atividade da enzima ATPase na miosina e à velocidade de contração muscular. Existe ainda um tipo de fibra intermediária entre estas duas fibras chamada de tipo II B ou oxidativas glicolíticas, que são também de contração rápida (CUNNINGHAM, 1999).

Essa diferença nas fibras musculares que compõe o tecido muscular sofre influência de diversos fatores, como genética, gênero, maturidade, nutrição e manejo dos animais. A busca pela deposição de carne magra na carcaça e aumento do tecido muscular dos animais tem levado a uma maior predileção por genéticas que apresentem uma maior concentração de fibras musculares do tipo II. Para a

ação da ractopamina sobre estes diferentes tipos de fibras musculares, tem-se uma ação predominante sobre as fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992).

O tecido muscular de um animal adulto cresce apenas em tamanho, cabendo esse crescimento ao *turnover* proteico entre catabolismo e anabolismo. Assim, quando o anabolismo supera o catabolismo proteico ocorre a hipertrofia muscular (GONZALEZ; SILVA, 2006).

Essa síntese proteica ocorre no citosol da célula e requer a participação de ribossomos, aminoácidos, ATP, nucleotídeo guanosina trifosfato (GTP) e várias enzimas que envolvem a tradução da proteína por essa organela. A ação da ractopamina favorece esse *turnover*, pois, como já foi mencionado, altera a permeabilidade da membrana plasmática e potencializa a entrada de íons e de aminoácidos para o interior da célula, além de estar envolvida com a ativação e ação de algumas dessas enzimas que participam da hipertrofia celular.

O tecido adiposo, por sua vez, é um tecido conjuntivo especial responsável por armazenar energia sob a forma de triglicérides (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). A unidade celular deste tecido é o adipócito, e tem a característica de apresentar pouco citoplasma e armazenar triglicérides de duas maneiras distintas, o que confere a este tecido duas denominações: tecido adiposo branco e marrom. O primeiro é o preponderante no organismo dos animais domésticos e se caracteriza por ser formado por adipócitos grandes, que alteram seu tamanho dependendo da quantidade de triglicérides em seu interior e sua constituição de acordo com o amadurecimento do tecido, com muitas gotas de gordura no citoplasma quando jovem e uma única gota gigante quando maduro. O segundo é encontrado apenas em animais de grandes reservas lipídicas, necessárias para sobreviver ao frio e a longos períodos quiescentes ou hibernantes, e também em fetos recém-nascidos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

A formação deste tecido, ou adipogênese, inicia-se antes do nascimento do animal (FONSECA-ALANIZ et al., 2006). Após o nascimento, há proliferação do tecido adiposo branco com hiperplasia e, principalmente, hipertrofia tecidual. Essa capacidade hiperplásica permite que os adipócitos cresçam tanto em volume como em número durante toda a vida do animal, apresentando comportamento ímpar em relação ao tecido muscular (GREGOIRE, 2001).

A deposição de gordura ocorre principalmente a partir da deposição de ácidos graxos (AG) que, por uma reação de esterificação com uma molécula de

glicerol, formam os triglicerídeos. Existem duas formas de deposição no organismo, o depósito direto e a síntese endógena e a deposição final de lipídios, compreendendo um balanço entre estas duas formas (MOUROT et al., 1996). Para o depósito direto, tem-se estrita a relação entre o balanço energético e o metabolismo animal (WHITEMORE, 1996). Essa deposição é influenciada pela composição alimentar, idade e regime alimentar. A síntese endógena é conhecida como a síntese *de novo* de AG. Isto porque o organismo animal sintetiza AGs a partir do carboidrato alimentar, sobretudo, contido no amido e que, a partir da metabolização de cadeias carbônicas e da formação de moléculas de glicerol, tem-se a formação da rota de fosfogluconato e pentose fosfato desidrogenase, responsáveis pela formação dos AG provenientes da síntese endógena. A glicose tem papel fundamental nesta última forma de deposição, pois, é a precursora desta rota e tem poder redutor e regulador da biogênese desses AGs (PEÑACOBÁ, 2002).

A deposição é feita em três sítios diferentes de acúmulo de gordura no organismo, o tecido adiposo subcutâneo, intermuscular e intramuscular. Em suínos, a deposição ocorre primariamente no tecido subcutâneo, correspondendo a 65% do total da deposição lipídica, tem crescimento acelerado com rápida deposição na carcaça. Já o tecido adiposo intramuscular está intimamente associado à qualidade da carne, sabor e marmoreio, e é o último a se depositar em suínos.

A deposição de gordura é influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Como fatores intrínsecos, têm-se a idade do animal, cuja deposição aumenta com o aumento da idade e quanto maior a deposição de gordura, maior é a lipogênese, com o suíno atingindo o ponto máximo dessa relação, dependendo da raça, de 4 a 6 meses. Outro fator é a influência do sexo, que tem relação com o estado hormonal dos animais, e cujo gradiente de deposição obedece a ordem crescente machos inteiros < fêmeas < machos castrados. A genética também é outro fator intrínseco para a deposição de gordura (PEÑACOBÁ, 2002).

Entre os fatores extrínsecos, destacam-se a alimentação, com os níveis de nutrientes e energia na ração, e também os tipos de alimentos utilizados sendo preponderantes para essa deposição. A utilização da ractopamina se constitui em importante fator extrínseco que altera a deposição de gordura na carcaça, reduzindo a lipogênese e aumentando a lipólise em uma fase (final da terminação) em que, como foi visto, a taxa de lipogênese atinge seu ponto máximo em suínos.

Isto faz com que a ação desta substância seja preponderante para alterar a concentração de gordura na carcaça, principalmente a subcutânea, que, por ser a de maior crescimento e quantidade, é a que mais sofre influência deste produto. Assim, a forma de utilização da ractopamina é importante para sua capacidade de catabolismo lipídico (CARR et al., 2005; CANTARELLI et al., 2009).

2.2.5 Período, Níveis de Inclusão e Toxicidade da Ractopamina

Comercialmente, a ractopamina é uma substância cujo uso é permitido em diversos países, estando sujeita à fiscalização das autoridades regulatórias, como a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) no Brasil. Empresas produtoras e distribuidoras, como a ELANCO, recomendam a utilização deste produto para animais em final de terminação, 28 dias pré-abate e sob uma concentração de 5 a 10 ppm misturados à ração (ELANCO, 1999). Existe grande quantidade de trabalhos e experimentos sobre o uso da ractopamina em animais de terminação, estes referem que a ractopamina pode ser utilizada 21 a 28 dias antes do abate e em quantidades que variam entre 5, 10 e 20 ppm (ALMEIDA et al., 2010; ROSSI, 2010; AGOSTINI et al., 2011).

O período determinado de 28 dias pré-abate está relacionado ao máximo efeito dessa droga no organismo dos suínos. Isto porque, sob ação contínua da ractopamina, o AMPc ativa uma proteína quinase, a beta-adreno-receptor quinase (beta-ARK) que, fosforila o receptor β , torna-o inativo e desfaz o complexo agonista-receptor-enzima (receptor-Gs-adenilato ciclase) (LUNDBERG et al., 1987). Uma vez desfeito, o receptor fica no espaço intracitoplasmático, reduzindo o número de receptores disponíveis na membrana, em um processo conhecido como dessensibilização, cuja causa é a diminuição da resposta à estimulação beta-adrenérgica da ractopamina (SPURLOCK et al., 1998; MILLS, 2002). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode sofrer sequestro, diminuindo o número de receptores celulares (BENOVIC et al., 1988). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada *down-regulation* (BARROS et al., 1999). Tanto os receptores β_1 , como os β_2 -adrenérgicos, podem sofrer os processos de dessensibilização e *down-regulation*, mas são estes últimos que apresentam maior expressão destes processos (MILLS, 2002).

Dessa forma, percebe-se que as vantagens produtivas de seu uso são relativamente curtas, pois, há um pico de ação seguida de um declínio, nos quais as maiores respostas ocorrem durante os primeiros 14 dias de tratamento (WILLIAMS et al., 1994). Quando suínos são alimentados acima do período determinado, pode-se observar resultados de desempenho inferiores em comparação aos suínos não tratados (SCHINCKEL et al., 2002).

Para os níveis de inclusão, tem-se que 5, 10 e 20 ppm de ractopamina apresentam respostas satisfatórias para determinadas características dos animais. Com a dose de 5 ppm, a resposta de ganho de peso pode ser a mesma dos outros níveis de inclusão (SCHINKLE et al., 2002). Entretanto, níveis mais altos de produto, em particular 20 ppm, além dos efeitos de desempenho, tendem a promover uma melhora mais pronunciada nas características de carcaça (ROSSI, 2010; AGOSTINI et al., 2011).

Nas dosagens recomendadas, a ractopamina é uma droga que se mostra segura tanto para o animal como para o consumidor, podendo ser utilizada até doze horas antes do abate dos animais, sem que haja resíduos significativos na carcaça. Quando se utilizam níveis acima dos recomendados (30 a 100 ppm), tem-se até quatro vezes mais resíduos no músculo até as primeiras doze horas pré-abate, mas, nenhum resíduo após um dia de uso. Em outros órgãos, como o fígado e rins, essa proporção pode ser ainda maior com o aumento da dose, entretanto, na gordura, verifica-se quantidade similar de resíduos para os níveis recomendados e superiores (PALERMO NETO, 2006).

A baixa toxicidade da ractopamina deve-se a sua não ligação com as proteínas plasmáticas e à rápida biotransformação pelo fígado com formação de produtos inativos que são excretados em sua maioria (88%) pela urina (SMITH, 1998).

2.2.6 Fatores que Podem Influenciar a Ação da Ractopamina

Além do período e dos níveis de inclusão da ractopamina na dieta, existem outros fatores que podem influenciar a resposta animal a essa droga. Estes incluem idade do animal, interferência do sexo, resposta genética, programa alimentar, níveis de lisina e relação lisina: energia metabolizável do alimento (SCHINCKEL et al., 2000).

a) O peso final do animal parece não influenciar a resposta à ractopamina

No Brasil, o peso ideal de abate varia, em geral, de 90 a 110 kg de peso vivo (PENZ JÚNIOR; VIOLA, 1998), alguns autores atribuem que, para melhores resultados com o uso de ractopamina a 20ppm, e se os suínos forem geneticamente selecionados para produção de carne magra, seu peso ideal de abate atinge um máximo de 114 kg de peso (GU et al., 1991). Entretanto, existem diversos trabalhos que apontam resultados satisfatórios e semelhantes para o uso da ractopamina quando os animais são abatidos com pesos superiores a estes, indicando que o peso final parece não exercer grande influência sobre a ação deste produto, pois, foram obtidas respostas semelhantes com animais de 118 até 133 kg de peso final (CARR et al., 2009; PATIENCE et al., 2009; MORAES; KIEFER; SILVA, 2010).

b) Fêmeas e machos castrados respondem melhor para o desempenho

Em suínos, existe diferença no desempenho entre animais de sexos diferentes durante os períodos de crescimento e, principalmente, de terminação (UNRUH et al., 1996; LA TORRE et al., 2004). São diferenças relacionadas à deposição de carne e gordura na carcaça e à qualidade de carne (UNRUH et al., 1996; ELLIS, 1998; LA TORRE et al., 2004).

Para a ractopamina, experimentos indicam que fêmeas e machos castrados não apresentam diferença no desempenho e ganho de peso quando suplementados com ractopamina, indicando uma resposta similar para esses dois tipos de animais, sobretudo para o ganho de peso e conversão alimentar (UTTARO, 1993; AGOSTINI et al., 2011). Já para os machos imunocastrados, pesquisas apontam redução no ganho de peso em relação a machos castrados e fêmeas, mas melhorias no rendimento e percentual de carne magra na carcaça em relação ao machos castrados (MORAES; KIEFER; SILVA, 2010).

c) Suínos com alto potencial genético apresentam melhor resposta

O potencial genético dos animais apresenta uma relação direta com os efeitos da ractopamina, sendo estes mais pronunciados em suínos de alto valor genético.

Estes animais apresentam maior deposição de carne magra na carcaça e menor taxa de deposição de gordura, quando comparados a genéticas inferiores (BARK et al., 1992). Essa resposta pode estar relacionada com o maior número de fibras musculares nesses animais (AALHUS et al., 1992), por um aumento na concentração do DNA muscular (LUNDSTROM et al., 1983) e um maior número de receptores beta-adrenérgicos (BÖCKLEN et al, 1986).

d) A lisina pode ser um fator limitante para a resposta à ractopamina

Como a ractopamina é um repartidor de nutrientes e promove o anabolismo proteico, há necessidade de que existam aminoácidos em quantidades adequadas para uma deposição proteica ideal por essa droga. A lisina, como principal aminoácido limitante das dietas à base de milho e soja, também é fator limitante para a melhor resposta da ractopamina. Há necessidade de um acréscimo de 30% no consumo de lisina para obtenção dos resultados esperados de desempenho e carcaça (MITCHELL; SOLOMON; STEELE, 1991). Para isso, uma dieta de terminação para animais de alto potencial genético que necessita em torno de 0,67% de lisina, quando acrescida de ractopamina deve ser suplementada em até 0,88% deste aminoácido no total da ração, para que os efeitos sobre as características de carcaça possam ser atingidos (MARINHO et al., 2007). Outros estudos apontam que o aumento da inclusão de lisina em torno de 7% já é suficiente para que se atinjam os resultados esperados (SCHINCKEL et al., 2003). Alguns autores, entretanto, estabelecem que para uma suplementação acima de 10 ppm de ractopamina, a inclusão de lisina deve ser equivalente a 1% no total da dieta para os resultados esperados de desempenho e carcaça (WEBSTER et al., 2003; APPLE et al., 2004).

Para a relação entre este aminoácido e a energia metabolizável, tem-se que as exigências de lisina para a fase de terminação são de 2,1g/Mcal de energia metabolizável. Quando suplementados com ractopamina, os suínos neste

período precisam de 1,024% de lisina e 3,30 Mcal/kg de EM, aumentando essa relação lisina: EM em 1g/Mcal (3,1 g/Mcal) (APPLE et al., 2004).

2.2.7 Ação da Ractopamina Sobre as Características Zootécnicas de Carcaça, Meio Ambiente, Custo, Qualidade de Carne e Fisiologia Animal

O uso da ractopamina permite melhorias na produção de carne suína a partir de sua ação em vários aspectos. O desempenho melhora, assim como as características de carcaça. Há alteração na qualidade de carne, nos parâmetros fisiológicos e sanguíneos do animal, assim como uma relação geralmente positiva de custo-benefício do uso deste produto e uma redução sensível no impacto ambiental dos dejetos.

a) Desempenho: melhoria nos índices zootécnicos

Trabalhos recentes apontam que, geralmente, o ganho de peso e a conversão alimentar de animais tratados com ractopamina tem se mostrado superior aos animais que não recebem estes tratamentos (ALMEIDA et al., 2010; ROSSI, 2010; AGOSTINI et al., 2011). Isto se deve à melhor eficiência na utilização dos nutrientes dietéticos (MARINHO et al., 2007) e para uma maior deposição muscular em detrimento da deposição de gordura, que requer um gasto energético menor (MOSER et al., 1986). A eficiência alimentar também tem uma melhora significativa com o uso da ractopamina, aumentando em 14% a eficiência alimentar observada e em 11% a eficiência alimentar calculada dos animais. Em termos de inclusão da ractopamina, para cada aumento de 1 mg/kg na dieta, pode ser esperado um incremento de 0,002% na eficiência alimentar observada (ANDRETTA et al., 2011).

b) Características de carcaça e qualidade de carne

Como a ractopamina age no anabolismo proteico e na redução da gordura corporal, sobretudo a cutânea, a expectativa para o uso desta substância propõe uma carcaça com mais carne magra, área de lombo e profundidade de músculo, aumento no tamanho da carcaça, no peso final, no rendimento e menos espessura de toucinho, aproximando a carcaça das principais exigências do

mercado nacional. Os trabalhos com ractopamina geralmente trazem melhorias em algumas ou todas essas características, sendo um resultado comum o aumento da massa muscular e redução da adiposidade da carcaça de suínos alimentados com ractopamina (CARR et al., 2005; ALMEIDA et al., 2010; ROSSI, 2010; AGOSTINI et al., 2011).

Para a qualidade de carne, a ractopamina pode reduzir as perdas de água por gotejamento (DRIP), o que favorece o processamento industrial, pois, a maior retenção de água nas carnes evita perdas de vitaminas e minerais importantes (BONAGURIO et al., 2003) e também torna esse produto mais atrativo para o consumidor pela diminuição da água retida nas embalagens do produto (ALMEIDA, 2008).

Em relação ao pH final da carne, estudos recentes não apontam alteração deste parâmetro quando se trabalham com níveis de ractopamina entre 0 a 20 ppm (CARR et al., 2005; BRIDI et al., 2006; ALMEIDA et al., 2010; AGOSTINI et al., 2011). Entretanto, estudos anteriores apontavam uma tendência a resultados mais elevados em suínos tratados com agonistas beta-adrenérgicos, entre eles a ractopamina, e que, devido ao consumo do glicogênio muscular pela ação beta-adrenérgica desse produto, levariam a uma menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate e aumento o pH final da mesma (MOLLER et al., 1992; WOOD; WISEMAN; COLE, 1994).

A cor do músculo também pode sofrer alteração a partir do uso da ractopamina, com redução dos valores a^* e b^* (UTTARO et al., 1993; CARR et al., 2005; ALMEIDA, 2008; AGOSTINI et al., 2011). Entretanto, esses valores podem não ser influenciados pela ação deste produto (ARMSTRONG et al., 2004; BRIDI et al., 2006).

Os valores de L^* geralmente não são influenciados pela ação da ractopamina (BRIDI et al., 2006; ALMEIDA et al., 2010; AGOSTINI et al., 2011). O que pode determinar essa redução na coloração de a^* é a menor presença de oximioglobina muscular (pigmento que dá coloração vermelha à carne) em animais sob ação da ractopamina, promovendo redução dessa coloração vermelha (ALMEIDA, 2008).

Já o b^* indica a tonalidade de azul a amarelo da carne e, de maneira geral, está relacionado com a presença de pigmentos carotenóides que se depositam na gordura, e pode ser alterado com animais mais pesados ao abate

(CISNEROS et al., 1996) ou à mudança da composição de ácidos graxos da carne (JOO et al., 2002).

Quanto à maciez da carne, a ractopamina tende a aumentar a força de cisalhamento do músculo e, por consequência, a reduz (CARR et al., 2005). O uso de ractopamina sobre este atributo, pode ser resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou da redução da atividade da enzima proteolítica calpaína, cujo declínio está associado a maior porcentagem de tecido magro.

A ação de agonistas beta-adrenérgicos pode estimular a calpastatina, enzima responsável pela inibição da calpaína e que tem influência direta sobre a força de cisalhamento e maciez da carne (RUBENSAM et al., 2000), pois, a enzima está ligada à degradação *post mortem* da proteína miofibrilar e, portanto, a esses parâmetros de qualidade de carne (LONERGAN et al., 2001). Entretanto, trabalhos recentes apontam ausência de alterações para esses aspectos para o uso da ractopamina em níveis usuais de utilização (BRIDI et al., 2006; AGOSTINI et al., 2011).

O marmoreio, que corresponde à gordura entremeada na carne ou gordura intramuscular, parece estar também relacionado com a utilização de ractopamina. Estudos demonstram que o uso de ractopamina em inclusões de 10 e 20 ppm estão relacionados com uma diminuição no marmoreio da carne, entretanto, essa redução não influencia a qualidade da carne para o consumidor quando comparada com aquelas que não sofreram a ação deste produto (AGOSTINI et al., 2011). Já a suplementação de 5 a 7,4 mg/kg de ractopamina parece não influenciar o marmoreio nem a preferência de consumo do lombo (*Longissimus dorsi*) para animais de terminação tardia (133 kg de peso final) (FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008).

A classificação da carne quanto a seus parâmetros físicos de qualidade está relacionada com o pH inicial e final, a cor L* e a perda de água por gotejamento. Segundo esses aspectos, a carne pode ser classificada em DFD (escura, firme e seca), PSE (pálida, seca e exsudativa), RFN (normal, vermelha e firme) e RSE (cor normal, porém exsudativa e mole) (WARNER; KAUFFMAN; GREASER, 1997). Apesar da ractopamina influenciar o pH final e perda de água por gotejamento, diversos trabalhos apontam essa substância como não responsável por aumento na aparição de PSE e DFD (BRIDI et al., 2008; AGOSTINI et al., 2011).

2.2.8 Parâmetros Fisiológicos e Comportamento Animal

Agonistas beta-adrenérgicos exercem influência sobre a fisiologia do organismo animal, podendo causar alterações em parâmetros vitais e de comportamento. Essas drogas agem no coração, vasos, musculatura lisa, brônquios e sistema nervoso central, sendo a ação das catecolaminas naturais sobre esses órgãos bem evidentes (PALERMO NETO, 2006). Para a ractopamina, obteve-se alterações de parâmetros em outras espécies, com aumento da frequência cardíaca para os primeiros dias de utilização e com doses mais elevadas do que as utilizadas para suínos, alterações nas dosagens sanguíneas de lactato, ureia, potássio e colesterol.

Em suínos, essa substância leva a um aumento nos níveis sanguíneos de lactato, constituindo-se em forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular, redução do teor de ureia circulante no plasma (CANTARELLI et al., 2009) e aumento significativo nos valores de adrenalina e noradrenalina em relação aos animais que não recebem a droga, com aumento na frequência cardíaca, e, conseqüente, estresse, dificultando o manejo. Também, para o comportamento dos animais, a ractopamina pode aumentar o tempo de atividade e a maneira como estes descansam (MARCHANT-FORDE et al., 2003). Entretanto, outros estudos apontam que, com níveis de 10 e 20 ppm de ractopamina não há diferença nem na frequência cardíaca dos animais, nem em seu comportamento, entretanto, os níveis de lactato e uréia se alteram gradativamente para um aumento na dosagem da droga (AGOSTINI et al., 2011).

A explicação para a relação entre ractopamina e aumento de frequência cardíaca, frequência respiratória, lactato e cortisol sanguíneos pode estar relacionada a um aumento no estresse causado por essa droga, o que levaria a uma ativação do sistema nervoso simpático e do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, com conseqüente aumento do beta-adrenérgico natural, adrenalina, na circulação e resposta fisiológica aumentada para essa catecolamina (MARCHANT-FORDE et al., 2003).

2.2.9 Índices de Eficiência de Custo para a Ractopamina

O custo benefício para a utilização de ingredientes bases, aminoácidos sintéticos e modificadores de metabolismo quando se pensa uma realidade experimental não são capazes de refletir uma situação totalmente real de produção industrial, entretanto, podem fornecer uma ideia muito interessante para a escolha da melhor decisão sobre a nutrição animal. Uma simulação técnico-econômica para avaliar a inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação para os níveis de 0, 5, 10 e/ou 20 ppm de ractopamina na dieta, verificou que os custos independem do sistema de receitas do produtor e oscilam de 3 a 6 ppm de ractopamina adicionada à dieta. Já o lucro com sua utilização é melhor para os níveis de 10 e 12 ppm de ractopamina, respectivamente, para os sistemas de receita por peso vivo e por bonificação. O primeiro paga o quanto o animal pesa e o segundo por bonificações para algumas características desejáveis de carcaça, sendo que este último também apresentou melhor desempenho econômico nesta simulação. Entretanto, as variações de eficiência econômica da utilização deste produto chegam a oscilar em até R\$49,00/cabeça (BRUMATTI; KIEFER, 2010).

2.2.10 A Ractopamina Pode Reduzir o Impacto Ambiental do Nitrogênio Excretado

Quanto aos efeitos nocivos desta substância ao meio ambiente, alguns trabalhos apontam que não houve qualquer efeito deletério da ractopamina sobre a qualidade do solo ou da água (RAMOS; SILVEIRA, 2002). Aliás, é relatado o efeito benéfico da ractopamina para o meio ambiente por promover uma retenção maior de nitrogênio, diminuindo seu volume de excreção pelo animal (SUTTON et al., 2001).

2.3 CROMO ORGÂNICO

O cromo é considerado um mineral traço essencial para os mamíferos, e está presente em menos de 0,01% na constituição dos animais (OLIVEIRA et al., 2007). Este é um elemento que não aparece nas principais tabelas de exigências para suínos e, além disso, a base alimentar das rações para essa espécie animal é pobre neste elemento (SCHOREDER, 1971). Sua essencialidade

está associada a ativação de enzimas e estabilização de proteínas e ácidos nucléicos (DALLAGO, 2008).

O cromo aparece na alimentação animal na forma inorgânica, formando cloretos (CrCl_3) ou óxidos (Cr_2O_3) que apresentam baixa absorção pelo organismo animal (MERTZ; ROGINSKI, 1986). Isto ocorre porque, durante a digestão, esses compostos formam complexos insolúveis e também podem se aderir a carboidratos presentes na dieta, evitando sua absorção (SILVA, 2007). Entretanto, essa absorção pode ser facilitada por outros nutrientes, como os aminoácidos metionina e histidina e a vitamina C (GARCIA; GARNNS, 2004).

Devido às suas características inertes na alimentação animal, o cromo inorgânico tem sido bastante utilizado como marcador fecal para ensaios de digestibilidade em diversas espécies animais, incluindo os suínos (DALLAGO, 2008).

Uma maneira de favorecer a absorção deste mineral pelos suínos é fornecendo a estes animais a forma “orgânica” ou quelatada deste elemento. Desta maneira, a absorção do cromo seria da ordem de 15 a 30%, ao invés dos 3% obtidos com a forma inorgânica (CHANG; MOWAT, 1992). Dentre estes compostos quelatados, os de ampla utilização são o picolinato de cromo (MOONEY; CROMWELL, 1995), o cromo nicotínico (CHANG et al., 1995) e o cromo-metionina (ALMEIDA et al., 2010).

Na forma de picolinato, o cromo quelatado tem sido usado em ampla escala para a saúde humana como suplemento nutricional (MIRASOL, 2000). Na suinocultura, o cromo tem sido utilizado em rações de crescimento e terminação visando melhora nas características de carcaça e na qualidade da carne (BELLAYER, 2005).

2.3.1 Absorção e Excreção do Cromo

A ação fisiológica do cromo não está completamente esclarecida (OLIVEIRA et al., 2007). O cromo é absorvido pelo intestino delgado e essa absorção é inversamente proporcional à quantidade deste elemento na dieta. Assim, um aumento na dosagem dietética deste elemento proporciona redução da absorção deste pelo organismo (MERTZ; ROGINSKI, 1969),

Após sua absorção, acredita-se que parte do cromo ingerido circule no plasma associado à β -globulina e parte liga-se às células vermelhas do sangue

em uma interação com a hemoglobina e o que determina qual via de transporte esse cromo vai assumir é a sua apresentação molecular, em Cr^{3+} ou Cr^{6+} (KERGER et al., 1996).

O cromo absorvido é depurado pelos rins em poucos dias, mas, o cromo que se mantém presente no organismo pode apresentar meia vida de até 83 dias (BOREL; ANDERSON, 1984). O cromo é preferencialmente excretado pela urina, mas pequenas quantidades podem ser eliminadas no cabelo, transpiração e bile (BOREL; ANDERSON, 1984). O estresse pode aumentar a taxa de excreção deste mineral na urina (ENGEL et al., 2002).

2.3.2 Atividade Metabólica do Cromo

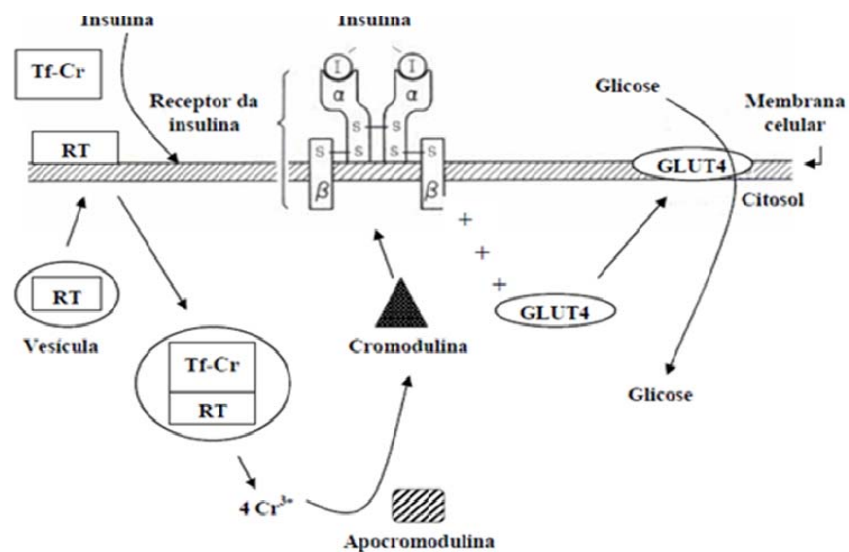
A ação do cromo está relacionada com a atividade de duas ou mais moléculas bioativas que contenham o mineral em sua estrutura. As principais moléculas possivelmente responsáveis pelos efeitos metabólicos do cromo são o Fator de Tolerância à Glicose (GTF) e a Substância Ligante de Cromo de Baixo Peso Molecular (LMWCr) (DALLAGO, 2008).

Quanto ao GTF, a proposição da ação do cromo a partir desta molécula implica em um aumento na fluidez da membrana celular para facilitar a união da insulina com seu receptor, aumentando a sensibilidade da célula à glicose (EVANS; BOWMAN, 1992). Outra forma de ação desta molécula inclui seu efeito carreador de cromo para proteínas celulares com deficiência nesse mineral (VINCENT, 1994).

Para o LMWCr, sua semelhança com a molécula de calmodulina a faz também conhecida como cromodulina, onde se ligam quatro moléculas de cromo, e está relacionado sobretudo à ação da insulina no organismo. Essa molécula seria responsável por modular a resposta à insulina, favorecendo a sensibilidade do hormônio a partir do estímulo à atividade da tirosina quinase do receptor insulínico da célula-alvo (SILVA, 2007). Essa cromodulina fica estocada em sua forma inativa, ou seja, sem a ligação das moléculas de cromo, no citosol e núcleo de células sensíveis à insulina (VINCENT, 2000). Como aumento da glicemia e consequente aumento da insulina circulante, ocorrem duas situações relacionadas à ação do cromo; a primeira faz com que o cromo seja mobilizado para as células-alvo sob a ação mediadora da transferrina e a segunda faz com que se mobilizem os

receptores de transferrina na forma de vesículas que se fundem (VINCENT, 2000). A transferrina associada ao cromo liga-se a seus receptores e forma um complexo intravesicular que é digerido pelo pH ácido do interior desta vesícula liberando o cromo para o citosol (GOMES et al., 2005). Quatro íons de cromo se ligam a apocomodulina, tornando-a ativa e, esta, ativa e sob a forma de cromodulina, liga-se aos receptores insulínicos, amplificando a ação da insulina (VINCENT, 2000). Esse mecanismo está descrito na figura a seguir:

Figura 1 – Mecanismo de ação do cromo no estímulo da ação da insulina.



Fonte: Adaptado de Gomes, Rogedo e Tirapegui (2005)

2.3.3 O Cromo na Nutrição Animal

A ação do cromo no metabolismo animal envolve principalmente o estímulo da captação de glicose pelas células dos tecidos-alvo (GOMES et al., 2005), principalmente para as fibras musculares e tecido adiposo. Em suínos, o picolinato de cromo pode promover a internalização da insulina com consequente entrada de mais glicose nas células do músculo esquelético (EVANS; BOWMAN, 1992). Esse maior aporte intracelular da glicose também pode ser verificado pelo desaparecimento da glicose plasmática em suínos tratados (AMOIKON et al., 1995). Por esse aporte de glicose, é possível que o uso do picolinato de cromo possa estar associado a um aumento na deposição de carne magra na carcaça por aumentar a síntese proteica muscular (MERTZ; ROGINSKI, 1969).

Além disso, é referido que o cromo, na forma de picolinato, tem a capacidade de aumentar a área de olho-de-lombo (AOL) (KORNEGAY et al., 1997; MOONEY; CROMWELL, 1997), e espessura de toucinho na primeira (BOLEMAN et al., 1995) e décima costelas (VAN de LIGT; LINDEMANN; CROMWELL, 2002). Também, estudos verificaram alterações nas concentrações de lipoproteínas de alta densidade (HDL), colesterol total, triglicerídeos, ácidos graxos não esterificados e outros parâmetros sanguíneos (AMOIKON et al., 1995). Para suínos em crescimento e terminação, a suplementação com o cromo não melhora a performance dos animais, mas afeta positivamente a qualidade de carcaça e carne (GANG XI et al., 2001).

Entretanto, diversos trabalhos apontam que a utilização do picolinato do cromo ou de outros tipos de cromo 'orgânico' não apresenta nenhum destes benefícios citados pela literatura, não tendo influência sobre a AOL (BOLEMAN et al., 1995; MOONEY; CROMWELL, 1995; 1999) e espessura de toucinho (MOONEY; CROMWELL, 1995; KORNEGAY et al., 1997; MOONEY; CROMWELL,, 1999). Os parâmetros sanguíneos também se mostraram inalterados em diversos trabalhos (MATHEWS et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2007). Trabalhos que associam o cromo a outro repartidor de nutrientes, a ractopamina, também não atribuem qualquer benefício à características de desempenho, carcaça e qualidade de carne para a utilização deste elemento como aditivo na alimentação de suínos (ALMEIDA, 2008).

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes níveis de proteína nas rações de suínos destinados à engorda podem determinar resultados distintos para nas características zootécnicas de interesse. A melhor estratégia nutricional, entretanto, está sujeita a fatores também alheios à dieta, sejam eles extrínsecos, como o clima, o desafio sanitário e o manejo, ou intrínsecos, como a fisiologia e a estrutura genética de cada animal. Ao nutricionista cabe o papel de reconhecer qual o melhor programa nutricional para cada situação. Dessa forma, saber utilizar o conceito de proteína ideal e os aditivos ractopamina e cromo nas dietas de suínos em fases de crescimento e terminação é uma forma de alcançar esse objetivo, encontrando os melhores resultados zootécnicos, econômicos e de qualidade final para o consumidor.

REFERÊNCIAS

- AALHUS, J. L.; SCHAEFER, A. C.; MURRAY, A. L. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v. 31, p. 397- 409, 1992.
- ABREU, M. L. T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 54-61, 2007.
- ADEOLA, O.; BALL, R. O.; YOUNG, L. G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, v. 122, p. 488-495, 1992.
- AGOSTINI, P. S. **Ractopamina para suínos: efeitos no desempenho, qualidade de carcaça e carne, parâmetros sanguíneos e comportamento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.
- AGOSTINI, P. S.; SILVA, C. A. ; BRIDI, A. M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Archivos de Zootecnia*, v. 60, p. 659-670, 2011.
- ALMEIDA, V. V. **Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Departamento de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.
- ALMEIDA, V. V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L. B. et al. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.39, n.9, pp. 1969-1977, 2010.
- AMOIKON, E. K. FERNANDEZ, L. L.; SOUTHERN, J. L. et al. Effects of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 1123-1130, 1995.
- ANDRETTA, I.; LOVATTO, P. A.; SILVA, M. K. et al. Relação da ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: um estudo meta-analítico. **Ciencia Rural**, v. 41, n.1, p. 186-191, 2011.
- APPLE, J. K., MAXWELL, C. V., BROWN, D. C.; et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3277-3287, 2004.
- ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R. et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. **J. Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3245–3253, 2004.

AROUCA, C. L. C.; FONTES, D. O.; FERREIRA, W. M. et al. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n. 6, p. 773-781, 2004.

AROUCA, C. L. C. **Exigências de fósforo disponível para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne em diferentes fases de crescimento, dos 15 aos 120 kg.** Belo Horizonte: UFMG, 2008. 81 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

BAKER, D. H. Utilization of Precursors for L-Amino Acids. In: D’MELLO, J. P. F. (Ed.). Aminoacids in Farm Animal Nutrition. **Cab International**, p. 37-61, 1994.

BARK, L. J.; STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3391-3400, 1992.

BARROS, R. de A.; OKOSHI, M. P.; CICOGNA, A. C. Beta-adrenergic pathway in healthy and hypertrophied hearts. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 72, p. 649–656, 1999.

BELLAVER, C. Utilização de melhoradores de desempenho na produção de suínos e de aves. Campo Grande, MS. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 7., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABZ/UEMS/UFMS, 2005. p. 1-29.

BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; FÁVERO, J. et al. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, p. 1795-1802, out. 1991.

BENOVIC, J. L.; STILES, G.L., LEFKOWITZ, R.J. et al. Regulation of adenyl cyclase-coupled beta-adrenergic receptors. **Annual Review of Cell Biology**, v. 4, n. 1, p. 405-428, 1988.

BERGEN, W. G.; WU, G. Intestinal Nitrogen Recycling and Utilization in Health and Disease. **The Journal of Nutrition**, v. 139, n. 5, p. 821-825, mar. 2009.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos.** Lavras: UFLA, 2006.

BÖCKLEN, E.; FLAD, S.; MÜLLER, E. et al. Comparative determination of beta-adrenergic receptors in muscle, heart and backfat of Piétrain and Large White pigs. **Animal Production**, v. 43, p. 335-340, 1996.

BOLEMAN, S. L. BOLEMAN, S.J.; BIDNER, T.D. et al. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. **Journal Of Animal Science**, v. 73, p. 2033-2042, 1995.

BONAGURIO, S.; PÉREZ, J. R. O.; GARCIA, I. F. F. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1981-1991, 2003.

BOREL JS, ANDERSON RA. Chromium. In: Frieden E, editor. **Biochemistry of the**

essential ultrace elements. New York: Plenum Press, 1984;p.175-99.

BRASIL. **Embrapa Suínos e Aves**. Site oficial. Disponível em:
<<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em 19 de março de 2012.

BRIDI, A. M.; OLIVEIRA, A. R.; FONSECA, N. A. et al. Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano. **Ciências Agrárias**, v. 29, p. 713-722, 2008.

BRIDI, A. M.; SILVA C. A.; HIOSHI, E. H. **Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína**. 2009. Disponível em:
<<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Desenvolvimentodasfibrasmusculares.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2011.

BRIDI, A. M.; Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, 2006.

BRUMANO, G.; GATTAS, G. Fatores que influenciam na exigência de lisina para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n.3, p. 918-940, 2009.

BRUMANO, G. Níveis de lisina e de metionina-cistina e proteína bruta para melhor qualidade de ovo e de carcaça de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n. 3, p.898-917, 2009.

BRUMATTI, R. C.; KIEFER, C. Simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia** [online], v. 62, n. 1, p. 163-171, 2010.

CALLÉN, Antonio. Capítulo 1: Anatomia y fisiología. In: INSTITUT TECHNIQUE DU PORC. **Manual del porcicultor**. Zaragoza: Universidade de Zaragoza: ACRIBIA, 1997. p. 3-18.

CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; ALMEIDA, E. C. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 844-851, 2009.

CARR, S. N.; HAMILTON, D. N.; MILLER, K. D.; et al. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean((R))) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat science**, v. 81, n. 3, p. 533-539, mar. 2009.

CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; KILLEFER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 223-230, 2005.

CHANG, X.; MOWAT, D. N. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 559-565, 1992.

CHANG, X.; MOWAT, D. N.; MALLARD, B. A. Supplemental chromium and niacin for stressed and growing feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 74, n. 2, p. 351-358, 1995.

CISNEROS, F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K. et al.. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 925-933, 1996.

CUNNINGHAM, J. G. **Fisiología veterinaria**. México: McGraw-hill, 1999.

DALLAGO, B. S. L. **Efeitos da suplementação de cromo (Cr) sobre o desempenho produtivo, a população de protozoários e a resposta imunitária em ovinos**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Animais, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

DE BLASS, C.; GARCIA, A. I.; CARABAÑO, R. Necesidades de treonina en animales monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN NECESIDADES DE TREONINA EN ANIMALES MONOGÁSTRICOS, 16., 2004, Madrid. **Anais...** Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2004. p. 22.

EDMONDS, M. S.; GONYOU, H. W.; BAKER, D. H. Effect of excess levels of methionine, tryptofhan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig. **Journal Animal Science**, v. 65, p. 179-185, 1987.

ELANCO. **Swine nutrition guide for industry professionals**. Indianapolis: Elanco Animal Health, 1999.

ELLIS, M. Genetic and nutritional influence on pork quality. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1., 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998. p. 25-54.

ENGEL, A.; BERGER, C. E.; KRÖNER, A. et al. Effects of Marathon Running on the Trace Minerals Chromium, Cobalt, Nickel and Molybdenum. **Journal Trace Elements Exp. Medical**, v. 15, p. 201-209, 2002.

EVANS, G. W.; BOWMAN, T. D. Effects of Marathon Running on the Trace Minerals Chromium, Cobalt, Nickel and Molybdenum. **Journal Of Inorganic Biochemistry**, v. 94, p. 243-250, 1992.

FERGUSON, N. S.; ARNOLD, G. A.; LAVERS, G. et al. The response of growing pigs to amino acids as influenced by environmental temperature. **Animal Science**, v. 70, p. 299-306, 2000.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M.; ROSAS, N.; SORIA, A. I. et al. Threonine to lysine ratio in ractopamine treated pigs. **Poultry Science**, v. 83, p. 98-99, 2004.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M.; MYERS, A. J.; SCRAMLIN, S. M.; et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3544-3550, 2008.

- FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S. et al.. M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2911-2919, 2002.
- FONTES, D. O.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S. Níveis de lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 3, n. 29, p. 784 -793, 2000.
- _____.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Níveis de lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 81-89, 2005.
- FONSECA-ALANIZ, M. H.; TAKADA, J.; ALONSO –VALE, M. C. I. et al. O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, p. 216-229, 2006.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **Evaluation of certain veterinary drug residues in food**. Fortieth report of the Joint World Health Organization. WHO Technical- Report-Series. New York: WHO, 1993. p. 832-862.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Freedom of information summary**. 2000. Disponível em: <<http://www.fda.gov/cvm/efoi/section2/140863.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2008.
- FORBES, J. M. Conceito sobre o consumo voluntário e seleção de dieta com referência especial aos animais domésticos. In: VIEIRA, S. L. **Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos**. Londrina, 2010. p. 16 -91.
- FRAGA, A. L. **Exigência de lisina para suínos em fase inicial (15 a 30 kg), de dois grupos genéticos, em rações formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal**. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- FRIESEN, K. G.; NELSSSEN, J. L.; UNRUH, J. A. et al. Effects of the interrelationship between genotype, sex, and dietary lysine on growth performance and carcass composition in finishing pigs fed to either 104 or 127 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 4, p. 946-954, 1994.
- FRIESEN, K. G.; NELSSSEN, J. L.; GOODBAND, R. D. et al. The use of compositional growth curves for assessing the response to dietary lysine by high-lean growth gilts. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 1, p. 159-169, 1996.
- GABBI, A. M. **Metabolismo nitrogenado em animais**. Rio Grande do Sul: UFGRS, 2010. Seminário apresentado ao programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias.
- GANG, Xi; HE, Y. D. XU, Z. R. et al. Effect of Chromium Picolinate on Growth Performance, Carcass Characteristics, Serum Metabolites and Metabolism of Lipid in Pigs. **Australasia Journal Of Animal Science**, v. 14, n. 2, p. 258-262, fev. 2001.

- GARCIA, A. G.; GARNES, P. M. Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la insulina. **Revista Médica Del Instituto Mexicano Del Seguro Social**, v. 42, p. 347-352, 2004.
- GOMES, M. R.; ROGEDO, M. M.; TIRAPÉGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, v. 11, p. 262-266, 2005.
- GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução a bioquímica clínica veterinária**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2006. v. 2.
- GREGOIRE, F. M. Adipocyte differentiation: From fibroblast to endocrine cell. **Experimental Biology and Medicine**, v. 226, p. 997-1002, 2001.
- GU, Y.; SCHINCKEL, A. P.; FORREST, J. C. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 2694-2702, 1991.
- HOFFMAN, B. B.; LEFKOWITZ, R. J. Catecholamines, sympathomimetic drugs, and adrenergic receptor antagonists. In: MOLINOFF, P. B.; RUDDON, R. W. (Ed.). **The Pharmacological basis of therapeutics**. 9th ed. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 199-248.
- JOO, S. T.; LEE, J. L.; HA, Y. L.; PARK, G. B. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 108-112, 2002.
- JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- KERGER, B. D.; PAUSTENBACH D. J.; CORBETT G. E. et al. Absorption and elimination of trivalent and hexavalent chromium in humans following ingestion of a bolus dose in dining water. **Toxicology And Applied Pharmacology**, v. 141, p.145-158, 1996.
- KESSLER, A.M. Exigências nutricionais para máximo rendimento de carne em suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia, 1998. p. 18-25.
- KIEFER, C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Exigência de metionina mais cistina digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 104-111, 2005.
- KORNEGAY, E. T.; WANG, Z.; WOOD, C. M. et al. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, p. 1319-1323, 1997.
- LA TORRE, M. A.; LAZARO, 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.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L. et al. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2006.

LINDEMANN, M. D. WOOD, C. M.; HARPER, A.F. et al. 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**, v. 73, p. 457-465, fev. 1995.

LONERGAN, S. M. HUFF-LONERGAN, E.; ROWE, L. J. et al. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2075-2085, 2001.

LOUGHMILLER J. A.; NELSSSEN, J. L.; GOODBAND, R. D. et al. Influence of dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of late-finishing gilts. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 8, p. 1075-1080, 1998.

LOVATTO, P. A. Nutrição e alimentação. In: _____. **Suinocultura geral**. 2002. cap. 5, p. 63-83.

LUNDBERG, L. L. M.; COTECCHIA, S.; DEBLASI, A. et al. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1-adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 7, p. 3098-3105, 1987.

LUNDSTRÖM, K.; DAHLBERG, E.; NYBERG, L. et al. Glucocorticoid and Androgen Characteristics in Two Lines of Pigs Selected for Rate of Gain and Thickness of Backfat. **Journal of Animal Science**, v. 56, p. 401-409, 1983.

MACHADO, G. S; FONTES, D. O. Relação entre as exigências nutricionais e o sistema imune em suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2., 2005, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, 2005. p. 293-314.

MAIN, R. G.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D. et al. Determining an optimum lysine:calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2190-2207, 2008.

MALMEZAT, T.; BREUILLÉ, D.; POUYET, C. et al. Metabolism of cysteine is modified during the acute phase of sepsis. **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 97-105, 1998.

MARCHANT-FORDE, J. N.; LAY, JR; PAJOR, D.C. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 416-422, 2003.

MARINHO, P. C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. 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, p. 1791-1798, 2007.

MARZOCCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3.ed. 2007.

MATTHEWS, J. O.; SOUTHERN, L. L.; FERNANDEZ, J. L. et al. 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. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2172-2178, ago. 2001.

MERTZ, W.; ROGINSKI, E. E. Effects of chromium (III) supplementation on growth and survival under stress in rats fed low protein diets. **Journal Of Nutrition**, v. 97, p. 531-536, 1969.

MILLS, S. E. Implications of feedback regulation of beta-adrenergic signaling. **Journal of Animal Science**, v. 80, suppl. 1, p. 30-35, 2002.

MIRASOL, F. Chromium picolinate market sees robust growth and high demand. **Chemical Market Reporter**, n. 257, p. 26, 2000.

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, p. 4487-4495, 1991.

MOLLER, A. J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E. et al. (Ed.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992. p. 225.

MOONEY, K. W.; CROMWELL, G. L. Efficacy of chromium picolinate on performance and tissue accretion in pigs with different lean gain potential. **Australasia Journal Of Animal Science**, v. 77, p. 1188-1198, fev. 1999.

_____. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. **Journal of Animal**, v. 77, p. 2661-2671, 1997.

_____. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3351-3357, 1995.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. **Ciencia Rural**, v. 40, n. 2, p. 379-384, 2010.

MOSER, R. L.; DALRYMPLE, R. H.; CORNELIUS, S. G. et al. Effect of cimaterol (CL 263,780) as a repartitioning agent in the diet for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 21-26, 1986.

MOUROT, J.; KOUBA, M.; BONNEAU, M. Comparative study of *in vitro* lipogenesis in various adipose tissues in the growing Meishan pig: comparison with the Large White pig (*Sus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 115b, p. 383-388, 1996.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C. et al. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** [online], v. 37, n. 1, p. 89-94, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1998.

OBLED, C.. Necesidades de aminoácidos en estados inflamatorios. **Avances em Tecnologia Porcina**, v. 1, p. 4-20, 2004.

OLIVEIRA, V. FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade de nutrientes e metabólitos sanguíneos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 137-143, 2007.

OLIVEIRA, A. L. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Lisina em Rações para Suínos Machos Castrados Seleccionados para Deposição de Carne Magra na Carcaça dos 95 aos 110 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 337-343, 2003a.

_____. Lisina em rações para suínos machos castrados seleccionados para deposição de carne magra na carcaça dos 110 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 150-155, 2003b.

_____. Níveis de lisina para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra os 95 aos 110kg. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 817-819.

_____. Lisina para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra dos 110 aos 125kg. I Efeito sobre o desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

OLIVEIRA, G. C. de. **Aplicação prática do conceito de proteína idela na alimentação de leitões (15-30 kg) machos castrados – níveis de aminoácidos e de energia**. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002a.

PALERMO-NETO, J. Agonistas de receptores B2-Adrenérgicos e Produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GORNIAK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 545-557.

PALHARES, J. C. P.; JACOB, A. D.; MATTEI, R. M. et al. A correlação entre nutrição, água e dejetos. **Suínocultura Industrial**, n. 8, p. 14-19, 2009.

PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal protein in the feeding of non-ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p. 119-128.

- PAULINO, M. L. M.; PINHEIRO, D. F. Ingestão e Digestão de Alimento. In: PINHEIRO et al. **Agronomia bases da fisiologia animal**. 2006. Botucatu: UNESP, 2006. Disponível em: <<http://www.ciencialivre.pro.br/media/5c2361d61a77f987ffff836dffffd523.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- PEDERSEN, C.; BOISEN, S.; FERNÁNDEZ, J. A. Studies on the effect of dietary crude protein supply on the composition of ileal endogenous crude protein loss in growing pigs. **Acta Agric. Scand. A Journal of Animal Science**, v. 52, p. 141–149, 2002.
- PENA, S. M.; LOPES, D.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Relações metionina mais cistina digestível: lisina digestível em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1978-1983, 2008.
- PEÑACOBIA, J. M. **Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción y utilización de nutrientes: Comparación entre el cerdo landrace y el ibérico**. 2002. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Facultat de Veterinària, Barcelona, 2002.
- PENZ JÚNIOR, A. M.; VIOLA, E. S. Nutrição. In: SOBESTIANSKY, J; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: Embrapa; Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998. p. 47-63.
- PENZ JÚNIOR, A. M. Exigências de aminoácidos das poedeiras. In: CICLO DE CONFERÊNCIAS DA A. V. E., 2., 1990, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1990. p. 88 – 110.
- PATIENCE, J. F. SHAND, P. PIETRASIK, Z. et al. 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**, v. 89, p. 53-66, 2009.
- RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N.D. 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.
- REZENDE, W. O.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível: caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1101-1106, 2006.
- RODRIGUES, N. E. B.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de Treonina em rações para leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2039-2045,. 2001.
- ROSSI, C. A. R. **Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho, características de carcaça, da carne e produto curado**. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de Santa Maria, Santa Maria.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais** / editor: Horacio Santiago Rostagno. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2005.

_____. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais** / editor: Horacio Santiago Rostagno. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

RÜBENSAM, J.M. Transformações *postmortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPACNPSA, 2000.

Disponível em: < Disponível em:

<www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_pt.pdfpeck>. Acesso em: 12 mar. 2011.

RENTERIA, J. A.; CUARON, J. Á. Picolinato de cromo en la dieta de cerdos en crecimiento. **Técnica Pecuária en México**, v. 36, n. 2, p. 121-139, 1998.

SANTOS, F. A. **Níveis de lisina, treonina e metionina + cistina digestíveis em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético, dos 95 aos 125 kg**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 78 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SCHINCKEL, A. P.; LI, N.; RICHERT, B. T.; PRECKEL, P. V. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1106–1119, 2003.

SCHINCKEL, A. P. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to latefinishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 79, p. 85-89, 2002.

SCHINCKEL, A. P.; WATKINS, L. E.; JONES, D. J. et al. Modeling of dietary lysine requirements for pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 196, p. 1272-1276, 2000.

SCHROEDER, H. A. Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods. **The American Journal Of Clinical Nutrition**, v. 24, p. 562-573, 1971.

SHARDA, D. P.; MAHAN, D. C.; WILSON, R. F. Limiting amino acids in low-protein corn-soybean meal diets for growing finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 42, p. 1175-1181, 1976.

SILVA, L. M. G. S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002.

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

SPURLOCK, M. E.; FRANK, G. R.; CORNELIUS, S. G. et al. Obese gene expression in porcine adipose tissue is reduced by food deprivation but not by maintenance or submaintenance intake. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 4, p. 677-682, 1998.

SUTTON, A. L.; RICHERT, B.T., HANKINS, S.L. et al. Potential impact of ractopamine on environmental stewardship. **Journal of Animal Science**, v. 79, suppl. 1, p. 239, 2001.

TRINDADE NETO, M. A.; BERTO, D. A.; ALBUQUERQUE, R. et al. Níveis de proteína em dietas de suínos em fase de crescimento e terminação. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, p. 474-483, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG, 2000.

UNRUH, J. A.; FRIESEN, K. G.; STUEWE, S. R. et al. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on pork subprimal cut yields and carcass quality of pigs fed to either 104 or 127 kilograms. **Journal of Animal Scienc**, v. 74, n. 6, p. 1274- 1283, 1996.

UTTARO, B. E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2439-2449, 1993.

VAN de LIGT, C. P. A.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELL, G. L. Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. **Journal Of Animal Science**, p. 2412-2419, 2002.

VAN LUNEN, T. A.; COLE, D. J. A. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 465-475, 1996.

VIEIRA, R. **Fundamentos de bioquímica**. Belém: E-book, 2003.

VINCENT, J. B. The biochemistry of chromium. **Journal Of Nutrition**, v. 130, p. 715-718, 2000.

_____. Relationship between glucose tolerance factor and low molecular weight chromium-binding substance. **Journal Of Nutrition**, v. 124, n.1, p. 117-119. 1994.

VITAL, E.; ACCO, J. Agonistas e Antagonistas adrenérgicos In: SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 545-557.

WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G.; GREASER, M.L. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 339-352, 1997.

WEBSTER, M. J.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D, et al. Evaluating processing temperature and feeding value of extruded-expelled soybean meal on nursery and finishing pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 81, n.8, p.2032-2040, 2003.

WIGMORE, P. M. C., ; STICKLAND, N. C.. Muscle development in large and small pig fetuses. **Journal of Anatomy**. v.137, p.235–245. 1983.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T.R.; SCHINCKEL A.P. et al. The impact of ractopamine, energy intake and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 3152–3162, 1994.

WHITTEMORE, C. T. **Ciencia y práctica de la producción porcina**. Zaragoza: Acribia, 1996.

WOOD, J. D.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. (Ed.) **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994. p. 446-448.

YEN, H. T.; COLE, D. J. A.; LEWIS, D. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. **Animal Production**, v. 43, n. 3, p. 141-154, 1986.

ZANGERONIMO, M. G.; ALMEIDA, M. J. M; FIALHO, E. T. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis de lisina e proteína bruta. In: ABRAVES, 13., 2007. **Anais...** Florianópolis, 2007.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. Alimentos para suínos. **Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão**, Ano. 8, n. 12, dez. 1999.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, quanto ao desempenho zootécnico e ao custo, cinco formulações comerciais para suínos em crescimento e terminação com três níveis diferentes de proteína total e com dois aditivos modificadores do metabolismo, picolinato de cromo (Cr) e ractopamina (Rac) associados à dieta de menor nível proteico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar qual o melhor programa nutricional para o desempenho dos animais

Avaliar o impacto da inclusão dos repartidores de nutrientes sobre uma dieta com baixo nível de proteína para as características de carcaça estudadas.

Avaliar a resposta do cromo picolinato na melhoria da qualidade de carne para uma dieta com baixo nível de proteína.

Avaliar os parâmetros sanguíneos dos animais submetidos aos diferentes programas nutricionais propostos.

Avaliar a resposta do animal quanto ao desempenho, carcaça e influência na qualidade de carne de três diferentes teores de proteína bruta na dieta.

4 ARTIGO ¹

EFEITOS PRODUTIVOS, QUALITATIVOS E ECONÔMICOS DE DIFERENTES PROGRAMAS NUTRICIONAIS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO ²

Autores: Eduardo Raele de Oliveira; Caio Abércio da Siva; Ana Maria Bridi; David Fernandes Gavioli; Arturo Pardo Lozano

RESUMO: O objetivo neste trabalho foi identificar o melhor programa nutricional para suínos em engorda, entre cinco formulações comerciais a partir do uso de diferentes níveis de proteína total (alta, média e baixa), picolinato de cromo (Cr) e ractopamina (Rac) no final da terminação. Os tratamentos foram avaliados para desempenho, características de carcaça, aspectos econômicos e qualidade de carne. Foram utilizados 70 suínos de linhagem comercial Pen Ar Lan (35 machos castrados e 35 fêmeas) com peso médio inicial \pm desvio padrão de $25,22 \pm 2,5$ kg e abatidos com peso final \pm desvio padrão de $119,08 \pm 6,0$ kg. Foram avaliados o desempenho zootécnico em quatro fases distintas, a deposição de músculo e gordura na carcaça e a qualidade da carne. O aspecto econômico foi elaborado sobre a relação de custo da ração e ganho de peso vivo animal. Para o desempenho, foi observada diferença apenas para a conversão alimentar nas fases de crescimento, com a ração com alta proteína apresentando melhor conversão alimentar que a ração que associou cromo e baixa proteína. Para a terminação II, o programa com ractopamina apresentou melhores ganho diário de peso e conversão alimentar em relação aos programas com baixa proteína e cromo respectivamente. O consumo diário de ração do cromo foi superior a todos os demais tratamentos à exceção do programa com baixa proteína. Também houve diferença na deposição de músculo e gordura na carcaça para o programa que utilizou ractopamina quando comparado com o programa formulado com baixa proteína. A ractopamina também mostrou-se a mais eficiente economicamente. Para os aspectos estudados neste trabalho, a utilização da ractopamina mostrou-se a estratégia nutricional mais eficiente.

Palavras-chave: Aminoácido. Carcaça. Lisina. Suinocultura

¹ Artigo elaborado segundo as normas da Raveista Brasileira de Zootecnia – RBZ.

² Projeto patrocinado com bolsa de estudo em nível de mestrado pela entidade CNPq.

4.1 INTRODUÇÃO

Os programas nutricionais baseados na redução dos níveis de proteína dietética para suínos em fase de crescimento e terminação vêm sendo adotados progressivamente na suinocultura comercial. O procedimento, sustentado pelo conceito de proteína ideal, aprimora a relação dos principais aminoácidos limitantes para suínos destinados à engorda (lisina, metionina e treonina) com a energia alimentar, resultando em benefícios no ganho de peso e na conversão alimentar (Oliveira et al., 2003; Arouca et al., 2004).

A principal característica destas dietas de balanceamento aminoacídico ótimo é a redução dos teores de proteína bruta em até 4 a 5 pontos percentuais, e a melhoria da eficiência econômica, das características de carcaça e da redução no impacto ambiental (Trindade Neto et al., 2009).

Paralelamente, em vários países cuja legislação permite sua utilização, a ractopamina participa amplamente nas dietas de suínos em fase final de engorda como um aditivo repartidor de nutrientes, agindo na redução da lipogênese, na promoção do desenvolvimento muscular, com resultados importantes na minimização da deposição graxa e aumento da quantidade de carne magra, melhorando a conversão alimentar, o desempenho e as características de carcaça, determinando melhores índices de bonificação (Almeida et al, 2010; Agostini et al., 2011).

Não menos importante e livre de restrições legais, o cromo picolinato também aparece como um aditivo para ração de suínos em fase de crescimento e terminação, atuando no aumento da tolerância à glicose por meio da potencialização da insulina, aumentando a absorção deste açúcar, melhorando as características de carcaça e a qualidade de carne (Gomes et al., 2005).

A combinação destes conceitos nutricionais e recursos (ractopamina e cromo) na engorda de suínos *a priori* representa uma maior possibilidade de ganho zootécnico e de carcaça, no entanto, uma gama de fatores pode influenciar estes resultados. Este cenário também contrasta com as condutas que ainda preservam formulações com níveis proteicos mais elevados, com o objetivo de reduzir os riscos de uma dieta baseada no conceito de proteína ideal. Dietas formuladas sob o conceito de proteína ideal demandam um ajuste rigoroso das exigências específicas de uma determinada genética, pedem adequações à

condição climática e devem se identificar com a condição sanitária dos animais (Rostagno et al., 2011). Assim, se não correspondidas estas demandas, uma dieta com baixo nível proteico, baseada no conceito de proteína ideal, pode não atender as reais exigências dos animais, levando à queda de desempenho (Brumano, 2009).

Neste sentido, visa-se avaliar com este trabalho diferentes dietas formuladas sob três níveis proteicos e a participação da ratopamina e do cromo picolinato com foco na melhora das características de desempenho, carcaça, qualidade de carne e viabilidade econômica.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

A parte de desempenho foi realizada no setor de suinocultura da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, nas instalações de crescimento e terminação experimentais. Foram utilizados 70 suínos de genética Pen Ar Lan, sendo 35 machos castrados e 35 fêmeas de mesma idade e peso médio inicial de $25 \pm 2,5$ kg. Os animais foram alojados em número de três por baia, três machos e três fêmeas em 20 baias e em número de dois por baia, um macho e uma fêmea, em 5 baias de alvenaria e piso compacto com 3m^2 , totalizando 25 baias.

Os animais receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental, compreendendo 100 dias quando os animais atingiram a média final de $119,08 \pm 6,0$ kg de peso vivo. A pesagem dos animais foi realizada no início do experimento e no final de cada fase correspondente às mudanças das necessidades nutricionais dos suínos, compreendendo as fases de crescimento 1 (dos 25 aos 40 kg), crescimento 2 (40 a 60 kg), terminação 1 (60 a 83 kg) e terminação 2 (83 kg ao abate).

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, sendo 5 blocos de acordo com o peso inicial dos animais, com 5 repetições por tratamento, no qual cada baia correspondeu à unidade experimental estudada para o desempenho para as variáveis consumo diário de ração e conversão alimentar, enquanto cada animal correspondeu à unidade experimental do ganho de peso final no desempenho e a todas as demais características estudadas.

Os tratamentos compreenderam cinco formulações distintas que objetivaram atender as exigências mínimas para suínos fêmeas de alto potencial genético com desempenho superior, com base em Rostagno et al. (2005) (fase de

crescimento e terminação) e no NRC (1998) (fase final de terminação) devido ao peso final de abate pretendido por este experimento ser superior ao máximo proposto por Rostagno et al. (2005), subdividindo as necessidades nutricionais dos animais em quatro faixas de peso, entre 25 e 40 kg de peso vivo (Crescimento I), entre 40 e 60 kg de peso vivo (Crescimento II), entre 60 e 80 kg de peso vivo (Terminação I) e entre 80 e 110 kg de peso vivo (Terminação II) (**Tabela 1 e 2**).

A fase de desempenho foi estudada em duas etapas, sendo a primeira composta por quatro tratamentos distintos durante as fases de crescimento e terminação I, sendo os tratamentos experimentais propostos:

Tratamento 1: **Alta Proteína**, formulada à base de milho e farelo de soja, com os níveis proteicos estando associados a estes ingredientes.

Tratamento 2: **Média Proteína**, formulada à base de milho, farelo de soja e L-Lisina sintética 98%, com os níveis proteicos estando associados a estes ingredientes.

Tratamento 3: **Baixa Proteína**, formulada à base de milho, farelo de soja e os aminoácidos sintéticos, L-Lisina HCl sintética 99%, DL-Metionina 99% e L-Treonina 98,5% com os níveis proteicos estando associados a estes ingredientes e sua inclusão relacionada às exigências dos animais para cada fase.

Tratamento 4: **Baixa Proteína + Picolinato de Cromo**, formulada com os ingredientes da baixa proteína mais o picolinato de cromo (Vitagri®) a 400 ppb durante todo o período experimental.

A segunda etapa da fase de desempenho compreendeu a inclusão de um novo tratamento a ser avaliado somente durante a última fase, a terminação II. Este tratamento foi utilizado em animais previamente alimentados com ração similar à baixa proteína (Tratamento 3) durante as fases anteriores, e correspondeu à inclusão de 20ppm de ractopamina com suplementação adequada de aminoácidos essenciais, sobretudo lisina, elevando a proteína bruta deste tratamento para 17,34%, superior à proteína do tratamento I. Desta forma, o desempenho da fase de terminação II passou a ser avaliado entre os quatro tratamentos previamente propostos e o tratamento 5, caracterizado pela utilização da **Ractopamina** a 20ppm (Paylean 2%®).

Para avaliação do desempenho, foi realizada a pesagem dos animais e o cálculo do arraçamento destes por fase experimental. Os resultados

foram expressos em média de peso final, ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar.

Para a avaliação do desempenho econômico das diferentes dietas, os preços dos ingredientes que foram utilizados na elaboração das rações experimentais foram coletados na região de Londrina. A viabilidade econômica dos tratamentos foi verificada segundo Bellaver et al. (1985) e o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo Médio (ICM) dos tratamentos foram desenvolvidos segundo Barbosa et al. (1992), segundo as formulações:

$IEE = MC/CT \times 100$; $IC = CT/MC \times 100$, em que: MC = menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos; CT = custo médio do tratamento considerado.

Em relação ao custo por quilo de peso vivo, foram verificados o total do custo de consumo dos animais por baía em relação ao ganho de peso final destes animais levando em conta duas etapas, todas as fases experimentais e apenas a fase de terminação II. Os custos foram submetidos à análise de variância.

Tabela 1 – Composição percentual e calculada das rações experimentais.

Ingredientes	Crescimento I					Crescimento II					Terminação I					Terminação II				
	Alta	Media	Baixa	Rac	Cr	Alta	Media	Baixa	Rac	Cr	Alta	Media	Baixa	Rac	Cr	Alta	Media	Baixa	Rac	Cr
Milho	65,00	69,84	72,69	72,69	72,59	68,00	70,89	73,77	73,77	73,67	72,00	74,90	78,73	78,73	78,63	75,00	76,92	82,72	71,53	82,62
F. soja	31,00	26,00	23,00	23,00	23,00	28,00	25,00	22,00	22,00	22,00	24,00	21,00	17,00	17,00	17,00	22,00	20,00	14,00	24,00	14,00
Suínos 30 ¹	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Oleo de soja	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
L- lisina	0,00	0,16	0,26	0,26	0,26	0,00	0,11	0,22	0,22	0,22	0,00	0,10	0,26	0,26	0,26	0,00	0,08	0,27	0,31	0,27
DL- metionina	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,05	0,01
L- treonina	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
Picolinato de Cromo ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Paylean 2% ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00

¹ Composição do Suínos 30: Cloreto de Sódio (sal comum), Calcário Calcítico, Fosfato Bicalcico, Aditivo Enzimático, Cloreto de Colina, Sulfato de Cobre, Aditivo Antioxidante, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Biotina, Acido Pantotênico, Acido Fólico, Acido Nicotínico, Sulfato de Manganês, Sulfato de Cobre, Sulfato Ferroso, Sulfato de Zinco, Iodato de Cálcio, Selenito de Sódio.

Composição do Suínos 30 por kg de produto: ácido aólico (mín.), 10,00 mg; ácido nicotínico (mín.), 566,67 mg; ácido pantotênico (mín.), 433,33 mg; biotina (mín.), 6,67 mg; cálcio (máx.), 260,00/290,00 g; cobre (mín.), 3.321,33 mg; colina (mín.), 4.000,00 mg; ferro (mín.), 3.811,00 mg; fósforo (mín.), 80,00 g; iodo (mín.), 30,33 mg; manganês (mín.), 1.593,78 mg; selênio (mín.), 10,00 mg; vitamina A (mín.), 233.000,00 UI/Kg; vitamina B1 (mín.), 33,33 mg; vitamina B12 (mín.), 433,33 mcg; vitamina B2 (mín.), 150,00 mg; vitamina B6 (mín.), 30,00 mg; vitamina D3 (mín.), 46.000,00 UI/Kg; vitamina E (mín.), 666,67 UI; vitamina K3 (mín.), 33,33 mg; zinco (mín.), 2.843,00 mg; zinco, 41.667,00 mg.

² A mistura corresponde a pré-mistura entre picolinato de cromo e milho fornecendo 400ppb à formulação.

³ Paylean 2% ® corresponde à adição de 10 ppm de ractopamina.

Tabela 2 – Níveis nutricionais das rações experimentais

Ingredientes	Crescimento I					Crescimento II					Terminação I					Terminação II				
	Alta	Medi a	Baix a	Rac	Cr	Alta	Medi a	Baix a	Rac	Cr	Alta	Medi a	Baix a	Rac	Cr	Alta	Medi a	Baix a	Rac	Cr
Nutrientes																				
Proteína Bruta (%)	19,66	17,90	16,88	16,88	16,87	18,52	17,48	16,44	16,44	16,43	17,00	15,95	14,58	14,58	14,57	16,32	15,63	13,53	17,34	13,52
Extrato Etéreo (%)	3,96	4,04	4,08	4,08	4,08	4,01	4,06	4,10	4,10	4,10	4,08	4,12	4,18	4,18	4,18	3,15	3,18	3,27	4,06	3,26
Fibra Bruta (%)	3,01	2,79	2,66	2,66	2,68	2,88	2,75	2,62	2,62	2,64	2,73	2,60	2,42	2,42	2,44	2,66	2,57	2,31	2,72	2,33
Matéria Seca (%)	5,28	5,05	4,91	4,91	4,95	5,14	5,00	4,86	4,86	4,90	4,97	4,83	4,65	4,65	4,69	4,89	4,80	4,52	4,97	4,56
Cálcio (%)	0,99	0,97	0,96	0,96	0,97	0,980	0,97	0,96	0,96	0,97	0,99	0,97	0,96	0,96	0,97	0,98	0,97	0,95	0,99	0,96
Fósforo (%)	0,56	0,55	0,54	0,54	0,54	0,554	0,55	0,54	0,54	0,54	0,48	0,47	0,46	0,46	0,46	0,48	0,47	0,45	0,48	0,45
Energia (Kcal)	3251	3260	3265	3265	3262	3256	3261	3267	3267	3264	3262	3267	3274	3274	3271	3216	3219	3229	3262	3226
Lisina (%)	1,05	1,04	1,05	1,05	1,05	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,87	0,87	0,89	0,89	0,89	0,82	0,83	0,83	1,11	0,83
Metionina (%)	0,34	0,31	0,33	0,33	0,33	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,27	0,27	0,27	0,30	0,29	0,25	0,36	0,25
Met + Cis (%)	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,67	0,64	0,62	0,62	0,62	0,63	0,60	0,56	0,56	0,56	0,62	0,59	0,53	0,69	0,53
Treonina (%)	0,83	0,75	0,73	0,73	0,72	0,79	0,74	0,69	0,69	0,69	0,72	0,67	0,62	0,62	0,62	0,69	0,66	0,58	0,77	0,57
Triptofano (%)	0,26	0,23	0,21	0,21	0,21	0,24	0,23	0,21	0,21	0,21	0,22	0,20	0,18	0,18	0,18	0,21	0,20	0,18	0,22	0,16
Lisina digestível (%)	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,86	0,88	0,89	0,89	0,89	0,77	0,78	0,81	0,81	0,81	0,72	0,74	0,75	1,01	0,75
Met digestível (%)	0,30	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,24	0,24	0,24	0,26	0,25	0,22	0,33	0,22
Met + Cis dig (%)	0,60	0,56	0,56	0,56	0,56	0,58	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,48	0,48	0,48	0,53	0,51	0,46	0,60	0,46
Treonina dig (%)	0,67	0,61	0,59	0,59	0,59	0,63	0,59	0,55	0,55	0,55	0,58	0,54	0,50	0,50	0,50	0,56	0,53	0,47	0,63	0,47
Triptofano dig (%)	0,22	0,19	0,18	0,18	0,18	0,20	0,19	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,15	0,15	0,15	0,17	0,16	0,13	0,18	0,13
Picolinato de Cr (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	4x10 ⁻⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	4x10 ⁻⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	4x10 ⁻⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	4x10 ⁻⁴

Os animais foram submetidos ao jejum alimentar doze horas antes do embarque às 06:00, de onde foram levados para o abate em um frigorífico comercial de Rolândia supervisionado pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF). Os animais foram insensibilizados via corrente elétrica, com um equipamento da marca Petrovina IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se voltagem de 350 volts e 1,3 A por três segundos. Para a sangria, os animais foram suspensos por um dos membros posteriores e içados de cabeça para baixo, a incisão foi realizada sobre os grandes vasos do pescoço (principalmente a veia jugular), com a sangria sendo

facilitada pela ação da gravidade. Os animais foram, em seguida, escaldados, depilados, eviscerados, suas carcaças foram divididas longitudinalmente ao meio, foi mensurado o peso de carcaça quente e o pH inicial dos músculos *Longissimus dorsi* e pernil, e, em seguida, as carcaças foram resfriadas à temperatura de $2\pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas,

Após o resfriamento, foi mensurado o peso de carcaça resfriada e estas foram avaliadas individualmente, apenas a metade esquerda, para comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo *Longissimus dorsi* (PM), área de olho de lombo (AOL), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça resfriada (PCR) e rendimento de carne na carcaça (RC) de acordo com as orientações propostas por Bridi & Silva (2009).

A espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foram mensuradas na altura da última costela a 6 cm da linha média do corte. A partir dos valores dessas medidas, estimou-se o rendimento e a quantidade de carne na carcaça (RCC e QCC). Para esses parâmetros foi utilizada a metodologia estabelecida por Guidoni (2000).

O Índice de Bonificação (IB), expresso em porcentagem, que corresponde a um fator de acréscimo ao valor unitário pago por kg de suíno abatido considerando a qualidade (porcentagem de carne) e o peso da carcaça, foi calculado segundo Fávero et al. (1997).

As medidas de pH inicial e final da carne foram medidas em dois músculos de referência, o *Longissimus dorsi* (lombo) e o pernil esquerdos. O primeiro foi mensurado com um potenciômetro na altura da última costela, aos 45 minutos após o abate (pH inicial) e após 24 horas de resfriamento (pH final) a aproximadamente $2 \pm 1^\circ\text{C}$. O segundo foi mensurado com o potenciômetro localizado aproximadamente no centro deste músculo. Após 24 horas de resfriamento, foi retirada de cada meia-carcaça esquerda uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 25 cm de espessura, identificando-se a porção cranial e caudal e encaminhando-as para o Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Londrina.

Cada amostra foi separada do tecido subcutâneo e gordura intermuscular adjacente e foram coletadas oito amostras de aproximadamente 2,5 cm de comprimento.

Com exceção das amostras de cor, marmoreio e perda de água por gotejamento, as amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, vedados, devidamente registrados e armazenados em freezer a -20 °C até a realização das análises.

Para a análise de cor, as amostras foram analisadas 24 horas após o abate, utilizando o colorímetro portátil Minolta® CR10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8° e foram expressos no sistema de cor CIELAB. Com esses valores, calculou-se o ângulo de tonalidade (h^*) pela equação $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, o índice de saturação (c^*) a partir da equação $c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$ e a luminosidade (L^*). Estas mesmas amostras também foram avaliadas subjetivamente para marmoreio, utilizando-se padrões fotográficos (National Pork Producers Council, 1991).

A capacidade de retenção de água da carne foi avaliada utilizando-se duas metodologias: perda de água por gotejamento e perda de água na cocção. A perda de água por gotejamento foi avaliada segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981). A perda de água na cocção foi obtida pela diferença de peso da amostra descongelada e após o cozimento em forno pré-aquecido a 170 °C, até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 71 °C.

Para avaliar a maciez da carne, utilizou-se as amostras das análises de perda de água por cocção, sendo que após a cocção, as amostras permaneceram armazenadas por 24 horas a 2 ± 2 °C. Foram retiradas sub-amostras cilíndricas de 2,5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, utilizando-se um amostrador de aço de forma cilíndrica. A força de cisalhamento foi tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada no texturômetro Stable Mycro Systems TA-XT2i (Bouton et al., 1971). As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós-teste e de 2 mm/s no teste.

Para a análise química da carne, foram mensuradas o teor de umidade e cinzas, a determinação de lipídios e de proteínas, segundo metodologias descritas por AOAC (1984).

Para os parâmetros sanguíneos, foi colhido sangue de 50 animais, sendo 10 para cada tratamento. Foram avaliados os níveis séricos de glicose (Método GOD-PAP (Teste enzimático), ácido láctico (Enzimático-UV utilizando Lactato Desidrogenase), colesterol CHOD-PAP (Teste fotométrico enzimático),

triglicérides (Glicerol-3-Fosfato-Oxidase (Teste enzimático)) e cortisol (Quimioluminescência). As amostras de sangue foram colhidas no momento da sangria do animal no frigorífico, acondicionadas e encaminhadas para um laboratório comercial sendo realizadas as

A temperatura ambiente foi mensurada por um termômetro de máxima e mínima durante todo o período experimental. Neste experimento, as fases de crescimento apresentaram médias de temperatura máxima/mínima de 30,4°C e 28,1°C/24,85°C e 22,3°C para as fases de Crescimento I e II respectivamente. Para as fases de terminação, a temperatura máxima/mínima foram de 31,4°C e 27,8°C/23,75°C e 20,7°C para as fases de Terminação I e II respectivamente.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância ANOVA, utilizando-se o pacote estatístico MINITAB 1.6 (2010). Foi utilizado o seguinte modelo matemático: $Y_{ij} = m + B_i + T_j + e_{ij}$ para o desempenho e aspecto econômico e $Y_{ijk} = m + B_i + T_j + S_k + e_{ijk}$ para a qualidade de carne e parâmetros sanguíneos, em que: Y_{ij} = valor observado da variável estudada, relativo a cada unidade experimental, recebendo o tipo de ração j do bloco i e do sexo k ; m = constante geral; B_i = efeito do i ésimo bloco ($i=1, 2, 3, 4$ e 5); e T_j = efeito do tratamento ($j=1, 2, 3, 4, 5$); S_k = efeito do sexo ($k = 1$ e 2) e e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação. Para testar a diferença entre as médias, foi utilizado o teste de Tukey com um máximo de 10% de significância.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados do desempenho da etapa em que se utilizaram apenas quatro rações experimentais, observou-se diferença para as fases de crescimento I e crescimento I + II, nas quais os animais submetidos ao tratamento com maior nível proteico apresentaram melhor conversão alimentar em relação ao tratamento com menor nível proteico associado ao picolinato de cromo para níveis de significância de 10% e 5% respectivamente (Tabela 3).

A conversão alimentar é uma relação entre o consumo de ração e o ganho de peso, dessa forma, embora estes parâmetros não tenham apresentado diferença entre nenhum dos programas propostos, os valores absolutos apontaram melhor conversão para o programa com alta proteína (19,66 e 18,52% de proteína bruta para as fases de crescimento I e II respectivamente) em relação à ração com

cromo e baixa proteína (16,88 e 16,44% de proteína bruta). Como não houve alteração no consumo e ganho de peso desses tratamentos entre si e em relação aos demais, as diferenças observadas para a conversão alimentar desses programas nutricionais podem estar relacionadas tão somente às relações entre os valores absolutos de consumo e ganho de peso destes dois tratamentos.

Para os demais parâmetros de desempenho zootécnico das fases de crescimento e terminação I não houve diferença entre os tratamentos. A semelhança observada entre os diferentes níveis proteicos é uma resposta comum quando se reduzem os teores de proteína bruta com suplementação de aminoácidos essenciais, sobretudo para ambientes que apresentam temperaturas elevadas como foi observado durante este experimento (Ferreira et al., 2006 ; Trindade Neto et al., 2009). As temperaturas mínimas situaram-se 6°C acima da temperatura ótima para a categoria (23°C) e foram observadas durante 72,5% da fase de crescimento e 60% da fase de terminação, enquanto as temperaturas máximas estiveram acima deste limite durante todo o experimento.

Para a segunda etapa do desempenho zootécnico correspondente à terminação II, foram observadas diferenças para os parâmetros de ganho diário de peso ($P \leq 0,05$), consumo diário de ração e conversão alimentar ($P \leq 0,10$).

Para o ganho diário de peso, o programa com ractopamina foi superior em relação ao programa com baixa proteína. A ractopamina pode influenciar positivamente o ganho de peso, inclusive sob condições de estresse calórico (Sanches et al., 2010). Isto porque essa substância melhora a utilização dos nutrientes alimentares, promovendo um maior anabolismo proteico (Palermo-Neto, 2006). A melhora de ganho de peso proporcionada pela ractopamina, entretanto, foi verificada apenas em relação ao programa com baixa proteína. A principal diferença entre esse programa nutricional e os demais coube ao baixo nível proteico (13,53%), quase quatro pontos percentuais abaixo do nível proteico do programa com ractopamina (17,34%) e mais de dois pontos percentuais dos programas com maiores níveis proteicos (16,32% e 15,63%).

O baixo nível proteico associado ao estresse calórico proporcionado pelas condições deste experimento podem ter sido os responsáveis pela redução do ganho de peso dos animais deste programa para 0,93kg/dia, abaixo da média de 0,98 kg/dia estabelecida para machos castrados e fêmeas da genética Pen Ar Lan utilizada, sendo o único tratamento que apresentou valores abaixo dos estabelecidos

para a genética (Pen Ar Lan, 2010) . Reduzidos níveis proteicos podem impedir a deposição de tecido magro mesmo quando relacionado com a suplementação adequada de lisina, treonina e metionina, pois, a suplementação dos demais aminoácidos essenciais pode se tornar inadequada, tornando-os limitantes (Figueroa et al., 2002).

Para o picolinato de cromo, não houve diferença em relação à ractopamina, apesar dos níveis proteicos serem semelhantes à dieta com baixo nível de proteína. Essa resposta pode estar associada ao papel repartidor de nutrientes do cromo na resposta de ganho de peso e ao maior consumo de ração deste programa em relação à ractopamina.

O consumo diário de ração também apresentou diferença ($P \leq 0,10$) sendo maior para o programa que associou baixa proteína e picolinato de cromo em relação aos programas com alta proteína, média proteína e ractopamina. Almeida et al. (2010), ao utilizarem o cromo como aditivo na ração para suínos em fase de terminação, encontraram resultados diferentes, com uma redução significativa no consumo, porém sem comprometimento da conversão alimentar. Neste experimento foi encontrada uma resposta inversa a daqueles autores, com aumento do consumo relacionado ao cromo e piora na conversão alimentar (em relação à ractopamina).

O consumo de uma ração suplementada com picolinato de cromo pode afetar o apetite devido ao seu efeito potencializador da insulina no organismo, aumentando a tolerância à glicose, melhorando a absorção deste açúcar e exercendo uma influência negativa sobre o consumo voluntário dos animais (Oliveira et al., 2007). Entretanto, essa resposta de aumento no consumo pode não estar associada ao uso do picolinato de cromo e sim aos baixos níveis de proteína bruta deste programa quando associado ao efeito repartidor de nutrientes do cromo.

O consumo voluntário dos suínos pode ser influenciado, entre outros fatores, pelo estresse calórico (Quinou et al., 2000) e pela relação proteína:energia da dieta (Forbes, 2010). Altas temperaturas requerem uma demanda energética menor, diminuindo o comportamento basal e a alimentação do animal, levando à baixa ingestão de nutrientes, sobretudo de aminoácidos essenciais. Uma estratégia para reduzir o incremento calórico e melhorar o desempenho de suínos sob estresse térmico é a suplementação com aminoácidos sintéticos e baixos níveis proteicos (Fialho, 1994). Isto favorece o aumento no consumo alimentar por reduzir a relação

proteína:energia da dieta, diminuindo o nitrogênio da mesma, aumentando, conseqüentemente, o consumo.

Entretanto, o aumento do consumo apenas pela utilização de um baixo nível proteico (13,52%) não foi verificado para o programa com este nível de proteína mas sem a associação do picolinato de cromo, fazendo com que a resposta de consumo deste programa fosse a mesma dos demais programas. Já a utilização do picolinato de cromo, ao promover um melhor direcionamento dos nutrientes para o metabolismo animal, favoreceu a utilização dos nutrientes proteicos, aumentando a exigência nutricional dos animais e tornando a relação proteína:energia ainda menor, estimulando o consumo alimentar. De modo inverso, os programas com níveis elevados de proteína para alta e média proteínas e ractopamina (16,52; 15,63 e 17,34% respectivamente) apresentaram uma maior relação proteína:energia que, aliada ao efeito depressor do consumo das altas temperaturas, levaram a um menor consumo destes programas em relação ao programa com baixa proteína e picolinato de cromo.

A conversão alimentar também apresentou diferença ($P \leq 0,10$) em relação aos tratamentos com ractopamina e picolinato de cromo, sendo o primeiro melhor do que o segundo. O incremento da conversão alimentar pelo uso da ractopamina para suínos em terminação tem sido uma resposta frequente para essa substância (Girão et al., 2008; Almeida et al., 2010; Agostini et al., 2011).

Como a conversão alimentar é uma relação entre o consumo e o ganho de peso dos animais, sua variação para os programas nutricionais com ractopamina e picolinato de cromo pode ser explicada pela diferença no consumo dos animais alimentados com estas duas formulações e pelo desempenho semelhante em relação ao ganho de peso dos mesmos.

Tabela 3 – Médias e desvio-padrão observados do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GPD), conversão alimentar (CA) e média de peso final (MPF) para os tratamentos estudados durante as diferentes fases experimentais.

Desempenho Zootécnico																
	Crescimento I				Crescimento I e II				Crescimento I e II + Terminação I				Terminação II			
Tratamento	GPD (kg)	CDR (kg)	CA ²	MPF (kg)	GPD (kg)	CDR (kg)	CA ¹	MPF (kg)	GPD ³ (kg)	CDR (kg)	CA	MPF (kg)	GPD ¹ (kg)	CDR ² (kg)	CA ²	MPF (kg)
Alta Proteína	0,78	1,72	2,18	40,90	0,88	2,09	2,37a	60,31	0,91	2,39	2,64	85,88	1,02a	3,23b	3,11ab	121,11
Média Proteína	0,80	1,89	2,36	41,27	0,89	2,19	2,45ab	60,93	0,88	2,44	2,76	84,40	1,02a	3,19b	3,32ab	119,92
Baixa Proteína (BP)	0,74	1,77	2,37	40,09	0,86	2,18	2,52ab	59,90	0,88	2,46	2,79	84,30	0,93b	3,25ab	3,14ab	115,53
BP + Cromo	0,71	1,73	2,45	39,47	0,81	2,09	2,58b	57,73	0,85	2,38	2,78	82,59	1,07a	3,45a	3,36b	119,90
Ractopamina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,14a	3,13b	2,89a	120,88
Média Geral	0,75	1,77	2,35	40,62	0,86	2,14	2,49	59,66	0,88	2,41	2,75	83,88	1,05	3,25	3,16	119,92
P valor	0,723	0,516	0,088*	0,723	0,571	0,741	0,027*	0,179	0,629	0,936	0,124	0,392	0,010*	0,071*	0,060*	0,203
CV (%)	18,22	15,45	7,35	11,55	11,50	11,4	5,0	10,66	13,14	10,5	8,12	10,76	17,66	11,04	9,29	8,53

¹ Para letras diferentes, valores significativamente diferentes no teste de Tukey, com $P \leq 0,05$.

² Para letras diferentes, valores significativamente diferentes no teste de Tukey, com $P \leq 0,10$.

Tabela 4 – Médias e desvio-padrão observados para o peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCR), quantidade de carne na carcaça (QCC), perda de carcaça no resfriamento (PCRES), rendimento de carne na carcaça no resfriamento (RCRES), quantidade de carne na carcaça no resfriamento (QCRES), índice de bonificação (IB), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), profundidade de músculo (PM), área de olho de lombo (AOL), rendimento de carne (RC), de acordo com as dietas experimentais e os gêneros.

Tratamento	Parâmetros											
	PCQ (Kg)	PCR (Kg)	QCC (Kg)	PCRES (%)	RCRES (%)	QCRES (%)	IB	CC (cm)	ET (mm)	PM (mm)	AOL (cm ²)	RC (%)
Alta Proteína	93,72	91,65	50,52ab	2,19	47,94	51,01ab	110,38ab	99,26	20,17	69,66a	49,23ab	55,27
Média Proteína	90,35	87,72	49,94ab	2,31	49,74	50,44ab	111,73ab	97,08	17,55	68,60ab	50,64a	56,68
Baixa Proteína (BP)	89,46	87,45	47,58b	2,28	48,32	48,29b	108,79b	99,37	20,70	64,96b	46,42b	54,86
BP + Cromo	91,47	89,48	49,13ab	2,17	48,49	49,64ab	109,70ab	98,321	19,95	64,72b	45,28b	54,90
Ractopamina	94,24	92,19	52,16a	2,18	49,79	52,60a	112,31a	97,25	17,45	69,79a	50,75a	56,85
Média Geral	92,85	90,83	50,64	2,17	48,86	49,60	110,58	98,26	19,16	67,55	48,46	55,71
P valor	0,487	0,464	0,054*	0,167	0,446	0,040*	0,041	0,335	0,297	0,028 ¹	0,032 ¹	0,274
CV%	9,26	9,65	8,08	10,81	6,49	7,41	2,99	3,84	25,1	8,3	11,59	2,17

*Para letras diferentes, valores significativamente diferentes no teste de Tukey, com $P \leq 0,05$.

Para os parâmetros de carcaça (**Tabela 4**) foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) para as variáveis QCC, QCRES, IB, AOL e PM. Observou-se médias superiores ($P \leq 0,05$) de quantidade de carne na carcaça (QCC) e quantidade de carne na carcaça no resfriamento (QCRES) para o tratamento com ractopamina em relação ao tratamento com menor nível de proteína, culminando também em um melhor índice de bonificação (IB). Amaral et al. (2008), verificando a viabilidade do uso de ractopamina em suínos machos castrados e fêmeas dos 94 aos 130kg de PV, constataram que, com inclusões de 5 ou 10ppm, há uma melhora substancial no IB da carcaça desses animais.

Para a profundidade de músculo (PM), houve melhor resultado para o grupo tratado com ração formulada com maior nível proteico e ração com ractopamina em relação aos grupos que receberam ração com baixo nível proteico e sua associação com o cromo picolinato. Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Sanches et al. (2010) que identificaram aumento da profundidade de músculo para diferentes níveis de inclusão de ractopamina (5, 10 e 20ppm) em relação à dieta controle (0ppm), que apresentava 17,96% de proteína bruta.

O cromo, diferente dos resultados positivos sobre a característica quantidade de carne magra na carcaça, não conseguiu produzir qualquer efeito sobre a profundidade de músculo, apresentando resultados similares à dieta formulada com menor nível proteico. A maioria dos trabalhos efetuados com cromo para suínos em crescimento e terminação não apontam diferenças nessa característica quando se utiliza qualquer forma de cromo quelatado (Boleman et al., 1995; Mooney & Cromwell, 1995; 1999; Almeida et al., 2010).

Para área de olho de lombo, observou-se diferença ($P \leq 0,05$) a favor do tratamento com ractopamina e com ração com médio nível de proteína, comparada com os grupos tratados com ração de baixo nível proteico e sua associação com o cromo picolinato. Essa diferença tem relação com o fato de que menores teores de proteína bruta na dieta podem determinar redução na deposição proteica muscular e aumento na deposição de gordura, com conseqüente piora dos parâmetros associados à carne magra na carcaça caso haja desequilíbrio no consumo de aminoácidos essenciais, sobretudo da lisina (Brumano, 2009). Armstrong et al. (2004) e Almeida et al. (2010) encontraram aumento dessa característica para dietas suplementadas com ractopamina em diversos níveis de inclusão, demonstrando que este efeito é típico quando se utiliza este beta adrenérgico. O cromo, por sua vez, não foi suficientemente capaz de apresentar resultados satisfatórios como a ractopamina para a AOL, demonstrando resultados semelhantes ao encontrado na dieta com baixo nível proteico. Para a suplementação com 200ppb de picolinato de cromo, alguns trabalhos apontam aumento da área de olho de lombo (Lindemann et al., 1995; Mooney & Cromwell, 1997), entretanto, outros referem que esta característica não se altera com a inclusão deste mineral (Boleman et al., 1995; Mooney & Cromwell, 1995;1999).

A relação entre a carne magra e a gordura na carcaça geralmente está associada à lisina dietética, que é o aminoácido mais importante na formação do músculo, apresentando constância na proteína corporal e destinação metabólica preferencial para a deposição deste tecido (Kessler, 1998). Neste experimento, os tratamentos, embora formulados com percentuais semelhantes de lisina total e digestível, apresentaram comportamento heterogêneo para essas características, com os maiores níveis proteicos determinando melhores resultados frente à ração formulada com menor teor deste nutriente. Segundo Brumano (2009), um desequilíbrio aminoacídico, seja em excesso ou deficiência, pode determinar

redução do potencial genético para deposição muscular, culminando com um maior aporte lipídico na carcaça. Excedentes deste nutriente produzem esqueletos de carbono resultantes de desaminação que são utilizados como fontes energéticas ou armazenados sob forma de gordura. A falta de aminoácidos essenciais para o desenvolvimento muscular, mesmo com níveis adequados de proteína bruta conduzem a relação carne-gordura da carcaça para a maior deposição lipídica frente ao crescimento muscular.

Neste sentido, a maior deposição de carne magra na carcaça e a menor deposição de gordura nos tratamentos com elevados níveis proteicos pode ser explicada levando-se em conta os benefícios relacionados ao alto teor de proteína bruta das dietas ou quando se suplementa uma ração com aminoácidos essenciais e se reduz o teor de proteína bruta. O excesso deste nutriente, superior ao preconizado pelo conceito de proteína ideal, pode reduzir a lipogênese hepática e aumentar o custo energético de produção e eliminação de ureia, direcionando a energia excedente para esta via de eliminação (Brumano, 2009). Esses resultados são suportados por experimentos de avaliação de carcaça de suínos alimentados com diferentes teores de proteína (Kerr et al., 1995; Hannas et al., 1999).

Entretanto, o limite de inclusão de proteína total responde de forma quadrática para a relação carne-gordura, existindo um ponto máximo para este benefício. Saraiva et al. (2003) e Abreu et al. (2006) encontraram que o nível de 20% de proteína determinou os melhores resultados de carcaça na fase de crescimento (15 aos 30 kg). Para a fase de terminação, este máximo desempenho, preservadas as características genéticas, dietéticas e as condições ambientais, definiram que, entre outros fatores, os melhores níveis de proteína na ração foram de 17,8% (Trindade Neto et al., 2009), 16% (Kerr et al., 1995; Vidal et al., 2010) e 14% (Kiefer & Quadros, 2009; Vidal et al., 2010).

A piora da deposição muscular na carcaça relativa à suplementação de aminoácidos associada a um menor aporte proteico, é referenciada por diversos autores (Kerr et al., 1995; De La Latta, 2002; Oliveira et al., 2006; Trindade Neto et al., 2009) sendo suportados por duas teorias. A primeira corrobora a ideia de que maiores teores de proteína favorecem a deposição de tecido magro pela demanda de energia para a eliminação da ureia excedente (Le Bellego et al., 2001). A segunda trata que reduzidos níveis proteicos impedem a deposição de tecido magro relacionada à suplementação adequada de lisina, treonina e metionina, mas

inadequada dos demais aminoácidos essenciais, fazendo com que outros aminoácidos possam se tornar limitantes, reduzindo a deposição muscular, mas não influenciando a deposição de gordura (Figuerola et al., 2002).

Para o uso da ractopamina, estes resultados de carcaça confirmam os encontrados por Almeida et al. (2010) e Agostini et al. (2011) e apontam o papel repartidor de nutrientes dessa substância para a deposição de carne magra mesmo para uma dieta com reduzido teor de proteína bruta. Nesse sentido, a maior permeabilidade aos íons Ca^{2+} e K^{+} que leva ao relaxamento muscular, a maior produção e captação de insulina e seu papel fundamental sobre o aporte proteico com consequente maior captação de aminoácidos para o interstício celular promove um incremento no anabolismo muscular, sobretudo das fibras tipo II (Palermo-Neto, 2006), melhorando a profundidade de músculo, área de olho de lombo e quantidade de carne na carcaça (Adeola et al., 1992).

Para o Índice de Eficiência Econômica e para o Custo Médio de Ração por kg de peso vivo produzido por tratamento (**Tabela 5**) verificou-se que não houve diferença ($P \geq 0,05$) no custo de ração por kg de peso vivo do leitão. Em valores absolutos, o tratamento com a inclusão de ractopamina foi o mais econômico.

Para as características qualitativas de carne, foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) somente para a perda de água por gotejamento (PAG), com menores valores para a dieta com baixo nível proteico e para a dieta com ractopamina em relação aos tratamentos com ração com média e alta proteína (**Tabela 6**). Os dados são semelhantes aos encontrados por Carr et al. (2005), que obtiveram reduções significativas da perda de água por gotejamento para os níveis de inclusão de 10 e 20ppm de ractopamina comparados com a dieta controle (0ppm de ractopamina) e Almeida et al. (2010), que observaram uma diminuição na capacidade de retenção de água pelo uso da ractopamina. Esta característica de qualidade de carne é apreciável no produto, melhorando a aparência para o consumidor e a sua conservação (Bonagurio et al., 2003).

A perda de água por gotejamento está relacionada com a classificação da carne. Além deste parâmetro são utilizados também pH inicial e final e a cor L^* . Segundo esses aspectos, a carne pode ser classificada em DFD (escura, firme e seca), PSE (pálida, seca e exsudativa), RFN (normal, vermelha e firme) e RSE (cor normal, porém exsudativa e mole) (Warner; Kauffman; Greaser,

1997). Apesar da ractopamina influenciar o pH final e perda de água por gotejamento, diversos trabalhos apontam essa substância como não responsável por aumento na aparição de PSE e DFD, classificações indesejáveis da carne (Bridi et al., 2008; Agostini et al., 2011).

Neste experimento, a ractopamina influenciou a perda de água por gotejamento, mas não o pH final, inicial e a cor L*. Dessa forma, para este experimento, apenas dois animais (2,86%) apresentaram as características de carne PSE segundo a metodologia descrita por Warner et al. (1997). Os animais pertenciam aos tratamentos com maiores teores de proteína.

O marmoreio apresentou diferença significativa ($P \leq 0,10$), com o melhor marmoreio da baixa proteína em relação à inclusão de ractopamina. Agostini et al. (2011) verificando a influência de diferentes inclusões de ractopamina (10 e 20 ppm) sobre o marmoreio, verificaram diminuição em relação ao controle, entretanto, essa redução não influenciou na preferência da escolha da carne. Já a suplementação de 5 a 7,4 mg/kg de ractopamina parece não influenciar o marmoreio nem a preferência de consumo do lombo (*Longissimus dorsi*) para animais de terminação tardia (133 kg de peso final) (Fernández-Dueñas et al., 2008). O marmoreio parece ser influenciado pela ação lipolítica da ractopamina que aumenta o catabolismo lipídico, entretanto, a maior ação deste produto recai sobre o tecido subcutâneo e intermuscular do animal (Liu & Mills, 1990).

Para os demais parâmetros sanguíneos também não houve diferença entre os tratamentos (**Tabela 6**), assim como não houve diferença para o pH, a cor e a composição química do músculo *Longissimus dorsi* (**Tabela 7**).

Tabela 5 – Custo de ração (R\$/kg peso final de abate), Índice de Eficiência Econômica (IEE) (em %) e Índice de Custo Médio (ICM) (%).

Tratamento	Parâmetros			
	Custo de Ração ¹ (R\$/kg PV)	Custo de Ração ² na Terminação II (R\$/kg PV)	Índice de Eficiência Econômica	Índice de Custo Médio
Alta Proteína	1,38	1,56	96,59	103,53
Média Proteína	1,37	1,43	97,48	102,58
Baixa Proteína (BP)	1,34	1,43	99,17	100,84
BP + Cromo	1,34	1,44	99,56	100,44
Ractopamina	1,33	1,45	100	100

¹ O Custo de Ração foi submetido a ANOVA a 5% de significância para cada unidade experimental durante todas as fases experimentais (P=0,791) e para a fase de Terminação II (P=0,470).

Tabela 6 – Perda de água por gotejamento (PAG), no congelamento (PAC), maciez, marmoreio e níveis séricos de glicose, lactato, colesterol, triglicérides (TGL) e cortisol, de acordo com as dietas experimentais e os gêneros.

Tratamentos	Parâmetros								
	PAG (%)	PAC (%)	MACIEZ (Kgf)	MARMOR EIO	Glico se	Lact ato	Coolest erol	TGL	Corti sol
Alta	4,46b	14,83	3,67	1,89ab	95,7	101,	90,4	73,2	11,5
Média	4,04b	14,81	3,58	2,19ab	97,9	102,	92,7	77,1	13,7
Baixa Proteína (B)	2,71 ^a	15,16	3,59	2,28 ^a	91,9	91,8	93	64,7	12,6
B + Cromo	3,50ab	15,24	3,34	2,00ab	98,2	93,7	92	74,8	13,6
Ractopami	3,11 ^a	14,23	3,59	1,61b	76,9	101	93,4	74	15,3
Média	3,56	14,85	3,55	1,99	92,1	97,9	92,30	72,7	13,3
P valor	0,006¹	0,939	0,717	0,063²	0,16	0,90	0,983	0,9	0,75
CV%	39,9	22,14	17,9	34,53	23,0	28,0	12,38	38,3	49,1

¹Para letras diferentes, valores significativamente diferentes no teste de Tukey, com P ≤ 0,05.

² Para letras diferentes, valores significativamente diferentes no teste de Tukey, com P ≤ 0,10.

Tabela 7 – Médias de pH inicial e final, cor e composição química por tratamentos e gêneros estudados.

Tratamento	Parâmetros										
	pHL i	pHP i	pHL f	pHP f	c*	TON (h*)	L*	PB (%)	Um (%)	Cin (%)	EE (%)
Alta	6,16	6,08	5,63	5,77	9,13	68,46	54,00	22,0	72,4	4,01	1,27
Média	6,17	6,09	5,71	5,88	9,23	69,93	53,85	22,8	72,0	4,07	1,52
Baixa (BP)	6,30	6,23	5,78	5,99	8,66	68,77	52,98	22,3	72,1	3,90	1,71
BP + Cromo	6,32	6,11	5,63	5,81	8,74	70,09	52,66	21,4	71,8	3,80	1,76
Ractopamina	6,24	6,20	5,64	5,83	8,52	70,83	51,75	22,1	72,5	3,85	1,22
Média Geral	6,24	6,14	5,68	5,86	8,86	69,62	53,05	22,12	72,16	3,93	1,50
P valor	0,701	0,550	0,200	0,324	0,503	0,828	0,631	0,272	0,482	0,325	0,289
CV%	5,53	3,48	4,3	5,1	17,81	8,78	7,85	8,55	3,44	8,53	44,18

¹Para letras diferentes, valores significativamente diferentes no teste de Tukey, com $P \leq 0,05$.

4.4 CONCLUSÕES

O desempenho durante as fases de crescimento I, crescimento I + II e terminação I foi semelhante entre os quatro tratamentos propostos, indicando que a redução do nível protéico não afetou o desempenho zootécnico dos animais. Já o melhor programa proposto dentre os cinco utilizados para a fase de terminação II, envolvendo os parâmetros de carcaça, eficiência econômica e impacto ambiental, foi a inclusão de ractopamina nos 28 dias finais de terminação.

4.5 REFERÊNCIAS

ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1039-1046, 2006.

ADEOLA, O.; BALL, R. O.; YOUNG, L. G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, v. 122, p. 488-495, 1992.

AGOSTINI, P. S.; SILVA, C. A. ; BRIDI, A. M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 659-670, 2011.

ALMEIDA, V. V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L. B. et al. Ractopamina, cromometionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de

suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.39, n.9, pp. 1969-1977, 2010.

AMARAL, N.O.; SILVA, C.T.C.; ZANGERONIMO, M.G.; CERQUEIRA, L.G.S.

et al. Viabilidade econômico da suplementação de ractopamina em rações formuladas para suínos machos castrados ou fêmeas, dos 94 aos 130 kg. PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais...** p.126-128, 2008.

ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3245–3253, 2004.

AROUCA, C. L. C.; FONTES, D. O.; FERREIRA, W. M. et al. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 56, n. 6, p. 773-781, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTIS. **Official Methods of Analysis**. 14. Ed. Washington, DC, 1984.

BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. et al. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.21, n.5, p.827-837, 1992

BASQUES, F.W.A. **Guia Técnico de Bioquímica Labtest**. 2009. Disponível em: <www.labtest.com.br/download.php?a=3151>. Acesso em 10 de Dezembro de 2011.

BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.20, n.8, p.969-974, 1985.

BELLAVER, C. Utilização de melhoradores de desempenho na produção de suínos e de aves. Campo Grande, MS. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 7., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABZ/UEMS/UFMS, 2005. p. 1-29.

BOLEMAN, S. L. BOLEMAN, S.J.; BIDNER, T.D. et al. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. **Journal Of Animal Science**, v. 73, p. 2033-2042, 1995.

BONAGURIO, S.; PÉREZ, J. R. O.; GARCIA, I. F. F. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1981-1991, 2003.

BOUTON P.E.; HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.36, p.435-439, 1971.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Avaliação da carcaça e da carne suína**. 2.ed. Londrina; Ph Editora, 2009, 120p

BRUMANO, G.; GATTAS, G. Fatores que influenciam na exigência de lisina para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, p. 918-940, 2009.

_____. Níveis de lisina e de metionina-cistina e proteína bruta para melhor qualidade de ovo e de carcaça de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n° 3, p.898-917 Maio/Junho, 2009.

CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; KILLEFER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 223-230, 2005.

De La LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean mealbased diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2420-2432, 2002.

FÁVERO, J.A.; GUIDONI, A.L.; BELAVER, C. Predição do índice de valorização de carcaças suínas em função do peso e do percentual de carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNO, 8., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1997. p.405-406.

FERGUSON, N.S.; ARNOLD, G.A.; LAVERS, G. et al. The response of growing pigs to amino acids as influenced by environmental temperature. **Journal of Animal Science**, v.70, p.299-306, 2000.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M.; MYERS, A. J.; SCRAMLIN, S. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **J. Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3544-3550, 2008.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.1056-1062, 2006.

FIALHO, E. T. Influência da temperatura ambiental sobre a utilização da proteína e energia em suínos em crescimento e terminação. In: Simpósio Latino-Americano de Produção de Suínos, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. 1994. p.63-83.

FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S. et al.. M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2911-2919, 2002.

FORBES, J. M. Conceito sobre o consumo voluntário e seleção de dieta com referência especial aos animais domésticos. In: VIEIRA, S. L. **Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos**. Londrina, 2010. p. 16 -91.

GIRÃO, L.V.C.; RESENDE, A.E.; CANTARELLI, V.S. et al. Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais...** p.139-141, 2008.

GOMES, M. R.; ROGEDO, M. M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, v. 11, p. 262-266, 2005.

GUIDONI, A.L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2000. p.221-234.

HANNAS, M.I. Aspecto fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: Silva, I.J.O. (ed.) 1999. **Ambiência e Qualidade na Produção de Suínos**. FEALQ, Piracicaba, SP, 1999.247p.

KERR, B.J.; McKEITH, F.K.; EASTER, R.A. Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.73, p.433-440, 1995.

KESSLER, A.M. Exigências nutricionais para máximo rendimento de carne em suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia, 1998. p. 18-25

KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F. et al . Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 221, mar.2009.

KIEFER, C., QUADROS, A.. Planos nutricionais, com diferentes níveis proteicos, para suínos nas fases inicial e crescimento/terminação. **Agrarian**, América do Norte, 2, set. 2009.

LE BELLEGO, L.; MILGEN, J. van; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1259-1271, 2001.

LINDEMANN, M. D. WOOD, C. M.; HARPER, A.F. et al. 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**, v. 73, p. 457-465, fev. 1995.

LIU, C. Y., MILLS, S. E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, v.68, n.6, p.1603-1608, 1990.

MASSABIE, P.; GRANIER, J. L. L. Incidence de la temperature ambiante sur les performance zootechniques du porc 'a léngrais. **Journée REch. Porcine em France**. 28: 189-194,1996.

MERTZ, W.; ROGINSKI, E. E.. Effects of chromium (III) supplementation on growth and survival under stress in rats fed low protein diets. **Journal Of Nutrition**, Philadelphia, p. 531-536. 1969.

MOONEY, K. W.; CROMWELL, G. L. Efficacy of chromium picolinate on performance and tissue accretion in pigs with different lean gain potential. **Australasia Journal Of Animal Science**, v. 77, p. 1188-1198, fev. 1999.

_____. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2661-2671, 1997.

_____. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3351-3357, 1995.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Procedures to evaluate market**. 3. ed. Des Moines, Iowa, 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1998

OBLED, C.. Necessidades de aminoácidos em estados inflamatórios. **Avances em Tecnologia Porcina**, v. 1, p. 4-20, 2004.

OLIVEIRA, A.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Lisina em rações para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra na carcaça dos 110 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.150-155, 2003.

OLIVEIRA, V; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. Desempenho e composição corporal de suínos alimentados com dietas com baixos teores de proteína bruta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, p.1775-1780, 2006.

_____. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade de nutrientes e metabólitos sanguíneos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 137-143, 2007.

PALERMO-NETO, J. Agonistas de receptores α 2-Adrenérgicos e Produção animal. In: SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.545-557.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.77, n.8, p.2124-2134, 1999.

QUINIOU N., NOBLET J., DUBOIS S. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livest Production Science** 63: 245-253. 2000.

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

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2005. 153p.

_____. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais** / editor: Horacio Santiago Rostagno. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

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

SARAIVA, E.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L et al. Níveis de proteína bruta em rações para suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, mantidos em ambiente de baixa temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1690-1696 (Supl. 1), 2003.

SCHÄFER, A.; ROSENVOLD, K.; PURSLOW, P. P., ANDERSEN, H. J.; HENCKEL, P. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. **Meat Science**, v.61, n.4, p.355-366, 2002.

TRINDADE NETO, M. A.; BERTO, D. A.; ALBUQUERQUE, R. et al. Níveis de proteína em dietas de suínos em fase de crescimento e terminação. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, p. 474-483, 2009.

VIDAL, T.Z.B.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O. et al. Efeito da redução da proteína bruta e da suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, pp. 914-920, 2010.

WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G.; GREASER, M.L. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 339-352, 1997.

ANEXO

ANEXO A

Idioma: inglês

São aceitas somente submissões de manuscritos em inglês (tanto no inglês norte-americano como no inglês britânico). Constitui prerrogativa do corpo editorial da RBZ solicitar aos autores a revisão de sua tradução ou o cancelamento da tramitação do manuscrito, mesmo após seu aceite técnico-científico, quando a versão em língua inglesa apresentar limitações ortográficas ou gramaticais que comprometam seu correto entendimento.

Tipos de Artigos

Artigo completo: constitui o relato completo de um trabalho experimental. O texto deve representar processo de investigação científica coeso e propiciar seu entendimento, com explanação coerente das informações apresentadas.

Comunicação: constitui relato sucinto de resultados finais de um trabalho experimental, os quais possuem plenas justificativas para publicação, embora com volume de informações insuficiente para constituir artigo completo. Os resultados utilizados como base para a feitura da comunicação não poderão ser posteriormente utilizados parcial ou totalmente para apresentação de artigo completo.

Nota técnica: constitui relato de avaliação ou proposição de método, procedimento ou técnica que apresenta associação com o escopo da RBZ. Quando possível, a nota técnica deve apresentar as vantagens e desvantagens do novo método, procedimento ou técnica proposto, bem como sua comparação com aqueles previamente ou atualmente utilizados. Deve apresentar o devido rigor científico na análise, comparação e discussão dos resultados.

Revisão (a convite): constitui abordagem do estado da arte ou visão crítica de assuntos de interesse e relevância para a comunidade científica. Somente poderá ser submetida a convite do corpo editorial da RBZ.

Editorial: constitui abordagem para esclarecimento e estabelecimento de diretrizes técnicas e/ou filosóficas para estruturação e feitura de

artigos a ser submetidos e avaliados pela RBZ. Será redigida por ou a convite do corpo editorial da RBZ. O texto deve ser elaborado segundo as normas da RBZ e orientações disponíveis no link "Instruções aos autores".

Formatação de texto

O texto deve ser digitado em fonte Times New Roman 12, espaço duplo (exceto Resumo, Abstract e Tabelas, que devem ser elaborados em espaço 1,5), margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5; 2,5; 3,5; e 2,5 cm, respectivamente.

Pode conter até 25 páginas, numeradas seqüencialmente em algarismos arábicos.

As páginas devem apresentar linhas numeradas (a numeração é feita da seguinte forma: MENU ARQUIVO/CONFIGURAR PÁGINA/LAYOUT/NÚMEROS DE LINHA.../ NUMERAR LINHAS), com paginação contínua e centralizada no rodapé.

Manuscritos com número de páginas superior a 25 (acatando-se o máximo de 30 páginas) poderão ser submetidos acompanhados de carta encaminhada ao Editor Científico contendo justificativa para o número de páginas excedentes. Em caso de aceite da justificativa, a tramitação ocorrerá normalmente e, uma vez aprovado o manuscrito, os autores deverão arcar com o custo adicional de publicação por páginas excedentes. Caso não haja concordância com a justificativa por parte do Editor Científico, o manuscrito será reencaminhado aos autores para adequação às normas, a qual deverá ser realizada no prazo máximo de 30 dias. Em caso do não-recebimento da versão neste prazo, proceder-se-á ao cancelamento da tramitação (não haverá devolução da taxa de tramitação).

Estrutura do artigo (artigo completo)

O artigo deve ser dividido em seções com cabeçalho centralizado, em negrito, na seguinte ordem: Abstract, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgments (opcional) e References.

Não são aceitos subtítulos. Os parágrafos devem iniciar a 1,0 cm da margem esquerda.

Título

Deve ser preciso, sucinto e informativo, com 20 palavras no máximo. Digitá-lo em negrito e centralizado, segundo o exemplo: Valor nutritivo da cana-de-açúcar para bovinos. Indicar sempre a entidade financiadora da pesquisa, como primeira chamada de rodapé numerada.

Autores

Deve-se listar até oito autores. A primeira letra de cada nome/sobrenome deve ser maiúscula (Ex.: Anacleto José Benevenuto). Não listá-los apenas com as iniciais e o último sobrenome (Ex.: A.J. Benevenuto).

Outras pessoas que auxiliaram na condução do experimento e/ou preparação/ avaliação do trabalho devem ser mencionadas em Agradecimento.

Abstract

Deve conter no máximo 1.800 caracteres com espaço. As informações do resumo devem ser precisas e informativas. Abstracts extensos serão devolvidos para adequação às normas.

Deve sumarizar objetivos, material e métodos, resultados e conclusões. Não deve conter introdução. Referências nunca devem ser citadas no abstract.

O texto deve ser justificado e digitado em parágrafo único e espaço 1,5, começando por ABSTRACT, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

Key Words

Apresentar até seis (6) Key Words imediatamente após o ABSTRACT, respectivamente, em ordem alfabética. Devem ser elaboradas de modo que o trabalho seja rapidamente resgatado nas pesquisas bibliográficas. Não podem ser retiradas do título do artigo. Digitá-las em letras minúsculas, com alinhamento justificado e separado por vírgulas. Não devem conter ponto final.

Introdução

Deve conter no máximo 2.500 caracteres com espaço, resumindo a contextualização breve do assunto, as justificativas para a realização da pesquisa e os objetivos do trabalho. Evitar discussão da literatura na introdução. A comparação de hipóteses e resultados deve ser feita na discussão.

Trabalhos com introdução extensa serão devolvidos para adequação às normas.

Material e Métodos

Se for pertinente, descrever no início da seção que o trabalho foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética e Biossegurança da instituição.

Descrição clara e com referência específica original para todos os procedimentos biológicos, analíticos e estatísticos. Todas as modificações de procedimentos devem ser explicadas.

Resultados e Discussão

É facultada ao autor a feitura desta seção combinando-se os resultados com a discussão ou em separado, redigindo duas seções, com separação de resultados e discussão. Dados suficientes, todos com algum índice de variação incluso, devem ser apresentados para permitir ao leitor a interpretação dos resultados do experimento. A discussão deve interpretar clara e concisamente os resultados e integrar resultados de literatura com os da pesquisa para proporcionar ao leitor uma base ampla na qual possa aceitar ou rejeitar as hipóteses testadas.

Evitar parágrafos soltos, citações pouco relacionadas ao assunto e cotejamentos extensos.

Conclusões

Devem ser redigidas em parágrafo único e conter no máximo 1.000 caracteres com espaço.

Resuma claramente, sem abreviações ou citações, as inferências feitas com base nos resultados obtidos pela pesquisa. O importante é buscar entender as generalizações que governam os fenômenos naturais, e não particularidades destes fenômenos.

As conclusões são apresentadas usando o presente do indicativo.

Abreviaturas, símbolos e unidades

Abreviaturas, símbolos e unidades devem ser listados conforme indicado na página da RBZ, link "Instruções aos autores", "Abreviaturas".

Deve-se evitar o uso de abreviações não consagradas e de acrônimos, como por exemplo: "o T3 foi maior que o T4, que não diferiu do T5 e do T6". Este tipo de redação é muito cômoda para o autor, mas é de difícil compreensão para o leitor.

Os autores devem consultar as diretrizes estabelecidas regularmente pela RBZ quanto ao uso de unidades.

Estrutura do artigo (comunicação e nota técnica)

Devem apresentar antes do título a indicação da natureza do manuscrito (Short Communication or Technical Note) centralizada e em negrito.

As estruturas de comunicações e notas técnicas seguirão as diretrizes definidas para os artigos completos, limitando-se, contudo, a 14 páginas de tamanho máximo.

As taxas de tramitação e de publicação aplicadas a comunicações e notas técnicas serão as mesmas destinadas a artigos completos, considerando-se, porém, o limite de 4 páginas no formato final. A partir deste, proceder-se-á à cobrança de taxa de publicação por página adicional.

Tabelas e Figuras

É imprescindível que todas as Tabelas sejam digitadas segundo menu do Word "Inserir Tabela", em células distintas (não serão aceitas tabelas com valores separados pelo recurso ENTER ou coladas como figura). Tabelas e figuras enviadas fora de normas serão devolvidas para adequação.

Devem ser numeradas seqüencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.

O título das tabelas e figuras deve ser curto e informativo, evitando a descrição das variáveis constantes no corpo da tabela.

A legenda das figuras (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura. Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas e unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas, que deve ser referenciada.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

As figuras devem ser gravadas nos programas Microsoft® Excel ou Corel Draw® (extensão CDR), para possibilitar a edição e possíveis correções.

Usar linhas com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

As figuras deverão ser exclusivamente monocromáticas.

Não usar negrito nas figuras.

Os números decimais apresentados no interior das tabelas e figuras dos manuscritos em inglês devem conter ponto, e não vírgula.

As fórmulas matemáticas e equações devem ser digitadas no Microsoft Equation e inseridas no texto como objeto.

Citações no texto

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al.

Comunicação pessoal (ABNT-NBR 10520).

Somente podem ser utilizadas caso sejam estritamente necessárias ao desenvolvimento ou entendimento do trabalho. Contudo, não fazem parte da lista de referências, por isso são colocadas apenas em nota de rodapé. Coloca-se o sobrenome do autor seguido da expressão "comunicação pessoal", a data da comunicação, o nome, estado e país da instituição à qual o autor é vinculado.

Referências

Baseia-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas _ ABNT (NBR 6023).

As referências devem ser redigidas em página separada e ordenadas alfabeticamente pelo(s) sobrenome(s) do(s) autor(es).

Digitá-las em espaço simples, alinhamento justificado e recuo até a terceira letra a partir da segunda linha da referência. Para formatá-las, siga as seguintes instruções: no menu Formatar, escolha a opção Parágrafo... RECUo especial, opção DESLOCAMENTO... 0,6 cm.

Em obras com dois e três autores, mencionam-se os autores separados por ponto-e-vírgula e, naquelas com mais de três autores, os três primeiros vêm seguidos de et al. As iniciais dos autores não podem conter espaços. O termo et al. não deve ser italizado nem precedido de vírgula.

O recurso tipográfico utilizado para destacar o elemento título será negrito e, para os nomes científicos, itálico.

Indica(m)-se o(s) autor(es) com entrada pelo último sobrenome seguido do(s) prenome(s) abreviado (s), exceto para nomes de origem espanhola, em que entram os dois últimos sobrenomes.

No caso de homônimos de cidades, acrescenta-se o nome do estado (ex.: Viçosa, MG; Viçosa, AL; Viçosa, RJ).

Obras de responsabilidade de uma entidade coletiva

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

Livros e capítulos de livro

LINDHAL, I.L. Nutrición y alimentación de las cabras. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3.ed. Zaragoza: Acribia, 1974. p.425-434.

NEWMANN, A.L.; SNAPP, R.R. **Beef cattle**. 7.ed. New York: John Wiley, 1997. 883p.

Teses e dissertações

Recomenda-se não citar teses e dissertações. Deve-se procurar referenciar sempre os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados. Excepcionalmente, se necessário citar teses e dissertações, indicar os seguintes elementos: autor, título, ano, página, nível e área do programa de pós-graduação, universidade e local.

CASTRO, F.B. **Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos**. 1989. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, X.R. **Características de carcaça, qualidade de carne e composição lipídica de frangos de corte criados em sistemas de produção caipira e convencional**. 2004. 334f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Boletins e relatórios

BOWMAN, V.A. **Palatability of animal, vegetable and blended fats by equine.** (S.L.): Virgínia Polytechnic Institute and State University, 1979. p.133-141 (Research division report, 175).

Artigos

MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. et al. Distribuição de gorduras internas e de descarte e componentes externos do corpo de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.338-345, 2009.

FUKUSHIMA, R.S.; KERLEY, M.S. Use of lignin extracted from different plant sources as standards in the spectrophotometric acetyl bromide lignin method. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 2011. doi: 10.1021/jf104826n (in print).

Congressos, reuniões, seminários etc

Citar o mínimo de trabalhos publicados em forma de resumo, procurando sempre referenciar os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados.

CASACCIA, J.L.; PIRES, C.C.; RESTLE, J. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.468.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [1999] (CD-ROM).

Artigo e/ou matéria em meios eletrônicos

NGUYEN, T.H.N.; NGUYEN, V.H.; NGUYEN, T.N. et al. [2003]. Effect of drenching with cooking oil on performance of local yellow cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.7, 2003. Available at: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm>> Accessed on: Jul. 28, 2005.

REBOLLAR, P.G.; BLAS, C. [2002]. **Digestión de la soja integral en rumiantes.** Available at: <http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf> Accessed on: Oct. 12, 2002.

SILVA, R.N.; OLIVEIRA, R. [1996]. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPe, 4., 1996, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: Universidade Federal do Pernambuco, 1996. Available at: <<http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais.htm>> Accessed on: Jan. 21, 1997.

Citações de softwares estatísticos

A RBZ não recomenda a citação bibliográfica de *softwares* aplicados a análises estatísticas. A utilização de programas deve ser informada no texto (Material e Métodos) incluindo o procedimento específico e o nome do software com sua versão e/ou ano de lançamento.

"... os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando-se o PROC MIXED do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2.)"