

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

PADRÃO DE DEPOSIÇÃO DE TECIDOS MUSCULAR E ADIPOSEO
DE BOVINOS NELORE CASTRADOS E NÃO-CASTRADOS
SUPLEMENTADOS COM CLORIDRATO DE ZILPATEROL

CAROLINA FLORET DA COSTA

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título
de Mestre.

BOTUCATU - SP
Janeiro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

PADRÃO DE DEPOSIÇÃO DE TECIDOS MUSCULAR E ADIPOSEO
DE BOVINOS NELORE CASTRADOS E NÃO-CASTRADOS
SUPLEMENTADOS COM CLORIDRATO DE ZILPATEROL

CAROLINA FLORET DA COSTA
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni
Co-orientadora: Prof. Dra. Cyntia Ludovico Martins

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título
de Mestre.

BOTUCATU - SP
Janeiro – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Costa, Carolina Floret da, 1990-
C837p Padrão de deposição de tecidos muscular e adiposo de bovinos Nelore castrados e não-castrados suplementados com cloridrato de zilpaterol / Carolina Floret da Costa. - Botucatu : [s.n.], 2015
ix, 62 f. : fots. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2015
Orientador: Mário De Beni Arrigoni
Coorientador: Cyntia Ludovico Martins
Inclui bibliografia

1. Nelore (Zebu) - Alimentação e rações. 2. Castração. 3. Bovinos - Confinamento. 4. Músculos. 5. Tecido adiposo. I. Arrigoni, Mário De Beni. II. Martins, Cyntia Ludovico. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

“Os dois dias mais importantes da sua vida são: O dia em que você nasceu, e o dia em que você descobre o porquê.”

Mark Twain

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu pai, Luiz Antonio que, onde quer que esteja, me acompanha, ilumina e abençoa, e à minha mãe Cláudia, pelo amor, apoio incondicional e incentivo na busca contínua pelo conhecimento. Você é meu exemplo!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de registrar agradecimentos sinceros a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho:

Ao Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni pela confiança, orientação e conhecimentos compartilhados durante a realização do meu mestrado.

À Prof. Dra. Cyntia Ludovico Martins, pela dedicação, paciência, amizade e ensinamentos, desde a graduação até a conclusão desta dissertação.

À MSD Saúde Animal pelo apoio irrestrito durante a realização do experimento, especialmente ao Dr. Rodrigo S. Goulart, por toda a ajuda e disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Danilo D. Millen, pela ajuda no delineamento do experimento e nas análises estatísticas.

Ao André Luís Coneglian Brichi, pela por toda a ajuda e paciência no desenvolvimento do experimento.

Aos funcionários do confinamento, Sidney, Cido, Wilson e Dinho pelo apoio, amizade e vontade de fazer com que tudo desse certo.

A todos os estagiários, principalmente Simón, Gardênia, Phillipe, Ramon, Gabriel, Lucas, Bruno, Luis Eduardo, Natália, Viviane, Caroline, Ludmila, Conrado, Matheus, Iago, Ana Paula Oliveira, Ana Paula Bueno, Renata, Taís, Marina Valdo, Marina César, Antonio, Isadora... Sem a ajuda de vocês teria sido muito difícil.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Factori e à Prof. Dr. Janaína Hadlich pelo auxílio durante o experimento, abates e coletas de amostras.

Aos alunos de pós-graduação Ismael, Alexandre, Daniela, Vânia e Marco pela ajuda na realização do experimento, abates e desossas.

À Prof. Dra. Maeli Dal Pai e à Tassiana pela disponibilidade e ajuda durante as análises no Laboratório de Biologia do Músculo Estriado/IBB.

Ao Sr. José Aparecido (Muzambinho) pela ajuda durante a coleta e processamento de amostras na Unidade Laboratorial de Referência em Classificação e Análise de Carcaças do Instituto de Zootecnia.

À Gisele, por todo o auxílio com as análises no Laboratório de Bromatologia/FMVZ.

Ao Centro de Isótopos Estáveis/IBB e funcionários, pela ajuda com a liofilização das amostras.

À Liliane, Murilo e equipe da Designer Genes Technologies Brasil, pela disponibilidade e apoio durante a realização da ultra-sonografia.

Ao Júlio e D. Leonice, pela parceria com os animais utilizados no experimento.

Aos funcionários do frigorífico JBS-Bertin/Lins, principalmente à Camila Brossi, pela ajuda essencial durante o abate e coleta de amostras no frigorífico.

À Usina São Manuel, pela doação do bagaço de cana.

À coordenação e funcionários da Seção de Pós-graduação, Seila, Carlos e Ellen, por toda paciência e compreensão.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Luis Carlos e Silene, aos funcionários do Departamento de Produção Animal Renato e Cláudio, por toda a ajuda durante a realização do mestrado.

À CAPES e FAPESP (Processo nº 2013/17496-9), pelas bolsas de estudos concedidas durante a realização do mestrado.

E finalmente, à minha mãe, Cláudia e irmãs, Karina e Camila, pelo amor, dedicação, incentivo e suporte. Ao Ismael, companheiro em todos os momentos, pelo apoio, paciência e amor e às minhas amigas-irmãs de uma vida toda, Vanessa e Beatriz, por estarem sempre presentes, independente da distância física. À minha avó Jandira e tias Nei, Terezinha e Vera e todos os tios e primos, pelo carinho e torcida constante pela minha felicidade e sucesso. À Adriana, Pereira e família, pela amizade e carinho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I.....	10
Considerações iniciais.....	11
1. Mecanismos de ação dos β -agonistas.....	13
2. β -agonistas e desempenho de bovinos confinados.....	16
3. β -Agonistas e características de carcaça.....	19
4. β -Agonistas e qualidade de carne.....	23
5. Deposição de tecido muscular e adiposo em bovinos castrados e não castrados.....	24
6. Referências.....	27
 CAPÍTULO II.....	 31
Resumo.....	32
Abstract.....	33
1. Introdução.....	34
2. Material e métodos.....	35
2.1 Animais e Local Experimental.....	35
2.2 Delineamento Experimental.....	35
2.3 Manejo, arraçãoamento e cuidados com os animais.....	35
2.4 Avaliação da deposição dos tecidos muscular e adiposo por ultrassom em tempo real.....	37
2.5 Determinação da área das fibras musculares.....	37
2.6 Determinação da composição física e química da carcaça.....	38
2.7 Análise Estatística.....	39
3. Resultados e discussão.....	40

4. Discussão.....	45
4.1 Efeitos do fornecimento de Cloridrato de Zilpaterol.....	46
4.2 Efeitos da castração.....	50
5. Conclusões.....	55
6. Referências.....	56
 CAPÍTULO III.....	 61
Implicações.....	62

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição e conteúdo nutricional das dietas totais oferecidas aos animais durante o confinamento.....	36
Tabela 2. Desenvolvimento da área de olho de lombo, cobertura de gordura subcutânea e marmoreio do músculo <i>Longissimus dorsi</i> e espessura de gordura subcutânea do músculo <i>Biceps femoris</i> de cada tratamento utilizado no estudo.....	41
Tabela 3. Área média das fibras musculares do músculo <i>Semitendinosus</i> de bovinos castrados e não castrados, suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol.....	41
Tabela 4. Composição física das carcaças estimada pelo corte das 9-10-11 ^a costelas de bovinos castrados e não castrados, suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol.....	43
Tabela 5. Composição química das amostras do corte das 9-10-11 ^a costelas de bovinos castrados e não castrados, suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol.....	44

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO II

Figura 1. Secção transversal das fibras do músculo <i>Semitendinosus</i> de bovinos suplementados com cloridrato de zilpaterol.....	42
Figura 2. Secção transversal das fibras do músculo <i>Semitendinosus</i> de bovinos não suplementados com cloridrato de zilpaterol.....	42

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos anos, a atividade pecuária brasileira tem passado por intensas transformações, principalmente em relação ao sistema de produção. Da mesma forma, o mercado consumidor tem se tornado mais exigente com relação à qualidade e padronização da carne consumida. Para acompanhar estas mudanças, houve um aumento no número de bovinos confinados, o que proporcionou maior produtividade e lucratividade ao pecuarista e maior uniformidade e qualidade das carcaças.

O Brasil é o maior país exportador de carne bovina do mundo. Em 2013, foram exportados 1,499 milhões de toneladas de carne bovina (ABIEC, 2014). Para possibilitar este alto volume de exportações e garantir oferta constante do produto, é necessário intensificar o sistema de produção, buscando tecnologias que permitam produzir mais carne em menos tempo e utilizando cada vez menos recursos naturais.

As principais tecnologias utilizadas na produção de carne bovina estão relacionadas à alimentação e uso de aditivos alimentares já que melhorias na eficiência alimentar podem aumentar significativamente a lucratividade do sistema de produção. Uma das tecnologias eficientemente implantadas na pecuária de corte é o uso de agonistas β -adrenérgicos, fornecidos no período final de terminação em confinamento.

Esta tecnologia é recente no Brasil, portanto há poucos resultados do fornecimento de β -agonistas a bovinos zebuínos, nas condições de produção de bovinos confinados do país. Brichi et al. (2014) forneceram cloridrato de zilpaterol a bovinos Nelore castrados e não castrados durante 20 dias e obtiveram melhor desempenho para os animais suplementados, que apresentaram maior peso médio final, maior ganho médio diário, melhor conversão alimentar, maior peso de carcaça quente e maior rendimento de carcaça. Cônsolo et al. (2014) suplementaram novilhas Nelore por 30 dias com cloridrato de zilpaterol. As novilhas suplementadas apresentaram maior peso médio final, maior ganho médio diário, maior peso de carcaça quente e melhor rendimento de carcaça, em relação ao grupo controle.

Nos países onde o uso de β -agonistas é permitido, os principais produtos utilizados são o cloridrato de ractopamina e cloridrato de zilpaterol. Ambos aumentam a deposição de proteína na carcaça de bovinos, ou seja, permitem maior produção de carne por animal.

Os β -agonistas são moléculas sintéticas análogas às catecolaminas, hormônios naturais e se ligam a receptores presentes na maioria das células dos mamíferos. A substância cloridrato de zilpaterol, em especial, tem afinidade por receptores β -adrenérgicos localizados na membrana plasmática de células dos tecidos muscular e adiposo (CHOI et al., 2013).

O uso destas substâncias promove aumento do desenvolvimento da massa muscular por meio da hipertrofia das fibras musculares e redução da deposição de gordura, que acontece devido ao aumento na síntese de proteínas e inibição da degradação das mesmas. De acordo com Eiseman et al. (1988), os β -agonistas podem aumentar o fluxo sanguíneo para o músculo esquelético, desencadeando um processo de hipertrofia devido ao aumento da quantidade de substrato e energia para a síntese protéica.

Embora já fossem utilizados na terminação de suínos, o uso de β -agonistas foi permitido no Brasil recentemente, em junho de 2012, embora esta decisão tenha sido revista posteriormente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Nos países onde não há restrição ao uso destas substâncias, os resultados obtidos são positivos: melhoria no ganho em peso, conversão alimentar e deposição de carne magra, tanto em bovinos machos castrados, como em machos não castrados e fêmeas.

Neste contexto, o uso de β -agonistas se mostra importante, já que permite maior produção de carne de forma sustentável, sem aumento do uso de recursos como alimento e água, proporcionando maior lucratividade ao produtor.

1. MECANISMOS DE AÇÃO DOS B-AGONISTAS

Muitos estudos foram realizados nos últimos anos em busca de substâncias que pudessem promover um incremento na produção de carne em sistemas intensivos de terminação de bovinos de corte. Da mesma forma, o uso de fármacos na produção animal tem crescido consideravelmente, sobretudo devido à crescente intensificação da atividade pecuária. Os β -agonistas são exemplo destes fármacos promotores de crescimento, que direcionam o ganho em peso à deposição de músculo e portanto, permitem produzir mais carne por animal, sem aumentar o consumo de ração ou água.

O uso de tais aditivos é permitido há algum tempo em países como México e África do Sul e foi liberado nos Estados Unidos (VASCONCELOS et al., 2008) e recentemente no Brasil, para suplementação de bovinos. Em junho de 2012, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) permitiu o uso dos β -agonistas no Brasil, embora esta decisão tenha sido revista em outubro do mesmo ano. Antes destes eventos, os β -agonistas eram utilizados apenas na suinocultura. Os principais β -agonistas atualmente comercializados são cloridrato de ractopamina e cloridrato de zilpaterol, que devem ser fornecidos aos bovinos no período final de confinamento. Além destes produtos, outras substâncias já foram utilizadas na bovinocultura como repartidores de nutrientes, como o cimaterol, clenbuterol e salbutamol (MERSMANN, 1989).

A curva de crescimento de bovinos pode ser dividida em duas fases: a de aceleração, quando a deposição de tecido muscular é mais intensa, e a fase de desaceleração, que ocorre após a puberdade, quando a deposição muscular atinge um ponto máximo e o animal passa a depositar gordura de forma mais intensa (OWENS et al., 1993). Sendo assim, o uso de tais substâncias torna-se viável apenas na fase final de terminação, na qual a deposição de tecido adiposo na carcaça está ocorrendo de maneira mais pronunciada.

O cloridrato de zilpaterol deve ser administrado nos animais nos últimos 20 a 40 dias de confinamento, em doses diárias de 60 a 90 mg por animal, com período de carência obrigatório de três dias, como recomendado pelo fabricante. Já o cloridrato de ractopamina deve ser fornecido de 28 a 40 dias antes do abate dos bovinos, em doses de 300 a 400 mg por animal por dia, segundo recomendações do fabricante. As duas

moléculas diferem quanto ao modo de ação, já que o cloridrato de zilpaterol proporciona um aumento na síntese e diminuição da degradação protéica, além dos efeitos na lipólise e o cloridrato de ractopamina não inibe a degradação protéica, apenas aumenta a síntese, sem interferências na deposição de lipídios (SCRAMILIN et al., 2010). Avendaño-Reyes et al. (2006) observaram aumento de aproximadamente 9 cm² na AOL de bovinos castrados alimentados com cloridrato de zilpaterol e 6 cm² quando os bovinos recebiam cloridrato de ractopamina. Em estudo de Scramilin et al. (2010), que comparou o desempenho e características de carcaça de bovinos recebendo cloridrato de zilpaterol e cloridrato de ractopamina, houve redução significativa na espessura de gordura subcutânea e peso da gordura visceral apenas para o grupo que recebeu zilpaterol, tendo os grupos controle e animais tratados com ractopamina apresentado médias semelhantes.

Os receptores adrenérgicos são receptores de membrana e são divididos em dois tipos: α e β . A subdivisão β , cujo funcionamento baseia-se na distribuição tissular. Os receptores β_1 encontram-se predominantemente nos tecidos cardíaco e sistema nervoso central, enquanto os receptores β_2 predominam nos tecidos não neuronais. Os compostos agonistas β -adrenérgicos tem especificidade para receptores β_2 (GONZALES et al., 1993). Todas as substâncias pesquisadas e introduzidas na terapêutica são semelhantes à adrenalina e noradrenalina, mas com certa especificidade para os receptores β_2 , que relaxam a musculatura lisa dos brônquios, útero e suprimento vascular dos músculos esqueléticos, mas com ação estimulante pouco acentuada no coração. Após estudos em ratos, constatou-se que tais substâncias, quando utilizadas em pequenas quantidades, proporcionavam um aumento na proporção de proteína e reduziam a gordura corporal dos bovinos tratados (GONZALES et al., 1993).

A atuação dos agonistas β -adrenérgicos se dá pela modificação dos sinais metabólicos dentro de células musculares e adiposas, por meio de ligações com seus respectivos receptores presentes na membrana celular. A partir desta ligação, uma resposta fisiológica é gerada, mudando então a repartição de energia vinda do alimento, o que causa um aumento no aporte de energia em direção ao tecido muscular, em detrimento ao tecido adiposo. O resultado destas alterações fisiológicas é um animal que utiliza a ração fornecida de forma mais eficiente (MERSMANN, 1998), transformando uma quantidade menor de alimento em mais carne na carcaça.

O mecanismo de deposição muscular ocorre fisiologicamente nos tecidos mesmo sem a utilização dos agonistas exógenos, porque o próprio organismo produz tais substâncias (noradrenalina e adrenalina) (MERSMANN, 1998). Entretanto, quando os β -agonistas sintéticos são fornecidos aos animais, as células se mantêm ativadas por mais tempo, de modo a manter constante o metabolismo.

Os β -agonistas se ligam aos receptores do tipo β das células, ativando um complexo de proteínas G. Este processo promove a ativação da adenilciclase, enzima que produzirá AMP a partir de ATP. O aumento na quantidade de AMP cíclico ativa a proteína quinase A, que conduz a ativação ou inativação de certas enzimas protéicas, responsáveis por promover respostas celulares como: estimulação de lipólise, inativação de enzimas lipogênicas, glicogenólise, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca.

O aumento da deposição protéica no tecido muscular é resultado de dois processos antagônicos: síntese e degradação da proteína da miofibrila. Portanto, um aumento da massa muscular envolve tanto o aumento da síntese, ou a diminuição da degradação, ou os dois processos. O acréscimo da síntese protéica decorrente da administração de β -agonistas se dá devido à um aumento na tradução de RNA em proteína e a diminuição na degradação protéica é resultado de um aumento na concentração da enzima calpastatina, inibidora da calpaina, enzima responsável pela degradação protéica no músculo (BAXA, 2008). O fornecimento de agonistas β -adrenérgicos sintéticos também promove o direcionamento da energia e nutrientes da dieta para o crescimento muscular. Segundo estudos de Beermann et al. (1986), o fornecimento de cimaterol à ovinos promoveu maior fluxo sanguíneo nos músculos dos membros posteriores, o que demonstra o potencial de repartição de nutrientes destas substâncias para o crescimento do músculo esquelético.

Da mesma forma, os β -agonistas atuam sobre a deposição de gordura na carcaça, proporcionando aumento na concentração de AMP cíclico, que reduz a taxa de síntese de enzimas essenciais para a lipogênese (GONZALES et al., 1993), além de aumentar a taxa de lipólise, comprovada por Eiseman et al. (1988) que observaram um aumento na concentração de ácidos graxos livres e glicerol no plasma de bovinos após infusão de clenbuterol.

De acordo com Baxa (2008), a ractopamina proporcionou uma diminuição da sensibilidade do tecido adiposo de ratos e suínos à insulina. Além disso, segundo o autor, o β -agonista aumentou a sensibilidade do músculo *Soleus* de ratos à insulina. Estas alterações causam o direcionamento da glicose para o tecido muscular, proporcionando maior deposição deste tecido na carcaça dos bovinos.

2. B-AGONISTAS E DESEMPENHO DE BOVINOS CONFINADOS

Segundo estudos (LAWRENCE et al., 2011; CHOI et al., 2013; BRICHI et al., 2014), o uso de agonistas β -adrenérgicos pode melhorar o desempenho de bovinos suplementados. Independente de raça, tipo biológico ou sexo do animal, parâmetros de desempenho, como ganho médio diário, conversão alimentar e peso de carcaça quente podem ser melhores em bovinos suplementados com β -agonistas, em relação a bovinos não suplementados.

Em estudo complementar à esta dissertação, Brichi et al. (2014) forneceram cloridrato de zilpaterol à bovinos Nelore castrados e não castrados durante 20 dias e obtiveram melhor desempenho para os animais suplementados, que apresentaram maior peso vivo (518,6 vs 510,3 kg), maior ganho médio diário (1,73 vs 1,31 kg), melhor conversão alimentar (5,55 vs 7,55), maior peso de carcaça quente (292,7 vs 280,0 kg) e maior rendimento de carcaça (56,6 vs 55,1%). Os autores encontraram interação significativa entre o fornecimento do β -agonista e a condição sexual dos animais para a ingestão de matéria seca, tendo os bovinos não castrados do grupo controle apresentado maior ingestão que o grupo não castrado alimentado com cloridrato de zilpaterol (9,88 vs 9,00 kg) e os grupos castrados tratados ou não apresentaram valores semelhantes (9,61 vs 9,47 kg).

Santos et al. (2014) estudaram a resposta de bovinos Nelore não castrados à suplementação com cloridrato de zilpaterol por 0, 20, 30 e 40 dias, seguidos de três dias de carência antes do abate. Os autores encontraram aumento linear na eficiência alimentar, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e área de olho de lombo, e uma diminuição na gordura renal, pélvica e inguinal, conforme se aumentou o tempo de fornecimento da molécula. Os bovinos suplementados com cloridrato de zilpaterol

apresentaram melhor eficiência alimentar e características de carcaça, em relação ao grupo controle.

Em estudo de Vasconcelos et al. (2008), comparando o fornecimento de zilpaterol para bovinos castrados confinados durante diferentes períodos (40, 30, 20 e 0 dias, seguidos por período de carência de três dias antes do abate), observou-se que independente do tempo de fornecimento, os bovinos suplementados tiveram maior peso de carcaça quente e maior rendimento de carcaça, além de apresentarem menor quantidade de gordura na 12ª costela, em relação ao grupo controle. O aumento no peso de carcaça quente, somado à diminuição de gordura, comprova a mudança na forma como os nutrientes foram repartidos e direcionados à deposição de carne magra (proteína).

Resultado semelhante foi encontrado por Choi et al. (2013) ao estudarem o efeito do fornecimento de cloridrato de zilpaterol por 20 dias para bovinos castrados confinados. Os bovinos suplementados apresentaram maior rendimento de carcaça e ganho médio diário 35% maior em relação aos animais controle. Baxa et al. (2010) também obtiveram maior rendimento de carcaça em experimento com o objetivo de avaliar a influência do uso de cloridrato de zilpaterol na dieta de bovinos não castrados. Além disso, o ganho médio diário, eficiência alimentar e peso de carcaça quente também foram superiores em relação aos bovinos que não receberam o suplemento.

A adição de cloridrato de zilpaterol à ração pode melhorar o desempenho em confinamento de machos da raça holandesa, cuja seleção genética não beneficia características como musculosidade e conformação de carcaça. Beckett et al. (2009) realizaram dois experimentos para avaliar a resposta de machos Holandeses castrados ao consumo de cloridrato de zilpaterol. Em ambos os experimentos, os animais receberam o produto por 40, 30, 20 ou 0 dias, seguidos de três dias de período de carência antes do abate. A eficiência alimentar e rendimento de carcaça dos bovinos suplementados foi superior ao grupo que não recebeu cloridrato de zilpaterol, independente do período de fornecimento. Os autores afirmam que bovinos da raça holandesa respondem positivamente ao fornecimento de cloridrato de zilpaterol por 20 dias, com relação ao ganho em peso vivo e peso da carcaça.

Lawrence et al. (2011) estudaram o efeito do uso de cloridrato de zilpaterol no desempenho de vacas de descarte, pelas quais o produtor normalmente recebe pouca

remuneração no frigorífico. Os animais receberam o produto por 20 dias, respeitando o período de carência de três dias pré-abate. A ingestão de massa seca foi igual para vacas suplementadas ou não com cloridrato de zilpaterol. Entretanto, o ganho médio diário, eficiência alimentar, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça foram melhores para as vacas que receberam a suplementação, em relação ao grupo controle. De acordo com o estudo, a suplementação de vacas de descarte com cloridrato de zilpaterol melhora a lucratividade do produtor, devido à maior deposição de tecido muscular.

O desempenho de machos castrados e fêmeas confinados e suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol foi avaliado por Montgomery et al. (2009). Os autores encontraram maior peso final para bovinos que receberam zilpaterol, para ambas as condições sexuais analisadas (11,6 e 6,7 kg para machos e fêmeas, respectivamente). Além disso, o ganho médio diário foi melhor para os bovinos suplementados, sendo 36% para os machos e 18% para as fêmeas, em relação ao grupo controle. Resultado semelhante foi encontrado para a eficiência alimentar (28 e 21% maiores para machos e fêmeas, em relação aos animais controle). A ingestão de massa seca de fêmeas que receberam cloridrato de zilpaterol foi 6,2% menor em relação às fêmeas não suplementadas. Para ambas as condições sexuais, o peso de carcaça quente foi maior no grupo suplementado, assim como o rendimento de carcaça. De acordo com os autores, o fornecimento de cloridrato de zilpaterol melhora o desempenho e deposição de tecido muscular tanto em bovinos machos como em fêmeas.

Comparando as duas substâncias β -agonistas mais utilizadas, Avendaño-Reyes et al. (2006) concluíram que bovinos castrados suplementados com ractopamina e zilpaterol tiveram o ganho médio diário 24 e 26% maiores, em relação a bovinos não suplementados. Além disso, a conversão alimentar dos bovinos suplementados foi maior em relação ao grupo controle, assim como o peso de carcaça quente e rendimento de carcaça.

A resposta ao uso de substâncias β -agonistas foi estudada em diferentes tipos biológicos de bovinos. Em experimento realizado por Gruber et al. (2007), para comparar o efeito do fornecimento do cloridrato de ractopamina entre bovinos dos tipos biológicos zebu, europeu e continental, os mestiços zebuínos produziram carcaças mais leves e tiveram menor ingestão de massa seca com relação aos outros tipos biológicos. Os novilhos continentais obtiveram melhor desempenho, produzindo carcaças mais

pesadas e com maiores áreas de olho de lombo, em relação aos bovinos de tipo biológico zebuíno e britânico.

Com o fornecimento de β -agonistas, torna-se possível, segundo Walker et al. (2006), melhorar a eficiência com que os bovinos utilizam a proteína da dieta, sem aumentar o fornecimento deste nutriente. Em experimento, os autores testaram o desempenho de novilhas recebendo cloridrato de ractopamina e diferentes fontes proteicas na dieta. Os resultados demonstram que, independente da fonte protéica da ração, a inclusão de β -agonistas na dieta aumentou o peso vivo final e peso de carcaça das novilhas, além de melhorar o ganho médio diário e eficiência do ganho.

3. B-AGONISTAS E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA

O fornecimento de agonistas β -adrenérgicos a bovinos de corte influencia as características e qualidade da carcaça. Vários parâmetros podem ser influenciados, como área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmoreio e rendimento de cortes cárneos.

Como foi citado anteriormente, a inclusão de substâncias β -agonistas direcionam os nutrientes absorvidos para a deposição protéica. Sendo assim, acredita-se que haja uma mudança no padrão de crescimento do tecido muscular esquelético. Em estudo de Kellermeier et al. (2009), utilizando bovinos não castrados suplementados com cloridrato de zilpaterol, houve um aumento significativo no diâmetro da fibra do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos suplementados com zilpaterol, em comparação ao grupo controle. A mensuração da área da fibra muscular é importante, pois todo o crescimento muscular em bovinos ocorre por meio da hipertrofia das fibras.

Gonzales et al. (2007) avaliaram a capacidade de hipertrofia de fibras musculares do *Longissimus dorsi* de vacas de corte de descarte, suplementadas com cloridrato de ractopamina associada ou não com implante de acetato de trembolona e estradiol. Os autores encontraram maior diâmetro das fibras musculares de vacas que receberam cloridrato de ractopamina em comparação ao grupo controle. Entretanto os bovinos que receberam cloridrato de ractopamina associada ao implante hormonal apresentaram diâmetro de fibras musculares mais elevado, se comparado ao de vacas

que só receberam β -agonistas. Tais resultados evidenciam a hipertrofia da fibra muscular como uma importante ação biológica dos agonistas β -adrenérgicos.

O fornecimento de β -agonistas pode aumentar também as medidas de área de olho de lombo de bovinos confinados. Em estudo de Avendaño-Reyes et al. (2006), para comparar o desempenho de bovinos não castrados suplementados com zilpaterol e ractopamina, foram encontrados maiores valores de área de olho de lombo para bovinos que receberam zilpaterol, em relação ao grupo suplementados com ractopamina e o controle, que foram semelhantes.

Um estudo de Montgomery et al. (2009) comparou os efeitos do fornecimento de cloridrato de zilpaterol para bovinos machos castrados e novilhas. A área de olho de lombo foi superior tanto para machos quanto para fêmeas no grupo suplementado (8,23 e 6,37 cm², respectivamente) com relação aos animais controle. Lawrence et al. (2011) estudaram os efeitos do fornecimento de cloridrato de zilpaterol por 20 dias na dieta de vacas de corte de descarte. As vacas suplementadas tiveram aumento significativo na área de olho de lombo com relação ao grupo controle (93,3 e 86,5 cm², respectivamente). Tais resultados demonstram que os β -agonistas atuaram positivamente na deposição de tecido muscular nas carcaças.

O uso de β -agonistas pode também melhorar a conformação da carcaça de bovinos holandeses, que não têm propensão genética à deposição de tecido magro. Em estudo de Beckett et al. (2009) que avaliaram a resposta de bovinos machos holandeses castrados ao fornecimento de cloridrato de zilpaterol por 40, 30, 20 ou 0 dias, os bovinos suplementados apresentaram maior área de olho de lombo em relação ao grupo controle, independente do período de fornecimento da substância.

Da mesma forma que os β -agonistas alteram a deposição proteica na carcaça podem ocorrer alterações na deposição de tecido adiposo. Vasconcelos et al. (2008), ao compararem o fornecimento de zilpaterol a bovinos confinados em diferentes períodos (40, 30, 20 e 0 dias antes do abate) observaram que, independente do tempo de fornecimento, houve menos deposição de gordura subcutânea na 12^a costela e menos gordura visceral para os bovinos suplementados. Também foi observado que os animais que não receberam zilpaterol tiveram maiores escores de marmoreio na carne.

Resultados semelhantes foram encontrados por Baxa et al. (2010) que avaliaram os efeitos do fornecimento de cloridrato de zilpaterol a bovinos castrados em

terminação. Os autores afirmam que o grupo que recebeu zilpaterol teve menor espessura de gordura na 12ª costela e grau de marmoreio, em relação ao grupo controle. Ao comparar diferentes tipos biológicos de bovinos machos não castrados (raças zebuínas, contineitais e britânicas), Gruber et al. (2007) concluíram que em relação à deposição de gordura na carcaça, os bovinos suplementados tiveram menores escores médios de marmoreio.

Entretanto, alguns autores relataram resultados diferentes com relação ao efeito dos β -agonistas na deposição de tecido adiposo. Beckett et al. (2009) relataram que o fornecimento de cloridrato de zilpaterol não causou redução na espessura de gordura subcutânea e gordura pélvica, renal e cardíaca de machos castrados da raça holandesa. Resultados semelhantes foram encontrados por Montgomery et al. (2009) que avaliaram o fornecimento de cloridrato de zilpaterol a bovinos machos castrados e novilhas e por Lawrence (2011) que não encontraram diferença significativa na espessura de gordura subcutânea e marmoreio entre a 12 e 13ª costelas de vacas de descarte suplementadas com cloridrato de zilpaterol.

Choi et al. (2013) estudaram a influência do fornecimento de cloridrato de zilpaterol durante 20 dias a bovinos castrados confinados na deposição e perfil de ácidos graxos da carcaça. Os autores relataram que a adição da molécula à dieta não alterou a composição da gordura em relação ao perfil de ácidos graxos, assim como o grau de marmoreio.

Ao avaliar os efeitos da inclusão de cloridrato de zilpaterol à dieta de novilhos e novilhas na composição da carcaça dos mesmos, Leheska et al. (2009) dissecaram a semi-carcaça direita dos bovinos avaliados para análise da composição de carcaça. Em ambas as categorias avaliadas, houve maior proporção de tecido muscular em relação aos ossos nos animais suplementados, em comparação ao grupo controle, enquanto a proporção entre tecido muscular e adiposo não foi afetada. Os autores concluem que o uso de cloridrato de zilpaterol proporciona maior deposição de músculos, com mínimo efeito nas quantidades de água, gordura e ossos da carcaça.

Em estudo de Hilton et al. (2009) foram retiradas amostras da 9 a 11ª costelas do lado esquerdo das carcaças de bovinos castrados para estimar a composição da carcaça de bovinos suplementados com cloridrato de zilpaterol. As amostras foram submetidas a análises químicas e os autores encontraram maiores porcentagens de proteína e umidade

para os bovinos suplementados com β -agonistas, quando comparados ao grupo controle. A porcentagem de gordura diminuiu nas amostras de bovinos que receberam cloridrato de zilpaterol, como visto em estudos anteriores. A avaliação foi realizada de acordo com metodologia proposta por Hankins & Howe (1946) (método HH) que utilizaram o corte de três costelas para prever a composição física e química da carcaça de bovinos, por meio das equações de regressão utilizadas em todo o mundo, inclusive no Brasil.

Rathmann et al. (2009) estudaram a composição centesimal das carcaças de bovinos castrados recebendo ou não cloridrato de zilpaterol. Foi retirada uma amostra da 9 a 11ª costelas do lado esquerdo das carcaças avaliadas para análise quanto às quantidades de proteína, gordura, água e colágeno. O fornecimento de cloridrato de zilpaterol aumentou a porcentagem de proteína e água e diminuiu a porcentagem de gordura das carcaças, em comparação ao grupo controle.

Além de proporcionar aumento na deposição de tecido muscular nas carcaças, estudos demonstram que os β -agonistas também aumentam o rendimento de cortes cárneos de carcaças bovinas. Garmyn et al. (2010) avaliaram o rendimento de cortes de carcaças de novilhos castrados da raça Holandesa suplementados com cloridrato de zilpaterol por 20 dias, com três dias de carência antes do abate. Os animais que receberam cloridrato de zilpaterol tiveram maior rendimento de cortes cárneos comerciais em relação ao grupo controle, além de menor porcentagem de ossos e gordura na carcaça.

Resultados semelhantes foram encontrados por Hilton et al. (2009) ao avaliarem os efeitos do fornecimento de cloridrato de zilpaterol para bovinos de corte castrados por 30 dias, com retirada cinco dias antes do abate, como recomendado. O rendimento de cortes aumentou consideravelmente nas carcaças de bovinos que receberam cloridrato de zilpaterol, em relação ao grupo controle. Alto rendimento de cortes é extremamente desejável para o frigorífico, portanto o uso de cloridrato de zilpaterol se mostra eficiente, pois o aumento na deposição de tecido muscular proporciona maior tamanho de cortes na carcaça.

4. B-AGONISTAS E QUALIDADE DE CARNE

A adição de agonistas β -adrenérgicos à dieta de bovinos de corte proporciona maior musculosidade na carcaça. Entretanto, de acordo com estudos, o uso desta molécula pode prejudicar a qualidade da carne, pois pode elevar os valores de força de cisalhamento (BROOKS et al., 2009; KELLERMEIER et al., 2009) e reduzir a palatabilidade da carne (HILTON et al., 2009; LEHESKA et al., 2009).

Avaliando as respostas de três diferentes tipos biológicos de bovinos à suplementação com β -agonistas, Gruber et al. (2008) obtiveram maiores valores de força de cisalhamento para bovinos suplementados, em relação ao grupo controle. Em experimento de Leheska et al. (2009), os autores estudaram os efeitos do fornecimento de cloridrato de zilpaterol a bovinos machos castrados e fêmeas por 20 ou 40 dias, com três dias de carência antes do abate, na maciez da carne destes animais. Os bifes foram maturados por 28 dias antes da análise. Os valores de força de cisalhamento aumentaram para machos e fêmeas suplementados, em relação ao grupo controle, apesar do período de maturação. Não houve diferença com relação aos períodos de fornecimento da substância. Maiores valores da força de cisalhamento podem ser atribuído ao aumento na concentração da enzima calpastatina proporcionada pelo fornecimento de β -agonistas. Elevadas concentrações desta enzima inibem a atuação da calpaína, enzima responsável pela degradação protéica no músculo.

Kellermeier et al. (2009) avaliaram a maciez da carne de bovinos machos castrados suplementados com cloridrato de zilpaterol por 30 dias, com período de carência de três dias antes do abate. As amostras de carne passaram por processo de maturação por 7, 14 ou 21 dias. O fornecimento de cloridrato de zilpaterol aumentou a força de cisalhamento em 60% nas amostras submetidas a 7 dias de maturação, 59% aos 14 dias e 67% aos 21 dias de maturação, quando comparadas ao grupo controle.

O uso de β -agonistas na nutrição de bovinos de corte pode reduzir a aceitabilidade da carne pelo consumidor. Mehaffey et al. (2009) estudaram os aspectos qualitativos da carne de bovinos machos castrados suplementados com cloridrato de zilpaterol. Os bovinos foram suplementados por 0, 20 ou 30 dias antes do abate e a carne analisada foi submetida a maturação por 14 ou 21 dias. As amostras de carne foram oferecidas a analisadores em três regiões geográficas dos Estados Unidos, que

atribuíram notas à carne. Nas amostras maturadas por 14 dias, os autores encontraram menores médias de maciez, suculência e da nota geral para os bovinos suplementados, independente do tempo de suplementação e as notas atribuídas para sabor foram semelhantes para todos os tratamentos. Nas amostras maturadas por 21 dias, as notas foram semelhantes para todos os períodos de fornecimento, exceto para maciez, cujas notas foram menores para o tratamento de 30 dias de fornecimento de cloridrato de zilpaterol, em relação aos outros tratamentos (MEHAFLEY et al., 2009).

5. DEPOSIÇÃO DE TECIDO MUSCULAR E ADIPOSEO EM BOVINOS CASTRADOS E NÃO CASTRADOS

O objetivo do confinamento de bovinos é obter carcaças de qualidade e bom rendimento, que devem apresentar relação adequada entre as partes que a compõem. Por relação adequada, entende-se o máximo de músculos, mínimo de ossos e quantidade adequada de gordura, para assegurar ao produto condições mínimas de manuseio e palatabilidade (LUCHIARI FILHO, 2000).

No Brasil, os cortes básicos da carcaça são o dianteiro, com cinco costelas, a ponta de agulha e o traseiro. Economicamente seria desejável maior rendimento do traseiro em relação aos outros cortes, pois nele se encontram as partes com maior valor comercial da carcaça. Em bovinos machos, maior rendimento de traseiro pode ser alcançado por meio do abate em idade precoce, para evitar os efeitos do dimorfismo sexual, ou por meio da castração, para suprimir o efeito dos hormônios sexuais masculinos e portanto, produzir animais com maior porcentagem de traseiro (VITTORI et al., 2006).

Além disso, nos últimos anos, a indústria frigorífica tem mostrado interesse pela produção de carcaças de bovinos com alguns requisitos, como idade do animal, peso da carcaça e grau de acabamento das carcaças. Nesse contexto, os produtores podem recorrer à castração para aumentar o grau de acabamento das carcaças, já que a idade do animal e peso da carcaça são mais facilmente controláveis. Entretanto, para o produtor é mais vantajosa a terminação de bovinos não castrados, pois estes crescem mais rápido, utilizam alimentos mais eficientemente, produzem carcaças mais pesadas e com maior

rendimento, em relação aos bovinos castrados (VITTORI et al., 2006; CLIMACO et al., 2006).

Ao comparar bovinos não castrados e castrados em diferentes idades, Restle et al. (1999) verificaram que apesar do rendimento de carcaça semelhantes, os bovinos não castrados apresentaram melhor conformação que os castrados, indicativo de maior musculosidade e resultado de maior deposição de tecido muscular, devido ao efeito anabolizante dos hormônios endógenos. Já os animais castrados apresentaram maior deposição de gordura subcutânea.

Em estudo de Vaz et al. (2001) foram comparados bovinos de diferentes grupos genéticos castrados e não castrados, quanto à qualidade e composição química da carne. Os bovinos não castrados apresentaram maior área de olho de lombo, menor espessura de gordura subcutânea e menor grau de marmoreio que os animais castrados.

Paulino et al. (2009) compararam a deposição de tecidos e componentes químicos corporais em diferentes condições sexuais de bovinos nelore. Os autores encontraram maiores valores de deposição de gordura perirrenal para bovinos castrados, quando comparados aos não castrados. Foram encontradas diferenças também na composição de ganho de corpo vazio, sendo que os bovinos não castrados apresentaram maior porcentagem de proteína e menor de extrato etéreo, se comparadas aos castrados. Os autores sugerem que a castração não aumentou a deposição de gordura, mas diminuiu a deposição de proteína, fazendo com que, por diluição da proteína corporal, os machos castrados apresentassem maior teor de gordura na carcaça.

Kuss et al. (2009) estudaram a composição corporal de bovinos cruzados castrados e não castrados confinados, por meio da dissecação de uma secção de três costelas dos bovinos. As carcaças de animais não castrados obtiveram melhor conformação e área de olho de lombo, se comparadas aos castrados. Os bovinos não castrados apresentaram maior porcentagem de músculos e menor porcentagem de gordura que os castrados. A porcentagem de ossos foi igual para ambas as condições sexuais analisadas. Os resultados demonstram que bovinos não castrados têm maior deposição de tecido muscular e apresentam maior musculosidade em relação aos animais castrados.

O capítulo II, intitulado “**Padrão de deposição de tecidos muscular e adiposo de bovinos nelore castrados e não-castrados suplementados com cloridrato de**

zilpaterol” teve por objetivo estudar os efeitos do uso de cloridrato de zilpaterol no padrão de crescimento do tecido muscular e adiposo de bovinos Nelore castrados e não castrados, devido às diferenças na deposição de tecido muscular e adiposo em bovinos de diferentes condições sexuais, suplementados com cloridrato de zilpaterol durante os últimos 20 dias de confinamento. O capítulo será redigido conforme as normas do periódico *Journal of Animal Science* para publicação.

6. REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Exportações Brasileiras de Carne Bovina. **ABIEC**. 2014. Disponível em <http://www.abiec.com.br/download/Relatorio%20exportacao%202013_jan_dez.pdf> Acesso em: 15 abr. 2014.

AVENDAÑO-REYES, L.; TORRES-RODRÍGUES, V.; MERAZ-MURILLO, F. J.; PÉREZ-LINARES, C.; FIGUEROA-SAAVEDRA, F.; ROBINSON, P. H. Effects of two β -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 12, p. 3259-3265, 2006.

BAXA, T. J.; HUTCHESON, J. P.; MILLER, M. F.; BROOKS, J. C.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; YATES, D. A.; JOHNSON, B. J. Additive effects of a steroidal implant and zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle messenger ribonucleic acid abundance in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 1, p. 330-337, 2010.

BECKETT, J. L.; DELMORE, R. J.; DUFF, G. C.; YATES, D. A.; ALLEN, D. M.; LAWRENCE, T. E.; ELAM, N. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 12, p. 4092-4100, 2009.

BEERMANN, D. H.; BUTLER, W. R.; FISHELL, V. K.; BERGMAN, E. N.; McCANN, J. P. Preliminary observations on the effects of cimaterol on heart rate, blood flow, plasma insulin concentration and net glucose uptake in the hindquarters of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 2, p. 370-380, 1986.

BRICHI, A. L. C.; COSTA, C. F.; PERDIGÃO, A.; FACTORI, M. A.; PEREIRA, I. C.; ESTEVAM, D. D.; GOULART, R. S.; MARTINS, C. L.; MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. D. B. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of Nellore bulls and steers. In: JOINT ANNUAL MEETING, 2014, Kansas City, **Anais...** Kansas City: ADSA: ASAS, 2014. Disponível em: <<https://asas.confex.com/asas/jam2014/webprogram/Paper6226.html>> Acesso em 01 dez. 2014.

BROOKS, J. C.; CLAUS, H. C.; DIKEMAN, M. E.; SHOOK, J.; HILTON, G. G.; LAWRENCE, T. E.; MEHAFFEY, J. M.; JOHNSON, B. J.; ALLEN, D. M.; STREETER, M. N.; NICHOLS, W. T.; HUTCHESON, J. P.; TATES, D. A.; MILLER, M. F. Effects of zilpaterol hydrochloride feeding duration and postmortem aging on Warner-Bratzler shear force of three muscles from beef steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3764-3769, 2009

CHOI, C. B.; JUNG, K. K.; CHUNG, K. Y.; YANG, B. S.; CHIN, K. B.; SUH, S. W.; OH, D. H.; JEON, M. S.; BAEK, K. H.; LEE, S. O.; KIM, S. I.; LEE, Y. H.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; JOHNSON, B. J. Administration of zilpaterol hydrochloride alters feedlot performance, carcass characteristics, muscle, and fat profiling in finish Hanwoo steers. **Livestock Science**, v. 157, n. 2-3, p. 435-441, 2013.

CLIMACO, S. M.; RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; NORO, L. Y.; TURINI, T. Características de carcaça e qualidade de carne de bovinos inteiros ou castrados da raça Nelore, suplementados ou não durante o primeiro inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n. 6, p. 1867-1872, 2006.

EISEMANN, J. H., HUNTINGTON, G. B., FERREL, C. L. Effects on dietary clenbuterol on metabolism of the Hindquarters in steers. **Journal of Animal Science**. v. 66, n. 2, p. 342-353, 1988.

GARMYN, A. J.; SHOOK, J. N.; VANOVERBEKE, D. L.; BECKETT, J. L.; DELMORE, R. J.; YATES, D. A.; ALLEN, D. M.; HILTON, G. G. The effects of zilpaterol hydrochloride on carcass cutability and tenderness of calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 7, p. 2476-2485, 2010,

GONZALES, E.; BERTO, D. A.; MACARI, M. Utilização de agonistas β adrenérgicos como repartidores de nutrientes em produção animal. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p. 316-329, 1993

GONZALES, J. M.; CARTER, J. N.; JOHNSON, D. D. OUELLETTE, S. E.; JOHNSON, S. E. Effect of ractopamine-hydrochloride and trenbolone acetate on longissimus muscle fiber area, diameter, and satellite cell numbers in cull beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 8, p. 1893-1901, 2007.

GRUBER, S. L.; TATUM, J. D.; ENGLE, T. E.; MITCHELL, M. A.; LAUDERT, S. B.; SCHROEDER, A. L.; PLATTER, W. J. Effects of ractopamine supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers differing in biological type. **Journal of Animal Science**, v.85, n.7, p. 1809-1815, 2007.

GRUBER, S. L.; TATUM, J. D.; ENGLE, T. E.; PRUSA, K. J.; LAUDERT, S. B.; SCHROEDER, A. L.; PLATTER, W. J. Effects of ractopamine supplementation and postmortem aging on longissimus muscle palatability of beef steers differing in biological type. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 1, p. 205-210, 2008.

HAWKINS, R. R.; MOODY, W. G.; KEMP, J. D. Influence of genetic type, slaughter weight and sex on ovine muscle fiber and fat-cell development. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 5, p. 1154-1163, 1985.

HILTON, G. G.; MONTGOMERY, J. L.; KREHBIEL, C. R.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; BLANTON, J. R.; MILLER, M. F. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1394-1406, 2009.

KELLERMEIER, J. D.; TITTOR, A. W.; BROOKS, J. C.; GALYEAN, M. L.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; JOHNSON, B. J.; MILLER, M. F. Effects of zilpaterol hydrochloride with or without an estrogen-trenbolone acetate terminal implant on carcass traits, retail cutout, tenderness, and

muscle fiber diameter in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3702-3711, 2009.

KUSS, F.; LÓPEZ, J.; BARCELLOS, J. O. J.; RESTLE, J.; MOLETTA, J. L.; PEROTTO, D. Características da carcaça de novilhos não-castrados ou castrados terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 515-522, 2009.

LAWRENCE, T. E.; GASCH, C. A.; HUTCHESON, J. P.; HODGEN, J. M. Zilpaterol improves feeding performance and fabrication yield of concentrate-finished cull cows. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 2170-2175, 2011.

LEHESKA, J. M.; MONTGOMERY, J. L.; KREHBIEL, C. R.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M.; BLANTON Jr, J. R.; MILLER, M. F. Dietary zilpaterol hydrochloride. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1384-1393, 2008.

LUCHIARI FILHO, A. Pecuária da carne bovina. São Paulo: **LinBife**, 2000. 134p.

MEHAFFEY, J. M.; BROOKS, J. C.; RATHMANN, R. J.; ALSUP, E. M.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; YATES, D. A.; JOHNSON, B. J.; MILLER, M. F. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride to beef and calf-fed Holstein cattle on consumer palatability ratings. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3712-3721.

MERSMANN, H. J. Potential mechanisms for repartitioning of growth by β -adrenergic agonists. In: Campion, D. R.; Hausman, G. J.; Martin, R. J. (Ed) **Animal Growth Regulation**, New York: Plenum Press. p. 337-357.

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

MONTGOMERY, J. L.; KREHBIEL, C. R.; CRANSTON, J. J.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; BECHTOL, D. T.; JOHNSON, E.; TERHUNE, T.; MONTGOMERY, T. H. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1374-1383, 2009.

PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; FONSECA, M. A.; MARCONDES, M. I. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2516-2524, 2009.

RATHMANN, R. J.; MEHAFFEY, J. M.; BAXA, T. J.; NICHOLS, W. T.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; BROOKS, J. C.; JOHNSON, B. J.; MILLER, M. F. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on carcass cutability,

composition, tenderness, and skeletal muscle gene expression in feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3686-3701, 2009.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; ALVES FILHO, D. C. Machos não-castrados para produção de carne. In: RESTLE, J. (Ed) **Confinamento, pastagens e suplementação para a produção de bovinos de corte**. Santa Maria: UFSM, Cap.10, p. 215-231, 1999.

SANTOS, A. C. R.; CAETANO, M.; GOULART, R. S.; PFLANZER, S. B.; SILVA, S. L.; LANNA, D. P. D. Effects of zilpaterol hydrochloride feeding time on Nelore bulls performance and carcass characteristics. In: JOINT ANNUAL MEETING, 2014, Kansas City, **Anais...** Kansas City: ADSA: ASAS, 2014. Disponível em: <<https://asas.confex.com/asas/jam2014/webprogram/Paper8173.html>> Acesso em 03 out. 2014.

SCRAMLIN, S. M.; PLATTER, W. J.; GOMEZ, R. A.; CHOAT, W. T.; McKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Comparative effects of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass traits, and longissimus tenderness of finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 5, p. 1823-1829, 2010.

VASCONCELOS, J. T.; RATHMANN, R. J.; REUTER, R. R.; LEIBOVICH, J.; McMENIMAN, J. P.; HALES, K. E.; COVEY, T. L.; MILLER, M. F.; NICHOLS, W. T.; GALYEAN, M. L. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 8, p. 2005-2015, 2008.

VAZ, F. N.; RESTLE, J.; FEIJÓ, G. L. D.; BRONDANI, I. L.; ROSA, J. R. P.; SANTOS, A. P. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 518-525, 2001.

VITTORI, A.; QUEIROZ, A. C.; RESENDE, F. D.; GESUALDI JÚNIOR, A.; ALLEONI, G. F.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; GESUALDI, A. C. L. S. Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não-castrados, em fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p. 2085-2092, 2006.

WALKER, D. K.; TITGEMEYER, E. C.; DROUILLARD, J. S.; LOE, E. R.; DEPENDBUSCH, B. E.; WEBB, A. S. Effects of ractopamine and protein source on growth performance and carcass characteristics of feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n.10, p. 2795-2800, 2006.

WALKER, D. K.; TITGEMEYER, E. C.; BAXA, T. J.; CHUNG, K. Y.; JOHNSON, D. E.; LAUDERT, S. B.; JOHNSON, B. J. Effects of ractopamine and sex on serum metabolites and skeletal muscle gene expression in finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, n.4, p. 1349-1357, 2010.

CAPÍTULO II

Padrão de deposição de tecidos muscular e adiposo de bovinos Nelore castrados e não-castrados suplementados com cloridrato de zilpaterol

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos do fornecimento de cloridrato de zilpaterol na deposição de tecidos muscular e adiposo de bovinos Nelore não castrados e castrados, por meio de ultrassom, avaliação da área das fibras do músculo Semitendinosus e avaliação da composição física e química das carcaças pelo método HH. Foram utilizados 72 bovinos machos da raça Nelore, sendo 36 bovinos castrados e 36 não castrados, com peso vivo médio inicial de $347,5 \pm 46,5$ kg. O experimento foi delineado em blocos casualizados conforme o peso vivo inicial, em arranjo fatorial 2×2 sendo os fatores a inclusão de cloridrato de zilpaterol à ração e a condição sexual avaliada. Cada tratamento foi composto por 6 repetições (3 animais/baia), sendo estas consideradas as unidades experimentais para este estudo. Os bovinos foram alimentados duas vezes ao dia e a inclusão de 7,5 mg/Kg/MS de cloridrato de zilpaterol à ração se deu nos últimos 23 dias de confinamento, respeitando o período de carência da substância, de três dias. O fornecimento de cloridrato de zilpaterol proporcionou aos bovinos tratados maior área média das fibras do músculo *Semitendinosus*, maior proporção estimada de músculos e menor proporção estimada de gordura na carcaça, maior teor de extrato etéreo no corte das costelas e maior área de olho de lombo entre a 12 e 13ª costelas, para as duas condições sexuais avaliadas. Foram encontradas também diferenças entre bovinos castrados e não castrados, tendo os bovinos não castrados apresentado maior área média de fibra muscular, maior quantidade estimada de músculos e menor quantidade estimada de gordura na carcaça. Houve interação entre condição sexual e fornecimento de cloridrato de zilpaterol para o ganho em área de olho de lombo e ganho em espessura de gordura subcutânea no período de suplementação. A suplementação de bovinos Nelore confinados com cloridrato de zilpaterol proporcionou maior musculosidade nas carcaças e redução na deposição de tecido adiposo.

Palavras-chave: agonistas β -adrenérgicos, castração, confinamento, fibra muscular, Nelore.

**Deposition pattern of muscle and adipose tissues of Nellore steers and bulls
supplemented with zilpaterol hydrochloride**

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of feeding zilpaterol hydrochloride on deposition of muscle and adipose tissues of Nellore steers and bulls by ultrasonography means, evaluation of fiber area of the *Semitendinosus* muscle and evaluation of physical and chemistry composition carcasses by the HH method. 72 male Nellore animals were used, 36 steers and 36 bulls, with average body weight of $347,5 \pm 46,5$ kg. The experiment was in a randomized block design according to the initial weight, in a 2 x 2 factorial design with the factors: inclusion of zilpaterol hydrochloride in diet and the sexual condition. Each treatment consisted of 6 replicates (3 animals/pen), which were considered the experimental units for this study. The animals were fed twice a day, and the inclusion of 7.5 mg/kg/DM zilpaterol hydrochloride in ration occurred in the last 23 days of the experiment, respecting the waiting period of the product. Supply zilpaterol hydrochloride provided higher average fiber area of the *Semitendinosus* muscle, higher estimated proportion of muscle and lower estimated proportion of carcass fat, higher content of ether extract in the ribs, greater LM area between 12 and 13th ribs, for both sexual condition evaluated. Differences were also found between steers and bulls, the bulls presented higher mean muscle fiber area, higher estimated proportion of muscles and lower estimated proportion of fat in carcass. There was an interaction between sexual condition and supply of zilpaterol hydrochloride for the gain in LM area and gain in thickness of subcutaneous fat during delivery of the product. Feeding zilpaterol hydrochloride to Nellore cattle on carcass provided greater muscularity and less fat deposition.

Keywords: agonist β -adrenergic, castration, feedlot, muscular fiber, Nellore.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior país exportador de carne bovina no mundo. Em 2013, o volume exportado foi de 1,499 milhões de toneladas de carne (ABIEC, 2014). Isto pode ser considerado como resultado de intensas transformações que ocorreram nos últimos anos, principalmente em relação ao sistema de produção, devido ao aumento da terminação de bovinos em confinamento. Sistemas de confinamento requerem altos investimentos, o que leva a busca por tecnologias que permitam produzir mais carne em menos tempo, como resultado do aumento da eficiência dos bovinos.

Uma das tecnologias implantadas na pecuária de corte brasileira é a utilização de agonistas β -adrenérgicos, ou β -agonistas, fornecidos no final do período de terminação de bovinos de corte, com o objetivo de melhorar o ganho em peso, conversão alimentar e rendimento de carcaça.

Os β -agonistas são moléculas orgânicas que se ligam a receptores presentes na maioria das células dos mamíferos e promovem aumento do desenvolvimento da massa muscular por meio de hipertrofia e redução da deposição de gordura (DUNSHEA et al., 2005). Isso acontece devido ao aumento na síntese de proteínas e inibição da degradação das mesmas. Os β -agonistas estimulam também a atividade lipolítica e consequentemente inibem a lipogênese, além de reduzir a síntese e estimular a degradação de glicogênio (SMITH, 1987).

As diferenças da curva de crescimento de bovinos não castrados e castrados são bastante evidentes. Portanto, o uso de β -agonistas em zebuínos castrados, bem como animais não castrados, que representa a realidade predominante nos confinamentos brasileiros, poderá proporcionar uma alternativa para aumentar a produtividade do confinador, tendo em vista o potencial de retorno econômico dos β -agonistas.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do uso de cloridrato de zilpaterol no padrão de crescimento do tecido muscular e adiposo de bovinos Nelore castrados e não castrados, devido às diferenças na deposição de tecido muscular e adiposo em bovinos de diferentes condições sexuais, suplementados com cloridrato de zilpaterol durante os últimos 20 dias de confinamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais e Local Experimental

O estudo foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, no confinamento experimental do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, entre Agosto e Dezembro de 2013. Foram utilizados 72 bovinos machos da raça Nelore, sendo 36 castrados e 36 não castrados, com peso vivo médio inicial de $347,5 \pm 46,5$ kg, e provenientes de recria em sistema de pastejo contínuo. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Estudo de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP sob protocolo 23/2013.

2.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com base no peso vivo inicial, em arranjo fatorial 2 x 2, sendo os fatores a inclusão de cloridrato de zilpaterol a ração e a condição sexual avaliada. Cada tratamento foi composto por seis baias (três animais/baia), sendo estas consideradas as unidades experimentais para este estudo. As baias foram formadas de acordo com o peso dos bovinos e os tratamentos distribuídos de forma que a média de peso de cada tratamento fosse semelhante.

2.3 Manejo, arração e cuidados com os animais

Os bovinos foram vacinados e desverminados antes do transporte ao confinamento e na chegada às instalações os mesmos foram submetidos a um período de pré-adaptação de 16 dias, com o objetivo de uniformizar a população ruminal dos mesmos e adaptá-los às instalações e ao manejo.

Os bovinos foram mantidos em baias de piso de concreto suspenso de fácil limpeza com lotação de três bovinos por baia, com aproximadamente 10 m² de área e 1,66 m de cocho por animal. Cada baia possuía um bebedouro automático, com fornecimento de água constante. As dietas foram formuladas segundo o sistema Large Ruminant Nutrition System (LRNS). Em virtude das duas categorias estudadas apresentarem exigências nutricionais muito próximas, a dieta fornecida para todos os tratamentos foi a mesma, de acordo com a **Tabela 1**. A adaptação dos bovinos à dieta

foi feita na forma de escadas (*step up*) e consistiu no fornecimento de dietas com níveis crescentes de concentrado (66 e 74%) durante 19 dias. A partir do vigésimo dia os bovinos receberam a ração de terminação (84% de concentrado) até o abate. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, sendo fornecido 40% da quantidade total diária às 9h e 60% às 15h. O cloridrato de zilpaterol foi previamente misturado ao suplemento mineral dos últimos 20 dias antes do abate, para facilitar a mistura da substância à ração de forma homogênea. A inclusão de 7,5 mg de cloridrato de zilpaterol por Kg de massa seca de ração se deu durante 23 dias, respeitando o período de carência da molécula, de três dias.

Tabela 1. Composição e conteúdo nutricional das dietas totais oferecidas aos animais durante o confinamento.

Dietas	1	2	Terminação
Nível de Concentrado (%)	66	74	84
Ingredientes (% MS)			
Bagaço in natura	31,00	23,00	15,00
Feno de <i>Coast cross</i>	3,00	3,00	1,00
Silagem de Grãos Úmidos de Milho	45,00	56,00	70,00
Farelo de Amendoim	13,00	9,80	5,50
Torta de Algodão	6,00	5,00	4,00
Suplemento Mineral ¹	1,10	2,00	3,00
Uréia	0,40	0,60	0,80
Calcário	0,50	0,60	0,70
Conteúdo Nutricional ²			
Matéria Seca (%)	65,00	66,00	68,00
Nutrientes Digestíveis Totais (%MS)	75,00	77,00	82,00
ELg ³ (Mcal/kgMS)	1,17	1,24	1,35
Proteína Bruta (%MS)	16,00	15,00	14,00
Fibra em Detergente Neutro (%MS)	28,60	23,30	15,60
peNDF ⁴ (%MS)	25,00	20,00	13,00
Cálcio (%MS)	0,68	0,70	0,72
Fósforo (%MS)	0,34	0,35	0,36

¹Núcleo mineral contendo por kg do produto: 16,0% Ca; 2,29 % S; 1,43% Mg; 5,7% Na; 1,7% P; 1715 ppm Zn; 720 ppm Mn; 360 ppm Cu; 21,60 I; 6 ppm Se; 21,6 ppm Co; 71300 UI Vit. A; 3120 UI Vit. D3; 208 UI Vit E; 14,10% Uréia; 714,30 ppm de monensina sódica e 233,24 ppm Cloridrato de Zilpaterol; ²Conteúdo nutricional estimado pelo software LRNS; ³Energia líquida de ganho; ⁴FDN fisicamente efetiva.

Ao longo do período experimental foram feitas amostragens das rações para a análise bromatológica de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral

segundo AOAC (1990) e fibra em detergente neutro segundo Van Soest et al. (1991). A ração foi submetida a ajustes de quantidade diariamente, com base na quantidade de sobra nos cochos, pesada antes da primeira refeição (8:00h).

Os bovinos foram abatidos em frigorífico comercial com peso médio de $514,5 \pm 73,1$ de acordo com as normas de ética e bem estar animal. Em função das diferenças de pesos entre os blocos foram realizados dois abates. Os três blocos mais pesados foram abatidos após 102 dias no confinamento e os três blocos mais leves, após 116 dias no confinamento. O abate foi realizado por meio de concussão cerebral com pistola de ar comprimido, com posterior secção da veia jugular. As carcaças foram esfoladas por tracionamento mecânico por corrente.

2.4 Avaliação da deposição dos tecidos muscular e adiposo por ultrassom em tempo real

Os bovinos foram submetidos no início e no final do período de fornecimento do cloridrato de zilpaterol (24 dias de intervalo entre as avaliações) à avaliação da deposição dos tecidos adiposo e muscular. Além disso, foi calculada a deposição dos tecidos pela diferença entre as mensurações final e inicial.

As avaliações foram realizadas segundo as normas internacionais da UGC (Ultrasound Guidelines Council, 2014), utilizando-se ultrassom veterinário “ALOKA 500V”, com sonda de 17,2cm/3,50MHz e óleo vegetal como acoplante acústico. Foram coletadas imagens do tecido adiposo subcutâneo (EGS), área de olho de lombo (AOL) e marmoreio no músculo *Longissimus dorsi* (corte do contrafilé), entre as 12ª e 13ª costelas e do tecido adiposo do músculo *Biceps femoris* (corte da picanha), por meio do software “BIA PRO PLUS”, por técnicos certificados pela UGC. As imagens foram analisadas no Laboratório de Imagens da Designer Genes Technologies Brasil por técnico de laboratório certificado pela UGC.

2.5 Determinação da área das fibras musculares

Foram coletadas amostras do músculo *Semitendinosus* das meias carcaças direitas de todos os bovinos logo após o abate. As amostras foram processadas em fragmentos de aproximadamente 1,0 cm de comprimento por 0,5 cm de espessura,

congeladas, acondicionadas em tubos criogênicos identificados e armazenadas em botijão de nitrogênio líquido.

Posteriormente, as amostras foram transferidas para a câmara de um micrótomo criostato da marca Leica, modelo 1859, permanecendo a -20°C por aproximadamente 45 minutos. Em seguida, foram fixadas perpendicularmente a um suporte metálico utilizando-se o adesivo líquido Tissue Freezing Medium (Leica) e submetidas a uma série de cortes histológicos com $10\text{ }\mu\text{m}$ de espessura, os quais foram colhidos em lâminas histológicas mantidas à temperatura ambiente. As lâminas foram fixadas e coradas com Hematoxilina-Eosina. As lâminas foram posteriormente analisadas e fotografadas em seis campos microscópicos, ao longo de toda a lâmina, para a obtenção do maior número de dados possível, utilizando-se uma câmera acoplada a um microscópio óptico da marca Leica, modelo DFC 300 FX (ocular 12,5 e objetiva de 20x). Para determinação da área das fibras musculares, foram mensuradas 300 fibras por animal, por meio do uso do software Image J. A determinação da área das fibras musculares foi feita no Laboratório de Biologia do Músculo Estriado, do Departamento de Morfologia/IBB/UNESP - Botucatu.

2.6 Determinação da composição física e química da carcaça

Para determinação da composição física e química do ganho, foram coletadas amostras correspondentes à secção da 9ª à 11ª costelas (método HH) das meias carcaças direitas, de acordo com a metodologia de Hankins & Howe (1946).

As amostras foram encaminhadas sob refrigeração para a Unidade Laboratorial de Referência em Classificação e Análise de Carcaças do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, para realização da separação física e pesagem das porções de tecido ósseo, muscular e adiposo da secção das costelas.

As costelas foram submetidas à separação física. Os pesos de cada um dos três tecidos obtidos foi utilizado para prever as proporções de músculos, gordura e ossos na carcaça, de acordo com as equações preconizadas por Hankins & Howe (1946):

$$\text{Proporção de músculo: } Y = 16,08 + 0,80 X$$

$$\text{Proporção de tecido adiposo: } Y = 3,54 + 0,80 X$$

Proporção de ossos: $Y = 5,52 + 0,57 X$, nas quais: x = porcentagem do componente na secção das costelas.

Após realizada a separação e pesagem dos tecidos, os mesmos foram homogeneizados em bandejas e moídos em peneiras de 30 mm e posteriormente em peneiras de 12 mm. Em seguida, uma amostra previamente moída e homogeneizada foi acondicionada em placa de petri e liofilizada até peso constante.

As amostras liofilizadas foram submetidas à análises de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e matéria seca, de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1985), no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal/FMVZ/Unesp – Botucatu.

2.7 Análise estatística

Com relação ao modelo estatístico experimental, os dados foram analisados utilizando-se o procedimento PROC MIXED do software SAS (2003) e teste de Tukey para comparação entre as médias. As baias foram consideradas as unidades experimentais e os animais unidades de observação, de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + S_j + T*S_{ij} + e_{ij};$$

No qual:

Y_{ij} = observação relativa à j-ésima unidade experimental (animal) do i-ésimo tratamento;

μ = média geral; T_i = efeito do i-ésimo tratamento, sendo i = 1: controle, e 2: adição de cloridrato de Zilpaterol;

e_{ij} = erro experimental referente à j-ésima unidade experimental do i-ésimo tratamento ($0; \sigma_e^2$).

3. RESULTADOS

Deposição de tecidos muscular e adiposo avaliados via ultrassom

Com relação ao monitoramento do desenvolvimento da espessura de gordura subcutânea (EGS), marmoreio (M) e área de olho de lombo (AOL) do músculo *Longissimus dorsi* e da cobertura de gordura subcutânea do músculo *Biceps femoris* (EGP8) por meio da técnica de ultrassom, os resultados estão apresentados na **Tabela 2**.

Pode-se observar interação significativa entre condição sexual e fornecimento de cloridrato de zilpaterol para deposição de AOL ($P=0,02$) no período de suplementação e deposição de gordura subcutânea ($P=0,03$) durante o período de fornecimento da molécula. Os bovinos suplementados com β -agonistas não castrados apresentaram maior deposição que o grupo suplementado castrado. Os bovinos não suplementados, castrados ou não, apresentaram valores semelhantes para deposição em AOL e menores que o grupo tratado com cloridrato de zilpaterol. Com relação à deposição de EGS, os animais não castrados suplementados ou não e os animais não castrados sem suplementação apresentaram valores semelhantes e superiores à deposição de EGS dos bovinos castrados alimentados com cloridrato de zilpaterol. Para os demais parâmetros avaliados, não se observou interações significativas ($P>0,05$).

Observou-se efeito significativo do fornecimento de cloridrato de zilpaterol nos valores de AOL final ($P=0,04$). Os animais que receberam β -agonista obtiveram maior AOL final em comparação aos bovinos controle. A condição sexual dos bovinos proporcionou diferença significativa para os valores de marmoreio final ($P=0,03$) e deposição de EGP8 ($P=0,01$), tendo os animais castrados apresentado maior marmoreio final e maior deposição de EGP8.

Tabela 2. Desenvolvimento da área de olho de lombo (AOL), cobertura de gordura subcutânea (EGS) e marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* e espessura de gordura subcutânea do músculo *Biceps femoris* (EGP8) monitorados por meio de ultrassom de cada tratamento utilizado no estudo.

Parâmetros	Zilpaterol		Controle		EPM ¹	Valor de P		
	CA ²	NC ³	CA ²	NC ³		Z ⁴	CS ⁵	I ⁶
AOL Inicial (cm ²)	72,54	67,02	71,96	72,00	1,85	0,22	0,21	0,12
AOL Final (cm ²)	80,12	78,53	76,24	76,37	1,49	0,04	0,67	0,54
Deposição AOL (cm ²)	8,15 ^a	11,11 ^b	4,66 ^c	3,79 ^c	1,29	<0,01	0,35	0,02
EGS Inicial (mm)	5,05	4,25	4,70	4,49	0,27	0,81	0,12	0,23
EGS Final (mm)	5,48	5,00	5,62	5,38	0,30	0,33	0,29	0,65
Deposição EGS (mm)	0,42 ^a	0,76 ^b	0,92 ^b	0,89 ^b	0,08	<0,01	0,13	0,03
Marmoreio Inicial (%)	3,10	2,98	2,99	2,82	0,15	0,35	0,41	0,85
Marmoreio Final (%)	3,26	2,92	3,16	2,75	0,19	0,27	0,03	0,75
Deposição Marmoreio (%)	0,05	0,01	0,09	0,02	0,09	0,61	0,47	0,85
EGP8 Inicial (mm)	6,82	6,19	6,25	6,06	0,49	0,31	0,39	0,50
EGP8 Final (mm)	8,05	7,19	7,78	7,04	0,44	0,56	0,10	0,86
Deposição EGP8 (mm)	1,38	0,89	1,63	0,81	0,20	0,65	0,01	0,40

¹Erro padrão médio; ²Castrados; ³Não castrados; ⁴Fornecimento de cloridrato de zilpaterol; ⁵Condição sexual; ⁶Interação entre fornecimento de cloridrato de zilpaterol e condição sexual; ^{a, b, c} médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si (P<0,05).

Área de fibra muscular

Observou-se efeito (P=0,03) do fornecimento de cloridrato de zilpaterol sobre a área média de fibras do músculo *Semitendinosus*, tendo os animais suplementados apresentado maiores áreas. As fotos de lâminas das fibras musculares de bovinos suplementados e não suplementados com cloridrato de zilpaterol estão demonstradas nas **Figura 1** e **Figura 2**, respectivamente. Houve também efeito significativo (P<0,01) da condição sexual dos bovinos na área das fibras musculares, que foi maior nos animais não castrados. Não foi encontrada interação entre o fornecimento de cloridrato de zilpaterol e a condição sexual sobre a área média das fibras musculares. As medidas de área média de fibra muscular são mostrados na **Tabela 3**.

Tabela 3. Área média das fibras musculares do músculo *Semitendinosus* de bovinos castrados e não castrados, suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol.

	Zilpaterol		Controle		EPM ¹	Valor de P		
	CA ²	NC ³	CA ²	NC ³		Z ⁴	CS ⁵	I ⁶
Área (µm ²)	4477,48	5008,76	3948,02	4624,44	204,58	0,03	<0,01	0,71

¹Erro padrão médio; ²Castrados; ³Não castrados; ⁴Fornecimento de cloridrato de zilpaterol; ⁵Condição sexual; ⁶Interação entre fornecimento de cloridrato de zilpaterol e condição sexual.

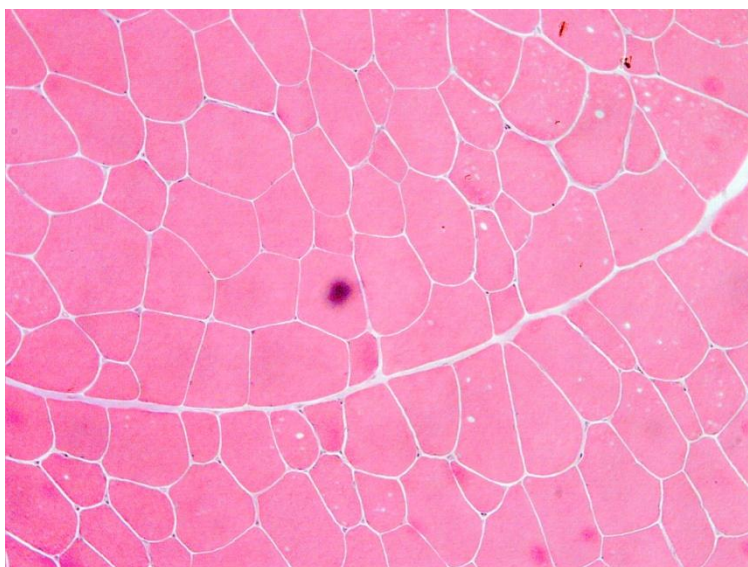


Figura 1. Secção transversal das fibras do músculo *Semitendinosus* de bovinos suplementados com cloridrato de zilpaterol.



Figura 2. Secção transversal das fibras do músculo *Semitendinosus* de bovinos não suplementados com cloridrato de zilpaterol.

Composição física e química das carcaças

Não se observou efeito da condição sexual ou do fornecimento de cloridrato de zilpaterol ($P>0,05$) para a porcentagem de ossos estimada pelo método HH (HANKINS & HOWE, 1946). Entretanto, observou-se efeito significativo do fornecimento de cloridrato de zilpaterol na quantidade de músculos ($P<0,01$) e gordura ($P=0,01$) estimada na carcaça dos bovinos. Os animais suplementados com o β -agonista

apresentaram maior porcentagem de músculos e menor porcentagem de gordura na carcaça.

Observou-se efeito significativo ($P<0,01$) da condição sexual na composição física da carcaça para a porcentagem de músculos e gordura. Os animais castrados produziram carcaças com maior quantidade de gordura e menor quantidade de músculos.

Não houve interação entre o fornecimento do produto e a condição sexual dos bovinos sobre a composição física estimada da carcaça, para nenhum componente avaliado. Os valores encontrados na composição física estimada pelo corte das 9-10-11^a costelas estão demonstrados na **Tabela 4**.

Tabela 4. Composição física das carcaças estimada pelo corte das 9-10-11^a costelas de bovinos castrados e não castrados, suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol.

Tecidos (%)	Zilpaterol		Controle		EPM ¹	Valor de P		
	CA ²	NC ³	CA ²	NC ³		Z ⁴	CS ⁵	I ⁶
Ósseo	14,80	15,09	14,83	15,83	0,47	0,43	0,19	0,47
Muscular	55,00	57,00	52,89	55,45	0,88	<0,01	<0,01	0,66
Adiposo	31,26	27,81	33,66	29,71	0,83	0,01	<0,01	0,74

¹Erro padrão médio; ²Castrados; ³Não castrados; ⁴Fornecimento de cloridrato de zilpaterol; ⁵Condição sexual; ⁶Interação entre fornecimento de cloridrato de zilpaterol e condição sexual.

O fornecimento de cloridrato de zilpaterol proporcionou efeito significativo ($P<0,01$) apenas para o teor de extrato etéreo das amostras de costelas, que foi menor nos animais suplementados de ambas as condições sexuais avaliadas. Observou-se efeito significativo da condição sexual para água ($P<0,01$), extrato etéreo ($P<0,01$), proteína ($P=0,01$) e matéria mineral ($P=0,04$). Os bovinos castrados apresentaram menor teor de água, proteínas e matéria mineral e maior teor de extrato etéreo em comparação aos animais não castrados. Não houveram interações significativas ($P>0,05$) entre condição sexual e fornecimento de cloridrato de zilpaterol (**Tabela 5**).

Tabela 5. Composição química das amostras do corte das 9-10-11^a costelas de bovinos castrados e não castrados, suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol.

Composição (%)	Zilpaterol		Controle		EPM ¹	Valor de P		
	CA ²	NC ³	CA ²	NC ³		Z ⁴	S ⁵	I ⁶
Água	50,85	53,08	49,26	52,74	0,94	0,25	<0,01	0,45
Extrato Etéreo	25,51	21,96	29,02	23,71	0,99	<0,01	<0,01	0,34
Proteína	16,15	16,77	15,98	17,08	0,32	0,82	0,01	0,43
Matéria Mineral	5,07	5,26	4,94	5,93	0,27	0,34	0,04	0,16

¹Erro padrão médio; ²Castrados; ³Não castrados; ⁴Fornecimento de cloridrato de zilpaterol; ⁵Condição sexual; ⁶Interação entre fornecimento de cloridrato de zilpaterol e condição sexual.

4. DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa entre o fornecimento de cloridrato de zilpaterol e condição sexual para o deposição de tecido muscular ($P=0,02$) durante o período avaliado. Os bovinos não castrados suplementados apresentaram maior deposição muscular em relação aos castrados suplementados ($11,11$ vs $8,15$ cm^2). Os grupos controle, castrados ou não, apresentaram valores semelhantes e inferiores aos demais ($4,66$ vs $3,79$ cm^2). Tais resultados podem ser explicados devido à combinação dos efeitos dos hormônios androgênicos e do fornecimento do cloridrato de zilpaterol. Os hormônios, presentes nos bovinos não castrados, estimulam atividade e proliferação das células satélite e a redução da degradação de proteína (BAXA, 2008) e os β -agonistas promovem um aumento da massa muscular, tanto por meio do aumento da síntese protéica, diminuição da degradação, ou ambos os processos (GONZALES et al., 1993), além do aumento no fluxo sanguíneo para o tecido muscular esquelético, o que proporciona maior aporte de nutrientes para a síntese protéica (EISEMAN et al., 1988; SCRAMLIN et al., 2010). Desta forma, os bovinos não castrados e suplementados com cloridrato de zilpaterol possuem maior potencial de hipertrofia e deposição de tecido muscular se comparados aos bovinos castrados suplementados que, apesar da suplementação não produziam hormônios masculinos devido à castração. Acredita-se que os bovinos não suplementados, apesar da diferente condição sexual, apresentaram deposição de AOL semelhante no período, pois já estavam em fase de terminação, na qual a deposição de tecido muscular é menos intensa.

Houve interação significativa ($P=0,03$) para ganho em EGS no período de fornecimento do cloridrato de zilpaterol. Os animais castrados suplementados com cloridrato de zilpaterol apresentaram menor deposição de EGS que os grupos não castrados suplementados e castrados ou não sem suplementação ($0,42$ vs $0,76$; $0,92$ e $0,89$ mm). Acredita-se que este resultado se deve à atuação do cloridrato de zilpaterol na repartição de nutrientes, que pode proporcionar diminuição na deposição de gordura subcutânea na 12ª costela (BAXA et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2008). Com base nos resultados obtidos, observou-se que os efeitos na repartição de nutrientes e indução de processos de lipólise proporcionados pelo β -agonista foram mais intensos nos animais que naturalmente apresentam maior potencial de lipogênese devido à

castração, já que nos bovinos não castrados que naturalmente depositam menos gordura o fornecimento cloridrato de zilpaterol não proporcionou alterações na deposição de EGS. É importante salientar que a substância não causou prejuízo à qualidade da carcaça, já que a espessura de gordura média de ambos os tratamentos foi superior a 5,0 mm, sendo 4,0 mm o mínimo desejado pelos frigoríficos.

Para os demais parâmetros avaliados não foram observadas interações significativas entre o fornecimento de cloridrato de zilpaterol e a condição sexual dos bovinos. Sendo assim, os resultados serão discutidos em separado para cada um dos fatores.

4.1 Efeitos do fornecimento de Cloridrato de Zilpaterol

Com relação à avaliação inicial de ultrassom, não houve diferença significativa ($P>0,05$) para todos os parâmetros mensurados pois os animais pertenciam à um lote contemporâneo, de pesos semelhantes, castrados cerca de 90 dias antes do experimento e alimentados com a mesma dieta.

Foram observadas diferenças significativas ($P=0,04$) para as médias de AOL final, tendo os animais suplementados com o β -agonista apresentado maior área em relação ao grupo controle (79,32 vs 76,30 cm²) monitoradas via ultrassom. Diversos autores relataram maiores valores de AOL para bovinos suplementados com cloridrato de zilpaterol. Lawrence et al. (2011) observaram AOL de vacas de descarte suplementadas com cloridrato de zilpaterol em torno de 7 cm² maiores, em relação aos animais controle. A AOL mensurada via ultrassonografia está correlacionada com musculabilidade da carcaça de bovinos (SUGUISAWA et al., 2006). Desta forma, pode-se inferir que o cloridrato de zilpaterol aumentou o grau de musculabilidade da carcaça de bovinos Nelore castrados e não castrados, consequência do direcionamento dos nutrientes advindos da dieta para a deposição de tecido muscular e da redução da proteólise.

Em experimento complementar a esta dissertação, utilizando os mesmos animais, tratamentos e dieta, Brichi et al. (2014) obtiveram maior peso vivo final (518,6 vs 510,3 kg), rendimento de carcaça (56,6 vs 55,1%) e peso de carcaça quente (292,7 vs 280,0 kg) para os animais suplementados com cloridrato de zilpaterol, evidenciando

maior musculosidade e deposição de músculos na carcaça proporcionados pela administração desta substância.

Não se observou diferença significativa ($P>0,05$) quanto à EGS final, mensurações de marmoreio e de espessura de gordura no músculo *Biceps femoris* monitorados por ultrassom. Acredita-se que, apesar do fornecimento de cloridrato de zilpaterol, a deposição de tecido adiposo não foi intensamente afetada devido ao alto teor energético da dieta fornecida e à castração tardia dos bovinos, que ocorreu 90 dias antes do início do experimento. Desta forma, o fornecimento do β -agonista mostrou-se altamente vantajoso, já que aumenta a musculosidade da carcaça, sem efeitos negativos na cobertura de gordura, ou seja, sem comprometer a qualidade da carcaça.

Com relação à área média das fibras do músculo *Semitendinosus*, os bovinos que receberam a suplementação apresentaram maior ($P=0,03$) área média das fibras que os bovinos do grupo controle (4743,12 vs 4286,23 μm^2). Kellermeyer et al. (2009) encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, ao suplementarem bovinos cruzados com cloridrato de zilpaterol por 30 dias. Os autores relataram que o diâmetro de fibras do músculo *Longissimus dorsi* aumentou nos bovinos que receberam a suplementação. Gonzales et al. (2007) avaliaram a capacidade de hipertrofia de fibras musculares do *Longissimus dorsi* de vacas de descarte, suplementadas com cloridrato de ractopamina. Os autores encontraram maior diâmetro das fibras musculares de bovinos que receberam cloridrato de ractopamina em comparação ao grupo controle. Tais resultados evidenciam a hipertrofia da fibra muscular como uma importante ação biológica dos agonistas β -adrenérgicos.

Baxa (2008) relatou que o uso de β -agonistas estimula a hipertrofia muscular devido à alterações nos processos de síntese e degradação de proteínas. De acordo com o autor, há uma diminuição da degradação protéica natural do músculo em função do aumento da concentração da enzima calpastatina, que quando liberada inibe a ação da calpaína, enzima responsável por degradar as estruturas da fibra muscular, além de um aumento na tradução de RNA em proteína. A combinação destes processos resulta em maior deposição de tecido muscular. Segundo estudos de Beermann et al. (1986), o fornecimento de cimaterol à ovinos promoveu maior fluxo sanguíneo nos músculos dos membros posteriores. Da mesma forma, em estudo de Byrem et al. (1996) bovinos machos castrados que receberam infusão arterial de cimaterol apresentaram maior fluxo

sanguíneo e extração de aminoácidos essenciais da circulação no membro onde o β -agonista foi infundido. Tais evidências demonstram o potencial de repartição de nutrientes destas substâncias para o crescimento do músculo esquelético, que ocorre por meio da hipertrofia das fibras musculares.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o fornecimento de cloridrato de zilpaterol proporciona maior deposição de tecido muscular, devido à maior área média de fibras do músculo *Semitendinosus*. O crescimento muscular e, conseqüentemente, a produção de carne, são extremamente dependentes da hipertrofia muscular, já que a hiperplasia acontece somente no período pré-natal em bovinos, ou seja, os animais já nascem com número pré-definido de fibras musculares (MOODY et al. 1970). Portanto, a suplementação de bovinos Nelore com β -agonistas mostrou-se altamente eficiente quanto à deposição de tecido muscular.

Com relação à composição física estimada das carcaças pelo método HH, não houve diferença significativa ($P>0,05$) quanto à porcentagem de ossos estimada para os grupos suplementado ou não com o β -agonista. Este resultado corrobora com estudos de Leheska et al. (2009), que avaliaram os efeitos da suplementação de bovinos machos castrados e fêmeas com cloridrato de zilpaterol. Os autores não encontraram diferenças significativas quanto à porcentagem de ossos tanto para machos castrados quanto para fêmeas que receberam a suplementação. Os agonistas β -adrenérgicos atuam na repartição de nutrientes, direcionando o ganho para a deposição de tecido muscular, em detrimento do tecido adiposo (KELLERMEIER et al., 2009) e não exercem efeitos sobre a deposição de tecido ósseo.

Observou-se diferença significativa ($P<0,01$) do fornecimento de cloridrato de zilpaterol na porcentagem estimada de tecido muscular nas carcaças. A suplementação com β -agonistas proporcionou maior porcentagem de tecido muscular em relação aos bovinos não suplementados (56,00 vs 54,17%). Este resultado pode ser atribuído ao uso de cloridrato de zilpaterol, que proporciona maior deposição de massa muscular na carcaça e corrobora o estudo de Leheska et al. (2009), que encontraram maior proporção de tecido muscular nas carcaças de bovinos machos castrados e fêmeas, suplementados com cloridrato de zilpaterol, em relação ao grupo controle. O principal resultado do uso de β -agonistas na nutrição de bovinos confinados é um aumento na quantidade de carne produzida por animal, resultante do aumento da quantidade de substrato destinado para

a síntese protéica e da diminuição da degradação de proteínas (SCRAMLIN et al., 2010). Estudos relatam aumento de 10 a 15 kg de peso por carcaça de animal suplementado com cloridrato de zilpaterol, em comparação ao grupo controle (ELAM et al., 2009; MONTGOMERY et al., 2009; LAWRENCE et al., 2011), o que condiz com o aumento na porcentagem de tecido muscular estimado na carcaça encontrado no experimento.

Com relação ao tecido adiposo, houve diferença significativa ($P < 0,01$) devido ao fornecimento de cloridrato de zilpaterol. Os bovinos suplementados apresentaram menor porcentagem estimada de tecido adiposo na carcaça em relação aos animais controle (29,53 vs 31,68%) assim como Hilton et al. (2009) ao avaliar o fornecimento de cloridrato de zilpaterol a bovinos machos castrados e fêmeas. Entretanto, os resultados de Leheska et al. (2009) contrariam os dados observados no experimento, já que os autores não encontraram diferenças significativas com relação à porcentagem de tecido adiposo na carcaça de bovinos machos castrados e fêmeas suplementados ou não com cloridrato de zilpaterol. Os autores observaram que o uso desta substância alterou a quantidade de tecido muscular na carcaça, porém com efeito mínimo na deposição dos tecidos ósseo e adiposo.

Como já foi citado anteriormente, o uso de β -agonistas direciona os nutrientes da dieta para a deposição de tecido muscular. Além disso, a síntese de tecido adiposo é mais lenta que a síntese de tecido muscular, pois é preciso apenas metade da energia para depositar a mesma quantidade de tecido muscular, se comparado ao tecido adiposo (MERSMANN, 1998). Alguns autores relatam também uma diminuição na lipogênese e aumento da lipólise como resultados do uso de cloridrato de zilpaterol (EISEMAN et al., 1988; BAXA et al., 2010). O resultado destas alterações metabólicas é uma carcaça com menos gordura e mais carne.

Com relação à composição química do corte das 9-10-11^a costelas, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para a porcentagem de água no corte, assim como no estudo de Leheska et al. (2009), que avaliaram a composição química das meias carcaças direitas de bovinos castrados recebendo ou não cloridrato de zilpaterol. Entretanto, os resultados do experimento contrariam estudos de Hilton et al. (2009) e Rathmann et al. (2009), nos quais foram encontrados maiores teores de água nas amostras de costelas de animais suplementados com β -agonistas.

Observou-se diferença significativa ($P < 0,01$) apenas para o teor de extrato etéreo das amostras de costelas de bovinos que receberam ou não cloridrato de zilpaterol. Bovinos tratados com o β -agonista apresentaram menores porcentagens de extrato etéreo no corte da 9-10-11ª costelas em comparação ao grupo controle (23,73 vs 26,36%), assim como os resultados encontrados na literatura (HILTON et al., 2009; RATHMANN et al., 2009). Tais resultados podem ser explicados pelos efeitos do cloridrato de zilpaterol na repartição de nutrientes advindos da dieta que são direcionados para a deposição de proteína, ocorrendo, portanto, uma redução na deposição de lipídeos na carcaça (GONZALES et al., 1993; HILTON et al., 2009).

O fornecimento de cloridrato de zilpaterol não proporcionou diferenças significativas ($P > 0,05$) para os teores de proteínas da secção das costelas dos bovinos, contrariando dados encontrados na literatura (HILTON et al., 2009; RATHMANN et al., 2009). Com relação ao teor de cinzas, o fornecimento de cloridrato de zilpaterol não proporcionou diferença significativa ($P > 0,05$), assim como em resultados obtidos por Leheska et al. (2009). A composição protéica e mineral das carcaças de bovinos é pouco variável (REID et al., 1955), principalmente em bovinos contemporâneos e da mesma raça, como no experimento, o que pode justificar tais resultados obtidos.

4.2 Efeitos da castração

Observou-se diferença significativa ($P = 0,03$) quanto ao grau de marmoreio ao final do experimento de bovinos castrados e não castrados. Os bovinos castrados apresentaram maior marmoreio (3,21 vs 2,84%), assim como resultados encontrados na literatura (JACOBS et al., 1977; VAZ et al., 2001; PURCHAS et al., 2002). De acordo com Lawrie (2005), em geral, bovinos castrados possuem mais gordura intramuscular do que os não castrados. Houve também diferenças significativas ($P = 0,01$) para a deposição de gordura subcutânea no músculo *Biceps femoris* (Ganho EGP8) durante o período de fornecimento do β -agonista. Os bovinos castrados tiveram maior deposição em relação aos não castrados (1,51 vs 0,85 mm). Tais resultados justificam-se pelo maior potencial de deposição de tecido adiposo de bovinos castrados, devido à ausência de hormônios androgênicos suprimidos em função da castração (VAZ et al., 2001). A condição sexual e a castração são fatores que influenciam de maneira pronunciada a deposição de gordura em bovinos, promovendo mudanças significativas na curva de

crescimento destes animais e modificando a forma e composição corporal. Bovinos machos castrados depositam gordura mais precocemente que os não castrados, portanto estes animais apresentam à mesma idade composição corporal e porcentagem de gordura na carcaça completamente distintas (LUCHIARI FILHO, 2000).

Foram observadas também interações significativas entre condição sexual e fornecimento de cloridrato de zilpaterol, já abordadas no primeiro tópico da discussão. Para as demais avaliações, a condição sexual não proporcionou efeitos significativos ($P>0,05$). Os efeitos da castração dependem do momento em que é realizada. Se ocorrer antes da puberdade, haverá uma interrupção completa do desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários, pela falta dos hormônios masculinos, o que torna o animal castrado bastante diferente do não castrado, em relação à composição corporal. Entretanto, se a castração for realizada após a puberdade, os efeitos são menos pronunciados, ocorrendo apenas a regressão de alguns caracteres secundários, alterações de comportamento e variações no desempenho (RESTLE et al., 1994). Como a castração ocorreu 90 dias antes do início do experimento, acredita-se que alguns efeitos sobre as características da carcaça, como espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo, não foram suficientemente pronunciados.

Com relação à área média das fibras do músculo *Semitendinosus*, os bovinos não castrados apresentaram área de fibra muscular significativamente superior ($P<0,01$) à dos castrados (4816,69 vs 4212,75 μm^2). Purchas et al. (2002) encontraram resultados semelhantes ao estudarem os efeitos da castração na hipertrofia muscular. Os autores mediram o diâmetro de fibras musculares do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos confinados castrados ou não e encontraram diferenças significativas. Os bovinos não castrados apresentaram maior diâmetro de fibras musculares em relação aos castrados. Da mesma forma, Ockerman et al. (1984), ao avaliarem a área da fibra muscular do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos castrados ou não, encontraram maiores valores para os animais não castrados.

As diferenças encontradas podem ser atribuídas à ação de hormônios androgênicos, principalmente testosterona, presentes apenas nos bovinos não castrados. Os hormônios androgênicos estimulam a atividade e proliferação das células satélite, células mononucleadas e mitoticamente ativas que são incorporadas pelas fibras musculares, servindo como fonte de núcleo e proporcionando um aumento na

quantidade de DNA, que contribui para um aumento na produção de proteína (BAXA, 2008). Estes hormônios promovem o crescimento muscular e têm papel importante na hipertrofia muscular (SCHREURS et al., 2008). Sendo assim, com relação à deposição de proteína por meio da hipertrofia muscular e com base nos resultados encontrados no experimento, o uso de bovinos castrados em confinamento se mostrou menos eficiente, já que estes animais apresentaram menor área de fibra muscular, em comparação aos não castrados.

A composição física da carcaça de bovinos Nelore castrados e não castrados utilizados no experimento não apresentou diferença ($P>0,05$) quanto à porcentagem de ossos. Resultados semelhantes foram encontrados por Vaz & Restle (2000), ao avaliarem a composição corporal de bovinos da raça Hereford castrados e não castrados abatidos aos 14 meses e por Vittori et al. (2006), que estudaram a composição corporal de bovinos castrados e não castrados de diferentes grupos genéticos.

O tecido ósseo apresenta maior impulso para crescimento em idade mais precoce, que diminui à medida que o peso do animal aumenta (JORGE et al., 1997). Acredita-se que não houve diferença quanto à porcentagem estimada de ossos na carcaça devido ao fato de que os bovinos utilizados no experimento já haviam atingido a idade adulta, portanto o crescimento ósseo já havia cessado.

Foram observados resultados significativos ($P<0,01$) para porcentagem de músculos e gordura na carcaça. Os bovinos não castrados apresentaram maior porcentagem estimada de músculos (56,22 vs 53,94%) e menor porcentagem de gordura (28,75 vs 32,46%) se comparados aos castrados. Tais resultados corroboram com dados encontrados na literatura (RESTLE et al., 2000; VITTORI et al., 2006; KUSS et al., 2009). A condição sexual influencia o ganho em peso e a composição da carcaça dos bovinos. Bovinos machos não castrados são os únicos que utilizam totalmente o potencial de desenvolvimento muscular, em comparação às fêmeas e machos castrados, embora sejam mais tardios em relação à deposição de tecido adiposo (LUCHIARI FILHO, 2000). Desta forma, bovinos de condições sexuais diferentes apresentam à mesma idade composições corporais completamente distintas, resultantes da supressão da produção de hormônios androgênicos nos castrados, principalmente a testosterona, que proporciona melhor anabolismo do nitrogênio, além de maior síntese proteica e menor deposição de gordura (VITTORI et al., 2006). Consequentemente, bovinos

castrados apresentam pior desempenho, menor musculosidade na carcaça e maior deposição de tecido adiposo, se comparados aos não castrados.

Os resultados obtidos no experimento demonstram que, do ponto de vista de produção de carne, é mais lucrativo confinar bovinos não castrados, devido à maior deposição de tecido muscular nestes animais. A tomada de decisão com relação à castração deve ser fundamentada no mercado consumidor a que se deseja atender e na possibilidade de pagamento de bonificação por qualidade por parte do frigorífico.

A diminuição da deposição de tecido muscular é considerada uma desvantagem da castração de bovinos de corte, já que reduz o desempenho dos bovinos e proporciona menor produção de carne por carcaça. Entretanto, o fornecimento de cloridrato de zilpaterol permite igualar a produção de tecido muscular de animais castrados e não castrados, tornando viável, do ponto de vista da quantidade de carne produzida, a utilização dos animais desta condição sexual.

Com relação à composição química do corte das costelas, a castração proporcionou efeito significativo ($P < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados. Observou-se efeito significativo ($P < 0,01$) da castração na proporção de água no corte das 9-10-11^a costelas. Os bovinos não castrados apresentaram maior proporção de água do que os castrados (52,90 vs 50,05%). Vaz et al. (2001) e Rodrigues & Andrade (2004) avaliaram a composição química do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos castrados e não castrados e encontraram resultados semelhantes. Jacobs et al. (1977) moeram e analisaram a composição de meias carcaças de bovinos castrados e não castrados e também obtiveram maiores proporções de água em bovinos não castrados. A diferença no teor de umidade das amostras pode ser atribuída à maior deposição de gordura e menor deposição de proteína nas carcaças de bovinos castrados. De acordo com Reid et al. (1955) a água está presente em menor quantidade no tecido adiposo, se comparado ao tecido muscular, portanto carcaças com maior quantidade de gordura e menor quantidade de músculos possuem teor de umidade mais baixo.

Com relação ao extrato etéreo no corte das 9-10-11^a costelas, houve efeito significativo ($P < 0,01$) da castração nos bovinos avaliados. Os bovinos não castrados apresentaram menor teor de extrato etéreo do que os castrados (22,83 vs 27,26%). Os resultados corroboram os de Jacobs et al. (1977), que constataram que bovinos

castrados apresentam carcaças mais ricas em extrato etéreo em comparação aos não castrados.

Houve efeito significativo ($P=0,01$) da condição sexual na proporção de proteínas no corte. Os bovinos não castrados apresentaram maior teor de proteínas que os castrados (16,92 vs 16,06%). Resultados semelhantes foram encontrados por Jacobs et al. (1977). De acordo com Seideman et al. (1982) a castração promove a deposição de tecido adiposo mais precocemente, com relação aos bovinos não castrados. Além disso, os hormônios testiculares proporcionam maior síntese protéica e menor deposição de gordura. Os teores de matéria mineral no corte das costelas foram significativamente ($P=0,04$) maiores para os bovinos não castrados (5,59 vs 5,00%). Os resultados corroboram com a literatura (RODRIGUES & ANDRADE, 2004), que atribui o maior teor de minerais na carne de bovinos não castrados à maior proporção de músculos e menor de lipídeos na carcaça destes animais, uma vez que a gordura apresenta apenas traços de minerais.

5. CONCLUSÕES

O fornecimento de cloridrato de zilpaterol a bovinos Nelore castrados ou não proporciona ao produtor maior produção de carne por bovino, já que aumenta a musculabilidade e reduz a deposição de gordura na carcaça, porém sem redução na espessura de gordura subcutânea.

Pode-se concluir que bovinos não castrados tem melhor desempenho em confinamento, em função do maior potencial para deposição de tecido muscular na carcaça. Entretanto, o fornecimento de cloridrato de zilpaterol permite igualar a produção de tecido muscular de animais castrados e não castrados, tornando viável, do ponto de vista da quantidade de carne produzida, a utilização de bovinos castrados em confinamento.

7. REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Exportações Brasileiras de Carne Bovina. **ABIEC**. 2014. Disponível em <http://www.abiec.com.br/download/Relatorio%20exportacao%202013_jan_dez.pdf> Acesso em: 15 abr. 2014.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15 ed. Washington: AOAC, 1990.

AVENDAÑO-REYES, L.; TORRES-RODRÍGUES, V.; MERAZ-MURILLO, F. J.; PÉREZ-LINARES, C.; FIGUEROA-SAAVEDRA, F.; ROBINSON, P. H. Effects of two β -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 12, p. 3259-3265, 2006.

BAXA, T. J. **Effect of zilpaterol hydrochloride and steroid implantation on yearling steer feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle gene expression**. Dissertação (Mestrado). Kansas State University, Manhattan, 2008. Disponível em: <<https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/936>> Acesso em 07 out. 2014.

BAXA, T. J.; HUTCHESON, J. P.; MILLER, M. F.; BROOKS, J. C.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; YATES, D. A.; JOHNSON, B. J. Additive effects of a steroidal implant and zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle messenger ribonucleic acid abundance in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 1, p. 330-337, 2010.

BECKETT, J. L.; DELMORE, R. J.; DUFF, G. C.; YATES, D. A.; ALLEN, D. M.; LAWRENCE, T. E.; ELAM, N. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 12, p. 4092-4100, 2009.

BEERMANN, D. H.; BUTLER, W. R.; FISHELL, V. K.; BERGMAN, E. N.; McCANN, J. P. Preliminary observations on the effects of cimaterol on heart rate, blood flow, plasma insulin concentration and net glucose uptake in the hindquarters of growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 2, p.370-380, 1986.

BRICHI, A. L. C.; COSTA, C. F.; PERDIGÃO, A.; FACTORI, M. A.; PEREIRA, I. C.; ESTEVAM, D. D.; GOULART, R. S.; MARTINS, C. L.; MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. D. B. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of Nellore bulls and steers. In: JOINT ANNUAL MEETING, 2014, Kansas City, **Anais...** Kansas City: ADSA: ASAS, 2014. Disponível em: <<https://asas.confex.com/asas/jam2014/webprogram/Paper6226.html>> Acesso em 01 dez. 2014.

BYREM, T. M.; BEERMAN, D. H.; ROBINSON, T. F. Characterization of dose-dependent metabolic responses to close arterial infusion of cimaterol in the hindlimb of steers. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p.2907-2916.

DUNSHEA, F.R.; D'SOUZA, D.N.; PETHIC, D.W.; HARPER, G.S.; WARNER, R.D. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 8-38, 2005.

EISEMANN, J. H., HUNTINGTON, G. B., FERREL, C. L. Effects on dietary clenbuterol on metabolism of the Hindquarters in steers. **Journal of Animal Science**. v. 66, n. 2, p. 342-353, 1988.

GONZALES, E.; BERTO, D. A.; MACARI, M. Utilização de agonistas β adrenérgicos como repartidores de nutrientes em produção animal. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p. 316-329, 1993

HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. Washington: United States Department of Agriculture, **Technical Bulletin – USDA**, 926, p. 1-19, 1946.

HILTON, G. G.; MONTGOMERY, J. L.; KREHBIEL, C. R.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; BLANTON, J. R.; MILLER, M. F. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1394-1406, 2009.

JACOBS, J. A.; HURST, C. E.; MILLER, J. C.; HOWES, A. D.; GREGORY, T. L.; RINGKOB, T. P. Bulls versus steers. I. Carcass composition, wholesale yields and retail values. **Journal of Animal Science**, v. 45, n. 4, p.695-698, 1977.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. A.; SOARES, J. E.; FREITAS, J. A.; RODRIGUEZ, L. R. R.; QUEIROZ, A. C.; RESENDE, F. D. Características quantitativas da carcaça de bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 5, p. 1039-1047, 1997.

KELLERMEIER, J. D.; TITTOR, A. W.; BROOKS, J. C.; GALYEAN, M. L.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; JOHNSON, B. J.; MILLER, M. F. Effects of zilpaterol hydrochloride with or without an estrogen-trenbolone acetate terminal implant on carcass traits, retail cutout, tenderness, and muscle fiber diameter in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p 3702-3711, 2009.

KUSS, F.; LÓPEZ, J.; BARCELLOS, J. O. J.; RESTLE, J.; MOLETTA, J. L.; PEROTTO, D. Características da carcaça de novilhos não-castrados ou castrados terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 515-522, 2009.

LAWRENCE, T. E.; GASCH, C. A.; HUTCHESON, J. P.; HODGEN, J. M. Zilpaterol improves feeding performance and fabrication yield of concentrate-finished cull cows. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 2170-2175, 2011.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. Tradução de Jane Maria Rubensam. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEHESKA, J. M.; MONTGOMERY, J. L.; KREHBIEL, C. R.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M.; BLANTON Jr, J. R.; MILLER, M. F. Dietary zilpaterol hydrochloride. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1384-1393, 2009.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: **LinBife**, 2000. 134p.

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

MONTGOMERY, J. L.; KREHBIEL, C. R.; CRANSTON, J. J.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; NICHOLS, W. T.; STREETER, M. N.; BECHTOL, D. T.; JOHNSON, E.; TERHUNE, T.; MONTGOMERY, T. H. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1374-1383, 2009.

MOODY, W. G.; TICHENOR, D. A.; KEMP, J. D.; FOX, J. D. Effects of weight, castration and rate of gain on muscle fiber and fat cell diameter in two ovine muscles. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 4, p. 676-680, 1970.

PURCHAS, R. W.; BURNHAM, D. L.; MORRIS, S. T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 12, p. 3211-3221, 2002.

RATHMANN, R. J.; MEHAFFEY, J. M.; BAXA, T. J.; NICHOLS, W. T.; YATES, D. A.; HUTCHESON, J. P.; BROOKS, J. C.; JOHNSON, B. J.; MILLER, M. F. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on carcass cutability, composition, tenderness, and skeletal muscle gene expression in feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3686-3701, 2009.

REID, J. T.; WELLINGTON, G. H.; DUNN, H. O. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. **Journal of Dairy Science**, v. 38, n. 13, p. 1344-1359, 1955.

RESTLE, J.; GRASSI, C.; FEIJÓ, G. L. D. Evolução do peso de bovinos de corte inteiros ou castrados em diferentes idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 10, p. 1631-1635, 1994.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; FEIJÓ, G. L. D.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; FATURI, C.; PACHECO, P. S. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições raciais charolês x nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1371-1379, 2000.

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. Características Físico-Químicas da carne de bubalinos e bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1839-1849, 2004.

SCRAMLIN, S. M.; PLATTER, W. J.; GOMEZ, R. A.; CHOAT, W. T.; McKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Comparative effects of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass traits, and longissimus tenderness of finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 5, p. 1823-1829, 2010.

SCHREURS, N. M.; GARCIA, F.; JURIE, C.; AGABRIEL, J. MICOL, D.; BAUCHART, D.; LISTRAT, A.; PICARD, B. Meta-analysis of the effect of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 11, p. 2872-2887, 2008.

SEIDEMAN, S. C.; CROSS, H. R.; OLTHEB, R. R.; SCHANBACHER, B. D. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, v. 55, n. 4, p. 826-840, 1982.

SMITH, S. B. Effects of β -adrenergic agonists on cellular metabolism. **Proceedings Reciprocal Meat Conference**, v. 72, p. 40-65, 1987.

SUGUISAWA, L.; MATTOS, W. R. S.; OLIVEIRA, H. N.; SILVEIRA, A. C.; ARRIGONI, M. D. B.; SOUZA, A. A. Correlações simples entre as medidas de ultrassom e a composição da carcaça de bovinos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 169-176, 2006.

UGC. **Ultrasound Guidelines Council**. Field Technician Study Guide, 2012. Disponível em: <http://www.ultrasoundbeef.com/uploads/Study_Guide_Chapters_-_2012.zip> Acesso em: 03 nov. 2014.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, J. T.; RATHMANN, R. J.; REUTER, R. R.; LEIBOVICH, J.; McMENIMAN, J. P.; HALES, K. E.; COVEY, T. L.; MILLER, M. F.; NICHOLS, W. T.; GALYEAN, M. L. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 8, p. 2005-2015, 2008.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos hereford, inteiros ou castrados, abatidos aos quatorze meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1894-1901, 2000.

VAZ, F. N.; RESTLE, J.; FEIJÓ, G. L. D.; BRONDANI, I. L.; ROSA, J. R. P.; SANTOS, A. P. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 518-525, 2001.

VITTORI, A.; QUEIROZ, A. C.; RESENDE, F. D.; GESUALDI JÚNIOR, A.; ALLEONI, G. F.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; GESUALDI, A. C. L. S. Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não-castrados, em fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p. 2085-2092, 2006.

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES

O uso de agonistas β -adrenérgicos, permitido em diversos países como Estados Unidos, México, África do Sul, foi liberado no Brasil em junho de 2012 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Entretanto, esta decisão foi revista em novembro do mesmo ano, quando ficou suspensa a comercialização de tais substâncias. Apesar disso, pesquisas para investigar os efeitos do uso destas substâncias nas condições de produção e raças utilizadas no país são importantes para avaliar a viabilidade da implantação desta tecnologia no Brasil. O presente estudo é o primeiro a avaliar as diferenças na deposição dos tecidos muscular e adiposo de bovinos Nelore castrados e não castrados suplementados com clodridrato de zilpaterol.

Todas as evidências sobre o uso de agonistas β -adrenérgicos encontradas na literatura sugerem que o uso de tais substâncias promove aumentos significativos na produção de carne bovina. Os resultados obtidos no estudo permitem afirmar que o fornecimento de cloridrato de zilpaterol a bovinos Nelore promove efeitos positivos na deposição de músculos na carcaça, tanto em bovinos castrados quanto não castrados. Além disso, embora tenha sido observada uma diminuição na deposição de tecido adiposo, a espessura de gordura subcutânea dos bovinos suplementados não foi menor, de forma a atender as exigências de frigoríficos comerciais.

Observou-se menor porcentagem estimada de gordura na carcaça de animais suplementados com cloridrato de zilpaterol, porém sem efeitos na espessura de gordura subcutânea e marmoreio. Sendo assim, acredita-se que possa ter havido uma diminuição na deposição de gordura visceral, que não foi avaliada neste estudo. Sugere-se para estudos futuros sobre deposição de tecidos muscular e adiposo a mensuração da gordura visceral das carcaças no momento do abate.

Com base nos resultados encontrados nesta dissertação e nas características de produção e comercialização de bovinos terminados no Brasil, onde os produtores são remunerados de acordo com a quantidade de carne produzida, o uso de cloridrato de zilpaterol mostra-se como uma tecnologia viável e potencialmente lucrativa ao pecuarista.