

Desempenho, características de carcaça e expressão de genes em tourinhos alimentados com lipídeos e monensina

Márcio Machado Ladeira⁽¹⁾, Otávio Rodrigues Machado Neto⁽²⁾,
Leonardo de Castro Santarosa⁽¹⁾, Mário Luiz Chizzotti⁽³⁾, Dalton Mendes de Oliveira⁽¹⁾,
José Rodolfo Reis de Carvalho⁽¹⁾ e Maria Cecília Lemes Alves⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras, Departamento de Zootecnia, Campus Universitário, Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000 Lavras, MG, Brasil. E-mail: mladeira@dzo.ufla.br, leodcastros@hotmail.com, dalzoo1@hotmail.com, jose_rodolfo@zootecnista.com.br, cecidoperi@hotmail.com ⁽²⁾Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Distrito de Rubião Junior, s/nº., Caixa Postal 560, CEP 18618-970 Botucatu, SP, Brasil. E-mail: otaviomachado@fmvz.unesp.br ⁽³⁾Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, Avenida P.H. Rolfs, s/nº, CEP 36570-000 Viçosa, MG, Brasil. E-mail: mariochizzotti@ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho, as características de carcaça e as suas correlações com as expressões gênicas em tourinhos. Quarenta animais Red Norte foram confinados e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x2, e alimentados com grãos de soja moídos ou gordura protegida, com ou sem inclusão de monensina. As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, com teores de extrato etéreo semelhante (6,5%), e tiveram silagem de milho como volumoso (40%). O período experimental foi de 84 dias, precedido por 14 dias de adaptação. Foram avaliadas as expressões dos genes *PPARA*, *SREBP1c* e *SCD1*. Animais alimentados com gordura protegida tiveram maior ganho de peso nos primeiros 56 dias de confinamento. O uso da monensina não afetou o ganho de peso diário dos animais, mas proporcionou aumento do rendimento de carcaça. Houve correlação de -0,40 entre o ganho de peso dos animais e a expressão do *SCD1*. O uso de gordura protegida aumenta o desempenho dos animais no início do confinamento, e a monensina proporciona maior rendimento de carcaça.

Termos para indexação: bovinocultura de corte, gordura protegida, ionóforos, *PPARA*, soja, *SREBP1c*.

Performance, carcass traits, and gene expression in young bulls fed lipids and monensin

Abstract – The objective of this work was to evaluate performance, carcass traits, and their correlation with gene expression in young bulls. Forty Red Norte animals were feedlot and distributed in a completely randomized design, using a 2x2 factorial arrangement, and fed ground soybean grains or rumen-protected fat, with or without monensin supplementation. Diets were formulated to be isonitrogenous, with similar ether extract contents (6.5%), and had corn silage as roughage (40%). The experimental period lasted 84 days, preceded by 14 days of adaptation. The expressions of the *PPARA*, *SREBP1c* and *SCD1* genes were evaluated. Animals fed rumen-protected fat had greater average daily gain in the first 56 days of feedlot. Monensin did not affect the daily gain, but increased carcass weight. There was -0.40 correlation between animal daily gain and *SCD1* expression. The use of rumen-protected fat increases animal performance at the beginning of feedlot, and monensin provides greater carcass weight.

Index terms: beef cattle, rumen-protected fat, ionophores, *PPARA*, soybean, *SREBP1c*.

Introdução

No Brasil, nos últimos dez anos, houve crescimento substancial do confinamento de animais, por vários motivos, inclusive o de animais alojados por ciclo de engorda em cada unidade (Cervieri et al., 2009). Assim, em razão da capacidade estática destes empreendimentos, há necessidade de se elevar a concentração energética das dietas, pois a alta

proporção de volumosos pode não ser viável, pelo baixo teor de matéria seca destes alimentos e pela necessidade de grandes áreas destinadas ao plantio (Machado Neto et al., 2012). No entanto, a elevação da proporção de alimentos concentrados nas dietas aumenta a possibilidade de ocorrência de acidose ruminal; portanto, a utilização de aditivos como a monensina sódica é uma estratégia que pode reduzir os índices deste distúrbio digestivo.

A monensina é responsável por mudanças na microbiota ruminal, como o aumento da produção de propionato e alterações nos mecanismos de saciedade, o que resulta na redução da quantidade de alimento ingerido e aumento da frequência das refeições (González et al., 2012). Portanto, este ionóforo contribui para a fermentação no rúmen e manutenção de um pH mais estável ao longo do dia.

Outra estratégia para reduzir a possibilidade de acidose, em bovinos de corte confinados, pode ser realizada por meio da inclusão de alimentos ricos em lipídeos na dieta. A substituição de carboidratos não fibrosos por lipídeos evita a formação de ácido láctico e a produção elevada de ácidos graxos voláteis (Van Soest, 1994). Todavia, a adição de lipídeos a dietas de bovinos pode alterar a fermentação ruminal e diminuir a digestibilidade da fibra dietética, em razão da supressão das atividades de bactérias celulolíticas e metanogênicas, geralmente gram-positivas (Jenkins et al., 2008). Portanto, a utilização de fontes lipídicas que escapam da degradação ruminal, como as gorduras inertes ou sabões de cálcio, pode ser efetiva para evitar o efeito negativo deste alimento sobre o ambiente ruminal. A utilização de oleaginosas, como o grão de soja, é outra estratégia que pode reduzir os efeitos negativos dos lipídeos sobre a fermentação ruminal, uma vez que estas fontes de ácidos graxos estão parcialmente protegidas da degradação ruminal (Oliveira et al., 2011).

O efeito de determinados ácidos graxos, sobre a expressão de alguns genes, ocorre graças à atividade biológica apresentada por certos lipídeos na dieta, que podem estimular ou inibir genes que codificam enzimas específicas (Jump, 2002). Assim, o uso de gordura protegida pode aumentar a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados absorvidos no intestino e, conseqüentemente, modular a síntese de RNAm de genes ligados ao metabolismo lipídico. Entre estes genes, o *PPARA* ("peroxisome proliferator-activated receptor" - receptor ativado por proliferador de peroxissomos alfa) e o *SREBP1c* ("*sterol regulatory element-binding proteins*" - fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides) apresentam papel fundamental. Os PPARs são uma família de proteínas receptoras nucleares, que são ativadas por certos ácidos graxos e desempenham funções importantes na regulação do metabolismo de nutrientes e homeostase energética do animal (Lemay & Hwang,

2006). A proteína PPARA apresenta função biológica semelhante em ruminantes e não ruminantes, é responsável pela regulação da beta-oxidação de ácidos graxos e pode ser controlada para melhorar a produção e a saúde dos animais (Bionaz et al., 2013). A proteína SREBP1c atua na regulação da lipogênese e pode desempenhar papel oposto ao da PPARA (Schmitz & Ecker, 2008). Estudos também têm relatado que a expressão da estearoil CoA dessaturase (*SCD1*) é regulada por fatores associados à SREBP1c (Sampath & Ntambi, 2006). Sua ação reflete a maior síntese de ácidos graxos, que pode influenciar a eficiência de crescimento, além de alterar a composição de ácidos graxos depositados na carne (Kim & Ntambi, 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho, as características de carcaça e suas correlações com as expressões gênicas, em tourinhos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte, da Universidade Federal de Lavras, de junho a setembro de 2009, em Lavras, MG (21°14'S, 45°00'W, a 918m de altitude). Foram utilizados 40 machos não castrados do grupo genético Red Norte, com idade inicial média de 21 meses e peso vivo inicial médio de 359±47 kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x2 (duas oleaginosas, com ou sem adição de ionóforo) e 10 repetições por tratamento, e os animais representaram as unidades experimentais. As dietas continham silagem de milho como volumoso, e quatro diferentes tipos de concentrado foram utilizados, com a inclusão de grão de soja moído ou gordura protegida (sabão de cálcio), Megalac-E, Arm & Hammer, oriunda de soja, (Church & Dwight Company, QGN, Camaçari, BA, Brasil), e a inclusão ou não do ionóforo monensina sódica Rumenpac, (MCassab, São Paulo, SP, Brasil). Portanto, cada tipo de dieta representou um determinado tratamento, e a dose de monensina sódica recebida por cada animal foi de 230 mg por dia (Tabela 1). A mistura da monensina ao suplemento mineral foi realizada semanalmente e ajustada com base no consumo médio de massa de matéria seca, na semana anterior à produção dos concentrados. Tal procedimento foi feito para garantir o consumo médio preconizado. As dietas foram formuladas para atender

às exigências de ganho de peso diário de 1,4 kg por dia (National Research Council, 2000).

A duração do experimento foi de 84 dias, precedido por um período de 14 dias para adaptação às dietas e instalações. No início do experimento, os animais foram pesados e tratados contra endoparasitas e ectoparasitas (Ivomec, Paulínia, SP, Brasil). Ao longo do experimento, os animais foram pesados a cada 28 dias, após 16 horas de jejum alimentar e hídrico.

Os animais foram confinados em baias coletivas – uma para cada tratamento –, com 30 m² de área por animal, providas de comedouro e bebedouro de concreto. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 07:00 e às 14:00 h, na forma de ração total, ajustadas diariamente para permitir sobras em torno de 5% do oferecido. O consumo médio de massa de matéria seca do lote foi obtido diariamente, durante todo o experimento, e amostras dos ingredientes do concentrado e da silagem de milho foram semanalmente coletadas, para análises de composição química, com base em amostras compostas.

As análises de massa de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo das dietas foram conduzidas de acordo com Helrich (1990). A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) foi analisada de acordo com o método de Goering & Van Soest (1970), e o FDN nos alimentos concentrados foi analisado de acordo com o procedimento descrito por Van Soest et al.

(1991). Os carboidratos não fibrosos (CNF) e a energia metabolizável (EM) foram calculados de acordo com o National Research Council (2001).

O abate dos animais foi realizado por meio da técnica de concussão cerebral e secção da veia jugular, seguido de remoção do couro e evisceração, procedimentos aprovados pelo Comitê de ética da Universidade Federal de Lavras (Protocolo 002/09). As carcaças foram identificadas, lavadas, divididas em duas metades que foram pesadas individualmente e levadas à câmara fria, por aproximadamente 24 horas, à temperatura de 1°C. Após o período de resfriamento, as meias-carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso de carcaça fria.

Para a coleta do músculo *longissimus dorsi*, entre a 12^a e a 13^a costela, todos os instrumentos utilizados foram esterilizados, e as amostras colhidas foram lavadas com solução fisiológica de NaCl a 0,9%. Posteriormente, a amostra foi embrulhada em papel alumínio, congelada e transportada em nitrogênio líquido e armazenada a -80°C. A espessura de gordura subcutânea foi medida com auxílio de um paquímetro digital, entre a 12^a e a 13^a costela, a 3/4 da borda medial do músculo *longissimus dorsi* na meia carcaça esquerda, após 24 horas de resfriamento. A área de olho de lombo, também medida entre a 12^a e a 13^a costela, foi delimitada em papel transparência e determinada após leitura em planímetro.

Tabela 1. Composição percentual de ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais com grãos de soja, grãos de soja e monensina, gordura protegida, e gordura protegida e monensina.

Ingrediente	Dietas			
	Grãos de soja	Grãos de soja+monensina	Gordura protegida	Gordura protegida + monensina
Silagem de milho	40,0	40,0	40,0	40,0
Grãos de milho moído	38,2	38,2	40,2	40,2
Farelo de soja	-	-	13,8	13,8
Grãos de soja moída	20,0	20,0	-	-
Megalac-E ⁽¹⁾	-	-	4,2	4,2
Mistura mineral ⁽²⁾	1,8	1,8	1,8	1,8
Monensina ⁽³⁾ (mg por dia)	-	230	-	230
Nutrientes (% da MS)				
Matéria seca ⁽⁴⁾	66,0	66,0	64,9	64,9
Proteína bruta	12,9	12,9	12,5	12,5
Fibra em detergente neutro	27,0	27,0	28,0	28,0
Carboidratos não fibrosos	46,0	46,0	48,5	48,5
Extrato etéreo	6,5	6,5	6,7	6,7
Energia metabolizável (Mcal kg ⁻¹)	2,75	2,75	2,94	2,94

⁽¹⁾Megalac-E: Arm & Hammer, Church & Dwight Company, QGN, Camaçari, BA, Brasil. ⁽²⁾Níveis de garantia por quilograma de produto: Ca, 235 g; P, 45 g; S, 23 g; Na, 80,18 g; Zn, 2,38 mg; Cu, 625 mg; Fe, 1,18 mg; Mn, 312 mg; Co, 32 mg; I, 41,6 mg; Se, 11,25 mg; vitamina A, 70,000 IU; vitamina D₃, 5,000 IU; vitamina E, 15 IU; e niacina, 3,33 mg. ⁽³⁾Rumenpac: MCassab, São Paulo, SP, Brasil. ⁽⁴⁾Matéria natural.

O desenho dos iniciadores-alvos (*PPARA*, *SREBP1c* e *SCDI*) e endógenos (beta-actina e gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase - *GAPDH*), utilizados como genes de referência ou normalizadores, foi realizado por meio de sequências cadastradas e publicadas no banco de dados público do Genbank, plataforma do National Center for Biotechnology Information (NCBI). O RNA total foi extraído a partir de amostras do músculo *longissimus dorsi*, com o reagente QIAzol (QIAGEN, Valencia, CA, EUA), tratadas com DNase DNA-free (Ambion, Austin, TX, EUA), de acordo com o protocolo do fabricante. Para a análise da expressão gênica quantitativa, por reação em cadeia da polimerase (PCR) em tempo real (RT-qPCR), utilizou-se o modelo ABI PRISM 7500 Real Time PCR (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), com o auxílio do sistema de detecção SYBR Green (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). As condições térmicas de reação foram de 2 min a 50°C, 10 min a 95°C, seguidos por 40 ciclos de 15 min a 95°C e 1 min a 60°C, finalizadas por 15 s a 95°C.

Os dados foram coletados e armazenados pelo programa 7500 Fast Software, versão 2.1 (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Todo o experimento de RT-qPCR, para cada gene em estudo, foi conduzido a partir de cDNAs diferentes, obtidos a partir de sete repetições biológicas, com três réplicas técnicas para cada uma, e os resultados foram normalizados com uso do C_T (ciclo threshold), obtidos pela expressão dos genes de referência beta-actina e *GAPDH*.

A normalização dos genes foi realizada pela equação $\Delta C_T = C_T(\text{gene-alvo}) - C_T(\text{controle endógeno})$. Para isso, a calibração foi determinada pela fórmula $\Delta \Delta C_T = \Delta C_T(\text{amostra}) - \Delta C_T(\text{calibrador})$, em que o calibrador utilizado foi o C_T do gene na dieta menos expressa. A avaliação da quantificação relativa foi realizada pela fórmula $2^{-\Delta \Delta C_T}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo PROC GLM do programa SAS 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, EUA). As médias foram analisadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os coeficientes da correlação de Pearson foram calculados com o PROC CORR do SAS 9.3.

Resultados e Discussão

O ganho de peso médio diário, até os 56 dias de confinamento, foi maior nos animais que receberam

gordura protegida na dieta do que naqueles que receberam grão de soja moído (Tabela 2). Provavelmente, isto ocorreu em consequência da maior concentração energética das dietas com gordura protegida (Tabela 1). De acordo com Calder et al. (2002), a suplementação com ácidos graxos poli-insaturados pode modular a resposta imune. Estudos prévios mostraram que o estresse, comum no início dos confinamentos, altera a concentração de proteínas de fase aguda do plasma (APP) (Phillips et al., 1989), a relação de neutrófilos:linfócitos e os níveis de noradrenalina e cortisol (Fike & Spire, 2006). Gomes et al. (2013) também verificaram que os animais com melhor eficiência alimentar apresentaram menor teor de cortisol plasmático. Como resposta fisiológica, o aumento do teor sérico das APP pode reduzir as concentrações séricas do fator análogo à insulina 1 (IGF-1), que é um hormônio chave para o crescimento de bovinos de corte (Cooke et al., 2011).

Algumas publicações recomendam que a concentração de extrato etéreo em dietas de ruminantes não deve ser superior a 6% da massa de matéria seca dietética (National Research Council, 2000; Valadares Filho et al., 2002). Entretanto, há possibilidade de aumento da concentração de lipídeos em dietas de ruminantes para níveis superiores a 6% (Zinn & Jorquera, 2007), como as utilizadas no presente estudo, e que foram responsáveis por produzir ganhos de peso elevados em todos os tratamentos. Gunn et al. (2009) realizaram experimento com a utilização de níveis crescentes de grãos de destilaria e mostraram que as dietas com maior teor deste subproduto apresentavam 9,2% de extrato etéreo e possibilitaram ganho médio diário de 1,43 kg por dia.

A inclusão de monensina não promoveu melhorias no ganho de peso dos animais (Tabela 2). Isto pode ser justificado pelo mecanismo de ação deste aditivo, que promove aumento da disponibilidade de energia por unidade de matéria seca ingerida. O fornecimento de monensina resulta em aumento da concentração de propionato no rúmen e reduz as concentrações de acetato. A produção de metano também é diminuída e, assim, o teor de energia metabolizável das dietas é aumentado (Beauchemin et al., 2008; Tedeschi et al., 2011). Portanto, o uso de monensina, em dietas de animais em confinamento, pode melhorar a eficiência alimentar, o que numericamente ocorreu quando se utilizou a dieta com gordura protegida.

Houve menores valores de eficiência alimentar quando as dietas com grão de soja foram utilizadas. Segundo Clary et al. (1993), a adição de lipídeos à dieta pode diminuir a magnitude da contribuição dos ionóforos sobre a fermentação ruminal, já que os ácidos graxos insaturados também atuam inibindo as bactérias gram-positivas. Portanto, pode ocorrer efeito associativo entre o aditivo e a fonte de lipídeo. Resultados semelhantes ao do presente experimento foram observados por Salinas-Chavira et al. (2009), que não verificaram efeito dos diferentes níveis de monensina sódica sobre o ganho médio diário e a eficiência alimentar.

A inclusão de monensina às dietas de terminação, assim como as diferentes fontes de lipídeos estudadas, não promoveram alterações no peso de carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea (Tabela 2). No entanto, o uso da monensina proporcionou aumento do rendimento de carcaça quente dos animais, o que pode ser explicado pela maior disponibilidade de energia da dieta para os animais. As fontes de lipídeo influenciaram a proporção dos cortes traseiros e dianteiros das carcaças, e as dietas com grãos de soja proporcionaram maior percentagem de traseiro, em relação à gordura protegida, o que resulta em maior valor das carcaças. Holzer et al. (2000)

também verificaram efeito da dieta sobre a proporção de quartos das carcaças, e aqueles animais alimentados com maior teor de energia apresentaram maior percentagem de traseiro, assim como no presente estudo.

O ganho de peso dos animais não apresentou correlação com o rendimento de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea (Tabela 3). Este resultado é contrário ao apresentado por Block et al. (2001), que verificaram aumento de 0,185 cm² na área de olho de lombo, para cada alteração de 1 kg no ganho de peso vivo. A área de olho de lombo não apresentou correlação com os pesos dos quartos e a espessura de gordura das carcaças estudadas. Todavia, Sugisawa et al. (2006) encontraram correlações positivas entre a área de olho de lombo e os quartos traseiros e dianteiros, e correlações negativas entre a área de olho de lombo e a gordura de cobertura. Lopes et al. (2012), ao avaliar animais Red Norte e Nelore em confinamento, com pesos semelhantes aos utilizados no presente estudo, verificaram correlação de 0,53 e 0,71 entre a área de olho de lombo e o peso dos cortes do traseiro total e o da alcatra completa (contrafilé, filé-mignon, maminha, alcatra, capa de contrafilé e picanha), respectivamente. Estes resultados mostraram a possibilidade de se ter um ótimo indicador do valor comercial das carcaças, quando se avalia o rendimento dos cortes desossados.

Tabela 2. Ganho de peso médio diário (GMD), consumo de massa de matéria seca dos lotes (CMS), eficiência alimentar, peso vivo final, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente, percentagem dos cortes primários, área de olho de lombo (AOL), área de olho de lombo por 100 kg de carcaça fria (AOL por 100 kg CF), espessura de gordura subcutânea e erro-padrão da média de tourinhos alimentados com grãos de soja (GS) ou gordura protegida (GP), suplementados ou não com monensina (M).

Característica	Dieta				EPM ⁽¹⁾	Probabilidade		
	GS	GSM	GP	GPM		L ⁽²⁾	M ⁽³⁾	LxM ⁽⁴⁾
GMD 0-28 dias (kg por dia)	2,16	2,17	2,29	1,95	0,15	0,79	0,30	0,27
GMD 0-56 dias (kg por dia)	1,90	1,82	2,18	2,06	0,11	0,03	0,39	0,86
GMD 0-84 dias (kg por dia)	1,68	1,61	1,70	1,78	0,08	0,09	0,81	0,81
CMS (kg por dia)	11,6	11,5	11,5	11,1	-	-	-	-
Eficiência alimentar	0,147	0,138	0,150	0,162	-	-	-	-
Peso vivo final (kg)	497	489	499	503	18,66	0,30	0,77	0,41
Peso de carcaça quente (kg)	275	273	273	280	12,00	0,64	0,65	0,40
Rendimento de carcaça quente (%)	54,8	56,6	54,2	55,4	0,56	0,36	0,04	0,93
Dianteiro (%)	39,4	39,5	40,7	40,3	0,35	<0,01	0,68	0,47
Traseiro (%)	46,1	46,0	44,8	45,1	0,39	<0,01	0,73	0,66
Ponta de agulha (%)	14,5	14,4	14,5	14,6	0,37	0,76	0,97	0,80
AOL (cm ²)	73,8	70,3	72,5	76,9	2,96	0,37	0,88	0,19
AOL (cm ² por 100 kg CF)	27,86	27,15	28,79	27,82	1,29	0,52	0,50	0,91
Espessura de gordura subcutânea (mm)	4,21	4,32	4,99	5,05	0,54	0,16	0,87	0,95

⁽¹⁾Erro-padrão da média. ⁽²⁾Efeito para a fonte de lipídeo. ⁽³⁾Efeito para o uso da monensina. ⁽⁴⁾Interação entre lipídeo e monensina.

Houve correlações significativas antagônicas entre o peso dos animais ao abate e as proporções dos quartos traseiros e dianteiros, ou seja, quanto maior foi o peso ao abate dos animais, menor foi a porcentagem do quarto traseiro, em relação à carcaça. Este resultado ajuda a explicar os efeitos das dietas sobre as proporções de quartos nas carcaças. Houve correlação positiva entre o peso ao abate e o peso de carcaça quente que, por sua vez, correlacionou-se ao rendimento de carcaça. Observou-se que um acréscimo de 50 kg ao peso da carcaça dos animais representaria um aumento em 1,32 pontos percentuais no rendimento de carcaça. Com o aumento do peso de carcaça, os órgãos passam a representar menor proporção do corpo vazio, o que explicaria o maior rendimento de carcaça (Carvalho et al., 2003). Estes resultados são importantes, pois, carcaças com pesos distintos resultam em custos operacionais similares, pois demandam a mesma mão de obra e o mesmo tempo de processamento. Portanto, estratégias que possibilitem o aumento do peso da carcaça colaboram para o aumento da rentabilidade da indústria frigorífica e dos produtores rurais, já que a forma de remuneração adotada no Brasil é o peso de carcaça quente. O rendimento de carcaça também apresentou

correlação positiva com a porcentagem de dianteiro e negativa com a ponta de agulha. Em relação a esta última, animais com menor rendimento de carcaça apresentam maior tamanho do trato gastrointestinal e, conseqüentemente, maior cavidade abdominal, o que influenciaria o tamanho da ponta de agulha.

A ausência de correlação entre o peso ao abate e o rendimento de carcaça pode ser explicada pelo fato de o peso ao abate apresentar grande influência do tempo de jejum (Menezes et al., 2011). Provavelmente, o nível de enchimento ruminal pode ter sido influenciado, já que há grande variabilidade individual, quanto à ingestão de massa de matéria seca por bovino alimentado em grupo, o que afetaria as mensurações de peso ao abate, mesmo após 16 horas de jejum.

As dietas utilizadas alteraram a expressão dos genes *PPARA* e *SCD1*, que se expressaram mais no músculo *longissimus dorsi* dos animais alimentados com grão de soja e suplementados com monensina (Tabela 4). A explicação para os efeitos das dietas sobre a expressão gênica do *PPARA* foi dada por Bionaz et al. (2013), ao relatar que diferentes ácidos graxos podem ativar mais ou menos os diferentes isotipos de PPAR. Em relação ao *SCD1*, os resultados são explicados pela regulação deste gene pelo *PPARA*. Segundo Miller & Ntambi (1996), elementos de resposta ao PPAR, conhecidos como PPRE ("peroxisome proliferator hormone-response elements") foram localizados no gene responsável por codificar a *SCD1*, o que confere capacidade de resposta ao *PPARA*.

Houve correlação negativa entre o ganho de peso dos animais e a expressão do *SCD1* (Tabela 5). Isto pode ser indicativo da maior síntese de ácidos graxos pelos tecidos (Choi et al., 2014). Ebara et al. (2010)

Tabela 3. Correlações entre o desempenho, peso ao abate e as características da carcaça de tourinhos, alimentados com grãos de soja ou gordura protegida, suplementados ou não com monensina.

Correlação	Valor	Valor de p
Ganho de peso vs. rendimento de carcaça	-0,06	0,75
Ganho de peso vs. área de olho de lombo	0,19	0,28
Ganho de peso vs. espessura de gordura subcutânea	0,19	0,26
Peso ao abate vs. peso de carcaça quente	0,96	<0,01
Peso ao abate vs. porcentagem do traseiro	-0,50	<0,01
Peso ao abate vs. porcentagem de dianteiro	0,36	0,03
Peso ao abate vs. porcentagem de ponta de agulha	0,22	0,19
Peso ao abate vs. rendimento de carcaça	0,15	0,37
Rendimento de carcaça vs. peso de carcaça quente ⁽¹⁾	0,41	0,01
Rendimento de carcaça vs. porcentagem do traseiro	-0,04	0,83
Rendimento de carcaça vs. porcentagem de dianteiro	0,34	0,03
Rendimento de carcaça vs. porcentagem de ponta de agulha	-0,40	0,01
Área de olho de lombo vs. peso de carcaça quente	0,15	0,34
Área de olho de lombo vs. peso do traseiro	0,19	0,25
Área de olho de lombo vs. peso do dianteiro	0,17	0,31
Área de olho de lombo vs. ponta de agulha	0,12	0,44
Espessura de gordura vs. área de olho de lombo	0,16	0,35
Espessura de gordura vs. peso ao abate	0,13	0,42
Espessura de gordura vs. peso de carcaça quente	0,07	0,70

⁽¹⁾ $y = 0,0264x + 48,045$; $p < 0,01$; $R^2 = 0,23$.

Tabela 4. Expressões gênicas de *PPARA*, *SREBP1c* e *SCD1* no músculo de bovinos alimentados com grãos de soja (GS) ou gordura protegida (GP), suplementados ou não com monensina (M).

Gene	Dietas				EPM ⁽¹⁾	Probabilidade		
	GS	GSM	GP	GPM		L ⁽²⁾	M ⁽³⁾	LxM ⁽⁴⁾
<i>PPARA</i> ⁽⁵⁾	2,05b	4,22a	1,54b	1,00c	0,41	<0,01	1,00	<0,01
<i>SREBP1c</i> ⁽⁶⁾	1,06	1,02	1,00	1,01	0,11	0,93	0,58	0,71
<i>SCD1</i> ⁽⁷⁾	2,52b	10,16a	4,90c	1,00d	0,23	<0,01	0,98	<0,01

⁽¹⁾Erro-padrão da média. ⁽²⁾Efeito da fonte de lipídeo. ⁽³⁾Efeito do uso da monensina. ⁽⁴⁾Interação entre lipídeo e monensina. ⁽⁵⁾Receptor ativado por proliferador de peroxissomos alfa. ⁽⁶⁾Fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides. ⁽⁷⁾Estearoil CoA dessaturase.

verificaram maior expressão dos genes *PPARG* e *SCDI* quando os animais receberam alimentação com maior teor de energia e proteína, o que se refletiu em maior ganho de peso, mas também em maior deposição de gordura, pois, segundo estes autores, os altos níveis nutricionais levariam à maior diferenciação dos adipócitos no músculo *longissimus*. Portanto, os valores de correlação negativa entre a expressão dos genes envolvidos no metabolismo lipídico e o desempenho dos animais, no presente estudo, podem ser explicados pelo maior custo energético da deposição de gordura no corpo do animal. Provavelmente, os animais com maior ganho e, conseqüentemente, menor expressão dos genes estariam depositando menor quantidade de gordura intramuscular. Os animais alimentados com grãos de soja e monensina, que tiveram as maiores expressões de *PPARA* e *SCDI*, apresentaram 1,74% de extrato etéreo no músculo *longissimus dorsi*, enquanto os animais alimentados com gordura protegida e monensina, com menor expressão destes genes, tiveram 2,37% de extrato etéreo.

A compreensão dos papéis fisiológicos dos isotipos de PPAR em ruminantes tem avançado de forma significativa, ao longo da última década, e há evidências suficientes, diretas e indiretas, para concluir que este receptor nuclear é biologicamente relevante nessas espécies (Bionaz et al., 2013). Os resultados encontrados no presente trabalho evidenciam isto, pois, o entendimento dos mecanismos de controle da expressão deste gene poderá ser utilizado no futuro, para modular o desempenho dos animais.

Tabela 5. Correlações de Pearson entre as expressões dos genes *PPARA*, *SREBP1c* e *SCDI* e o desempenho e características da carcaça, no músculo de bovinos alimentados com grãos de soja ou gordura protegida, suplementados ou não com monensina.

Característica	<i>PPARA</i> ⁽¹⁾		<i>SREBP1c</i> ⁽²⁾		<i>SCDI</i> ⁽³⁾	
	r	P	r	P	r	P
Ganho de peso	-0,35	0,07	-0,37	0,06	-0,40	0,04
Peso de carcaça	-0,21	0,27	-0,07	0,72	-0,28	0,15
Rendimento de carcaça	0,01	0,96	0,23	0,24	0,09	0,64
Porcentagem de traseiro	-0,35	0,07	-0,08	0,66	-0,09	0,65
Porcentagem de dianteiro	0,34	0,08	0,11	0,58	0,19	0,34
Área de olho de lombo	-0,12	0,53	-0,24	0,23	-0,31	0,11

⁽¹⁾Receptor ativado por proliferador de peroxissomos alfa. ⁽²⁾Fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides. ⁽³⁾Estearoil CoA dessaturase.

Conclusões

1. O uso de gordura protegida aumenta o ganho de peso dos tourinhos Red Norte, no início do confinamento, enquanto a monensina sódica proporciona maior rendimento de carcaça.

2. A expressão do gene *SCDI* tem correlação negativa com o ganho de peso dos tourinhos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 476153/2008-5) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (Fapemig, processo CVZ APQ-04752/10), pelo apoio financeiro.

Referências

- BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T.A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p.21-27, 2008. DOI: 10.1071/EA07199.
- BIONAZ, M.; CHEN, S.; KHAN, M.J.; LOOR, J.J. Functional role of PPARs in ruminants: potential targets for fine-tuning metabolism during growth and lactation. **PPAR Research**, v.2013, 2013. DOI: 10.1155/2013/684159.
- BLOCK, H.C.; MCKINNON, J.J.; MUSTAFA, A.F.; CHRISTENSEN, D.A. Manipulation of cattle growth to target carcass quality. **Journal of Animal Science**, v.79, p.133-140, 2001.
- CALDER, P.C.; YAQOUB, P.; THIES, F.; WALLACE, F.A.; MILES, E.A. Fatty acids and lymphocyte functions. **British Journal of Nutrition**, v.87, p.S31-S48, 2002. DOI: 10.1079/BJN2001455.
- CARVALHO, P.A.; SANCHES, L.M.B.; VIÉGAS, J.; VELHO, J.P.; JAURIS, G.C.; RODRIGUES, M.B. Componentes do peso vivo e órgãos viscerais de bezerros machos de origem leiteira ao nascimento, 50 e 110 dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1469-1475, 2003. DOI: 10.1590/S1516-35982003000600022.
- CERVIERI, R.C.; CARVALHO, J.C.F.; MARTINS, C.L. Evolução do manejo nutricional nos confinamentos brasileiros: importância da utilização de subprodutos da agroindústria em dietas de maior inclusão de concentrado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2009, Botucatu. **Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados**: anais. Botucatu: Unesp, 2009. p.2-22.
- CHOI, S.H.; SILVEY, D.T.; JOHNSON, B.J.; DOUMIT, M.E.; CHUNG, K.Y.; SAWYER, J.E.; GO, G.W.; SMITH, S.B. Conjugated linoleic acid (t-10, c-12) reduces fatty acid synthesis de novo, but not expression of genes for lipid metabolism in bovine adipose tissue ex vivo. **Lipids**, v.49, p.15-24, 2014. DOI: 10.1007/s11745-013-3869-0.

- CLARY, E.M.; BRANDT, R.T.; HARMON JUNIOR, D.L.; NAGARAJA, T.G. Supplemental fat and ionophores in finishing diets: feedlot performance and ruminal digesta kinetics in steers. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3115-3123, 1993.
- COOKE, R.F.; BOHNERT, D.W.; MORIEL, P.; HESS, B.W.; MILLS, R.R. Effects of polyunsaturated fatty acid supplementation on ruminal in situ forage degradability, performance, and physiological responses of feeder cattle. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3677-3689, 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3515.
- EBARA, F.; INADA, S.; ASAOKA, S.-H.; ISOZAKI, Y.; SAITO, A.; ETOH, T.; SHIOTSUKA, Y.; GOTOH, T. Intensive nursing and feeding during the early growth period altered intramuscular adipogenesis in crossbred steers (Japanese black male x Holstein female). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.9, p.982-989, 2010. DOI: 10.3923/javaa.2010.982.989.
- FIKE, K.; SPIRE, M.F. Transportation of cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.22, p.305-320, 2006. DOI: 10.1016/j.cvfa.2006.03.012.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (apparatus reagents, procedure, and some applications)**. Washington: USDA, 1970. 379p.
- GOMES, R. da C.; SAINZ, R.D.; LEME, P.R. Protein metabolism, feed energy partitioning, behavior patterns and plasma cortisol in Nelore steers with high and low residual feed intake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.44-50, 2013. DOI: 10.1590/S1516-35982013000100007.
- GONZÁLEZ, L.A.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; FERRET, A. Ruminal acidosis in feedlot cattle: interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). **Animal Feed Science and Technology**, v.172, p.66-79, 2012. DOI: 10.1016/j.anifeeds.2011.12.009.
- GUNN, P.J.; WEAVER, A.D.; LEMENAGER, R.P.; GERRARD, D.E.; CLAEYS, M.C.; LAKE, S.L. Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass characteristics, and meat quality in finishing steers fed differing levels of dried distillers grains with solubles. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2882-2890, 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-1521.
- HELDRICH, K. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 1990. 2v., 1094p.
- HOLZER, Z.; AHARONI, Y.; BROSH, A.; ORLOV, A.; BUONOMO, F. The influence of recombinant bovine somatotropin on dietary energy level-related growth of Holstein-Friesian bull calves. **Journal of Animal Science**, v.78, p.621-628, 2000.
- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, v.86, p.397-412, 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0588.
- JUMP, D.B. Dietary polyunsaturated fatty acids and regulation of gene transcription. **Current Opinion in Lipidology**, v.13, p.155-164, 2002. DOI: 10.1097/00041433-200204000-00007.
- KIM, Y.C.; NTAMBI, J.M. Regulation of stearoyl-CoA desaturase genes: role in cellular metabolism and preadipocyte differentiation. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.266, p.1-4, 1999. DOI: 10.1006/bbrc.1999.1704.
- LEMAY, D.G.; HWANG, D.H. Genome-wide identification of peroxisome proliferator response elements using integrated computational genomics. **Journal of Lipid Research**, v.47, p.1583-1587, 2006. DOI: 10.1194/jlr.M500504-JLR200.
- LOPES, L.S.; LADEIRA, M.M.; GONCALVES, T.; MACHADO NETO, O.R.; PAULINO, P.V.R.; CHIZZOTTI, M.L.; RAMOS, E.M.; OLIVEIRA, D.M. de. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.970-977, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000400020.
- MACHADO NETO, O.R.; LADEIRA, M.M.; CHIZZOTTI, M.L.; JORGE, A.M.; OLIVEIRA, D.M. de; CARVALHO, J.R.R. de; RIBEIRO, J. do S. Performance, carcass traits, meat quality and economic analysis of feedlot of young bulls fed oilseeds with and without supplementation of vitamin E. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1756-1763, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000700027.
- MEADUS, W.J.; DUFF, P.; ROLLAND, D.; AALHUS, J.L.; UTTARO, B.; DUGAN, M.E.R. Feeding docosahexaenoic acid to pigs reduces blood triglycerides and induces gene expression for fat oxidation. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.601-612, 2011. DOI: 10.4141/cjas2011-055.
- MENEZES, L.F.G.; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; CALLEGARO, A.M.; WEISE, M. Características dos componentes não integrantes da carcaça de novilhos superjovens da raça Devon, terminados em diferentes sistemas de alimentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.372-381, 2011. DOI: 10.1590/S0102-09352011000200015.
- MILLER, C.W.; NTAMBI, J.M. Peroxisome proliferators induce mouse liver stearoyl-CoA desaturase 1 gene expression. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.93, p.9443-9448, 1996. DOI: 10.1073/pnas.93.18.9443.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy, 2000. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy, 2001. 382p.
- OLIVEIRA, D.M.; LADEIRA, M.M.; CHIZZOTTI, M.L.; MACHADO NETO, O.R.; RAMOS, E.M.; GONÇALVES, T.M.; BASSI, M.S.; LANNA, D.P.D.; RIBEIRO, J.S. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from Zebu steers fed with different oilseeds. **Journal of Animal Science**, v.89, p.2546-2555, 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3553.
- PHILLIPS, W.A.; JUNIEWICZ, P.E.; ZAVY, M.T.; VON TUNGEN, D.L. The effect of the stress of weaning and transport on white blood cell patterns and fibrinogen concentration of beef calves of different genotypes. **Canadian Journal of Animal Science**, v.69, p.333-340, 1989. DOI: 10.4141/cjas89-037.
- SALINAS-CHAVIRA, J.; LENIN, J.; PONCE, E.; SANCHEZ, U.; TORRENTA, N.; ZINN, R.A. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed

- Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v.87, p.4101-4108, 2009. DOI: 10.2527/jas.2009-1959.
- SAMPATH, H.; NTAMBI, J.M. Stearoyl-coenzyme A desaturase 1, sterol regulatory element-binding protein-1c and peroxisome proliferator-activated receptor- α : independent and interactive roles in the regulation of lipid metabolism. **Current Opinion in Clinical Nutrition Metabolic Care**, v.9, p.84-88, 2006. DOI: 10.1097/01.mco.0000214564.59815.af.
- SCHMITZ, G.; ECKER, J. The opposing effects of n-3 and n-6 fatty acids. **Progress in Lipid Research**, v.47, p.147-155, 2008. DOI: 10.1016/j.plipres.2007.12.004.
- SUGUISAWA, L.; MATTOS, W.R.S.; OLIVEIRA, H.N. de; SILVEIRA, A.C.; ARRIGONI, M. de B.; SOUZA, A.A. de. Correlações simples entre as medidas de ultra-som e a composição da carcaça de bovinos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.169-176, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000100022.
- TEDESCHI, L.O.; CALLAWAY, T.R.; MUIR, J.P.; ANDERSON, R.C. Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.291-309, 2011.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A.; PAULINO, M.P. Modelos nutricionais alternativos para otimização de renda na produção de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 2002, Rio Branco. **Anais**. Rio Branco: Suprema, 2002. v.1, p.197-254.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. New York: Cornell University, 1994. 476p.
- ZINN, R.A.; JORQUERA, A.P. Feed value of supplemental fats used in feedlot cattle diets. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.23, p.247-268, 2007. DOI: 10.1016/j.cvfa.2007.03.003.

Recebido em 11 de dezembro de 2013 e aprovado em 27 de agosto de 2014