



CRISTHIANE VIOL RIBEIRO DE OLIVEIRA

**USO DO GRÃO DE SOJA PROCESSADO NA
ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS CONFINADOS**

LAVRAS - MG

2016

CRISTHIANE VIOL RIBEIRO DE OLIVEIRA

**USO DO GRÃO DE SOJA PROCESSADO NA ALIMENTAÇÃO DE
BOVINOS CONFINADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Márcio Machado Ladeira

Coorientadores

Dr. Daniel Rume Casagrande

Dr. Eduardo Mendes Ramos

Dr. Otavio Rodrigues Machado Neto

LAVRAS - MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Cristhiane Viol Ribeiro de.

Uso do grão de soja processado na alimentação de bovinos confinados / Cristhiane Viol Ribeiro de Oliveira. – Lavras: UFLA, 2016.

68 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Márcio Machado Ladeira.

Bibliografia.

1. Lipídeos. 2. Oleaginosas. 3. Processamento de grão. 4. Soja extrusada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CRISTHIANE VIOL RIBEIRO DE OLIVEIRA

**USO DO GRÃO DE SOJA PROCESSADO NA ALIMENTAÇÃO DE
BOVINOS CONFINADOS**

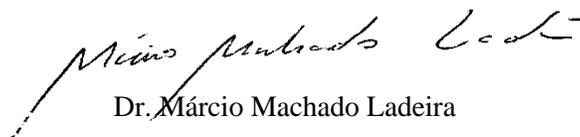
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2016.

Dr. Daniel Rume Casagrande UFLA

Dr. Eduardo Mendes Ramos UFLA

Dr. Otavio Rodrigues Machado Neto UNESP



Dr. Márcio Machado Ladeira

Orientador

LAVRAS – MG

2016

*Aos meus pais que sempre me apoiaram, me ensinaram valores morais e
não mediram esforços para me ajudar nesta conquista.
Aos meus avós, que sempre rezaram e torceram por mim.
De forma mais especial aos meus irmãos Victor, Bruno e Gabriela, que
são minha inspiração e fazem dos meus dias os melhores...
A minha família que é minha base, meu alicerce.*

DEDICO

*"Escolha sempre o caminho que pareça o melhor, mesmo que seja o
mais difícil. O hábito brevemente o tornará fácil e agradável."*
(Pitágoras)

AGRADECIMENTOS

A Deus principalmente, por todas as oportunidades e por tudo na minha vida, sempre foi Ele quem me guiou e providenciou tudo.

Ao meu pai Danilo e minha mãe Laura, pelo apoio incondicional, compreensão e pela confiança.

Aos meus irmãos Victor, Bruno e Gabriela e minha madrasta Anderlene, pelo carinho e torcida.

Aos meus avôs queridos, Vô João (*in memorian*), Vó Célia (*in memorian*) e Vó Bia, que sempre rezaram e me apoiaram, e mais que especial agradeço ao Vô Ju, pela sua imensa benevolência, ternura e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Márcio Machado Ladeira, pela orientação, ensinamentos e amizade, mas principalmente pela confiança e por acreditar na minha capacidade durante todo o mestrado.

Ao Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos, pela ajuda, paciência e ensinamentos infundáveis.

Ao Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande, pelos ensinamentos e colaboração.

Ao Prof. Dr. Otavio Rodrigues Machado Neto, pela grande amizade, ensinamentos, conselhos e também por sempre acreditar e confiar em mim.

Às DAMAS (lindas, queridas, amadas, idolatradas, salve, salve) Bete, Frô, Helô e Jé, pela paciência, companheirismo, amor e por se tornarem uma parte da minha família.

Às amigas Viviane, Tathy, Priscilla, Launa R. e Andressa pela parceria, paciência e auxílio nas análises de laboratório, com certeza com ajuda de vocês ficou muito mais fácil.

Ao Núcleo de Estudo em Pecuária de Corte (NEPEC) e a todos os amigos “Nepequeiros”, pela amizade, paciência, parceria e convivência, com toda certeza vocês foram e serão essenciais.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia, principalmente ao Marcio do Laboratório e a Fatinha, pela amizade e suporte desmesurável.

A toda minha família, tios e primos, por sempre torcerem e rezarem por mim.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo financiamento do projeto e pela Bolsa de Estudo.

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o desempenho, o perfil de ácidos graxos e a expressão gênica de fatores de transcrição, envolvidos no metabolismo lipídico na carne de tourinhos mestiços alimentados com grãos de soja moídos ou extrusados. Foram utilizados 60 tourinhos mestiços, com idade inicial média de 20 meses e peso vivo inicial médio de $320 \pm 8,12$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Três tipos de dietas foram fornecidas, representando os seguintes tratamentos: sem lipídeo adicional, grão de soja moído e grão de soja extrusado. As dietas continham, respectivamente, 2,4, 6,1 e 6,3% de extrato etéreo. Não houve efeito das dietas sobre o desempenho dos animais, as características de carcaça, coloração e pH do músculo *longissimus dorsi* ($P > 0,05$). As dietas com grão de soja, independente do processamento, apresentaram menores teores de ácido láurico (C12:0) e CLA (C18:2 c9, t11); e maior teor de ácido esteárico (C18:0). O teor de ácido mirístico foi maior nos animais que receberam dieta sem lipídeo adicional quando comparado com os animais que receberam grão de soja moído, já os animais que foram alimentados com grão de soja extrusado não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Houve tendência ($P = 0,07$) em diminuir os teores de ácido palmitoleico (C16:1 c9) nos animais que receberam grão de soja moído. Verifica-se que os teores dos ácidos transoctadecenoico (C18:1 t9,10,11) e EPA (C20:5 n3) foram maiores no músculo dos animais que receberam a dieta com grão de soja moído em relação ao grão de soja extrusado e sem lipídeo adicional. Por outro lado, o teor de ácido oleico (C18:1 c9) no músculo dos animais que receberam grão de soja moído foi menor. A expressão gênica do fator de transcrição receptor ativado por proliferador de peroxissomas (*PPARs*) não foi influenciada pela dieta ($P > 0,05$), já o fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides (*SREBF1*) foi mais expresso ($P > 0,05$) no músculo dos animais que receberam o grão de soja. O índice de luminosidade e a intensidade do vermelho aumentaram com a maturação ($P < 0,05$). O uso de grãos de soja processados não alterou o desempenho, as características de carcaça, composição química, pH e coloração do músculo; não foi capaz de elevar o teor de ácidos graxos insaturados e CLA c9, t11 em relação a uma dieta sem o uso de grão de soja. Todavia a dieta com grão de soja extrusado resultou em maior expressão do gene *SREBF1*, o que influenciou o perfil de ácidos graxos da carne.

Palavras-chave: Lipídeos. Oleaginosas. Processamento de grão. Soja extrusada.

GENERAL ABSTRACT

In this study aimed to evaluate the performance, fatty acid profile and gene expression of transcription factors involved in lipid metabolism in beef of crossbred young bulls fed with milled or extruded soybeans. Sixty crossbred young bulls were used, with average initial age 20 months and average alive initial weight 320 ± 8.12 kg, distributed in a completely randomized design. Three types of diets were provided, representing the following treatments: without additional lipid, milled and extruded soybean. The diets contained, respectively, 2.4, 6.1 and 6.3% ether extract. There was no effect of diet on animal performance, carcass characteristics, color and pH of the *longissimus dorsi* muscle ($P > 0.05$). Diets with soybean, regardless of processing, had lower lauric acid content (C12:0) and CLA (C18: 2 c9, t11); and higher stearic acid content (C18:0). The myristic acid content was higher in animals fed diet without additional lipid compared to the animals receiving milled soybean, as the animals that were fed with extruded soybean did not differ statistically from the other treatments. There was a trend ($P = 0.07$) in decreasing the palmitoleic acid content (C16:1 c9) in animals receiving milled soybean. It is verified that the trans-octadecenoic acids content (C18:1 t9, 10, 11) and EPA (C20:5 n3) were greater in the muscle of animals that received the diet with milled soybean compared to extruded soybean and without additional lipid. On the other hand, oleic acid content (C18:1 c9) in the muscle of animals receiving milled soybean was lower. The gene expression of the transcription factor peroxisome proliferator activated receptor (PPARs) was not influenced by diet ($P < 0.05$), as the transcription factor of steroid binding proteins (SREBF1) was more expressed ($P > 0.05$) in the muscle of animals that received soybean. The luminosity index and intensity of red increased with maturation ($P < 0.05$). The use of processed soybeans does not alter the performance, carcass characteristics, chemical composition, pH, and muscle color; and was unable to raise the unsaturated fatty acids content and CLA c9, t11 in relation to a diet without using soybean. However, the diet with extruded soybean resulted in increased expression of the gene SREBF1, which influenced the meat fatty acid profile.

Keywords: Lipids. Oilseeds. Grain processing. Extruded soybean.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1.	Composição percentual de ingredientes e química das dietas experimentais: sem lipídeo adicional (SLA), grão de soja moído (GSM) e grão de soja extrusado (GSE).....	63
Tabela 2.	Sequência (5' para 3') e eficiência dos <i>primers</i> que foram usados na PCR quantitativa em tempo real.....	64
Tabela 3.	Desempenho e características de carcaça de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos .	0
Tabela 4.	Composição química do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos.....	0
Tabela 5.	Perfil de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos.....	1
Tabela 6.	Proporção de ácidos graxos do músculo <i>longissimus dorsi</i> de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos	2
Tabela 7.	Expressão dos fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico do músculo <i>Logissimus dorsi</i> de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos .	2
Tabela 8.	Índices das enzimas envolvidas no metabolismo de ácidos graxos no músculo <i>longissimus dorsi</i> de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos.....	2
Tabela 9.	Coloração e pH do músculo <i>longissimus dorsi</i> de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos.....	3
Figura 1.	Efeito maturação sobre a coloração do músculo <i>longissimus dorsi</i> de novilhos mestiços ao longo do tempo ($P<0,05$), independente da dieta fornecida aos animais ($P>0,05$).	3

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Soja	14
2.2	Características qualitativas da carne	17
2.2.1	Composição química	17
2.2.2	Cor	19
2.3	Perfil de ácidos graxos	21
2.4	Expressão gênica e metabolismo lipídico	26
2.4.1	Fatores de transcrição	28
	REFERÊNCIAS	30
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	40
	ARTIGO 1 Desempenho, perfil de ácidos graxos e expressão gênica de fatores de transcrição no músculo de tourinhos alimentados com grãos de soja processados	40

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A utilização de fontes lipídicas na dieta de bovinos de corte confinados é utilizada com o intuito de aumentar a densidade energética da dieta. Cabe ressaltar a possibilidade de redução na relação acetato:propionato, como também na produção de metano e amônia, o que traria benefício para a fermentação ruminal, melhorando a eficiência alimentar (BASSI, 2012). Contudo, a literatura destaca que altos teores de lipídeos nas dietas podem resultar em queda na digestibilidade da fibra e matéria seca (JENKINS, 1993; PALMQUIST, 1991). Segundo Zinn e Jorquera (2007), o teor máximo de extrato etéreo (EE) em dietas de ruminantes deve estar entre 5 a 7%.

Felton e Kerley (2004), avaliando o efeito da inclusão de lipídeo (7,9% de EE) na dieta de animais em terminação, encontraram melhoria na eficiência alimentar desses animais, quando comparados aos animais que receberam a dieta sem lipídeo. Por outro lado, ao trabalhar com oleaginosas moídas, utilizando aproximadamente 6% de EE na dieta, Bassi et al. (2012) não encontraram alterações na digestibilidade e na eficiência alimentar, comparando com a dieta sem lipídeo adicional. Portanto, pode ser que nesta situação (grãos moídos), a disponibilidade de lipídeos não tenha sido suficiente para alterar a fermentação ruminal e aumentar o aporte energético para os animais. Segundo Doreau et al. (2009), a extrusão rompe a maioria das células, o que leva a liberação dos lipídeos, em comparação com uso de oleaginosas inteiras ou laminadas.

Além de uma possível melhoria no ambiente ruminal, o uso de oleaginosas pode ser uma estratégia para alterar o perfil de ácidos graxos na carne bovina, já que alguns ácidos graxos saturados estão envolvidos com doenças cardiovasculares (VAHMANI et al., 2015). Além disso, outros ácidos graxos têm

sido associados a efeitos benéficos à saúde dos consumidores, como os ácidos oleico e linoleico conjugado (CLA). A estratégia para aumentar a concentração dos ácidos graxos benéficos na carne bovina está em tentar manipular a biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados (AGI). Portanto, alterar o perfil de AG na carne de bovinos, com maior proporção de AGI e isômeros de CLA é uma alternativa para melhorar a qualidade da carne do ponto de vista da saúde humana.

Alguns aspectos nutricionais, como o perfil de ácidos graxos da dieta e a fonte lipídica são fundamentais na determinação do teor de ácidos graxos na carne. Diversas fontes como os óleos (MIR et al., 2002; NELSON et al., 2008), oleaginosas extrusadas (MADRON et al., 2002; XU; MIAO; WU, 2006), oleaginosas inteiras (COSTA, 2009; OLIVEIRA et al., 2008) e oleaginosas moídas (OLIVEIRA et al., 2011) têm sido estudadas e demonstram que o perfil de ácidos graxos é afetado pela forma em que o lipídeo é fornecido aos animais. Entretanto, não há na literatura algum estudo que tenha analisado como o perfil de ácidos graxos é influenciado pela utilização do grão de soja extrusado ou moído.

A escolha por esta oleaginosa ocorreu devido à grande produção brasileira de soja, o que permite a aquisição de um ingrediente com preços satisfatórios. Outrossim, pesquisas publicadas recentemente (MACHADO NETO, 2011; OLIVEIRA et al., 2011) demonstraram que o perfil de ácidos graxos na carne bovina foi melhor com a utilização da soja, em comparação com o caroço de algodão, outra fonte lipídica largamente utilizada no Brasil.

Portanto, o objetivo neste trabalho foi aumentar a eficiência alimentar sem influenciar negativamente as características qualitativas de carcaça, qualidade da carne e aumentar a concentração de AGPIs e intermediários da biohidrogenação na carne de novilhos mestiços alimentados com grão de soja moído ou grão de soja extrusado. Determinar as expressões de genes envolvidos no metabolismo

lipídico do músculo de bovinos submetidos às dietas sem ou com a participação de grãos de soja processados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Soja

Devido à sazonalidade da produção de forragem no Brasil há necessidade de alimentos que supram as exigências nutricionais dos animais no período seco. Um modo de aumentar as concentrações energéticas da dieta seria a inclusão de fontes lipídicas na alimentação de bovinos (HESS; MOSS; RULE, 2007).

A inclusão de fontes lipídicas, obtida por meio de suplementação com oleaginosas é uma boa estratégia, entre as oleaginosas, o grão de soja se destaca, devido a sua ampla disponibilidade no território brasileiro, pelo elevado teor de ácidos graxos insaturados e pela grande aceitação dos animais (RABELLO et al., 1996). Podendo ser fornecida em forma de grãos, farelo, silagem, massa verde e feno (BASSI et al., 2012).

O United States Department of Agriculture – USDA (2015) prevê para o Brasil uma produção recorde de 97 milhões de toneladas de soja, com o crescimento da área plantada e produtividade estável. As exportações brasileiras em 2015/2016 devem ter um aumento de 9% em relação à 2014/2015. Se confirmada a previsão, o país retoma a liderança nas exportações dessa oleaginosa. Destacando-se também o aumento relativo de 24,3% no volume estocado, totalizando um recorde de 31 milhões de toneladas, reflexo da safra recorde projetada para o país.

Felton e Kerley (2004) avaliaram o efeito da inclusão de lipídeo na dieta de animais em terminação, encontrando melhoria de eficiência alimentar dos animais que foram alimentados com dieta rica em lipídeo, quando comparados com os animais da dieta sem lipídeo.

De acordo com o National Research Council- NRC (2001), o grão de soja contém em torno de 39% de proteína bruta e 19% de extrato etéreo na matéria

seca, o que o caracteriza como um alimento de alta concentração proteica e energética. Dessa forma, tem sido utilizado na alimentação de ruminantes como fonte de proteína e lipídeos (BARLETTA, 2010). No entanto, inclusões de fontes lipídicas na dieta podem ter influência na digestibilidade da fibra no rúmen (PALMQUIST; JENKINS, 1980), em função da toxicidade, principalmente dos ácidos graxos insaturados, podendo diminuir a população microbiana responsável pela degradação da fibra (CÔNSOLO, 2011). Os tipos de fontes lipídicas e os diferentes tipos de processamentos podem afetar de forma diferente a digestibilidade da fibra, necessitando cautela e maiores estudos sobre os ingredientes e os tipos de processamentos.

Os métodos de processamentos dos grãos estão associados a um aumento na eficiência de utilização dos nutrientes pelos micro-organismos ruminais e por todos os compartimentos do trato gastrointestinal, uma vez que os alimentos podem se tornar mais disponíveis para serem absorvidos no intestino delgado (SANTAROSA, 2011).

As modificações promovidas pelos processamentos são: diminuição do tamanho de partículas, aumento da superfície de contato, melhora no processo de mistura dos ingredientes e alterações físicas e químicas do grão. Através do processamento as películas envoltórias dos grãos são destruídas, permitindo maior exposição dos nutrientes às enzimas e aos micro-organismos envolvidos na digestão. O valor nutricional dos alimentos processados, muitas vezes, não é considerado em virtude do desconhecimento das alterações promovidas, podendo ser degradadas, transformadas ou perdidas.

A escolha do tipo de processamento se baseia no custo final do produto comercial (JORGE NETO, 1992). Os tipos de processamento mais utilizados em grãos de oleaginosas são: moagem, tostagem e extrusão (CARMO et al., 2005).

Dentre as técnicas de processamento dos grãos, que são destinados à alimentação animal, a moagem é a mais antiga. Para melhor homogeneização nas

misturas dos ingredientes, em muitas situações, a moagem se faz necessária (PERRY; CECAVA, 1995). A moagem facilita o acesso dos micro-organismos ao substrato, resultando numa maior disponibilidade dos ácidos graxos contidos no interior do grão. Assim, o maior efeito da moagem dos grãos para ruminantes está relacionado à eficiência com que estes são aproveitados pelos animais (OLIVEIRA, 2010). Na maioria das pesquisas com grãos moídos verifica-se melhora na digestibilidade de nutrientes (PASSINI et al., 2002) e aumento do consumo e desempenho (JORDAN et al., 2006; PAULINO et al., 2006).

Segundo Camire, Camire e Krumhar (1990), a extrusão envolve mudanças físicas e químicas nos alimentos, principalmente na estrutura do amido e da proteína, devido a um processo de cozimento sob alta pressão, umidade e temperatura, em um curto espaço de tempo. Quando comparada com oleaginosas inteiras, a extrusão leva a um aumento na liberação de óleo, já que rompe a maioria das células da semente (DOREAU, 2009).

De acordo com Asp e Björck (1989), a extrusão afeta o teor de óleo natural dos alimentos, fato justificado pelo aumento na extratibilidade da fração lipídica, resultante da ação física do processo de moagem e do cozimento sob alta pressão. Pablos (1986) observou que grãos de soja submetidos ao processo de extrusão, tanto seco, quanto úmido, apresentaram rompimento da membrana celular e exposição dos lipossomos, o que tornou a fração lipídica disponível.

Madron et al. (2002), avaliando a adição de grão de soja extrusado como fonte de ácido graxo poli-insaturado na alimentação de bovinos em terminação, observou maior eficiência alimentar nos animais alimentados com alta inclusão de grão de soja extrusado (25,6% MS) e um aumento na concentração de CLA na carne dos animais desse mesmo tratamento quando comparado com os animais alimentados sem grão de soja. No entanto segundo Giallongo et al. (2015), em vacas alimentadas com grão de soja extrusado não promoveram diferenças na composição do leite e na eficiência alimentar, porém, aumentaram o consumo e a

produção de leite. Também no leite desses animais foi observada uma diminuição dos AGS e um aumento dos AG mono e poli-insaturados.

2.2 Características qualitativas da carne

No Brasil, a carne bovina é considerada de qualidade inferior quando comparada com outros países, principalmente, por apresentar menor maciez e gordura de marmoreio, isso se dá pelo fato de a carne brasileira ser oriunda basicamente de animais zebuínos e o sistema de produção ser majoritariamente extensivo (OLIVEIRA, 2010). Nos últimos anos, com o significativo crescimento da exportação de carne *in natura* e o aumento de consumidores mais exigentes, os pecuaristas e frigoríficos começaram a produzir carne de melhor qualidade para atender às expectativas de determinados mercados.

Os principais fatores ligados diretamente à qualidade da carne são os valores nutritivo e sensorial. Vários fatores podem influenciar essas características qualitativas, como: a nutrição, genética, redução da idade de abate, abate de animais com acabamento mínimo de gordura, redução do estresse pré-abate, estímulo elétrico de carcaças, maturação, entre outros (WARRIS, 2003).

2.2.1 Composição química

Os teores de umidade, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) são os principais itens avaliados na composição centesimal da carne. A quantidade desses compostos presente na carne influencia importantes parâmetros de qualidade, necessários à industrialização, os quais determinarão a qualidade final dos produtos (LOPES, 2010). Os teores de PB e MM são praticamente constantes, enquanto os níveis de EE e umidade variam bastante,

segundo Forrest et al. (1975). Quando os níveis de extrato etéreo aumentam, os níveis de umidade diminuem (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2001).

As proteínas constituem o maior componente do tecido animal, sendo a unidade básica funcional constituída por aminoácidos,. As proteínas do músculo podem se classificar em grupos dependendo de sua localização. De modo geral, proteínas que são solúveis em água ou soluções salinas diluídas (proteínas sarcoplasmáticas), proteínas que são solúveis em soluções salinas concentradas (proteínas miofibrilares), e proteínas que são insolúveis em soluções salinas concentradas, pelo menos em baixas temperaturas (as proteínas do tecido conjuntivo e outras estruturas formadas) (LAWRIE, 2005). No geral, são compostas por aproximadamente 55% de proteínas miofibrilares, 35% proteínas sarcoplasmáticas e 3 a 5% proteína conjuntiva ou estromáticas (OLIVO; OLIVO, 2006).

No organismo animal, as proteínas atuam na forma de várias substâncias (enzimas e hormônios), regulação do metabolismo hídrico e têm efeito no processo de imunidade. As proteínas presentes no colágeno, que é rico em aminoácidos prolina e hidroxiprolina, conferem a elas baixo valor biológico, diferente das proteínas musculares, que têm alta disponibilidade de aminoácidos essenciais (PARDI, 1993).

O extrato etéreo é a forma energética mais concentrada, também sendo fonte importante de ácidos graxos essenciais, atuando, como transportador de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e como isolante térmico (GALDINO, 2005). O teor de gordura contribui com o sabor, aroma e textura da carne, e relaciona-se com variações nas características de maciez (KOOHMARAIE; WHEELER; SHOCKELFORD, 1996).

A água é o componente mais abundante e importante no músculo, do ponto de vista quantitativo (CANHOS; DIAS, 1983), sendo constante entre músculos do mesmo animal e mesmo entre espécies, com cerca de 75% do

músculo constituído de água. O rendimento de carcaça é influenciado pela água presente no músculo. Sendo que, a perda de água durante o resfriamento, interfere diretamente nas características sensoriais da carne, reduzindo o peso de carcaça fria (SANTAROSA, 2011).

A matéria mineral ou cinzas, presente na carne, atuam como cofatores enzimáticos, principalmente na transformação do músculo em carne, promovendo a regulação muscular e nervosa (RODRIGUES, 2007). O alto conteúdo de ferro na carne bovina atua também como constituinte da hemoglobina, mioglobina e determinadas enzimas, mostrando assim também a importância do consumo de carne bovina.

2.2.2 Cor

A cor é o primeiro atributo notado pelo consumidor na hora da compra, podendo influenciá-lo na decisão de aceitação ou rejeição do produto, apesar de não indicar ao certo a situação de conservação da carne (RAMOS; GOMIDE, 2007). Segundo Luchiari Filho (2000), a coloração vermelho-cereja brilhante da carne bovina é a mais aceitável pelos consumidores.

Existem diversos fatores que determinam a quantidade de mioglobina presente no músculo, tais como: nível de atividade desenvolvida pelo animal vivo, espécie, raça, sexo, idade e tipo de músculo (LAWRIE, 2005). Esse pigmento tem alta concentração no músculo de bovinos, diferentes de outras espécies, como por exemplo, suínos e aves, em que a concentração é baixa (CARVALHO, 2011).

A molécula de mioglobina é constituída por um núcleo de hematina ligado a um componente proteico. A hematina é composta por um anel de quatro núcleos pirrólicos, coordenados por um átomo central de ferro. Pode-se encontrar o ferro heme tanto na forma oxidada quanto na forma reduzida (LAWRIE, 2005). O estado de oxidação do ferro pode afetar a distribuição eletrônica dos elétrons do

ferro. Essa distribuição, por sua vez, pode afetar as características espectrais e, portanto, a cor da carne.

Em situações de exposições ao ar ambiente, o íon Fe^{2+} se liga ao oxigênio do ar, transformando a mioglobina em oximioglobina, e a carne adquire uma atraente coloração vermelho-cereja, de maior luminosidade. No interior das peças ou nas carnes embaladas a vácuo, com ausência de oxigênio molecular, o íon Fe^{2+} combina com a água e a mioglobina torna-se desoximioglobina e adquire uma coloração vermelho-escura, de baixa luminosidade. No entanto, quando o íon ferro se oxida Fe^{3+} , sob baixa tensão de oxigênio, a forma química formada é ametamioglobina, de coloração marrom, sendo indesejável do ponto de vista comercial (SWATLAND, 2003).

A descoloração da cor vermelha brilhante para marrom ocorre devido à oxidação da oximioglobina, que ocorre durante a estocagem por alguns dias de armazenamento em condições aeróbicas. Diversos fatores são conhecidos por influenciar essa oxidação da oximioglobina, como: atividade da metamioglobina redutase, pressão parcial do oxigênio e oxidação lipídica (FAUSTMAN et al., 2010). A atividade da metamioglobina redutase e a pressão parcial do oxigênio favorecem a permanência da mioglobina na forma de desoximioglobina (BEKHIT; FAUSTMAN, 2005; LEDWARD, 1970), enquanto a oxidação lipídica faz com que a oxidação da oximioglobina à metamioglobina se inicie (LIU; LANARI; SCHAEFER, 1995).

O consumidor associa a coloração escura da carne, ao produto de animais velhos ou mantidos sob condições adversas. A cor amarela da gordura é associada com carnes de bovinos velhos, de raças leiteiras e com produtos processados, enquanto à alta qualidade é associada à cor branca da gordura (BRISKEY; KAUFFMAN, 1971).

Os músculos de fêmeas e machos castrados contêm menos mioglobina que os machos inteiros, segundo Felício (1997). Apesar disso, Ribeiro (2003) não observou efeito do sexo sobre a cor do *Longissimusthoracis* de bovinos adultos.

Não existe uma recomendação geral quanto ao procedimento de mensuração da cor, pois os equipamentos usualmente utilizados (colorímetros e espectrofotômetros) podem apresentar características distintas, quanto ao tipo de iluminante, ângulo de observação e diâmetro de abertura, produzindo resultados semelhantes, mas não iguais (MACDOUGALL, 1994).

Um sistema de mensuração de cor, muito utilizado em diversas áreas, é o espaço $L^* a^* b^*$, conhecido com CIELAB. O espaço L^* é indicativo de luminosidade, variando de branco ($+L^*$) a preto ($-L^*$), enquanto os índices a^* e b^* são as coordenadas de cromaticidade, sendo a^* o eixo que vai de verde ($-a^*$) a vermelho ($+a^*$) e b^* variando de azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$). Os valores encontrados na literatura para L^* , a^* e b^* em carne bovina, encontram-se nas seguintes faixas de variação: 33,2 a 41,0; 11,1 a 23,6 e 6,1 a 11,3, respectivamente (MUCHENJE et al., 2009).

2.3 Perfil de ácidos graxos

Devido à crescente preocupação da sociedade com a saúde, houve um aumento nos estudos das concentrações dos diferentes ácidos graxos da carne (ARRIGONI; SILVEIRA; MARTINS, 2007). As concentrações de ácidos graxos podem apresentar comportamentos distintos no organismo humano, podendo ser benéficos ou maléficos a saúde. A carne de animais ruminantes é caracterizada por apresentar alto teor de ácidos graxos saturados e baixa relação AGPI/AGS (ENSER et al., 1998). Os ácidos graxos saturados, principalmente o ácido mirístico, palmítico e láurico, geralmente elevam os níveis de lipoproteínas de

baixa densidade (LDL) no sangue, o que pode trazer malefícios à saúde humana (OLIVEIRA et al., 2008).

O consumo de gorduras, acima do recomendado, não foi demonstrado, conclusivamente, que aumenta o risco de doenças cardiovasculares em pessoas propensas a ela (VAHMANI et al., 2015). Parece que o consumo de alimentos, contendo adequado perfil de ácidos graxos, pode contribuir na prevenção e desenvolvimento de doenças (BAUMAN; BAUMGARD; CORL, 1999). Existem diversos fatores que podem afetar a composição dos ácidos graxos no músculo, tais como: raça, nutrição, sistema de terminação, gordura intramuscular, hormônios, sexo, idade e peso (LOPES, 2010).

Os ácidos graxos são moléculas compostas por átomos de hidrocarbonetos e ácidos carboxílicos, podendo variar quanto ao tamanho da cadeia e, a presença e número de insaturações. O grupo carboxílico está localizado na extremidade hidrofílica e a cadeia de hidrocarbonetos na extremidade hidrofóbica.

São encontrados na carne inúmeros ácidos graxos que compõem o tecido lipídico, mas existem seis principais que representam aproximadamente 90% do total. São estes: mirístico (C14:0), palmítico (16:0), esteárico (18:0), palmitoleico (C16:1 ω7), oleico (C18:1 ω9) e linoleico (18:2 ω6).

Em ruminantes, na gordura intramuscular e intermuscular pode ocorrer predomínio de AGS, enquanto na gordura subcutânea prevalecem os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) (DI MARCO; BARCELLOS; COSTA, 2009). O ácido graxo de maior concentração na gordura é do ácido oleico (C18:1 ω9), representando aproximadamente 88% dos ácidos graxos monoinsaturados (FREITAS, 2006). Os ácidos oleicos na forma cis são desejáveis por não reduzir o colesterol HDL (colesterol bom), atuando na proteção contra doenças coronarianas, e por ter ação hipocolesterolêmica (LOBATO; FREITAS, 2005).

Os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) são aqueles que apresentam mais de uma ligação dupla na sua cadeia, podendo ser subdivididos em ômega-

3eômega-6 (SCOLLAN et al., 2001). Esses atuam em diversas funções do organismo como, controle da pressão sanguínea, frequência cardíaca, dilatação vascular, coagulação sanguínea e resposta imunológica, assim auxiliando na prevenção de várias doenças (LALLO; PRADO, 2004). Esses são considerados essenciais em função da incapacidade do organismo em sintetizá-los, devido à ausência de enzimas dessaturases com capacidade de inserir uma dupla ligação nas posições n-6 ou n-3, sendo necessário ser incluídos na dieta.

O perfil de ácidos graxos da carne de ruminantes pode ser modificado através da dieta dos animais em função de um determinado alimento fornecido ao animal (OLIVEIRA et al., 2011; SCHMID et al., 2006). A alteração do perfil de ácidos graxos da carne de ruminantes acontece através da biohidrogenação ruminal, que é realizada pelos micro-organismos ruminais. Esses convertem os ácidos graxos insaturados, oriundos da dieta, em ácidos graxos saturados, que são consequentemente menos tóxicos aos micro-organismos. Desses, os mais susceptíveis à toxicidade são as bactérias Gram (+), metanogênicas e protozoários. A principal causa para toxicidade é relacionada à natureza anfifílica dos ácidos graxos, tendo maior solubilidade em água e membranas celulares, com potencial de romper a estrutura das membranas (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

A utilização de oleaginosas na alimentação de bovinos como objetivo a redução dos teores de ácidos graxos saturados, principalmente o ácido láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), devido seus efeitos hipercolesterolêmicos, e também o aumento da concentração de ácidos graxos monoinsaturados, especialmente o ácido oleico (C18:1, cis-9). Além disso, o aumento do teor de ácidos graxos poli-insaturados e melhoria da relação n-6/n-3 é altamente desejável (HOWE et al., 2006).

Em dietas de ruminantes, à medida que aumenta a concentração de lipídeos, tem-se redução na extensão da lipólise e consequentemente na biohidrogenação, sendo possível aumentar a proporção de ácidos graxos

insaturados que atingem o intestino delgado e que estão disponíveis para a absorção e posterior incorporação nos tecidos.

Oliveira et al. (2011) observaram que em animais zebuínos, terminados em confinamento, recebendo diferentes fontes de oleaginosas moídas (grão de soja, caroço de algodão e semente de linhaça) na dieta, apresentaram aumento no teor de ácido linoleico (C18:2 cis9, cis12) e ácido araquidônico (C20:4) na carne dos animais alimentados com grão de soja. Os mesmos autores encontraram, também, aumento no teor de ácido linolênico (C18:3 ω 3) na carne dos bovinos alimentados com semente de linhaça.

Animais Red Norte que foram submetidos a dietas com diferentes fontes lipídicas (grão de soja e gordura protegida de soja) apresentaram, no músculo dos animais alimentados com gordura protegida, maior teor de C18:1 cis9 no músculo (LADEIRA et al., 2014).

Além dos teores de cada ácido graxo, a relação entre eles também é muito importante. A proporção inadequada entre ácidos graxos está ligada a doenças degenerativas (FAGUNDES, 2002). O Department of Health (1994), cita que doenças cardiovasculares podem estar relacionadas com uma dieta pouco saudável, com relação de AGPI:AGS inferior a 0,4. A relação ideal entre ω 6: ω 3 mais recomendada é de aproximadamente 1, sendo comprovado que relação abaixo de 5:1 tem um efeito benéfico sobre pacientes com asma, 4:1 diminui 70% da mortalidade e 3-2:1 diminui a inflamação em pacientes que sofrem com artrite reumática (SIMOPOULOS, 2002). A utilização de técnicas responsáveis pela manipulação da biohidrogenação ruminal, aumentando a relação AGPI:AGS tornaria, portanto, a carne bovina mais saudável para o consumo humano (FRENCH; STANTON; LAWLESS, 2000).

O ácido linoleico conjugado (CLA), também encontrado na carne de ruminantes, tem mostrado algumas funções benéficas à saúde, como: ação

hipocolesterolêmica, redução da gordura corporal, anticarcinogênico e prevenção de diabetes (LOBATO; FREITAS, 2005).

Segundo Lopes (2010), o CLA é encontrado na carne de ruminantes devido ele ser um intermediário da biohidrogenação incompleta de AGPI no rúmen, ou pode estar presente em consequência da ação da enzima delta 9-dessaturase presente no tecido adiposo. Se a biohidrogenação do ácido vaccênico (C18:1 trans11) for incompleta, ou seja, não for hidrogenado a ácido esteárico, haverá escape deste ácido graxo do rúmen, podendo ser absorvido pelo epitélio intestinal, que fará parte da gordura animal ou será convertido em CLA (LADEIRA; OLIVEIRA, 2007).

O aumento de CLA no músculo também pode ser relacionado a outros fatores, como: maior idade no acabamento dos animais, quando esses são alimentados com suplementação de óleo insaturado (BESSA et al., 2008) e maior relação volumoso:concentrado da dieta basal (BESSA et al., 2005).

Segundo Madron et al. (2002), animais alimentados com grão de soja extrusado aumentou a concentração de CLA e diminuiu os ácidos graxos saturados na carne quando comparado com os animais que não receberam grão de soja extrusado.

A suplementação com grão de soja extrusado em vacas leiteiras diminuiu os ácidos graxos de cadeia curta e o ácido palmítico no leite e aumentou a concentração de CLA e de ácido vacênico, melhorando a qualidade do leite (OLIVEIRA et al., 2012). Dhiman (1999) também observou o aumento de 109% de CLA no queijo e no leite de animais que foram alimentados com soja extrusada quando comparado com o leite e queijo de animais que não receberam soja extrusada.

Giallongo et al. (2015), estudando dietas de vacas com inclusão de grão de soja extrusado observaram que no leite de vacas que receberam soja extrusada os AGS diminuíram e os AG mono e poli-insaturados do leite aumentaram.

2.4 Expressão gênica e metabolismo lipídico

A expressão gênica refere-se ao processo em que a informação codificada por um determinado gene é decodificada em uma proteína. O controle da expressão gênica em eucariotos é realizado a partir dos seguintes processos: o controle transcricional, o controle do processamento de RNA, transporte de RNA e controle da localização, o controle traducional, controle da degradação do mRNA e o controle da atividade proteica. A regulação em qualquer um desses processos pode levar a uma expressão gênica diferencial (PIERCE, 2011).

Na genética molecular, atualmente, o verdadeiro desafio não é o conhecimento propriamente dito do genoma físico, mas a compreensão de quais os genes são transcritos e traduzidos em proteínas e como esses processos são regulados. As sequências codificadoras são responsáveis por uma função particular ou um fenótipo específico, podendo ser expressas também no tecido muscular ou no tecido adiposo (HOUDEBINE, 2002).

O controle transcricional é o ponto mais crítico do controle da expressão gênica, pois se o gene não for transcrito, nenhum dos passos posteriores ocorrerá. Para que ocorra o início da transcrição são necessárias proteínas acessórias, chamadas de fatores de transcrição. Esses fatores identificam ao longo de um gene as sequências específicas e o início da transcrição, ou seja, a partir de qual base o gene deve ser traduzido (PIERCE, 2011). Essas regiões reguladoras podem estar localizadas em locais distintos, como: próximas aos genes, no interior do gene, em regiões intrônicas ou ainda em regiões muito distantes do gene há milhares de pares de bases.

As sequências anteriores aos sítios de iniciação, são chamadas de *upstream* (-1, -2, -3...) e as sequências localizadas após os sítios de iniciação são chamadas *downstream* (+1, +2, +3...). Após os fatores de transcrição se ligarem aos sítios de iniciação, as RNA polimerases do tipo II reconhecem as regiões

codificadoras e iniciam a polimerização a partir de nucleotídeos livres, sintetizando o mRNA (PROUDFOOT; FURGER; DYE, 2002). As sequências reguladoras da transcrição podem ser divididas em duas: promotores e *enhancers* (KORNBERG, 2007).

Os genes a serem transcritos estão organizados na forma de éxons (regiões codificadoras) e íntrons (regiões não codificadoras). O transcrito primário recebe em sua extremidade 5' uma metilguanossina-trifosfato (ou cap) e em sua extremidade 3' recebe uma cauda poli-A. A partir de então são processados, e após ocorre o mecanismo de *splicing*, que remove os íntrons e liga as sequências de éxons (Figura 1)(KORNBERG, 2007).

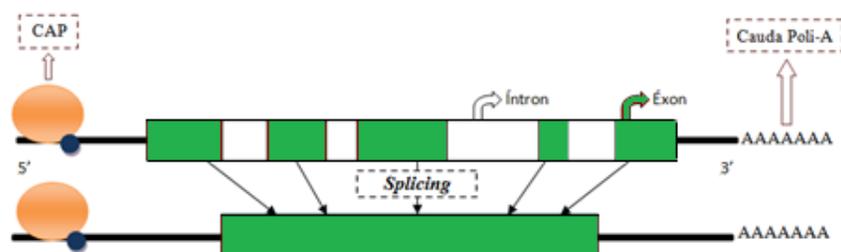


Figura 1. Estrutura de um gene durante o *splicing*

Após o processamento do mRNA são determinadas as regiões codificadoras e sintetizada a proteína (NAKAGAWA et al., 2008). Cada mRNA pode codificar uma proteína diferente dependendo do estímulo, ou seja, dependente da necessidade do organismo.

A tradução se inicia com a ligação do mRNA e do tRNA iniciador à subunidade pequena do ribossomo, após essa subunidade pequena se acopla a uma grande subunidade. Então há a ligação de um novo tRNA, com outro aminoácido, ocorrendo portanto, o avanço de três bases pelo ribossomo e repetição do processo ao longo do mRNA. Quando o ribossomo chega ao códon de finalização, ocorre a

liberação da proteína e a separação do ribossomo nas suas subunidades (LODISH, et al., 2014).

A transcrição e a tradução são os meios pelos quais as células interpretam e expressam suas informações genéticas. Apesar de todo o mRNA ter a capacidade de ser traduzido, apenas um trecho desse é traduzido (KOZAK, 1999).

2.4.1 Fatores de transcrição

Fatores de transcrição são proteínas que se ligam ao DNA permitindo que haja a ligação entre o DNA e a RNA polimerase II, para iniciar a transcrição. Os genes são expressos apenas em momentos apropriados, dependendo do estímulo, ou seja, da situação fisiológica e do estágio de desenvolvimento do organismo. Os genes que codificam as enzimas lipogênicas podem ser inibidos ou estimulados através de alguns ácidos graxos presentes na dieta (JUMP, 2002).

Um importante fator de transcrição responsável pela regulação global do metabolismo lipídico é a proteína chamada de Receptor Ativado por Proliferador de Peroxissomas (PPARs) (MUOIO; KOVES, 2007). Essas proteínas são da família dos receptores nucleares e são caracterizadas por seu padrão de distribuição nos tecidos e sua função metabólica (HARRINGTON et al., 2007). Os PPARs possuem três principais subtipos: PPAR α , PPAR γ e PPAR δ/β (BALAKUMAR et al., 2007). Eles funcionam como heterodímeros, se juntando ao receptor X de retinoide (RXR) e ligando-se posteriormente a uma sequência específica de DNA na região promotora do gene alvo, induzindo ou reprimindo a expressão do gene (WAKU; SHIRAKI; OYAMA, 2009).

A expressão do PPAR α é influenciada por hormônios, como o do crescimento, leptina e insulina, e é estimulada durante o jejum (LEFEBVRE et al., 1998). Ele é expresso principalmente no músculo esquelético (GILDE et al., 2003), em tecidos com capacidade oxidativa, como rim e fígado, em células

endoteliais vasculares, linfócitos T e macrófagos (TENENBAUM; MOTRO; FISMAN, 2005). Parece que a ativação do PPAR α estimula a regulação de genes envolvidos no metabolismo de lipoproteínas, melhorando as concentrações de triacilgliceróis, HDL e o perfil lipídico aterogênico em humanos (PATSOURIS; MULLER; KERSTEN, 2004), no metabolismo hepático e na oxidação de ácidos graxos no músculo esquelético (HARRINGTON et al., 2007).

O PPAR γ é essencial para a sensibilidade à insulina e para a adipogênese (SPIEGELMAN, 1998). Ele possui expressão mais acentuada no tecido adiposo quando comparado com outros tecidos como fígado, pâncreas e músculo esquelético (VIDAL-PUIG et al., 1997). Existem três isoformas do PPAR γ : o PPAR γ 1, PPAR γ 2 e PPAR γ 3, que diferem em sua extremidade 5'. O PPAR γ 1 é expresso em vários tecidos, incluindo coração, intestino delgado e grosso, rins, pâncreas e baço. O PPAR γ 2 é expresso no tecido adiposo e o PPAR γ 3 é expresso principalmente no intestino grosso (TAVARES; HIRATA; HIRATA, 2007). O PPAR δ/β é expresso em, praticamente, todos os tecidos (KERSTEN, 2014).

Outro importante fator de transcrição são os fatores de transcrição das proteínas ligantes aos esteroides (SREBP), que possuem um papel fundamental na homeostase energética, promovendo adipogênese, lipogênese e glicólise (MANEN, 2011). O SREBP regula a transcrição de genes de ativação através da ligação ao elemento de regulação de esterol (SRE), contidos no promotor de seu gene (SHIMANO, 2001). Existem três subtipos principais de SREBP: SREBP-1A, SREBP-1C e SREBP-2. A SREBP-1 está relacionada com a regulação dos genes envolvidos na lipogênese, já a SREBP-2 tem maior influência na regulação da expressão de genes colesterogênicos (EBERLE et al., 2004).

REFERÊNCIAS

- ARRIGONI, M. D. B.; SILVEIRA, A. C.; MARTINS, C. L. Potencial dos grupamentos genéticos para produção de carne. In: SANTOS, F. A. P. **Requisitos de qualidade na bovinocultura de corte**. 6. ed. Piracicaba: FEALQ, 2007. v. 1, p. 155-144.
- ASP, N.; BJÖRCK, I. Nutrition properties of extruded foods. In: MERCIER, C.; LINKO, D.; HARPER, J. M. (Ed.). **Extruding cooking**. Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, 1989. p. 399-434.
- BALAKUMAR, P. et al. PPAR dual agonists: are they opening Pandora's Box? **Pharmacological Research**, London, v. 56, n. 2, p. 91-98, 2007.
- BARLETTA, R. V. **Grão de soja cru integral na alimentação de vacas leiteiras**. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.
- BASSI, M. S. et al. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 2, p. 353-359, 2012.
- BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A. **Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants**. Ithaca: American Society of Animal Science, 1999. p. 1-15.
- BEKHIT, A. E. D.; FAUSTMAN, C. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**, Barking, v. 71, p. 407-449, 2005.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011.
- BESSA, R. J. B. et al. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acids composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated Lucerne or concentrate. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 96, n. 2/3, p. 185-194, 2005.
- BESSA, R. J. B. et al. Improved method for fatty acid analysis in herbage based on direct trans esterification followed by solid-phase extraction. **Journal of Chromatography A**, New York, v. 1209, p. 212-219, 2008.

BRISKEY, E. J.; KAUFFMAN, R. G. Quality characteristics of muscle as a food. In: PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, S. B. **The science of meat and meat products**. 2nd ed. San Francisco: Freeman & Company, 1971. p. 367-401.

CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 29, p. 35-57, 1990.

CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L.; **Tecnologia de carne bovina e produtos derivados**. São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia, 1983. p. 5-26.

CARMO, C. A. **Grau de moagem do milho, inclusão de subprodutos agroindustriais e aditivo microbiológico em rações para vacas leiteiras**. 2005. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CARVALHO, J. R. R. **Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta**. 2011. 134 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CÔNSOLO, N. R. B. **Utilização do grão de soja cru integral na dieta de bovinos de corte confinados**. 2011. 121 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

COSTA, Q. P. B. **Desempenho e características da carcaça de bovinos mestiços terminados em confinamento com dietas a base de caroço de algodão**. 2009. 33 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009.

DEPARTMENT OF HEALTH. **Nutricional aspect of cardiovascular disease**. London, 1994. p. 178.

DHIMAN, T. R. et al. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 412-419, 1999.

DI MARCO, O. N.; BARCELLOS, J. O. J.; COSTA, E. C. **Crescimento de bovinos de corte**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 276 p.

DOREAU, M. et al. Effect of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on fatty acid rumen metabolism and intestinal digestibility in cows. **Lipids**, Champaign, v. 44, p. 53-62, 2009.

EBERLE, D. et al. SRBEP transcription factors: master regulators of lipid homeostasis. **Biochimie**, Paris, v. 86, n. 11, p. 839-848, 2004.

ENSER, M. et al. Fatty acid content and composition of UK beef and Lamb muscle in relation to production system and implication for human nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 49, n. 3, p. 329-341, 1998.

FAGUNDES, L. A. **Ômega-3 & Ômega-6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças**. Porto Alegre: Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul, 2002. 111 p.

FAUSTMAN, C. et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, Barking, v. 86, p. 86-94, 2010.

FELÍCIO, P. E. Carne de touro jovem. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP SOBRE PRESERVAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DA CARNE BOVINA IN NATURA, 1., 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 1997. p. 1-10.

FELTON, E. E. D.; KERLEY, M. S. Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 6, p. 1794-1805, 2004.

FORREST, J. C. et al. **Principles of meat science**. San Francisco: W. H. Freeman and Co, 1975. 417 p.

FREITAS, A. K. **Características da carcaça, da carne e perfil de ácidos graxos de Nelore inteiros ou castrados em duas idades**. 2006. 68 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2006.

FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2849-2855, 2000.

GALDINO, J. C. **Qualidade da carne de bovinos Sínde e búfalo Mediterrâneo terminados em confinamento**. 2005. 36 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GIALLONGO, F. et al. Extruded soybean meal increased feed intake and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 9, p. 6471-6485, July 2015.

GILDE, A. J. et al. Peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR) alpha and PPARbeta/delta, but not PPARgamma, modulate the expression of genes involved in cardiac lipid metabolism. **Circulation Research**, Dallas, v. 92, n. 5, p. 518-524, 2003.

HARRINGTON, W. W. et al. The effect of PPAR α , PPAR β , PPAR γ , and PPARpan Agonists on BodyWeight, BodyMass, and Serum Lipid Profiles in Diet-Induced Obese AKR/JMice. **PPAR Research**, London, v. 1, p. 97-125, 2007.

HESS, B. W.; MOSS, G. E.; RULE, D. C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 188-204, 2007.

HOUEBINE, L. M. Transgenesis to improve animal product. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.74, n. 3, p. 255-268, 2002.

HOWE, P. et al. Dietary intake of long-chain ω -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meats sources. **Nutrition**, London, v. 22, n. 1, p. 47-53, 2006.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3851-63, 1993.

JORDAN, E. et al. Effect of refined soy oil or whole soybeans on intake, methane output, and performance of young bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2418-2425, 2006.

JORGE NETO, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, São Paulo, n. 988, p. 4-15, 1992.

JUMP, D. B. Dietary polyunsaturated fatty acids and regulation of gene transcription. **Current Opinion in Lipidology**, London, v. 13, n. 2, p. 155-164, 2002.

KERSTEN, S. Integrate physiology and systems biology of PPAR α . **Molecular Genetics and Metabolism**, Orlando, v. 3, n. 3, p. 354-371, 2014.

KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T. L.; SHOCKELFORD, S. D. Sampling, cooking and coring effects on Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1553-1562, 1996.

KORNBERG, R. D. The molecular basis of eukaryotic transcription. **Proceedings of the National Academy of Science**, Washington, v. 14, n. 21, p. 1989-1997, 2007.

KOZAK, M. Initiation of translation in prokaryotic and eukaryotic. **Gene**, Amsterdam, v. 234, n. 2, p. 187-208, 1999.

LADEIRA, M. M. et al. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. **Meat Science**, Barking, v. 96, p. 597-605, 2014.

LADEIRA, M. M.; OLIVEIRA, R. L. Desafios nutricionais para a melhoria da qualidade da carne bovina. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2007. p. 183-210.

LALLO, F. H.; PRADO, I. N. Diferentes fontes de lipídeos na alimentação humana. In: Prado, I. N. (Org). **Conceitos sobre a produção com qualidade de carne e leite**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 9-34.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 79.

LEDWARD, D. A. Metamyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 35, p. 33-37, 1970.

LEFEBVRE, A. M. et al. Depot-specific differences in adipose tissue gene expression in lean and obese subjects. **Diabetes**, New work, v. 47, n. 1, p. 98-103, 1998.

LIU, Q.; LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3131-3140, 1995.

LOBATO, J. F. P.; FREITAS, A. K. Carne bovina: mitos e verdades. In: PRÉ-CONGRESSO DO CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 60., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FIERGS, 2005. p. 28.

LODISH, H. et al. **Biologia celular e molecular**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

LOPES, L. S. **Características de carcaça e perfil de ácidos graxos da carne de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento**. 2010. 124 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

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

MACDOUGALL, D. B. Colour meat: its basis and importance. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product**. London: Black Academic, 1994. p. 34-78.

MACHADO NETO, O. R. **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de tourinhos red norte alimentados com oleaginosas e vitamina E**. 2011. 112 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MADRON, M. S. et al. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular and subcutaneous fat in beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1135-1143, 2002.

MANNEN, H. Identification and utilization of genes associated with beef qualities. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p. 1-7, 2011.

MIR, P. S. et al. Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 4, p. 673-685, July 2002.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 2, p. 279-289, Feb. 2009.

MUOIO, D. M.; KOVES, T. R. Skeletal muscle adaptation to fatty acid depends on coordinated actions of the PPARs and PGC1 alpha: implications for metabolic diseases. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Ottawa, v. 32, n. 5, p. 874-883, 2007.

NAKAGAWA, S. et al. Diversity of preferred nucleotide sequences around the translation initiation co don in eukaryotic genomes. **Nucleic Acids Research**, London, v. 36, n. 3, p. 861-871, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th ed. Washington: National Academic, 2001.

NELSON, M. L. et al. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed corn finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 6, n. 4, p. 936-948, 2008.

OLIVEIRA, D. M. **Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos zebuínos recebendo diferentes grãos de oleaginosas.** 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

OLIVEIRA, D. M. et al. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 2546-2555, 2011.

OLIVEIRA, M. A. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de silagem de milho e grão de soja extrusado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 192-203, mar. 2012.

OLIVEIRA, R. L. et al. Ácido linoleico conjugado e perfil de ácidos graxos no músculo e na capa de gordura de novilhos bubalinos alimentados com diferentes fontes de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 169-178, 2008.

OLIVO, R.; OLIVO, N. **O mundo das carnes: ciência, tecnologia & mercado.** 4. ed. Criciúma: O Autor, 2006.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa.** Cocal do Sul: Imprint, 2001.

PABLOS, J.B. Consideraciones sobre el uso de lasoya integral em laalimentación de las aves. **Soya (ASA)**, México, v. 61, p. 1-4, 1986.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 1354-1360, 1991.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation: review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, p. 1-14, 1980.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Cegraf/UFG; Niterói: EDUFF, 1993.

PASSINI, R. et al. Digestibilidade de dietas a base de grão úmido de milho ou sorgo ensilados. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1147-1154, 2002.

PATSOURIS, D.; MULLER, M.; KERSTEN, S. P. Peroxisome proliferator activated receptor ligands for the treatment of insulin resistance. **Current Opinion in Investigational Drugs**, London, v. 5, n. 10, p. 1045-1050, 2004.

PAULINO, M. F. et al. Terminação de novilhos mestiços leiteiros sob pastejo, no período das águas, recebendo suplementação com soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 154-158, 2006.

PERRY, T. W.; CECAVA, M. J. **Beef cattle feeding and nutrition**. 2nd. ed. San Diego: Academic, 1995. 389 p.

PIERCE, B. A. **Genética: um enfoque conceitual**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

PROUDFOOT, N.; FURGER, A.; DYE, M. Integrating mRNA processing with transcription. **Cell**, Cambridge, v. 108, n. 4, p. 501-512, 2002.

RABELLO, T. M. et al. Grão de soja moído na alimentação de vacas em lactação. I. Consumos, produção e composição do leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 345-356, 1996.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007.

RIBEIRO, L. C. **Efeito da idade, sexo, altura do cupim e tipos de carcaça sobre características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne bovina**. 2003. 128 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

RODRIGUES, E. C. **Influência do sistema de terminação e genótipo na qualidade da carne de bovinos de rebanhos comerciais**. 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SANTAROSA, L. C. **Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos alimentados com lipídeos e ionóforo**. 2011. 100 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SCHMID, A. et al. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 29-41, 2006.

SCOLLAN, N. D. et al. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 85, p. 115-124, 2001.

SHIMANO, H. Sterol regulatory element-binding proteins (SRBEPs), transcriptional regulators of lipid synthetic genes. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 40, n. 6, p. 439-452, 2001.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, n. 8, p. 365-379, 2002.

SPIEGELMAN, B. M. PPAR-gama: adipogenic regulator and thiazolidinedione receptor. **Diabetes**, New York, v. 47, n. 4, p. 507-514, 1998.

SWATLAND, H. J. **Evaluación de la carne en la cadena de producción**. Zaragoza: Acribia, 2003. 333 p.

TAVARES, V.; HIRATA, M. H.; HIRATA, R. D. Peroxisomeproliferator-activated receptor gama (PPAR-gama): molecular study in glucose homeostasis, lipid metabolism and therapeutic approach. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, São Paulo, v. 51, n. 4, p. 526-533, 2007.

TENENBAUM, A.; MOTRO, M.; FISMAN, E. Z. Dual andpan-peroxisomeproliferator-activedreceptors (PPAR) co-agonism: the bezafibratelessons. **Cardiovascular Diabetology**, London, v. 4, p. 14, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, supply and distribuiton online**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 8 jun. 2015.

VAHMANI, P. et al. The scope for manipulation the polyunsaturated fatty acids content of beef: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, Heidelberg, v. 6, n. 1, p. 29, 2015.

VIDAL-PUIG, A. J. et al. Peroxisome proliferator-activated receptor gene expression in human tissue. Effects of obesity, weight loss, and regulation by insulin and glucocorticoids. **Journal of Clinical Investigation**, New York, v. 99, n. 10, p. 2416-2422, 1997.

WAKU, T.; SHIRAKI, T.; OYAMA, T. Structural insight into PPAR γ activation through covalent modification with endogenous fatty acids. **Journal of Molecular Biology**, London, v. 385, n. 1, p. 188-199, 2009.

WARRIS, P. D. **Ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 2003. 309 p.

XU, H.; MIAO, X.; WU, Q. High quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 126, p. 499-507, 2006.

ZINN, R.A.; JORQUERA, A.P. Feed Value of supplemental fats used in feedlot cattle diets. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 23, p. 247-268, 2007.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1

Desempenho, perfil de ácidos graxos e expressão gênica de fatores de transcrição no músculo de tourinhos alimentados com grãos de soja processados

Artigo formatado segundo as normas do periódico Livestock Science.

Resumo – Objetivou-se avaliar o desempenho, o perfil de ácidos graxos e a expressão gênica de fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico na carne de tourinhos mestiços alimentados com grãos de soja moídos ou extrusados. Foram utilizados 60 tourinhos mestiços, com idade inicial média de 20 meses e peso vivo inicial médio de $320 \pm 8,12$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Três tipos de dietas foram fornecidos, representando os seguintes tratamentos: sem lipídeo adicional, grão de soja moído e grão de soja extrusado. As dietas continham, respectivamente, 2,4, 6,1 e 6,3% de extrato etéreo. Não houve efeito das dietas sobre o desempenho dos animais, as características de carcaça, coloração e pH do músculo *longissimus dorsi* ($P > 0,05$). As dietas com grão de soja, independente do processamento, apresentaram menores teores de ácido láurico (C12:0) e CLA (C18:2 c9, t11); e maior teor de ácido esteárico (C18:0). O teor de ácido mirístico foi maior nos animais que receberam dieta sem lipídeo adicional quando comparado com os animais que receberam grão de soja moído, já os animais que foram alimentados com grão de soja extrusado não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Houve tendência ($P = 0,07$) em diminuir os teores de ácido palmítico (C16:1 c9) nos animais que receberam grão de soja moído. Verifica-se que os teores dos ácidos

transoctadecenoico (C18:1 t9,10,11) e EPA (C20:5 n3) foram maiores no músculo dos animais que receberam a dieta com grão de soja moído em relação ao grão de soja extrusado e sem lipídeo adicional. Por outro lado, o teor de ácido oleico (C18:1 c9) no músculo dos animais que receberam grão de soja moído foi menor. A expressão gênica do fator de transcrição receptor ativado por proliferador de peroxissomas (*PPARs*) não foi influenciada pela dieta ($P>0,05$), já o fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides (*SREBF1*) foi mais expresso ($P>0,05$) no músculo dos animais que receberam o grão de soja. O índice de luminosidade e a intensidade do vermelho aumentaram com a maturação ($P<0,05$). O uso de grãos de soja processado não alterou o desempenho, as características de carcaça, composição química, pH e coloração do músculo; e não foi capaz de elevar o teor de ácidos graxos insaturados e CLA c9, t11 em relação a uma dieta sem o uso de grão de soja. Todavia a dieta com grão de soja extrusado resultou em maior expressão do gene *SREBF1*, o que influenciou o perfil de ácidos graxos da carne.

Termos para indexação: lipídeos, oleaginosas, processamento de grão, soja extrusada.

1 Introdução

O uso de fontes lipídicas pode reduzir a relação acetato:propionato, a produção de metano e de amônia, o que resultaria em uma fermentação ruminal mais favorável para o desempenho animal. Dessa forma, o uso de oleaginosas poderia melhorar a eficiência alimentar dos animais (Zinn & Jorquera, 2007). Todavia, ao trabalharem com oleaginosas moídas, utilizando teores de 6% de EE, Bassi et al. (2012) não encontraram alterações na eficiência alimentar, comparando com a dieta sem lipídeo adicional. Portanto, pode ser que nesta situação (grãos moídos) os benefícios dos lipídeos sobre a fermentação ruminal não ocorreram, devido à menor liberação destes ao ambiente ruminal. Diante disso, surge o questionamento se a utilização dessa oleaginosa submetida a outro processamento, como a extrusão, poderia melhorar o desempenho animal, pois, segundo Doreau et al. (2009), a extrusão rompe a maioria das células, o que leva à maior liberação dos lipídeos, em comparação ao uso de oleaginosas inteiras ou laminadas e, provavelmente, moídas.

Outro destaque para o uso de oleaginosas é a mudança no perfil de ácidos graxos da carne de ruminantes. Vários estudos têm demonstrado que alguns ácidos graxos oferecem vantagens para a saúde humana (Gómez et al., 2015; Vahmani et al., 2015). A manipulação dos ácidos graxos tem como objetivo reduzir os teores de ácidos graxos saturados, principalmente o ácido láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), devido a seus efeitos hipercolesterolêmicos, aumento do teor de ácidos graxos cis monoinsaturados (AGMI), poli-insaturados (AGPI) e melhoria da relação n-6/n-3 (Howe et al., 2006). Além disso, busca-se aumentar o teor de ácido linoleico conjugado (CLA: C18:2 c9, t11) (Vahmani et al., 2015). Oliveira et al. (2011) observaram que em animais Zebuínos alimentados com diferentes fontes de oleaginosas moídas (grão de soja, caroço de algodão e semente de linhaça) houve

aumento no teor do ácido linoleico e ácido araquidônico na carne dos animais alimentados com grão de soja. Todavia, os autores não encontraram alterações nos teores de CLA. Por sua vez, Chouinard et al. (2001) verificaram que a extrusão do grão de soja foi mais eficiente para elevar o teor de CLA no leite, em relação a micronização, tostagem ou soja crua.

Alguns fatores de transcrição são responsáveis pela regulação do metabolismo lipídico, podendo induzir ou estimular a expressão de genes que codificam enzimas lipogênicas (Jump, 2002), e assim afetar o perfil de ácidos graxos na carne bovina. As funções dos Receptores ativados por proliferador de peroxissomas (PPARs) são bem conhecidas em monogástricos, porém em ruminantes as funções não são bem claras. Entretanto, há evidências que os PPAR são biologicamente importantes em ruminantes (Bionaz et al., 2013). O grande interesse dos PPARs está na capacidade de se ligar e ser ativado (ou inibido) por ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) (Duplus and Forest, 2002). Além disso, a importância de PPAR γ na adipogênese foi destacada como um dos genes relacionados ao marmoreio da carne bovina (Lim et al., 2011). O fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides (SREBF) está também relacionado com a regulação dos genes envolvidos na lipogênese, levando a um aumento na síntese de importantes enzimas lipogênicas, tal como a esteroil CoA dessaturase (SCD) (Frederico et al., 2011). Oliveira (2013) demonstrou que o gene que codifica a enzima SCD tem alta correlação positiva com o gene *SREBF1* e, segundo Smith et al. (2006) a SCD, além de ser responsável pela conversão de AGS em AGMI, também está associada à conversão do ácido vaccênico (C18:1 t11) a CLA(C18:2 c9, t11).

Diante disso, a hipótese desta pesquisa é que bovinos alimentados com grão de soja extrusado apresentarão melhor eficiência alimentar do que aqueles alimentados com grão de soja moída ou sem a adição de lipídeos e que os animais alimentados com grão de soja extrusado apresentarão perfil de ácidos graxos

melhor para a saúde humana, com destaque para o CLA. Para comprovar essa hipótese, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho, as características de carcaça e o perfil de ácidos graxos na carne de tourinhos alimentados com grãos de soja moídos ou extrusados. Além disso, objetivou-se avaliar a expressão gênica de fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico.

2 Material e Métodos

Os procedimentos experimentais foram submetidos à apreciação e aprovados pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Universidade Federal de Lavras (protocolo 002/13).

2.1 Delineamento experimental, animais e dieta

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Lavras, no período de julho a novembro de 2013. Foram utilizados 60 tourinhos mestiços, com idade inicial média de 20 meses e peso vivo inicial médio de $320 \pm 8,12$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram alocados em 12 baias, com três tratamentos (dietas), cinco animais por baia e quatro repetições, sendo, portanto, as baias as unidades experimentais. O experimento teve duração de 112 dias, com 28 dias para adaptação às instalações e dietas e 84 dias para o período experimental.

As dietas foram constituídas por silagem de milho e três diferentes tipos de concentrados, representando os seguintes tratamentos: sem lipídeo adicional (SLA), grão de soja moído (GSM) e grão de soja extrusado (GSE) (Tabela 1). O grão de soja foi moído em peneira com malha de 5 mm, com a obtenção de um diâmetro geométrico médio aproximado de 1700 μm e o grão de soja extrusado apresentou diâmetro médio de 1360 μm . As dietas foram formuladas segundo o

NRC (2001) para proporcionar um ganho de peso médio de 1,4 kg/dia. A determinação do consumo de matéria seca foi mensurada por baia diariamente e a cada 28 dias foram realizadas as pesagens dos animais, após jejum de 16 horas.

Semanalmente, foram coletadas amostras dos ingredientes do concentrado e da silagem de milho. As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das dietas foram realizados no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, de acordo com o INCT (2012). As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) foram analisadas segundo Goering & Van Soest (1970) e o FDN dos concentrados analisados segundo o procedimento descrito por Van Soest et al. (1991). Os carboidratos não fibrosos foram determinados segundo o NRC (2001).

2.2 Abate e coleta de tecidos

O abate dos animais foi realizado em frigorífico comercial utilizando a técnica de concussão cerebral e secção dos grandes vasos sanguíneos do pescoço (artérias e veia jugular), seguido de remoção do couro e evisceração. As carcaças foram identificadas, lavadas, divididas em duas metades, sendo estas pesadas individualmente e levadas à câmara fria, por aproximadamente 24 horas, à temperatura de 1 °C. As mensurações nas carcaças foram: rendimento total da carcaça quente (%), peso da carcaça quente (kg) e peso da carcaça fria (kg). Após a identificação das carcaças duas amostras foram extraídas do músculo *longissimusdorsi*, da meia carcaça esquerda, entre a 12^a e 13^a costelas de cada animal. Para a coleta dos tecidos todos os instrumentos utilizados foram esterilizados. A primeira amostra foi armazenada a uma temperatura de -20 °C para posterior extração dos lipídeos e análise dos ácidos graxos, enquanto a segunda foi embrulhada em papel alumínio, congelada e transportada em nitrogênio líquido, sendo, posteriormente, armazenadas em *ultra-freezer* (-80 °C).

Na desossa, às 24h *post mortem*, determinou-se a área de olho de lombo (cm), a espessura de gordura subcutânea (EGS) (mm) e foram realizadas três leituras de pH no músculo *longissimusdorsi*, entre a 11^a e 12^a vértebra, com potenciômetro portátil (Digimed, M DM 20). Quatro bifés de 2,54 cm de espessura por animal foram coletados, identificados e embalados a vácuo em sacos de polietileno e armazenadas na câmara fria (1 °C) por 0, 7, 14 e 21 dias para determinação da coloração instrumental.

2.3 Análises de composição química e cor da carne

Para a determinação da composição centesimal, amostras de carne foram homogeneizadas em multiprocessador até a obtenção de uma massa homogênea. A análise da composição centesimal foi segundo a metodologia oficial da AOAC (2007), foi utilizada para determinação de umidade (950.46), resíduo mineral fixo ou cinzas (920.153) e proteínas (981.10). O extrato etéreo foi extraído pelo método de Soxhlet.

A determinação dos componentes da cor foi realizada após a retirada das peças das embalagens e expostas ao ar atmosférico por 30 minutos (*blooming*), para oxigenação da mioglobina (Abularach et al., 1998). A leitura da cor foi realizada na superfície dos bifés, utilizando o sistema CIE L*a*b*, iluminante A e 10° para observador padrão. Utilizou-se o equipamento Minolta CR700 Chroma Meter (Konica Minolta, Osaka, Japão), calibrado para um padrão branco, em que: o L* é o índice associado à luminosidade (L* = 0 preto, 100 branco); a* é o índice que varia do verde (-) ao vermelho (+); e b* do azul (-) ao amarelo (+) (Houben et al., 2000). Foram realizadas seis leituras por fatia, sendo as médias utilizadas na análise estatística.

2.4 Análises de ácidos graxos e expressão gênica

Para as análises de ácido graxo e expressão gênica foram utilizados 24 dos 60 tourinhos, ou seja, em cada baia foram sorteados dois animais. Portanto, manteve-se a baia como unidade experimental, com quatro repetições por tratamento.

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa de alta resolução. Os lipídeos foram extraídos com clorofórmio e metanol na proporção de 2:1, seguindo metodologia descrita por Folch et al. (1957), sendo esterificados segundo Hartman & Lago (1973). As amostras utilizadas na cromatografia foram diluídas em 1 mL de hexano e centrifugadas, injetando-se uma alíquota de 1 μ L no aparelho. Foram quantificados num cromatógrafo gasoso Agilent 7890 A, equipado com detector de ionização de chama e injetor automático (Agilent Inc.; Santa Clara, CA). Uma coluna de 100 m SLB-IL111 (100 m x 0,25 mm x 0,20 μ M; Supelco Inc., Bellefonte, PA) foi usada de acordo com o procedimento de Delmonte et al. (2011), para permitir a separação de todos os isômeros de ácido graxo de cadeia longa (AGCL). A porcentagem molar dos ácidos graxos foi calculada dividindo-se as concentrações dos ácidos graxos individuais sobre o total de todas as concentrações de ácidos graxos.

Para a determinação das expressões dos genes, Receptor ativado por proliferador de peroxissomos α (*PPARA*), Receptor ativado por proliferador de peroxissomos γ (*PPARG*), Fator de transcrição de proteínas ligantes aos esteróides (*SREBF1*), β -actina (*β -actin*) e Gliceraldeído 3-fosfato desidrogenado (*GAPDH*) no músculo bovino foi seguida a seguinte metodologia. O desenho dos *primers* alvos e endógenos foi realizado através de sequências cadastradas e publicadas no banco de dados público do *Genbank*, plataforma do NCBI (*National Center for Biotechnology Information*). Para a caracterização dos genes as ORFs (*Open Reading Frames*) das sequências selecionadas foram obtidas pela ferramenta

ORFinder do NCBI e as sequências de proteínas codificadas obtidas a partir da ferramenta *translate*, encontrada no banco de proteínas ExPASY (<http://www.expasy.ch>). A sequência dos *primers* foi desenhada utilizando o *software* OligoPerfect™ Designer com base na sequência acessada no *Genbank*. Os *primers* para o tempo real (RT-qPCR) foram comercialmente sintetizados (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA), com suas sequências representadas na tabela 2.

Para a extração do RNA total as amostras foram maceradas em nitrogênio líquido, com o auxílio de cadinho e pistilo. Do material macerado 200 mg de tecido foi coletado, adicionado 1,2 mL de *QIAzol* (*QIAGEN, Valencia, CA, EUA*) e misturado vigorosamente em vortex. As amostras foram incubadas à temperatura ambiente por 5 minutos, sendo posteriormente adicionado 200 µL de clorofórmio, agitadas e levadas à centrífuga por 15 minutos a 14.000 rpm à temperatura de 4 °C. O sobrenadante foi transferido para novos tubos e adicionado mais 200 µL de clorofórmio para uma segunda lavagem. Novamente o sobrenadante foi transferido para novos tubos e adicionado 600 µL de isopropanol. As amostras foram mantidas por um período de 1 hora à temperatura de -20 °C, em seguida foram centrifugadas por 20 minutos a 14.000 rpm à temperatura de 4 °C. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi lavado com 1 mL de etanol a 75%, seguido de nova centrifugação por 8 minutos à 10.000 rpm a 4 °C. Após a centrifugação, o etanol a 75% foi descartado, o pellet foi seco à temperatura ambiente e ressuspenso em 20 µL de água ultrapura. Após esses procedimentos as amostras de RNA foram armazenadas a -80 °C.

Todas as amostras de RNA foram tratadas com DNase DNA free (*Ambion, Austin, TX, EUA*), em uma reação contendo 0,1 volume do tampão DNase turbo 10X, 0,5 µL da enzima DNase turbo e água livre de DNase/RNase para completar o volume de 25 µL. Essa reação foi incubada a 37 °C por 30 minutos. Posteriormente, foi adicionado 2,5 µL do reagente de inativação da DNase e as amostras foram incubadas por 2 minutos à temperatura ambiente. Em

seguida, as amostras foram centrifugadas por 1,5 minutos a 10.000 rpm e o sobrenadante transferido para novos tubos. Posteriormente, as amostras foram armazenadas a -80 °C.

A síntese de cDNA foi feita com *Kit High-Capacity cDNA Reverse Transcription* (Applied Biosystems, Foster City, CA, EUA). Primeiramente, o RNA foi preparado a uma concentração de 1 µg em um volume final de 10 µL. Após essa etapa, foi preparado um *mix* contendo 2 µL do tampão 10X da enzima, 2 µL do *primer RT Random Primers* 10X, 0,8 µL do *mix dNTP* (100 mM), 1 µL *MultiScribe™ Reverse Transcriptase* e água para um volume final de 10 µL/amostra. Para cada solução preparada de 10 µL de RNA a 1 µg, foram acrescentados 10 µL desse *mix*. Os tubos foram submetidos ao termociclador MultiGene™ Gradient (Labnet), programado com três etapas: 10 minutos a 25 °C para o anelamento dos *primers*, 2 horas a 37 °C para ação da enzima e 5 minutos a 85 °C para inativá-la. Após o processo, as amostras foram armazenadas em freezer a -20 °C.

Para a análise da expressão gênica quantitativa por RT-qPCR foi utilizado o modelo ABI PRISM 7500 *Real Time PCR* (Applied Biosystems), utilizando o sistema de detecção *SYBR Green* (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) e o cDNA obtido a partir de RNA extraído do tecido muscular de bovinos. As condições térmicas de reação foram 2 minutos a 50 °C, 10 minutos a 95 °C seguidos por 40 ciclos de 15 minutos a 95 °C e 1 minuto a 60 °C e, finalizando com 15 segundos a 95 °C. Os dados foram coletados e armazenados no programa *7500 Fast Software* (Versão 2.1). Para cada reação foi utilizado 1,0 µL de cDNA, 0,3 µL de cada *primer (forward e reverse)* e 5,0 µL de *Master Mix SYBR Green* para um volume final de 10,0 µL/amostra em uma placa de reação com 96 poços Micro Amp Optical (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Os controles negativos e curvas de *melting* foram incluídos em todas as análises.

O CT (ciclo *threshold*) foi determinado pelo número total de ciclos, utilizando o método comparativo CT. Como um requisito desse método, um ensaio de validação foi realizado para demonstrar que as eficiências de amplificação de genes-alvo e de referência foram aproximadamente a mesmas. As curvas-padrão foram geradas para os genes estudados com as seguintes diluições: 1: 5, 1:25, 1: 125, 1: 625, e 1: 3125.

Os níveis de expressão relativos foram calculados de acordo com o método descrito por Pfaffl (2001) que se baseia nos valores CT, que são corrigidos para a eficiência de amplificação para cada par de iniciadores.

2.5 Análises estatísticas

As análises de médias foram realizadas utilizando o PROC MIXED do programa estatístico do SAS 9.3 (SAS Inst. Inc., Cary, NC), com tratamentos e dias como efeitos fixos, a interação entre os efeitos fixos e unidades experimentais como efeito aleatório. Valores de $P < 0,05$ foram considerados significativos, e foi considerado $P 0,05-0,10$ tendência.

3 Resultados

A inclusão do grão de soja submetido a diferentes tipos de processamento não resultou em alterações no desempenho e nas características de carcaça dos animais ($P > 0,20$) durante o período total do confinamento (Tabela 3). Da mesma forma, a composição química do músculo *longissimus dorsi* não foi influenciada ($P > 0,30$) pela inclusão ou não dos grãos de soja processados (Tabela 4), com exceção da umidade que foi menor para os animais que receberam grão de soja extrusado.

Na Tabela 5 são representados os dados de perfil de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com os grãos de soja submetidos aos dois processamentos e sem a inclusão do grão de soja. As dietas com grão de soja, independente do processamento, apresentaram menores teores de ácido láurico (C12:0) e CLA (C18:2 c9, t11); e maior teor de ácido esteárico (C18:0). O teor de ácido mirístico foi maior nos animais que receberam dieta sem lipídeo adicional quando comparado com os animais que receberam grão de soja moído, já os animais que foram alimentados com grão de soja extrusado não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Houve tendência (P=0,07) em diminuir os teores de ácido palmitoleico (C16:1 c9) nos animais que receberam grão de soja moído. Verifica-se que os teores dos ácidos transoctadecenoico (C18:1 t9,10,11) e EPA (C20:5 n3) foram maiores no músculo dos animais que receberam a dieta com grão de soja moído em relação ao grão de soja extrusado e sem lipídeo adicional. Por outro lado, o teor de ácido oleico (C18:1 c9) no músculo dos animais que receberam grão de soja moído foi menor.

As dietas com grãos de soja, independente do processamento, foram responsáveis por maiores concentrações de ácidos graxos saturados no músculo *longissimus dorsi* (Tabela 6), já as concentrações de ácidos graxos insaturados, proporção de ácido graxo insaturado/ácido graxo saturado (AGI/AGS), ácidos graxos poli-insaturados reduziram no músculo dos animais alimentados com grãos de soja quando comparados com os animais que receberam a dieta sem lipídeo adicional. Contudo, a relação ômega 6/3 não foi influenciada pela dieta. Os ácidos graxos monoinsaturados apresentaram concentrações maiores nos animais alimentados com dieta sem lipídeo adicional quando comparado com os animais que receberam grão de soja moído, enquanto as concentrações de Omega 3 e 6 foram maiores no músculo dos animais que receberam a dieta sem lipídeo adicional em comparação com o grão de soja extrusado, já os animais que foram alimentados com grão de soja moído não diferiu estatisticamente.

Na Tabela 7 são representados os resultados de expressão gênica dos fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico do músculo *longissimus dorsi*. A expressão gênica dos fatores de transcrição *PPARA* e *PPARG* não foi influenciada ($P>0,33$) pela dieta. Já o fator de transcrição *SREBF1* não foi influenciado quando comparado à dieta sem lipídeo adicional e as dietas com soja. Porém, o gene *SREBF1* foi mais expresso ($P=0,04$) no músculo dos animais que foram alimentados com grão de soja extrusado, em relação ao músculo dos animais alimentados com grão de soja moído.

O pH e coloração do músculo *longissimus dorsi* não foram afetados pelo uso ou não dos grãos de soja processados (Tabela 8). De forma semelhante, as dietas não influenciaram a coloração do *longissimus dorsi* ao longo da maturação (Figura 1), tendo ocorrido apenas efeitos relacionados ao tempo de maturação. Houve aumento nos índices L^* , a^* e b^* até o 14º dia de maturação e uma estabilização desses índices até o 21º dia.

4 Discussão

A inexistência de diferenças no desempenho pode ser explicada pelos valores nutricionais aproximados das dietas, que tiveram variação apenas no teor de EE. Diante disso, a hipótese de que alterações no metabolismo ruminal com o uso das oleaginosas processadas, principalmente a soja extrusada, poderia melhorar a disponibilidade de energia e conseqüentemente a eficiência alimentar dos animais não foi comprovada.

A semelhança entre os pesos de carcaça quente e fria foi em decorrência do peso vivo final semelhante entre os tratamentos e, segundo Cónsulo et al. (2015), o ganho médio diário é correlacionado positivamente com as características de carcaça e a ausência de diferença no desempenho fez com que as características de carcaça fossem similares. Os valores de área de olho estão de

acordo com o peso de abate dos animais, que foi um pouco inferior aos praticados no Brasil, que é de 458 kg (ABIEC, 2015).

As dietas com grão de soja moído e extrusado apresentaram maior teor de EE (6%), porém essas quantidades não foram suficientes para afetar o teor de gordura no músculo desses animais. Em estudo realizado por Rodrigues Filho (2014), fornecendo suplementação lipídica, também não foram encontradas diferenças na composição química do músculo dos animais. Segundo o autor, esse fato pode ter ocorrido devido às semelhanças no peso de abate, idade, sexo e grau de acabamento das carcaças, como também visto no presente estudo. Segundo Schoonmaker et al. (2010), o aumento de AGPI no músculo, oriundo da dieta, pode inibir a deposição da gordura de marmoreio. Todavia, neste estudo, o aumento na ingestão de AGPI não foi suficiente para modificar a gordura de marmoreio do músculo, o que também pode ser explicado pelos resultados na expressão dos fatores de transcrição *PPARs*, que não sofreram influência da dieta. Segundo Bionaz (2013), os *PPARs* atuam em diversos mecanismos, dentre eles, a lipogênese intramuscular, a oxidação de ácidos graxos no fígado e regulação de síntese de gordura no leite.

Quando ruminantes ingerem lipídeos de origem vegetal, ricos em AGPI, como a soja que é rica em ácido linoleico, a biohidrogenação ruminal converte esses ácidos graxos insaturados em ácidos graxos saturados, tendo como ácidos graxos intermediários da reação o CLA (C18:2 c9, t11) e o ácido vaccênico (C18:1 t11), e como produto final o ácido esteárico (C18:0) (Palmquist e Mattos, 2006). Porém, segundo Duckett e Gillis (2010), nem todo ácido graxo insaturado que atinge o ambiente ruminal é biohidrogenado, podendo ocorrer o escape parcial destes para o duodeno. Segundo Chow et al. (2004), é provável que dietas ricas em AGPI causem inibição dos micro-organismos do rúmen envolvidos na etapa final de biohidrogenação dos ácidos graxos. Todavia, neste estudo, a maior ingestão e disponibilidade de lipídeos no rúmen não foram suficientes para inibir a

biohidrogenação ruminal, já que os teores do CLA (C18:2 c9, t11) foram menores e do ácido esteárico (C18:0) maiores no músculo dos animais que foram alimentados com as dietas com soja. Portanto, provavelmente, o teor de 6,1 a 6,3% de EE nas dietas com grão de soja não foram suficientes para que os mecanismos de inibição dos passos finais da biohidrogenação ocorressem nessas dietas. Os níveis de volumoso das dietas (40%) também podem ter auxiliado a maior biohidrogenação ruminal, quando os animais foram alimentados com grãos de soja, podendo ter mantido o pH ruminal em níveis mais adequados para os microorganismos responsáveis por essas reações, como o *B. proteoclasticus* (Jenkins et al., 2008). Esta bactéria é gram-positiva (Maia et al., 2010) e, portanto, mais sensível a reações no pH ruminal.

A enzima SCD catalisa reações para inserir duplas ligações entre os carbonos 9 e 10 nos ácidos graxos, sendo importante para a síntese de ácido oleico e CLA no músculo dos animais (Stoffel et al., 2008). Quando se compara a dieta com grão de soja moído e grão de soja extrusado, houve aumento no teor de ácido oleico (C18:1 c9) quando os animais foram alimentados com o grão de soja extrusado. Além de alterações na disponibilidade dos ácidos graxos no rúmen, devido ao processamento, outra explicação para esse resultado é a maior expressão do gene *SREBF1* no músculo dos animais alimentados com soja extrusada (Tabela 7). Segundo Oliveira (2013), o gene que codifica a enzima SCD tem alta correlação positiva com o *SREBF1*. Nesse sentido, haveria menor síntese de SCD no músculo dos animais alimentados com grão de soja moído. Além disso, o teor de AGPI no músculo dos animais alimentados com grão de soja extrusado foi menor e há correlação negativa entre o teor de AGPI e a expressão do gene que codifica a SCD (Waters et al., 2009). Segundo Peterson et al. (2004) e Obsen et al. (2012), dentre os AGPI, está comprovado o efeito negativo do CLA t10, c12 sobre a expressão do gene *SREBF1*. Apesar de neste estudo não terem sido detectadas diferenças estatísticas sobre o teor de CLA t10, c12, diferenças

nos teores do ácido transoctadecenoico (C18:1 t9,10,11) no músculo foram significativas entre os tratamentos com soja; e aparentemente a concentração de isômeros trans-10 foi maior quando os animais foram alimentados com a soja moída, pois o teor de ácido oleico foi menor nessas condições. Esse fato também ajudaria a explicar as diferenças no teor de ácido oleico entre as dietas com soja. Tal resultado é de difícil explicação, mas, possivelmente, a dieta SLA apresentou biohidrogenação ruminal menos completa. A maior concentração de milho nessa dieta pode ter contribuído por alterações na microbiota ruminal, o que elevou os teores de CLA (C18:2 c9, t11) e reduziu o ácido esteárico.

Neste estudo, o pH 24 h *post mortem* foi menor que 5,9, o que é desejável para a carne bovina (Adzitey&Nurul, 2011). A coloração da carne e a capacidade de retenção de água está diretamente relacionada com a adequada diminuição do pH. A carne bovina pode apresentar aspecto DFD (escura, firme e seca) quando o pH após 24h *post mortem* for maior que 6,0 (Ramos & Gomide, 2007). Nesse sentido, as carnes dos animais utilizados no experimento apresentaram luminosidade adequada desde o primeiro dia de maturação, pois, segundo Muchenje et al. (2009), a carne bovina pode ser considerada escura quando os valores de L* são inferiores a 33. O efeito da maturação sobre as características de cor foi semelhante ao relatado por Machado Neto et al. (2015), que utilizaram dietas com grão de soja e caroço de algodão moídos. Segundo estes autores, o índice de luminosidade e a intensidade do vermelho aumentam com a maturação devido às diferenças na taxa de consumo de oxigênio durante a exposição ao ar da carne. Portanto, o maior tempo de maturação permite o menor consumo metabólico *post mortem* (McKenna et al., 2005; King et al. , 2011) do oxigênio e sua maior ligação à mioglobina e consequente formação de oximioglobina (Machado Neto et al., 2015). A ausência de efeito da coloração da carne sobre a dieta é um indicativo que o maior consumo pelos animais de ácidos graxos insaturados nas dietas com grão de soja moído e extrusado não foram suficientes

para permitir a maior oxidação lipídica no músculo, o que poderia acelerar a oxidação da mioglobina e resultar em uma carne mais escura e com intensidade de vermelho menor. Além disso, os teores de ácidos graxos insaturados nas carnes dos animais alimentados com soja, independente do processamento, acabou sendo menor, em relação à carne dos animais alimentados sem lipídeo adicional.

5 Conclusões

A utilização do grão de soja processado não alterou o desempenho, características de carcaça, composição química, pH e coloração do músculo *longissimus dorsi* em relação a uma dieta sem o uso de grão de soja.

O uso do grão de soja processado não foi capaz de elevar o teor de ácidos graxos insaturados e CLA c9,t11. Todavia, a dieta com grão de soja extrusado resultou em maior expressão do gene *SREBF1*, o que influenciou o perfil de ácidos graxos na carne.

6 Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig, processo CVZ APQ-02136-12), pelo apoio financeiro.

7 Referências

ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C.E.; FELÍCIO, P.E. Características de qualidade do contrafilé (músculo *longissimusdorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.2, p.205-210, 1998.

ADZITEY, F.;NURUL, H. Pale Soft Exudative (PSE) and Dark Firm Dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences: A mini review. **Intenational Food Research Journal**, v.18, p.11-20. 2011.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION **Guidelines for cooking and sensory evaluation of meat**. National Livestock and Meat Boars.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 18.ed. Washington: AOAC, 2007. 3000p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC **Estatísticas**.Disponível em <www.abiec.com.br> Acesso em 09/07/2015, 2015.

BASSI, M. S.; LADEIRA, M. M.; CHIZZOTTI, M. L.; CHIZZOTTI, F. H. M.; OLIVEIRA, D. M.; MACHADO NETO, O. R.; CARVALHO, J. R. R.; NETO, A. A. N. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.353-359, 2012.

BIONAZ, M.; CHEN, S.; KHAN, M. J.; LOOR, J. Functional Role of PPARs in Ruminants: Potential Targets for Fine-Tuning Metabolism during Growth and Lactation. **PPAR Research**, v. 2013, 2013.

CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BUTLER, L.W.R. et al. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.680-690, 2001.

CHOW T.T., FIEVEZ V., MOLONEY A.P., RAES K., DEMEYER D., D.E. SMET S. Effect of fish oil on *in vitro* rumen lipolysis, apparent biohydrogenation of linoleic and linolenic acid and accumulation of biohydrogenation intermediates. *Anim Feed Sci Technol*. 117:1–12, 2004.

CÔNSOLO, N. R. B. et al. High levels of whole raw soybean in diets for Nellore bulls in feedlot: effect on growth performance, carcass traits and meat

quality. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 99, n. 2, p. 201-209, 2015.

DELMONTE, P.; FARDIN KIA, A. R.; KRAMER, J. K.; MOSSOBA, M. M.; SIDISKY, L.; RADER, J. L. Separation characteristics of fatty acid methyl esters using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column. *J. Chromatogr. A.*, v. 1218, n. 3, p. 545-554, 2011.

DOREAU, M.; LAVERROUX, S.; NORMAND, J.; CHESNEAU, G.; GLASSER, F. Effect of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on fatty acid rumen metabolism and intestinal digestibility in cows. **Lipids**, v.44, p.53-62, 2009.

DUCKETT SK, GILLIS MH. Effects of oil source and fish oil addition on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J Anim Sci.*, 88:2684–91, 2010.

DUPLUS, E. AND FOREST, C. Is there a single mechanism for fatty acid regulation of gene transcription? **Biochemical Pharmacology**, vol.64, no.5-6, pp.893–901, 2002.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S; A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry** 226(1), 497-509, 1957.

FREDERICO, M. J.; VITTO, M. F.; CESCONETTO, P. A.; ENGELMANN, J.; DE SOUZA, D. R.; LUZ, G.; PINHO, R. A.; ROPELLE, E. R.; CINTRA, D. E.; DE SOUZA, C. T. Short-term inhibition of SREBP-1c 18 expression reverses diet-induced non-alcoholic fatty liver disease in mice. **Scand J Gastroenterol**; 46: 1381-1388, 2011.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (Aspartatus, reagents, procedures and some applications)**. DC:USDA, 1970.

GÓMEZ, I; MENDIZABAL, J. A.; SARRIÉS, M. V.; INSAUSTI, K., ALBERTÍ, P.; REALINI, C.; PÉREZ-JUAN, M.; OLIVER, M. A.; PURROY, A.; BERIAIN, M. J. Fatty acid composition of young Holstein bulls fed whole linseed

and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets. **Livestock Science**, v. 180, p. 106-112, 2015.

HARTMAN, L., LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, London, v.22, p.475-476, 1973.

HOUBEN, J.H.; Van DIJK, A.; EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A.H. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipid oxidation in minced beef. **Meat Science**, v.55, p.331-336, 2000.

HOWE, P. et al. Dietary intake of long-chain ω -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meats sources. **Nutrition**, London, v.22, n.1, p. 47-53, 2006.

INCT – Ciência Animal. DETMANN, E. et al. **Métodos para Análises de Alimentos**. 2012.

JENKINS, T. C.; WALLACE, R. J.; MOATE, P. J. AND MOSLEY, E. E. BOARD-INVITED REVIEW: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **J. Anim. Sci.** v. 86, p. 397-412, 2008.

JUMP, D. B. Dietary polyunsaturated fatty acids and regulation of gene transcription. **Current Opinion in Lipidology**, London, v.13, n.2, p.155-164, 2002.

KING, D. A.; SHACKELFORD, S. D.; RODRIGUEZ, A. B.; WHEELER, T. L. Effect of time of measurement on the relationship between metmyoglobin reducing activity and oxygen consumption to instrumental measures of beef longissimus colour stability. **Meat Science**, v.87, p.26–32, 2011.

LIM, D.; KIM, N. K. K.; PARKETAL, H. S. Identification of candidate genes related to bovine marbling using protein-protein interaction networks. **International Journal of Biological Sciences**, vol. 7, pp.992–1002, 2011.

McKENNA, D. R.; MIES, P. D.; BAIRD, B. E.; PFEIFFER, K. D.; ELLEBRACHT, J. W. SAVELL, J. Biochemical and physical factors affecting

discolouration characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**, v.70, p.665–682, 2005.

MACHADO NETO, O. R.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; OLIVEIRA, D. M.; LANNA, D. P. D.; RIBEIRO, J. S.; DESCALZO, A. M.; AMORIM, T. R. LADEIRA, M. M. Fatty acid profile and meat quality of young bulls fed ground soybean or ground cottonseed and vitamin E. **Animal**, v.9, p362-372, 2015.

MAIA, M. R. G.; CHAUDHARY, L. C.; BESTWICK, C. S.; RICHARDSON, A. J.; McKAIN, N.; LARSON, T. R.; GRAHAM, I. A.; WALLACE, R. J. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **BMC Microbiology**, v. 10, n. 52, 2010.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; RAATS, J. G.; STRYDOM, P. E. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 2, p. 279-289, Feb. 2009.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. Ed Washington, D. C.: national academic press, 2001. 405p.

OBSER, T.; FAERGEMAN, N. J.; CHUNG, S.; MARTINEZ, K.; GOBERN, S.; LOREAU, O.; WABITSCH, M.; MANDRUP, S.; McINTOSH, M. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases de novo lipid synthesis in human adipocytes. **J. Nutr. Biochem.** v. 23, n.6, p. 580-590, 2012.

OLIVEIRA, D. M. Expressão de genes envolvidos no metabolismo lipídico no músculo de bovinos de corte alimentados com fontes de lipídeos. Lavras, MG: UFLA, 2013. Tese (Doutorado Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, 2013.

OLIVEIRA, D. M. et al. 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.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: **Nutrição de Ruminantes**, FUNEP, p. 151-182, 2006.

PETERSON, R. C. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. **J. Intern. Med.**,v. 256, n.3, p. 183-194, 2004.

PFAFFL M. W. A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR. **Nucleic Acids Res**, 29(9): e45, 2001.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias**. Viçosa, 2007.

RODRIGUES FILHO, M.; PÉRES, J. R. O.; RAMOS, E. M.; RODRIGUES, N. E. B; LOPES, L. S. Características de carne de tourinho Red Norte suplementados com óleo de fritura e soja terminados em confinamento. **Rev. Bras. Saúde Prod. Animal**, v.15, n.1, p.62-73, 2014.

SCHOONMAKER, J. Effects of Lifetime Nutrition on Beef Quality. Anais do VIII Simpósio de Pecuária de Corte, Lavras, p. 155-179, 2013.

SCHMID, A.; COLLOMB, M.; SIEBER, R.; BEE, G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. **Meat Science**. v. 73, p. 29-41, 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Editora UFV, p.235, 2002.

SILVA, D. R. G.; TORRES FILHO, R. A.; CAZEDEY, H. P.; FONTES, P. R.; RAMOS, A. L. S.; RAMOS, E. M. Comparison of Warner-Bratzler shear force values between round and square cross-section cores from cooked beef and pork *Longissimus* muscle. **Meat Science**, v.103, p.1-6, 2015.

STOFFEL, W. et al. Delta6-desaturase (FADS2) deficiency unveils the role of omega3- and omega6-polyunsaturated fatty acids. **EMBO Journal**, v.27, n.17, 2008.

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.

VAHMANI, P.; MAPIYE, C.; PIETRO, N.; ROLLAND, D. C.; McALLISTER, T. A.; AALHUS, J. L; DUGAN, M. E. R. The scope for manipulation the polyunsaturated fatty acids content of beef: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, n. 29, 2015.

WATERS, L. S.; MINESINGER, B. K.; WILTROUT, M. E.; D'SOUZA, S.; WOODRUFF, R. V.; WALKER, G. C. Eukaryotic translesion polymerases and their roles and regulation in DNA damage tolerance. **Microbiol. Mol. Bio. Rev.**, v. 73, n.1, p. 134-154, 2009.

ZINN, R.A.; JORQUERA, A.P. Feed Value of supplemental fats used in feedlot cattle diets. **Vet. Clin. Food Anim.**, v. 23 247-268, 2007.

Tabela 1. Composição percentual de ingredientes e química das dietas experimentais: sem lipídeo adicional (SLA), grão de soja moído (GSM) e grão de soja extrusado (GSE)

Ingredientes	Dieta		
	SLA	GSM	GSE
Silagem de Milho	40.0	40.0	40.0
Milho Grão Moído	44.1	39.6	39.6
Farelo de Soja	15.9	-	-
Grão de Soja Moído	-	20.4	-
Grão de Soja Extrusado	-	-	20.4
Núcleo Mineral*	1.8	1.8	1.8
Nutrientes			
Matéria Seca ¹	64.2	64.7	64.7
Proteína Bruta ²	13.8	14.0	13.9
Fibra em Detergente Neutro ²	33.3	32.1	32.0
Carboidratos Não Fibrosos ²	45.0	43.2	42.8
Extrato Étere ²	2.4	6.1	6.3
Nutrientes Digestíveis Totais ²	76.0	77.0	77.0
Ácidos Graxos			
Mirístico (C14:0)	0.71	0.62	0.62
Palmítico (C16:0)	17.99	17.34	17.59
Esteárico (C18:0)	7.50	6.83	6.97
Oleico (C18:1 c9)	26.71	26.01	26.19
Linoleico (C18:2)	41.64	42.82	42.27
Linolênico (C18:3)	3.81	4.15	4.09
AGS	25.60	24.47	24.90
AGI	74.40	75.53	75.10
AGMI	28.39	27.47	27.65
AGPI	46.01	48.06	47.45

*Níveis de garantia por quilograma do produto: Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg; Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg; Vit.A: 70.000 UI; Vit. D3: 5.000 UI; Vit. E: 15 UI; Niacina: 3,33 mg

¹ - base da matéria natural, ² - base da matéria seca

Tabela 2. Sequência (5' para 3') e eficiência dos *primers* que foram usados na PCR quantitativa em tempo real

Símbolo	Nome	Forward (F) e Reverse (R)	Número de acesso	Amplicon (pb)	R²	Eficiência
<i>PPAR-α</i>	<i>Receptor ativado por proliferador de peroxissomas α</i>	F CAATGGAGATGGTGGACACA R TTGTAGGAAGTCTGCCGAGAG	NM_001034036.1	95	0.992	99.17
<i>PPAR-γ</i>	<i>Receptor ativado por proliferador de peroxissomas gamma</i>	F CGACCAACTGAACCCAGAGT R TCAGCGGAAGGACTTTATG	NM_181024.2	83	0.986	99.97
<i>SREBF1</i>	<i>Elementos reguladores de esterol ligados a proteína</i>	F GAGCCACCCTTCAACGAA R TGCTTCTATGTCGGTCAGCA	NM_001113302.1	88	0.985	94.61
<i>β-actin</i>	<i>β-actina</i>	F GTCCACCTTCCAGCAGATGT R CAGTCCGCCTAGAAGCATTT	BC142413.1	90	0.996	100
<i>GAPDH</i>	<i>Gliceraldeído 3-fosfato Desidrogenase</i>	F CGACTTCAACAGCGACTC R TTGTCGTACCAGGAAATGAGC	NM_001034034.1	96	0.998	101.42

Tabela 3. Desempenho e características de carcaça de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos

	Tratamentos				Valor de P
	SLA	GSM	GSE	EPM	
Desempenho					
Peso Vivo Inicial	316	319	325	17.6	0.76
Peso Vivo Final	439	438	451	10.4	0.62
Consumo de Matéria Seca	10.25	9.89	10.05	0.19	0.20
Ganho Médio Diário	1.50	1.44	1.52	0.07	0.65
Eficiência Alimentar	0.146	0.145	0.152	0.01	0.31
Característica de carcaça					
Peso de Carcaça Quente	250	249	259	6.25	0.24
Peso de Carcaça Fria	246	244	255	6.25	0.22
Rendimento de Carcaça	56.0	56.1	56.8	0.72	0.53
Temperatura Final	4.08	4.97	4.78	1.18	0.37
Área de Olho de Lombo	68.0	66.6	68.2	4.38	0.78
Espessura de Gordura Subcutânea	3.02	2.72	2.87	0.43	0.67

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

Tabela 4. Composição química do músculo *Logissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos

Variável	Dietas			EPM	Valor de P
	SLA	GSM	GSE		
Umidade (%)	70.9 a	70.9 a	69.7 b	0.729	0.04
Proteína Bruta (%)	23.0	22.9	23.7	0.766	0.30
Extrato Etéreo (%)	2.64	2.48	2.62	0.666	0.82
Matéria mineral	4.10	4.05	4.00	0.368	0.65

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

Tabela 5. Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos.

Ácido Graxo		Tratamentos			EPM	Valor de P
		SLA	GSM	GSE		
Laurico	C12:0	0.480 a	0.362 b	0.321 b	0.107	0.01
Mirístico	C14:0	3.03 b	3.46 a	3.39 ab	0.535	0.05
Miristoleico	C14:1 c9	1.04	1.71	1.15	1.125	0.37
Pentadecanoico	C15:0	0.474	0.452	0.435	0.082	0.57
Palmítico	C16:0	21.2	21.4	22.0	1.018	0.21
Palmitoleico	C16:1 c9	3.88	3.24	3.76	0.635	0.07
Margárico	C17:0	1.01	0.97	0.98	0.101	0.59
Esteárico	C18:0	12.4 b	13.5 a	13.8 a	1.145	0.02
Octadecenoico	C18:1 t9,10,11	1.59 b	2.64 a	1.89 b	0.323	<0.01
Oleico	C18:1 c9	42.1 a	35.4 b	39.6 a	3.452	<0.01
Linoleico	C18:2 n6	6.50	6.48	4.93	2.357	0.25
CLA	C18:2 c9, t11	0.441 a	0.361 b	0.390 b	0.037	<0.01
CLA	C18:2 t10, c12	0.114	0.158	0.128	0.015	0.13
α Linolênico	C18:3 c9,12,15	0.111	0.103	0.074	0.003	0.49
γ Linolênico	C18:3 c6,9,11	1.09	0.97	0.84	0.259	0.12
Araquidônico	C20:4 n6	0.92	1.23	0.89	0.419	0.15
EPA	C20:5 n3	0.036 b	0.259 a	0.052 b	0.162	0.03
DHA	C22:6 n3	0.190	0.151	0.159	0.099	0.66

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

Tabela 6. Proporção de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos

Ácidos Graxos	Dietas			EPM	Valor de P
	SLA	GSM	GSE		
Σ Saturados	37.2 b	40.2 a	40.5 a	1.673	<0.01
Σ Insaturados	62.8 a	59.8 b	59.5 b	4.510	0.02
Σ AGI/AGS	1.69 a	1.49 b	1.47 b	0.124	<0.01
Σ Monoinsaturados	47.8 a	43.4 b	46.9 ab	3.068	<0.01
Σ Poli-insaturados	15.0 a	16.4 a	12.6 b	3.516	0.02
Σ Ômega 3	1.91 a	1.64 ab	1.45 b	0.349	0.02
Σ Ômega 6	16.11 a	14.54 ab	11.79 b	3.724	0.05
Σ Ômega 6/3	8.47	9.11	8.12	1.994	0.54

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

Tabela 7. Expressão dos fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico do músculo *Logissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos

Variável	Dietas			EPM	Valor de P
	SLA	GSM	GSE		
<i>PPAR alfa</i>	1.00	2.42	1.27	0.709	0.76
<i>PPAR gama</i>	1.58	1.00	1.51	0.345	0.55
<i>SREBF1</i>	1.49 b	1.00 b	2.45 a	0.481	0.04

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

Tabela 8. Índices das enzimas envolvidas no metabolismo de ácidos graxos no músculo *longissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos

Variável	Dietas			EPM	Valor de P
	SLA	GSM	GSE		
Delta 9 dessaturase 16	15.42 a	13.12 b	14.51 ab	1.98	0.05
Delta 9 dessaturase 18	77.25 a	72.39 b	74.16 b	2.49	<0.01
Elongase	68.48 a	66.49 b	67.46ab	1.43	0.02

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

Tabela 9. Coloração e pH do músculo *longissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com grãos de soja submetidos a diferentes tratamentos

Variável	Diets			EPM	Valor de P
	SLA	GSM	GSE		
pH após 24h	5.77	5.81	5.81	0.077	0.89
Luminosidade	41.53	42.09	41.74	0.467	0.62
Índice de vermelho	19.94	20.72	20.62	0.079	0.09
Índice de amarelo	14.05	14.70	14.61	0.069	0.29

SLA= sem lipídeo adicional; GSM= grão de soja moído; GSE= grão de soja extrusado;

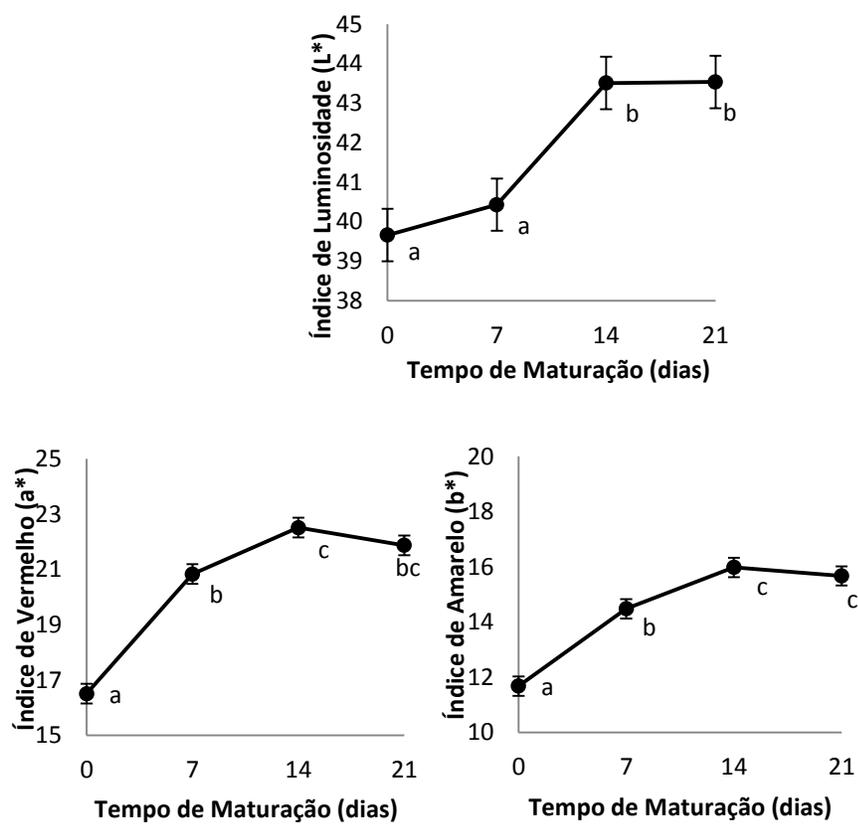


Figura 1. Efeito maturação sobre a coloração do músculo *longissimus dorsi* de novilhos mestiços ao longo do tempo ($P < 0,05$), independente da dieta fornecida aos animais ($P > 0,05$).