

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**ADITIVOS ALIMENTARES NA TERMINAÇÃO DE  
NOVILHAS BRANGUS A PASTO**

**Marco Aurélio Scarton Comparin**

**CAMPO GRANDE, MS  
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**ADITIVOS ALIMENTARES NA TERMINAÇÃO DE  
NOVILHAS BRANGUS A PASTO**

Brangus heifers finished on pasture with different food additives

**Marco Aurélio Scarton Comparin**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria da Graça Morais**

**Co-Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Fabiana Villa Alves**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

**CAMPO GRANDE, MS 2013**

*Às pessoas que me incentivaram nessa  
jornada, principalmente à minha família,  
amigos e minha noiva Ludmila.*

**Dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por tudo que tem proporcionado a mim.

À UFMS e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal pela oportunidade oferecida.

À Professora Dra. Maria da Graça Moraes pela confiança depositada, exemplo de dedicação e auxílio em minha formação profissional.

Aos Professores Dr. Henrique Jorge Fernandes, Dra. Fabiana Villa Alves, Dra. Roberta Gomes Coelho pelo auxílio e apoio no desenvolvimento do trabalho

Ao Dr. Gelson Luís Dias Feijó pelo apoio e colaboração.

Aos funcionários Antônio Peres Straviz, Francisco Coelho e Marilete Otaño pelo apoio e incentivo durante a realização do trabalho.

Aos colaboradores da UFMS e Embrapa Gado de Corte, sem os quais o trabalho não se concretizaria, em especial à Marcelo Rezende, Bruna Biava de Menezes e Luiza Iserhagen.

Às colegas de Mestrado e Doutorado, Sandra Regina Goularte, Caroline Bertholini Ribeiro e Catherine Walker. E ao companheiro Marcelo Aranda da Silva Coutinho pela amizade, incentivo e apoio intenso na elaboração deste trabalho.

A todos aqueles que ajudaram e contribuíram para que eu obtivesse êxito.

*“N3o h3a substituto para o trabalho duro.”*

Thomas Edison

## Resumo

COMPARIN, M.A.S. Aditivos alimentares na terminação de novilhas Brangus a pasto. 2013. 5 f. Dissertação - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2013.

Objetivou-se avaliar o desempenho, características de carcaça e estimar o valor nutritivo e algumas propriedades organolépticas da carne de 150 novilhas Brangus suplementadas a pasto diariamente (0,32% PV). Os tratamentos foram: suplemento base (sem aditivos); farinha de algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*) adicionada ao suplemento base; vitamina E e selênio orgânico adicionados ao suplemento base; gordura protegida adicionada ao suplemento base; uma aplicação por via subcutânea de vitamina D sete dias antes do abate + suplemento base; e uma associação de vitamina E, selênio orgânico e gordura protegida adicionados ao suplemento base + uma aplicação por via subcutânea de vitamina D sete dias antes do abate. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 25 repetições. Determinou-se o ganho médio diário de peso e após abate o rendimento de carcaça, pH do músculo após o abate, pH da carne 24 horas após o abate, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. Nas amostras de *Longissimus dorsi* determinou-se a perda de água por descongelamento, perda por cocção, pH, maciez, medidas de cor, composição centesimal e perfil lipídico. O desempenho e as características da carcaça e físicas da carne não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pelos aditivos utilizados. A composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* não diferiu entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). A utilização de farinha de algas calcárias, vitamina D, gordura protegida e aditivos associados tem potencial de melhorar a concentração de alguns ácidos graxos da carne de novilhas Brangus ( $P < 0,05$ ), sem no entanto melhorar o teor de insaturados e as relações entre os grupos de ácidos graxos. Conclui-se que a utilização de aditivos alimentares em novilhas Brangus terminadas em sistema de suplementação a pasto não tem efeitos sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne, exceto sobre o teor de alguns ácidos graxos avaliados.

Palavras-chave: ácido linoléico conjugado; ácidos graxos poliinsaturados; antioxidantes; gordura protegida; *Lithothamnium calcareum*; vitamina D.

## Abstract

COMPARIN, M.A.S. Brangus heifers finished on pasture with different food additives. 2013. 6 f. Dissertação - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2013.

This study aimed to evaluate the performance, carcass characteristics and estimate the nutritive value and organoleptic properties of the meat of 150 Brangus heifers supplemented on pasture daily (0,32% LW). The treatments were: supplement (no additives); seaweed flour (*Lithothamnium calcareum*) added to the supplement; vitamin E e organic selenium added to the supplement; protected fat added to the supplement; an application subcutaneously of vitamin D seven days before slaughter + supplement; and the association of vitamin E, organic selenium and protected fat added to the supplement + one dose of vitamin D seven days before slaughter. The experimental design was completely randomized with six treatments and 25 repetitions. Were determined the average daily gain weight after slaughter and carcass yield, muscle pH after slaughter, meat pH 24 hours after slaughter, ribeye area and fat thickness. In the samples of *Longissimus dorsi* were determined the thawing water loss, cooking loss, pH, tenderness, color measurements, composition and lipid profile. The performance, carcass and physical meat characteristics were not affected ( $P>0,05$ ) by additives. The chemical composition of the *Longissimus* muscle did not differ between treatments ( $P>0,05$ ). The use of seaweed meal, vitamin D, protected fat and additives associates have potential to improve the concentration of some fatty acids of Brangus heifers meat ( $P<0,05$ ), but without improving the level of unsaturated and relationships between groups of fatty acids. We conclude that the use of food additives in Brangus heifers finished in system pasture supplementation has no effect on performance, carcass characteristics and meat quality, but only on the content of some fatty acids.

Keywords: antioxidants; conjugated linoleic acid; *Lithothamnium calcareum*; polyunsaturated fatty acids; protected fat; vitamin D.

## Lista de tabelas

	Página
<b>ARTIGO 1 - DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA CARÇAÇA E DA CARNE DE NOVILHAS BRANGUS SUPLEMENTADAS EM PASTAGEM, RECEBENDO DIFERENTES ADITIVOS ALIMENTARES</b>	
Tabela 1 - Composição dos alimentos concentrados utilizados durante o período experimental, composição bromatológica da parte aérea da pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú e disponibilidade média de matéria seca por hectare (kg MS/ha).....	48
Tabela 2 - Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso médio diário (GMD), rendimento de carcaça quente (RCQ), espessura de gordura de cobertura (EGC), área de olho de lombo (AOL), pH inicial (pH hora 0) e pH final (pH hora 24) de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú.....	52
Tabela 3 - Perda de líquidos por descongelamento (PLD), perda de líquidos por cocção (PLC), colorimetria (L*, a*, b*), pH após descongelamento (pH carne) e força de cisalhamento (FC) do <i>Longissimus dorsi</i> de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú.....	55
<b>ARTIGO 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E LIPÍDICA DA CARNE DE NOVILHAS BRANGUS TERMINADAS EM PASTAGEM SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES ADITIVOS ALIMENTARES</b>	
Tabela 1 - Composição dos alimentos concentrados utilizados durante o período experimental, composição bromatológica da parte aérea da pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú e disponibilidade média de matéria seca por hectare (kg MS/ha).....	67
Tabela 2 - Composição centesimal do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cultivar Marandú.....	70
Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos de cadeia longa (proporção em relação à quantidade total de ácidos graxos) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú.....	72
Tabela 4 - Relações entre grupos de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú.....	77

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1. Inclusão de aditivos à dieta .....	11
2.1.1. Gordura Protegida.....	12
2.1.2. Selênio e Vitamina E.....	14
2.1.3. Vitamina D.....	19
2.1.4. <i>Lithothamnium calcareum</i> .....	20
2.2. Fatores que interferem no desempenho, nas características de carcaça e na qualidade da carne.....	23
REFERÊNCIAS.....	36
3. ARTIGOS	
3.1. Artigo 1 - Desempenho, características qualitativas da carcaça e da carne de novilhas Brangus suplementadas em pastagem, recebendo diferentes aditivos alimentares.....	44
Resumo .....	44
Abstract .....	45
Introdução .....	46
Materiais e Métodos .....	47
Resultados e Discussão .....	51
Conclusões .....	59
Referências .....	60
3.2. Artigo 2 - Composição química e lipídica da carne de novilhas Brangus terminadas em pastagem suplementadas com diferentes aditivos alimentares.....	63
Resumo .....	63
Abstract .....	64
Introdução .....	65
Materiais e Métodos .....	66
Resultados e Discussão .....	70
Conclusões .....	78
Referências .....	79

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas um novo cenário mundial tem sinalizado várias alterações no mercado de carnes, com maior importância de seus aspectos qualitativos, principalmente qualidade intrínseca, segurança, conveniência e nutrição (Polaquini et al., 2006). Do ponto de vista organoléptico, destacam-se a cor, primeira característica observada no momento da compra, e a maciez, importante no ato do consumo.

Segundo Jiménez-Colmenero et al. (2001), a alimentação é uma das maiores preocupações dos consumidores em relação aos possíveis danos à saúde, ou a resíduos que possam se acumular no organismo e contribuir para o desenvolvimento de doenças. Assim, os consumidores passaram a exigir que os alimentos não só fossem nutritivos e inofensivos, mas que também prevenissem contra qualquer tipo de distúrbio, possuindo funções nutritivas e terapêuticas.

Embora os fatores econômicos (preço do produto e renda per capita) sejam importantes na decisão de compra, outros, ditos não econômicos como qualidade, “efeito saúde”, segurança alimentar e conveniência começam a ganhar destaque em âmbito nacional (Mazzuchetti & Batalha, 2004). Assim, aspectos como quantidade e qualidade de gordura (subcutânea e intramuscular), rendimento de cortes cárneos, maciez, suculência e palatabilidade da carne tornam-se de particular importância em projetos que envolvam produção de bovinos de corte.

No Brasil, a qualidade da carne como objetivo da produção é ainda um aspecto relativamente novo e limitadamente explorado, devido à complexidade e vastidão dos fatores envolvidos: genética, sistema de produção, sexo, maturidade fisiológica, idade e peso de abate, localização do músculo, conservação e modo de cocção (Felício, 1997).

Fatores como espécie, raça, clima, alimentação, localização anatômica, idade, sexo e sistemas de criação influenciam, em maior ou menor proporção, características como maciez, composição de lipídios totais, perfil de ácidos graxos e nível de colesterol da carne (Luchiari Filho, 2006), sendo a raça e o tipo de dieta os mais abordados tanto em nível produtivo quanto científico na busca por melhorias do produto final. A manipulação da dieta de bovinos de corte pode ser feita pela adição de componentes denominados de aditivos alimentares visando melhorar a qualidade da carne produzida.

No entanto não se pode deixar de lado o aspecto produtivo, onde características de desempenho e carcaça afetam diretamente dois importantes integrantes da cadeia produtiva, que são os produtores e os frigoríficos, dito isso, deve-se preconizar se possível os aditivos que além de melhorar a qualidade da carne mantenham ou também melhorem as características de carcaça e o desempenho desses bovinos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Inclusão de aditivos à dieta**

Um aditivo pode ser uma substância, um microrganismo ou um produto formulado, com ou sem valor nutritivo, adicionado intencionalmente, que não é utilizado normalmente como um ingrediente, e que promova melhorias nas características dos produtos destinados à alimentação animal, na qualidade dos produtos animais, no desempenho dos animais sadios, atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano (MAPA, 2009).

Vários aditivos estão disponíveis para utilização no mercado, com efeitos específicos, desde os que levam a uma melhor aproveitamento de nutrientes e redução na emissão de metano, como os ionóforos, àqueles que podem favorecer a produção de carnes mais saudáveis, como a gordura protegida na forma de sais de cálcio.

Os aditivos são utilizados na nutrição de ruminantes com o intuito de se melhorar o desempenho e as características de carcaça e da carne, satisfazendo determinado nicho de mercado, produzindo uma carne diferenciada com valor agregado.

No entanto, a validação dos efeitos dos aditivos nas características desejadas não é de fácil mensuração, sendo necessários ensaios rigorosos e de alto custo para sua conclusão. Parâmetros como ganho de peso médio diário, rendimento de carcaça quente, maciez e perfil lipídico da carne permitem confirmar possíveis resultados positivos que os aditivos podem exercer quando são administrados.

### **2.1.1. Gordura Protegida**

O uso da gordura protegida é uma forma de se manipular a dieta com intuito de alterar o perfil de ácidos graxos da carne e como estratégia nutricional na terminação de bovinos de elevado padrão genético em confinamento, para que atinjam peso e carcaça ideais (Jaeger & Oliveira, 2007; Wood et al., 2008).

Os sais de cálcio de ácidos graxos são uma forma de gordura protegida obtida a partir de ácidos graxos de cadeia longa que ficam livres num processo de cisão dos triglicérides de óleos vegetais. Esses ácidos graxos reagem com sais de cálcio, levando a formação de um sal conhecido como sabão ou sal de cálcio (Palmquist & Mattos, 2006).

Esse sal é digerido somente em meio ácido, portanto permanece inalterado no rúmen. No abomaso ocorre o desdobramento desse componente devido à acidez da mucosa abomasal, onde então são liberados ácidos graxos e cálcio para serem absorvidos no intestino delgado. A proteção tem como objetivo inibir o processo de biohidrogenação ruminal, diminuindo assim a transformação de ácidos graxos insaturados em saturados (Palmquist & Mattos, 2006).

O fornecimento de gordura protegida na forma de sabões de cálcio pode aumentar as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados e ácido linoléico conjugado (CLA) na carne (Almeida, 2010). As duplas ligações dos ácidos graxos insaturados não sofrem processo de biohidrogenação pelas bactérias ruminais, dessa forma não são transformados em ácidos graxos saturados (Bauman et al., 1999).

Ao utilizar gordura protegida em novilhos Brangus confinados com uma dieta à base de milho Gilbert et al. (2003) demonstraram não haver diferença no ganho de peso médio diário, espessura de gordura de cobertura, área de olho de lombo, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, perda de líquidos por cocção e força de cisalhamento. Porém, os animais que recebiam gordura protegida apresentaram um perfil lipídico da carne mais desejável, apresentando teores menores de ácidos graxos saturados e maiores de ácido linoléico e linolênico, o que levou à melhoria na relação poliinsaturados/saturados.

A adição de 5% (% MS) de gordura protegida à dieta (40% de feno de *Brachiaria decumbens*) de novilhos Angus x Nelore durante 166 dias de confinamento também provocou aumento no teor de ácidos graxos insaturados do músculo *Longissimus dorsi*, manteve as concentrações de monoinsaturados e saturados, e dos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral (Pires et al., 2008).

O uso de aditivo rico em ácido linoléico, formado a partir da saponificação do óleo de soja, em nível de 4,5% de MS da dieta provocou piora das relações insaturados/saturados, monoinsaturados/saturados e na relação ômega-6/ômega-3, quando comparado ao óleo de soja sem proteção em nível de 3,5% de MS. Neste trabalho os autores não observaram mudanças no nível de CLA e na relação poliinsaturados/saturados, que ficou em torno de 0,20 (Oliveira et al., 2012). Esse nível de inclusão de gordura protegida levou a relação ômega-6/ômega-3 de 3,49, para 5,01.

Wood et al. (2003) citaram que a recomendação do Ministério da Saúde do Reino Unido é de que a relação poliinsaturados/saturados permaneça acima de 0,40, e o índice ômega-6/ômega-3 abaixo de 4,00 a fim de se evitar doenças cardiovasculares.

Bovinos mestiços alimentados com proporção de volumoso:concentrado de 65:35 recebendo 3% MS de aditivo gordura protegida não apresentaram desempenho e rendimento de carcaça superiores, e os valores de área de olho de lombo, espessura de gordura de cobertura e força de cisalhamento também não diferiram (Margarido et al., 2011).

A utilização de 3,2% da MS em gordura protegida para novilhas Brangus confinadas por 93 dias com dieta à base de silagem de milho (60% da MS) teve como efeito positivo a elevação do ganho de peso médio diário dos animais, não afetando as características de carcaça (Fiorentini, 2009).

Partida et al. (2007), ao utilizarem o óleo de palma como fonte de gordura protegida não observaram efeitos sobre o perfil de ácidos graxos, somente reduções nas concentrações de ácido esteárico e ácido heptadecanóico, além disso relataram não haver interferência da utilização desse aditivo sobre as características sensoriais da carne.

### **2.1.2. Selênio e Vitamina E**

A melhoria do perfil de ácidos graxos também está associada a capacidade antioxidativa tecidual, isso se deve ao fato de que os ácidos graxos poliinsaturados são mais suscetíveis a oxidação e rancificação em função de suas duplas ligações (Cosgrove et al., 1987).

O aumento da capacidade anti-oxidativa dos tecidos pode ocorrer pelo uso de vitamina E e selênio na dieta. Essas substâncias vêm sendo utilizadas para tal fim em doses

acima das recomendadas terapeuticamente, de forma suplementar adicionadas à dieta de bovinos de corte.

A vitamina E é sintetizada pelos tecidos das plantas, sendo que os óleos vegetais são ricos nesse componente. A forma mais comum é o  $\alpha$ -tocoferol, que é armazenado nos cloroplastos das células das plantas, e por isso as forragens verdes e frescas possuem maior concentração de vitamina E quando comparadas aos grãos e alimentos concentrados (McDowell, 1996). Sendo que 1 mg de vitamina E natural equivale a 1,49 UI de  $\alpha$ -tocoferol.

Essa vitamina exerce várias funções no organismo, sendo que uma das mais importantes é seu papel como antioxidante inter e intracelular. Ela inibe a peroxidação natural dos ácidos graxos poliinsaturados nas camadas lipídicas, eliminando os radicais livres gerados durante a redução do oxigênio molecular e a atividade normal das enzimas oxidativas (Zeoula & Geron, 2006). Além disso, reduz a taxa de oxidação da mioglobina, minimizando a formação de metamioglobina e a descoloração da carne (Arnold et al., 1992).

Além de agir na camada bilipídica, ela em sua forma mais ativa,  $\alpha$ -tocoferol, tem ação anti-oxidativa no músculo, reduzindo a oxidação da mioglobina, o que possibilita prolongar o tempo de prateleira da carne fresca e preservar por maior tempo a sua cor (Arnold et al., 1992; Mercier et al., 2003). Valores referenciais de 3,5 $\mu$ g de  $\alpha$ -tocoferol por grama de tecido magro já seriam suficientes para controlar tanto a oxidação dos lipídios quanto da mioglobina (Faustman et al., 1998).

Ademais, alguns autores citam outros benefícios, não menos importantes, derivados da sua capacidade de manter a integridade das membranas, como o aumento na capacidade de retenção hídrica, fundamental em carnes frescas embaladas (Schwarz et al., 1998).

A associação de vitamina E e de extratos de plantas ricos em polifenóis adicionados à dieta de bovinos é uma forma de inibição do processo de oxidação lipídica da carne, sendo

que os polifenóis preservam a vitamina E da depleção que pode ocorrer nos tecidos antes e após o abate (Gobert et al., 2010).

Animais taurinos alimentados com dieta contendo 80% MS de silagem de milho ao receberem 0,3 mg/kg de MS de selênio orgânico ou inorgânico durante 112 dias apresentaram diferenças quanto aos níveis de selênio no sangue e atividade da enzima glutationa-peroxidase nos tecidos. Animais não suplementados apresentaram os menores valores para os dois parâmetros, bovinos que receberam selenito de sódio tiveram valores intermediários e os que receberam selênio orgânico os maiores valores, contudo isso não foi capaz de melhorar a estabilidade oxidativa da carne (Juniper et al., 2008).

A adição de 1140 UI/dia de vitamina E à ração de machos taurinos confinados em dieta de alta proporção de concentrado melhorou a estabilidade da cor da carne, porém sem levar a melhorias no desempenho e nas características de carcaça (Arnold et al., 1992).

O uso de 2025 mg de vitamina E por dia à dieta de bovinos alimentados á vontade com silagem de milho durante 136 dias não resultou em efeitos positivos sobre o desempenho, rendimento de carcaça, peso de carcaça quente e pH após resfriamento, porém a concentração de vitamina E no músculo *Longissimus* elevou de 2,1 para 4,4 µg/g, sendo essa diferença significativa. Esse resultado melhorou o tempo de prateleira, o que foi confirmado através da análise TBARS (*Thiobarbituric Acid Reactive Substances*), que mede o grau de oxidação lipídica e capacidade antioxidante, contudo a adição de vitamina E não melhorou a estabilidade da cor dos cortes avaliados (Eikelenboom et al., 2000).

Bovinos terminados em confinamento à base de concentrado recebendo 1000 UI/dia de  $\alpha$ -tocoferol por 100 dias foi suficiente para levar os níveis dessa substância na carne desses animais aos mesmos patamares dos níveis encontrados na carne de animais a pasto. Isso promoveu um incremento na estabilidade lipídica da carne aumentando sua vida de prateleira pela diminuição do processo de rancificação (Realini et al., 2004).

Os níveis de suplementação (600 e 2000 mg/animal/dia) têm mais efeitos sobre a concentração de  $\alpha$ -tocoferol nos tecidos do que o tempo de suplementação (80 ou 120 dias). Contudo, a duração da suplementação tende a ter mais efeitos sobre a estabilidade lipídica e a cor da carne de novilhos do que o nível de suplementação (Schwarz et al., 1998).

O uso de selênio com intuito de potencializar a ação antioxidante da vitamina E também tem sido investigada. O selênio é um micromineral essencial na alimentação de ruminantes, e exerce suas funções biológicas quando incorporado às proteínas. Uma delas é a enzima glutationa-peroxidase (GSH-Px), com quatro átomos de selênio, que catalisa a redução de peróxidos de hidrogênio a hidróxidos menos tóxicos aos tecidos, o que ocorre através da ligação a estrutura central dessa enzima, denominada selenocisteína (Hardy & Hardy, 2004).

Esse elemento pode-se apresentar de duas maneiras, orgânica e inorgânica. O selênio inorgânico está presente no solo e em compostos de origem mineral, na forma de selenito de sódio, principalmente. Já a forma orgânica está presente em alimentos principalmente na forma de selenometionina, sendo que nessa forma sua biodisponibilidade é maior o que leva a uma maior absorção e aproveitamento em relação ao selênio inorgânico (Vignola et al., 2009).

A associação de 300 UI de acetato de  $\alpha$ -tocoferol/Kg de MS, e 0,3 mg/Kg de MS de selênio orgânico na dieta de bovinos confinados recebendo alta proporção de concentrado por 55 dias não alterou o pH do músculo após o abate e nem o pH após o resfriamento (O'Grady et al., 2001). Contudo levou a uma elevação na concentração de  $\alpha$ -tocoferol no músculo *Longissimus* em relação aos animais não tratados de 0,83mg/kg para 2,72 mg/kg, sem no entanto afetar significativamente os níveis de selênio, em torno de 1,17 mg/kg de MS. A elevação nos níveis de  $\alpha$ -tocoferol no plasma e no sangue propiciou uma diminuição na suscetibilidade do tecido muscular à oxidação dos lipídios e da mioglobina (O'Grady et al., 2001).

A adição de selênio à dieta tem potencial limitado, exceto quando essa é deficiente nesse nutriente, ele aumentaria a estabilidade oxidativa da carne ou potencializaria o efeito de estabilização propiciado pela vitamina E (O'Grady et al., 2001).

Com a oferta de dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados a carne tende a ter uma maior participação dos mesmos, e em função disso um maior aporte de vitamina E e selênio podem diminuir a oxidação desses ácidos graxos e possibilitar um perfil de ácidos graxos mais desejável (Gobert et al., 2010).

Uma forma de selênio orgânico muito utilizada é a derivada de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*), rica em selenometionina. Nessa forma o selênio pode ser melhor aproveitado, pois se não for utilizado de imediato para síntese da enzima glutational-peroxidase é armazenado nas proteínas corporais no lugar da metionina, servindo como um depósito endógeno de selênio (Behne et al., 1991).

O desempenho e as características de carcaça de bovinos Nelore confinados com dieta contendo 40% da MS de silagem de milho não diferiram em função das fontes de selênio utilizadas (orgânico e inorgânico). Assim como a força de cisalhamento e teor de extrato etéreo do *Longissimus dorsi*, porém a concentração de selênio (0,148 mg/kg) no músculo *Longissimus* foi maior quando se utilizou selênio orgânico na dose de 0,3 mg/kg de ração com base na matéria seca (Souza, 2008).

A adição de selênio orgânico proveniente de leveduras à alimentação de bovinos no nível de 0,5 mg/kg de MS aumentou a concentração de selênio no músculo e a atividade muscular e hepática da enzima GSH-Px, sem no entanto afetar o desempenho dos animais e a qualidade da carne (Skrivanová et al., 2007).

A utilização desse micromineral não se restringe a dietas de bovinos. Boiago (2006) demonstrou haver uma diminuição da oxidação lipídica da carne de frangos de corte ao se utilizar selênio orgânico comparado com fonte inorgânica, além de verificar que a

concentração de selênio na carne aumenta conforme se intensifica a suplementação, principalmente na forma orgânica.

### 2.1.3. Vitamina D

Outra substância que vem sendo utilizada em doses maiores que as recomendadas terapeuticamente é a vitamina D, sendo esse o nome genérico que inclui a vitamina D<sub>2</sub> (ergocalciferol) e D<sub>3</sub> (colecalfiferol) (Zeoula & Geron, 2006).

Ambas são formadas pela ação de raios ultravioletas, porém a D<sub>2</sub> que é conhecida como sintética é formada nos tecidos vegetais a partir do esteróide ergosterol, e a vitamina D<sub>3</sub> é formada nos tecidos dos animais (Zeoula & Geron, 2006). As duas formas possuem atividade biológica semelhante e ambas podem ser adicionadas a dietas de bovinos (NRC, 2001). Sendo que 40.000 UI de vitamina D<sub>2</sub> ou D<sub>3</sub> correspondem a 1mg dessa mesma vitamina.

A vitamina D pode intensificar o processo de amaciamento da carne através do incremento de cálcio no sangue (Karges et al., 2001; Montgomery et al., 2000). O incremento de cálcio no sangue potencializa o sistema proteolítico do músculo no período pós *rigor mortis*, principalmente ativando as proteases cálcio dependentes (calpaína I e II) (Swanek et al., 1999; Foote et al., 2004).

Segundo Swanek et al. (1999), o aumento da calcemia é possível pelo fato desta vitamina atuar sobre o metabolismo do cálcio, estimulando sua absorção intestinal, mobilização óssea e reabsorção renal. Além disso, estimula sua entrada nos sarcômeros.

A utilização de  $7,5 \times 10^6$  UI vitamina D<sub>3</sub>/animal/dia por 10 dias antes do abate na dieta de animais da raça Nelore e Limousin confinados levou a um aumento significativo nos níveis de cálcio plasmático, porém sem levar a melhorias no desempenho, características de carcaça

e atributos da qualidade da carne (Baldin, 2010). Da mesma forma a utilização de níveis elevados de vitamina D também não melhorou as características do músculo *Longissimus dorsi* de animais *Bos indicus* (Pedreira et al., 2003).

Fatores como idade, raça, temperamento e regime de criação são fatores que interferem na determinação da maciez da carne. A adição de vitamina D à dieta de bovinos de corte parece ser mais efetiva para melhorar a maciez da carne quando os animais tendem a apresentar carne mais dura, podendo não apresentar efeito em bovinos que produzem carne mais macia (Baldin, 2010).

#### **2.1.4. *Lithothamnium calcareum***

Aditivos mais recentes parecem também possuírem pressupostos capazes de exercer algum efeito positivo sobre a qualidade da carne produzida, como a farinha de algas calcárias marinhas (*Lithothamnium calcareum*).

A espécie de algas *Lithothamnium calcareum* é uma alga do filo das Rhodophytas, conhecida como alga vermelha, pertencente à ordem das Corallinales e família Hapalidiaceae (Guiry & Guiry, 2009).

Carbonatos de cálcio e magnésio depositam-se na parede celular dessas algas sob a forma de cristais. Após o depósito de sais inorgânicos a alga perece, dando origem aos granulados bioclásticos marinhos que são constituídos por algas calcárias e fragmentos de conchas e areias. Os granulados bioclásticos são extraídos das águas oceânicas, ocorre processo de secagem e posteriormente é moído dando origem à farinha de algas calcárias (Dias, 2000).

A matriz da parede celular das algas vermelhas é constituída principalmente por galactanas sulfatadas, que são polissacarídeos que possuem a galactose como principal

monossacarídeo (Bilan & Usov, 2001). Esses polissacarídeos possuem atividade antioxidante, através da promoção do sequestro de radicais superóxido e hidroxila (Zhang et al, 2003).

Mesmo diante de resultados ainda incipientes sobre sua utilização na alimentação animal, sua composição de origem marinha parece conter microelementos interessantes do ponto de vista bioquímico (Melo & Moura, 2009). Dias (2000) encontrou basicamente carbonato de cálcio e magnésio, além de mais de 20 oligoelementos como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr, e sua ação é potencializada pela maior disponibilidade dos micronutrientes (Melo & Moura, 2009). A quantidade dos elementos pode variar, sendo que a concentração de cobre fica em torno de 10 ppm, manganês 20 ppm e enxofre 0,45% (FPO, 2003).

A utilização de farinha de algas calcárias em substituição parcial (10%) da suplementação mineral comercial de bovinos de corte a pasto promoveu ganho de peso significativamente maior quando comparado aos animais que não ingeriram *Lithothamnium calcareum*. Porém, segundo os autores há necessidade de mais pesquisas para determinar os níveis de utilização e possíveis efeitos desse composto sobre o desempenho de bovinos (Melo & Moura, 2009). Esses resultados parecem estar relacionados com efeitos diretos do composto marinho, como o aumento da digestibilidade aparente da proteína bruta de forragens (Orsine et al., 1989).

Existem alguns trabalhos demonstrando haver interferência de alguns minerais sobre o perfil de ácidos graxos da carne bovina, dentre os mais estudados está o cobre. Esse elemento está envolvido no metabolismo lipídico, melhorando a atividade de enzimas dessaturases, o que leva a um aumento da capacidade de dessaturação dos microsomas dos adipócitos e das células hepáticas e consequente mudança na composição dos ácidos graxos da gordura depositada (Engle, 2011).

O aumento do teor de ácidos graxos insaturados no músculo *Longissimus* de animais suplementados com cobre também parece estar relacionado ao efeito desse mineral sobre a biohidrogenação ruminal (Engle et al., 2000).

Segundo Engle (2011) ocorre inibição na biohidrogenação ruminal, onde o processo seria inibido em sua etapa inicial na formação do isômero quando a ligação dupla é transferida na forma trans para o carbono 11 (Kozloski, 2009), o íon do mineral levaria à formação de um centro eletronegativo no hidrogênio envolvido na formação do isômero (Kepler et al., 1971). Isso impediria a posterior formação de ligações simples no lugar das duplas ligações. Essa reação ocorreria em função do alto potencial redutor do cobre no rúmen levar a uma diminuição dos equivalentes redutores na forma de NADH e NADPH (Engle et al., 2000), responsáveis pela substituição das duplas ligações (Kozloski, 2009).

Aumentos na concentração do cobre no fígado podem regular indiretamente a biossíntese de colesterol através da diminuição da enzima glutathiona reduzida (GSH) e elevação dessa enzima na forma oxidada (GSSH). Isso leva a um decréscimo da atividade da enzima HMG-CoA redutase (3-hidroxi-3-metilglutatil-coenzima A redutase), com isso o fluxo de carbono para via do mevalonato decresce, e conseqüentemente a síntese de colesterol (Bakalli et al., 1995). Pequenas concentrações de dissulfetos como a GSSH diminuem a atividade da enzima responsável pela taxa de síntese de colesterol (Gilbert, 1990).

Bovinos da raça Nelore suplementados com 10 ou 40 mg de cobre/kg de matéria seca tiveram alterações no perfil de ácido graxo da carne, com maior proporção de insaturados e redução de saturados, além de redução nos níveis de colesterol. Segundo os autores essas alterações se deram pelo aumento da GSSG que possivelmente levou à queda dos níveis da HMG-Coa redutase e inibição da biohidrogenação ruminal (Correa et al., 2012).

Segundo Richter et al. (2012) a suplementação de bovinos a pasto com níveis elevados de enxofre aumentou a gordura de cobertura na carcaça, sugerindo que este mineral pode ter

influenciado o metabolismo de lipídeos, possivelmente por reduzir a concentração plasmática de cobre em 51% em relação ao controle.

Observa-se do exposto acima escassez de trabalhos avaliando os efeitos de componentes minerais na qualidade da carne de bovinos, porém percebe-se que existem alguns elementos minerais que são promissores e necessitam de uma investigação mais aprofundada.

O sucesso da utilização de aditivos alimentares em bovinos de corte está diretamente relacionado ao entendimento dos diversos fatores que podem afetar o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte. Desde o momento da produção animal em si, passando pela indústria beneficiadora e chegando aos consumidores. O conhecimento dos mecanismos envolvidos e das interações entre as características avaliadas irão determinar o momento e a forma adequada de se manipular a dieta através da administração de aditivos alimentares.

## **2.2. Fatores que interferem no desempenho, nas características de carcaça e na qualidade da carne**

Todos os componentes da cadeia produtiva da carne bovina são afetados direta ou indiretamente por melhorias que ocorram na produção de bovinos de corte. Os bovinos podem apresentar maior ganho de peso médio diário, melhor eficiência alimentar e rendimento de carcaça com uma nutrição mais adequada, o que refletirá diretamente na rentabilidade da atividade.

A indústria frigorífica também pode se beneficiar de tais melhorias, já que um dos maiores problemas da indústria da carne bovina no Brasil é a falta de uniformização

da idade de abate dos animais, cobertura de gordura e marmorização da carne, fatores estes que têm muita influência na qualidade da carne (Magnabosco et al., 2006).

Dessa forma, a produção de animais que tenham uma boa qualidade de carcaça, apresentando entre outras características, maior rendimento de cortes comerciais e uma boa cobertura de gordura passa também pela formulação de uma boa dieta, que acrescida de alguns aditivos podem levar a resultados ainda mais interessantes.

Segundo Cundiff et al. (1993), uma carcaça de qualidade deve possuir quantidade de gordura suficiente para evitar perdas pelo frio ou minimizá-las, e além disso ter características desejáveis para o consumo. No resfriamento de carcaças com pouco isolamento térmico pela ausência de gordura subcutânea, as fibras musculares se contraem excessivamente até o fim das reservas de glicogênio muscular, levando ao encurtamento pelo frio (Sainz, 1996). Ocorre uma diminuição do tamanho do sarcômero, e isso leva ao endurecimento da carne e perda de qualidade da mesma (Magnabosco et al., 2006).

A avaliação de características físicas da carne como perda de líquido por descongelamento, perda de líquido por cocção, pH, cor, maciez tem por finalidade verificar a qualidade de tal produto, se está dentro dos padrões normais e exigidos conforme cada tipo de mercado consumidor. Alterações nestas características podem variar conforme a raça, manejo, idade, sexo e nutrição (Forrest et al., 1979; Prandl et al., 1994).

Uma característica avaliada que tem grande importância na qualidade da carne é o pH final, pois tem influência direta sobre a conservação e propriedades organolépticas da mesma. A acidificação da carne varia entre pH 5,4 e 5,8, pois nesses patamares muitos microorganismos são inibidos, especialmente os proteolíticos (Porto, 2006).

A queda de pH da carne ocorre durante o processo de transformação de músculo em carne, após o abate ocorre uma depleção nos níveis de oxigênio tecidual o que faz com que as células musculares utilizem a fosforilação glicolítica para a obtenção de ATP, que é uma via

anaeróbica, nessa fase, a principal fonte de energia é o glicogênio muscular, mas também estão presentes pequenas quantidades de ATP já disponível e creatina fosfato (Bate-Smith, 1970).

As fibras musculares utilizam as fontes de energia até seu esgotamento para que ocorra relaxamento muscular e nova entrada de cálcio para dentro do retículo sarcoplasmático e seja possível uma nova contração. A utilização do glicogênio e creatina fosfato pela via glicolítica leva a uma produção elevada de ácido láctico, que se acumula no músculo em função da ausência de circulação sanguínea, ocorrendo assim a queda de pH, tornando possível a ativação das enzimas proteolíticas responsáveis pelo amaciamento da carne, porém algumas dessas enzimas são cálcio-dependentes (Aberle et al., 2001; Roça, 2003).

Quando a energia nas células do tecido animal se esgota o transporte de cálcio presente no citoplasma para outros compartimentos celulares passa a não ocorrer, possibilitando a sua utilização pelas proteases cálcio-dependentes (Sgarbieri, 1996).

Essas proteases fazem parte do complexo calpaína-calpastatina. Existem dois tipos de calpaínas, a tipo I e II, são ativadas com a redução do pH de 6,8 para em torno de 6,0, a diferença está na concentração de cálcio necessária para a ativação de cada uma. A do tipo I necessita de uma pequena quantidade de íons cálcio, ao contrário da calpaína tipo II, sendo que esta fica ativa por longos períodos após a finalização do *rigor mortis* (Koohmaraie, 1994).

Quando o pH na carne fica abaixo de 6,0 outro grupo de proteases passa a atuar com maior intensidade no amaciamento da carne. Essas enzimas são denominadas catepsinas e assumem a responsabilidade pela proteólise assim que ocorre a acidificação muscular (Ramos & Gomide, 2009).

As enzimas proteolíticas atuam ocasionando algumas alterações no tecido muscular, como a degradação e/ou enfraquecimento gradual da linha Z, o que leva à degradação das miofibrilas e desaparecimento da troponina T, além da degradação da desmina e nebulina e,

provavelmente, da titina (proteínas estruturais do tecido muscular). Essas alterações causam diminuição da rigidez e aumento gradativo da maciez da carne (Koohmarie, 1994).

A calpastatina tem efeito inibitório sobre as calpaínas, e sua concentração é maior quanto maior for o grau de sangue zebuino do animal, em função disso animais da espécie *Bos indicus* possuem uma carne menos macia (Rubensan et al., 1998).

Novilhos mais ativos de temperamento excitado têm maiores valores de força de cisalhamento do que animais mais calmos. O metabolismo alterado dos animais ativos associado ao estresse em função da maior excitação pode criar condições que são menos favoráveis a proteólise mediada pelas calpaínas (King et al., 2006).

Com o aumento da idade do animal há tendência na redução da maciez, em função de um aumento que ocorre na estabilidade térmica do colágeno, resultante da formação de pontes cruzadas (Marsh, 1977).

Bovinos mais jovens apresentam menor peso ao abate, o que leva a um grau maior de compactação muscular pelo menor comprimento de sarcômero. Além disso esses animais tendem a ter menor cobertura de gordura subcutânea, o que favorece o encurtamento das fibras pelo frio (Bouton et al., 1978).

Dessa forma, fatores como a intensidade da proteólise e o grau de contração do tecido muscular são os principais fatores que exercem efeito sobre a maciez da carne em bovinos jovens (Heinemann et al., 2003).

As perdas de líquidos da carne por descongelamento e cocção são afetadas pelos níveis de glicogênio presentes no músculo no momento pré-abate. Animais que sofrem de estresse pré-abate e hipertermia podem ter suas reservas de glicogênio esgotadas rapidamente após o abate, que associado a alta temperatura levará a uma exagerada desnaturação das proteínas miofibrilares, que por sua vez perderão a capacidade de retenção de água, elevando assim as perdas por descongelamento e cocção (Prandl et al., 1994).

Bovinos que sofrem de estresse prolongado antes do abate, chegam ao mesmo com suas reservas de glicogênio muscular muito abaixo do necessário para que ocorra a transformação do músculo em carne. A acidificação do meio não ocorre, e assim as proteínas miofibrilares não sofrem processo adequado de proteólise. Com isso ocorre a formação de uma carne com alta capacidade de retenção de água pelo fato das fibras estarem intactas. Assim se tem uma carne com baixa capacidade de conservação, pois o pH alto favorece a proliferação de microorganismos (Felício, 1997).

As perdas de líquidos também são afetadas por fatores como genótipo, idade, sexo, nutrição e forma de preparo das amostras. Animais mais jovens possuem menor deposição de tecido adiposo, assim como bovinos de origem zebuína têm uma menor quantidade de gordura intramuscular, machos também possuem menor deposição de gordura em relação a fêmeas.

Uma maior quantidade de gordura leva a uma menor perda de líquidos por cocção, pois quanto maior a proporção de tecido adiposo menor a quantidade de água presente. A temperatura também a pode afetar as perdas de líquidos dos cortes cárneos. O calor excessivo acima de 75°C durante o preparo pode aumentar a desnaturação das proteínas e assim diminuir a capacidade de retenção de água, e elevar a perda de líquidos por cocção (Sañudo et al., 1997).

A capacidade de retenção de água intra-celular exerce efeito direto sobre a cor dos cortes cárneos, carnes com pouca capacidade de retenção de água são mais claras, pois ocorre reflexão da luz incidente quando esta atinge a água em excesso que se encontra no meio extracelular. Já em carnes que possuem maior capacidade de manter sua umidade intracelular ocorre o oposto, quando a luz incide não ocorre reflexão da luz incidente por não haver água no espaço intersticial, e assim a carne é mais escura que o normal (Sarantopoulos et al., 1991).

O principal pigmento na carne associado com a cor é a mioglobina, responsável por

90% da pigmentação da carne de animais que passaram por sangria adequada. Em função da quantidade de sangue residual na carne a hemoglobina pode constituir de 5 a 30% do pigmento total presente na carne. A mioglobina é uma proteína formada por um grupo prostético, heme, ligado a uma molécula de proteína globular, denominada globina (Ramos & Gomide, 2009).

Ao grupamento heme está ligado um átomo de ferro, que dependendo do seu estado de oxidação pode levar a mudanças estruturais da mioglobina e consequente alteração de sua cor. A mioglobina reduzida é denominada deoximioglobina, dá à carne uma coloração vermelho-púrpura de baixa luminosidade, o que ocorre quando a tensão de oxigênio é muito baixa, menor que 0,1 mm Hg (Ramos & Gomide, 2009). Esse processo normalmente se dá no interior de massas musculares e em carnes embaladas á vácuo (Felício, 1997).

A oximioglobina é a forma que a deoximioglobina assume na presença de oxigênio, o que leva à uma cor vermelho-cereja brilhante, sendo a cor preferida dos consumidores no ato da compra (Cornforth, 1994). Já a metamioglobina se forma quando há baixa concentração de oxigênio (1 a 20 mm Hg). Ocorre deoxigenação da oximioglobina, levando a formação de deoximioglobina, que é oxidada e consequentemente substituída pela metamioglobina. Esse pigmento dá à carne uma coloração marrom (Ramos & Gomide, 2009), sendo essa aparência indesejável no momento da escolha do produto (Morrissey et al., 1994).

A inclusão de alimentos ricos em ácidos graxos poliinsaturados, como o óleo de linhaça leva a um aumento dos mesmos na carne, e por serem ácidos graxos que sofrem oxidação mais facilmente também se faz necessária a suplementação desses animais com antioxidantes. Segundo Juaréz et al. (2012) conforme se aumentam os níveis dos ácidos graxos ômega-3 na dieta de bovinos devem ser elevados os níveis de antioxidantes na dieta para serem evitados os efeitos negativos a palatabilidade.

Ácidos graxos poliinsaturados são mais facilmente oxidados por radicais livres em função das duplas ligações. Dessa forma carnes com maior quantidade de tais ácidos graxos são mais susceptíveis à rancificação. Esse processo leva ao sabor ranço dos alimentos ricos em lipídeos, e consequente piora da palatabilidade (Cosgrove et al., 1987; Papas, 1999).

A carne de bovinos a terminados em sistemas extensivos apresentam valores maiores de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, e também elevados valores de antioxidantes na forma de vitamina E, o que possibilita a viabilidade desses ácidos graxos evitando sua deterioração (De la Fuente et al., 2009).

A carne de novilhas terminadas a pasto possui maior capacidade inibitória da oxidação lipídica e maior estabilidade da mioglobina nos tecidos musculares do que a carne de novilhas terminadas recebendo dietas à base de feno e silagem de milho, isso se deve em grande parte aos altos teores de  $\alpha$ -tocoferol presente nas forragens verdes (Gatellier et al., 2005).

O sucesso do uso de antioxidantes na dieta de bovinos está associado principalmente ao tipo de alimentação que os animais recebem, rica ou não em forragens verdes, e se durante a terminação passam por situações estressantes, o que pode ocasionar uma depleção de tais substâncias (Secrist et al., 1997; Rivera et al., 2002).

Em dietas contendo alta proporção de alimentos concentrados a capacidade antioxidativa é ainda menor, pois essas dietas possuem teores menores de  $\alpha$ -tocoferol, sendo que os efeitos benéficos da adição de vitamina E e selênio tendem a ser mais visíveis na carne de bovinos terminados nessas condições.

As características físicas da carne estão relacionadas entre si, um abaixamento muito rápido do pH do músculo após abate leva à proteólise excessiva das proteínas miofibrilares, o que diminui a capacidade de retenção de água, que por sua vez afeta a luminosidade e a coloração da carne (Fernandes et al., 2008). Dessa forma, se a carne apresentar um pH final

muito baixo, possivelmente sofrerá maiores perdas de líquidos por descongelamento e cocção, além de apresentar uma coloração mais clara que o comum.

A relação entre tecido muscular e adiposo em bovinos de corte pode variar muito, pois é afetada por muitas variáveis. Fatores como raça, sexo, idade e nutrição exercem efeito direto sobre a composição do ganho de peso desses animais.

A raça dos bovinos pode afetar a composição de ácidos graxos depositados (Orellana et al., 2009), muitos estudos têm sido realizados no sentido de se correlacionar possíveis genes com a produção de carnes que possuam um perfil lipídico mais desejável, com um maior proporção de ácidos graxos insaturados.

Fêmeas bovinas têm uma maior capacidade de deposição de tecido adiposo do que machos da mesma raça em função de seu metabolismo e hormônios sexuais. Com isso a composição do ganho de peso de fêmeas tem uma participação maior de tecido adiposo em relação aos machos (Paulino et al., 2009).

A idade ao abate tem influência sobre a composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi*. A deposição de tecido muscular de bovinos jovens é maior que bovinos maduros, que passam a ter uma relação músculo/gordura menor que em animais mais jovens em função de um maior depósito de gordura (Toelle et al., 1986; Owens et al., 1993).

Dentre os parâmetros mais estudados relacionados à qualidade da carne de bovinos está o perfil de ácidos graxos, o que se dá pela importância da carne vermelha na alimentação dos consumidores, que por sua vez são cada vez mais exigentes quanto a qualidade dos produtos, existindo principalmente uma preocupação com os atributos que possam levar à alguma melhoria associada à diminuição de riscos à saúde e ao aumento da expectativa de vida (Scollan et al., 2006).

Dos fatores que afetam diretamente a composição tecidual e o perfil lipídico a nutrição é um dos mais relevantes. A manipulação da dieta em bovinos de corte tem sido muito

estudada, e nem sempre os resultados são positivos pois os microorganismos ruminais alteram a composição de muitos alimentos que chegam ao rúmen.

Dessa forma o que será absorvido no intestino delgado para ser metabolizado e depositado nos tecidos pode não ser o mesmo que foi ofertado ao animal, como o que ocorre no caso da biohidrogenação ruminal (Kozloski, 2009).

Animais confinados e mantidos a pasto apresentam desempenhos diferentes, possuem carcaças e composição de ganho diferentes (Owens & Gardner, 2000). Isso leva a alterações também na composição centesimal e perfil lipídico do músculo *Longissimus dorsi*.

O uso de aditivos também pode alterar a composição centesimal e o perfil lipídico da carne de bovinos. O uso de gordura protegida tem sido recomendado para ruminantes, porém ainda não existem muitos trabalhos científicos que avaliam a eficiência dessa utilização sobre o perfil lipídico e composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos de corte. Essa técnica beneficiaria principalmente os ácidos graxos insaturados que então seriam absorvidos sem sofrer alteração no rúmen e depositados nos tecidos (Harvatine & Allen, 2006).

Dessa forma é de extrema importância que em estudos que utilizem aditivos com intuito de melhorar a qualidade da carne de bovinos sejam verificados tais efeitos mensurando o impacto desses aditivos através da determinação da composição centesimal e também do perfil de ácidos graxos da carne. Essas técnicas confirmarão se um produto de melhor qualidade, mais saudável e conseqüentemente de maior valor agregado foi obtido.

Os ácidos graxos saturados de maior prevalência no perfil de ácidos graxos da carne de ruminantes são o ácido mirístico (14:0), palmítico (16:0) e esteárico (18:0) (Wood et al., 2003). Desses, os ácidos mirístico e palmítico são os mais importantes por serem considerados hipercolesterolêmicos (Wood et al., 2003), já o ácido esteárico apesar da alta concentração na carne de ruminantes não é considerado maléfico à saúde, por ser um ácido

graxo neutro sofre processo de dessaturação nos tecidos onde é convertido a ácido oléico (Rule et al., 1997). O ácido oléico é um dos mais abundantes ácidos graxos insaturados na carne de ruminantes, variando de 38 a 47% do total de ácidos graxos presentes, sendo seguido pelo ácido linoléico, em níveis bem mais baixos de 2 a 4% (Rule et al., 1994).

O ácido oléico eleva os níveis sanguíneos de colesterol-HDL (lipoproteína de alta densidade) e reduz a concentração de colesterol-LDL (lipoproteína de baixa densidade) circulante (Katan et al., 1994), sendo benéfico pois as doenças cardiovasculares humanas estão correlacionadas positivamente com o colesterol de baixa densidade e negativamente com o colesterol de alta densidade (Kwiterovich, 1997).

É importante destacar que os isômeros do ácido linoléico conjugado são ácidos graxos que possuem atividade antiteratogênica e anticarcinogênica (Corl et al., 2003). Além disso, atuam na diminuição do colesterol, prevenção do diabetes e ativação do sistema imune (Kelly et al., 1998).

A concentração de ácido linoléico conjugado (CLA) na carne de ruminantes é bem superior a dos animais monogástricos. O ácido rumênico (C18:2 cis-9, trans-11) é um ácido graxo intermediário da biohidrogenação ruminal do ácido linoléico, sendo o principal CLA produzido no rúmen. Também pode ser sintetizado de forma endógena por ação da enzima  $\Delta^9$ -dessaturase nos tecidos adiposo, muscular e na glândula mamária, através da conversão do ácido vacênico (C18:1 trans-11) (Chin et al., 1992; Kelly et al., 1998; Bauman et al., 1999; Medeiros, 2002).

Da mesma forma outros ácidos graxos poliinsaturados, como os da série ômega-3, estão relacionados à redução na incidência de doenças cardiovasculares, prevenção e tratamento de tumores (Tapiero et al., 2002). Neste sentido, é de particular interesse zootécnico e tecnológico aumentar o conteúdo de CLA e de outros ácidos graxos poliinsaturados, principalmente ômega-3, nos alimentos.

Muitos fatores podem interferir no perfil lipídico da carne de ruminantes, desde fatores genéticos até ambientais, como a dieta, sexo, idade e raça (De Smet et al., 2004). As pesquisas vêm sendo conduzidas com o intuito de modificar a composição de ácidos graxos dos tecidos animais através da manipulação dietética, com inclusão de óleos ou sementes oleaginosas, produtos marinhos e forragens (Raes et al., 2004).

Bovinos terminados em confinamento recebendo dieta rica em concentrado possuem uma relação de ácidos graxos insaturados/saturados maior que animais terminados em pastagem ou que recebem dieta rica em silagem (Warren et al., 2008).

Vários fatores contribuem para tal evento, dietas de alto concentrado possuem taxa de passagem mais elevada que diminui o tempo de exposição dos ácidos graxos às bactérias responsáveis pela biohidrogenação como a *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Fusocillus* sp. Além de diminuir as taxas de lipólise e biohidrogenação pela queda de pH e mudança da composição bacteriana ruminal (Kozloski, 2009).

E ainda, os grãos de uma forma geral apresentam concentrações maiores de ácidos graxos poliinsaturados. Warren et al. (2008) encontraram as seguintes concentrações de ácidos graxos insaturados, 35,5 g/kg MS no concentrado e 15,5 g/kg MS na silagem de forragem.

Por outro lado em função do maior teor de ácido linolênico das forragens, a relação ômega 6/ômega 3 é menor na carne de animais terminados a pasto ou em dietas à base de silagem, o que é considerado desejável à saúde humana (Warren et al., 2008; Wood et al., 2008). Além disso, a carne de animais terminados em pastagem possui maior teor de ácido linoléico conjugado em função da maior taxa de biohidrogenação ruminal que ocorre quando se compara a animais confinados que recebem dietas com alta quantidade de grãos (Lorenzen et al., 2007).

Mesmo presente em altas concentrações na dieta, o aumento do teor de ácido linolênico na carne é limitado (Raes et al., 2004). Isso se deve às grandes taxas de biohidrogenação que o ácido linolênico e linoléico sofrem no rúmen, de 80 e 92% respectivamente (Doreau & Ferlay, 1994). Além disso o ácido linolênico possui maior taxa de oxidação e ocorre competição entre os dois nos tecidos pela incorporação e alongação para deposição (Mohrhauer & Holman, 1963).

As bactérias ruminais iniciam o processo de biohidrogenação do ácido linoléico (C18:2 cis-9,cis-12) através da isomerização desse ácido graxo, dando origem ao ácido rumênico (C18:2 cis-9,trans-11), principal ácido linoléico conjugado produzido. Após isso pode ocorrer a substituição da primeira dupla ligação, formando-se o ácido vacênico (C18:1 trans-11), que pode ser transformado em ácido esteárico (C18:0) com a substituição da segunda dupla ligação por mais uma simples ligação. As substituições são catalisadas por redutases na forma de NADH (Kozloski, 2009).

O processo de biohidrogenação também varia conforme o alimento volumoso é consumido, bovinos terminados em dietas à base de silagem apresentam teores menores de CLA, ácido vacênico e ácido linolênico na gordura subcutânea do que bovinos alimentados com forragem fresca (French et al., 2000; Wood et al., 2008), mostrando que o processo de fermentação ruminal é diferente entre forragens frescas e ensiladas.

A concentração de ácido linolênico, CLA e ácido vacênico na carne eleva-se conforme aumenta-se a utilização de forragens frescas, tem um nível intermediário com o uso de forragens ensiladas e decresce com a utilização de grãos, e ocorre redução na concentração de ácido linoléico e relação ácidos graxos insaturados/saturados (French et al., 2000; Wood et al., 2008).

Diferentes pastagens, tipos de conservação de forragens e até mesmo manejos diferenciados numa mesma espécie forrageira podem produzir diferentes concentrações de

ácidos graxos poliinsaturados na carne devido aos diferentes níveis desses ácidos graxos ou pelas diferenças nas rotas metabólicas que o alimento é processado no rúmen (Wood et al., 2008).

## REFERÊNCIAS

- ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; et al. **Principles of meat science**. 4. ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001. 354p.
- ALMEIDA, A.K. **Desempenho, características de carcaça e perfil de ácidos graxos de cordeiros alimentados com diferentes proporções de volumoso e fontes de lipídios**. 2010. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- ARNOLD, R.N.; SCHELLER, K.K.; ARP, S.C. et al. Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3055-3065, 1992.
- BAKALLI, R.I.; PESTI, G.M.; RAGLAND, W.L. et al. Dietary copper in excess of nutritional requirements reduces plasma and breast muscle cholesterol of chickens. **Poultry Science**, v.74, p.360-365, 1995.
- BALDIN, S.R. **Desempenho, características de carcaça e atributos da carne de bovinos jovens confinados suplementados com vitaminas D e E**. 2010. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BATE-SMITH, E. C. The physiology and chemistry of rigor mortis, with special reference to the aging of beef. **Advances in Food Research**, v.1, p.1-38, 1970.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. et al. **Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants**. In: PROCEEDINGS OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999. Disponível em: <<http://www.asas.org/symposia/9899proc/0937.pdf>> Acesso em: 10 de Novembro de 2011.
- BEHNE, D.; KYRIAKOPOULOS, A.; SCHEID, S. et al. Effects of chemical form and dosage on the incorporation of selenium into tissue proteins in rats. **Journal of Nutrition**, v.121, p.806-814, 1991.
- BILAN, M.I.; USOV, A.I. Polysaccharides of calcareous algae and their effect on the calcification process. **Russian Journal of Bioorganic Chemistry**, v.27, p. 2-16, 2001.
- BOIAGO, M.M. **Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio**. 2006. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.
- BOUTON, P.E.; FORD, A.L.; HARRIS, P.V. et al. Influence of animal age on the tenderness of beef: muscle differences. **Meat Science**, v. 2, p. 301-311, 1978.
- CHIN, S.F.; LIU, W.; STORKSON, J.M. et al. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.5, p.185-197, 1992.

CORNFORTH, D. Color: its basis and importance. In: Quality Attributes and their Measurement in Meat. PEARSON A. M.; DUTSON, T.R. **Poultry and Fish Products**. 1ed. London: Blackie Academic, 1994. p. 34-78.

CORREA, L.B.; ZANETTI, M.A.; DEL CLARO, G.R. et al. Effect of supplementation of two sources and two levels of copper on lipid metabolism in Nellore beef cattle. **Meat Science**, v.91, p.466-471, 2012.

COSGROVE, J.P.; CHURCH, D.F.; PRYOR, W.A. The kinetics of the autoxidation of polyunsaturated fatty acids. **Lipids**, v.22, p.299-304, 1987.

CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; GREGORY, K.E et al. Characteristics of diverse breeds in cycle IV of the cattle germoplasm evaluation program. **Beef Research-Progress Report**, v.4, p.63-71, 1993.

CORL, B.A.; BARBANO, D.M.; BAUMAN, D.E. et al. *Cis-9, trans-11* CLA derived endogenously from *trans-11* 18:1 reduces cancer risk in rats. **Journal of Nutrition**, v.133, p.2893-2900, 2003.

DE LA FUENTE, J.; DÍAZ, M.T.; ÁLVAREZ, I. et al. Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. **Meat Science**, v.82, p.331-337, 2009.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by genetics. **Animal Research**, v.53, p.81-98, 2004.

DIAS, C.T.M. Granulados Bioclásticos - Algas Calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**, v.8, p.307-318, 2000.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, p.379-396, 1994.

EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A.H.; KLUITMAN, I. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability. **Meat Science**, v.54, p.17-22, 2000.

ENGLE, T.E. Copper and lipid metabolism in beef cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v.89, p.591-596, 2011.

ENGLE, T.E.; SPEARS, J.W.; EDENS, F.W. Dietary copper effects on lipid metabolism and circulating catecholamine concentration in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2737-2744, 2000.

FAUSTMAN, C.; CHAN, W.K.; SCHAEFER, D.M. et al. Beef color update: the role for vitamin E. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1019-1026, 1998.

FELÍCIO, P.E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. **Produção do Novilho de Corte**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ-USP, 1997. p.79-97.

FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W. et al. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.60, p.139-147, 2008.

FOOTE, M.R.; HORST, R.L.; HUFF-LONERGAN, E.J. et al. The use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.82, p.242-249, 2004.

FORREST, J.C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B. et al. **Fundamentos de la ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p.

FPO. Free Patents Online. Calcareous material. Patente européia EP0966295 de 20 de agosto de 2003. **FPO 2003**. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/EP0966295B1.html>>. Acesso em 15 de setembro de 2012.

FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F. et al. 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**, v.78, p.2849-2855, 2000.

GATELLIER, P.; MERCIER, Y.; JUIN, H. et al. Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, color stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. **Meat Science**, v.69, p.175-186, 2005.

GILBERT, H.F. Molecular and cellular aspects of thioldisulfide exchange. **Advanced Enzymology**, v.63, p.169-172, 1990.

GILBERT, C.D.; LUNT, D.K.; MILLER, R.K. et al. Carcass, sensory, and adipose tissue traits of Brangus steers fed casein-formaldehyde-protected starch and/or canola lipid. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2457-2468, 2003.

GOBERT, M.; GRUFFAT, D.; HABEANU, M. et al. Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. **Meat Science**, v.85, p.676-683, 2010.

GUIRY, M.D.; GUIRY, G.M. Algae Base. **National University of Ireland**. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>. Acesso em 15 de setembro de 2012.

HARDY, G.; HARDY, I. Selenium: The Se-XY nutraceutical. **Nutrition**, v.20, p.590-593, 2004.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Fat supplements affect fractional rates of ruminal fatty acid biohydrogenation and passage in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.136, p.677-685, 2006.

HEINEMANN, R.J.B.; PINTO, M.F.; ROMANELLI, P.F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.963-971, 2003.

JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, R.L. Uso de gordura protegida sobre o desempenho e a digestibilidade para diferentes grupos genéticos de bovinos em confinamento. **Magistra**, v.19, p.135-142, 2007.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v.59, p.5-13, 2001.

JUARÉZ, M.; DUGAN, M.E.R.; AALHUS, J.L. et al. Effects of vitamin E and flaxseed on rumen-derived fatty acid intermediates in beef intramuscular fat. **Meat Science**, v.88, p.434-440, 2011.

JUNIPER, D.T.; PHIPPS, R.H.; RAMOS-MORALES, E. et al. Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.3100-3109, 2008.

KARGES, K.; BROOKS, J.C.; GILL, D.R. et al. Effects of supplemental vitamin D3 on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2844-2850, 2001.

KATAN, M.B.; ZOCK, P.L.; MENSINK, R.P. Effects of fats and fatty acids on blood lipids in humans: An overview. **American Journal of Clinical and Nutrition**, v.60, p.1017-1022, 1994.

KELLY, M.L.; BERRY, J.R.; DWYER, D.A. et al. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.128, p.881-885, 1998.

KEPLER, C.R.; TUCKER, W.P.; TOVE, S.B.. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. V. Stereospecificity of proton addition and mechanism of action of linoleic acid  $\Delta^{12}$ -cis,  $\Delta^{11}$ -trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. **Journal of Biology Chemistry**, v.246, p.2765-2771, 1971.

KING, D.A.; SCHUEHLE PFEIFFER, C.E.; RANDEL, R.D. et al. Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. **Meat Science**, v.74, p.546-556, 2006.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v.36, p.93-104, 1994.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2.ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2009. p.44-45.

KWITEROVICH, P.O.J. The effect of dietary fat, antioxidants, and prooxidants on blood lipids, lipoproteins, and atherosclerosis. **Journal of the American Dietetic Association**, v.97, p.31-41, 1997.

LORENZEN, C.L.; GOLDEN, J.W.; MARTZ, F.A. et al. Conjugated linoleic acid content of beef differs by feeding regime and muscle. **Meat Science**, v.75, p.159-167, 2007.

LUCHIARI FILHO, A. Produção de carne bovina no Brasil: qualidade, quantidade ou ambas In: SIMBOI II - SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Faculdades Integradas

UPIS, Departamento de Zootecnia e Curso de Especialização em Produção de Bovinos, 2006. p.1-10.

MAGNABOSCO, C.U.; SAINZ, R.D.; FARIA, C.U. et al. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: relevância econômica para mercados globalizados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 2006. p.239-271.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº15 de 26 de maio de 2009. **MAPA 2009.** Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em 12 de setembro de 2012.

MARGARIDO, R.C.C.; LEME, P.R.; LUZ E SILVA, S. et al. Níveis de concentrado e sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos terminados em confinamento. **Ciência Rural**, v.41, p.330-336, 2011.

MARSH, B. B. The basis of quality in muscle foods: symposium the basis of tenderness in muscle foods. **Journal of Food Science**, v.42, p.295-297, 1977.

MAZZUCHETTI, R.N.; BATALHA, M.A. O comportamento do consumidor em relação ao consumo e às estruturas de comercialização da carne bovina na região de Amerios/PR. **Revista Varia Scientia**, v.04, p.25-43, 2004.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. New York: Academic Press, 1992.

MEDEIROS, S.R. **Ácido linoléico conjugado: Teores nos alimentos e seu uso na produção de leite com maior teor de proteína e perfil de ácidos graxos modificado**. 2002. 80f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELO, T.V.; MOURA, A.M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.

MERCIER, Y.; GATELLIER, P.; RENERRE, M. Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. **Meat Science**, v.66, p.467-473, 2004.

MOHRHAUER, H.; HOLMAN, R.T. Effect of linolenic acid upon the metabolism of linoleic acid. **Journal of Nutrition**, v.81, p.67-74, 1963.

MONTGOMERY, J.L.; PARRISH JR., F.C.; BEITZ, D.C. et al. The use of vitamin D3 to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2615-2621, 2000.

MORRISSEY, P.A. et al. Vitamin E and meat quality. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, p. 289-295, 1994.

O'GRADY, M.N.; MONAHAN, F.J.; FALLON, R.J. et al. Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2827-2834, 2001.

OLIVEIRA, E.A.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W. et al. Quality traits and lipid composition of meat from Nelore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, v.90, p.28-35, 2012.

ORELLANA, C.; PEÑA, F.; GARCÍA, A. et al. Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. **Meat Science**, v.81 p.57-64, 2009.

ORSINE, G.F.; COSTA, C.P.; B. OLIVEIRA. et al. Efeito da fonte de cálcio (Calcário vs. *Lithothamnium calcareum*) na digestibilidade aparente do feno de capim *Brachiaria decumbens* Staph cv. Basilisk. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.19, p. 49-58, 1989.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138, 1993.

OWENS, F.N.; GARDNER, B.A. A review of the impact of feedlot management and nutrition on carcass measurements of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1-18, 2000.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 2006. p.151-179.

PAPAS, A.M. Diet and antioxidant status. **Food and Chemical Toxicology**, v.37, p.999-1007, 1999.

PARTIDA, J.A.; OLLETA, J.L; SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplements. **Meat Science**, v.76, p.444-454, 2007.

PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2516-2524, 2009.

PEDREIRA, A.C.M.S.; LUCHIARI FILHO, A.; LEITE, V.B.O. et al. Quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle from *Bos indicus* animals treated with vitamin D<sub>3</sub>. **Scientia Agricola**, v.60, p.637-642, 2003.

PIRES, I.S.C; ROSADO, G.P.; COSTA, N,M,B. et al. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de novilho precoce alimentado com lipídios protegidos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.178-183, 2008.

POLAQUINI, L.E.M.; SOUZA, J.G.; GEBARA, J.J. Transformações técnico-produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.321-327, 2006.

PORTO, E. Microbiologia de carnes. In: CASTILLO, C.C. (Ed.). **Qualidade da carne**. 1 ed. São Paulo, Varela, 2006. p.101-131.

PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T. et al. **Tecnologia e Higiene de la Carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 854 p.

RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.199-221, 2004.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologias**. 1.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. p.226.

REALINI, C.E.; DUCKETT, S.K.; BRITO, G.W. et al. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. **Meat Science**, v.66, p.567-577, 2004.

RICHTER, E.L.; DREWNOSKI, M.E.; HANSEN, S.L. Effects of increased dietary sulfur on beef steer mineral status, performance, and meat fatty acid composition. **Journal of Animal Science**, v.90, p.3945-3953, 2012.

RIVERA, J.D.; DUFF, G.C.; GALYEAN, M.L. et al. Effects of supplemental vitamin E on performance, health, and humoral immune response of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.80, p.933-941, 2002.

ROÇA, R.O. **Modificações post mortem**. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal. UNESP - Campus de Botucatu. 2001 16p.

RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, p.405-409, 1998.

RULE, D.C.; BUSBOOM, J.R.; KERCHER, A.A. Effect of dietary canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney, and liver. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2735-2744, 1994.

RULE, D.C.; MACNEIL, M.D.; SHORT, R.E. Influence of sire growth potential, time on feed, and growing finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and *Longissimus* muscle of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1525-1533, 1997.

SAINZ, R.D. Qualidade das carcaças e da carne bovina. In: Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, 2, 1996. Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 1996.

SCHWARZ, F.J.; AUGUSTINI, C.; TIMM, M. et al. Effect of vitamin E on alfa-tocoferol concentration in different tissues and oxidative stability of bull beef. **Livestock Production Science**, v.56, p.165-171, 1998.

SAÑUDO, C.; CAMPO, M.M., SIERRA, I. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. **Meat Science**, v.46, p.357-365, 1997.

SARANTOPOULOS, C.I.G.L.; PIZZINATO, A. Fatores que afetam a cor das carnes. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.15, p.50-57, 1991.

SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.F.; NUERNBERG, K. et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, p.17–33, 2006.

SECRIST, D.S.; OWENS, F.N.; GILL, D.R. Effects of vitamin E on performance of feedlot cattle: A review. **The Professional Animal Scientist**, v.13, p.47-54, 1997.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo, SP: Varela, 1996. p. 517.

SKRIVANOVÁ, E.; MAROUNEK, M.; DE SMET, S. et al. Influence of dietary selenium and vitamin E on quality of veal. **Meat Science**, v.76, p.495-500, 2007.

SOUZA, A.A.A. **Características físico-químicas e sensoriais da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) alimentados com diferentes fontes de lipídeos e de selênio**. 2008. 57f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/Universidade de São Paulo, Pirassununga.

SWANEK, S.S.; MORGAN, J.B.; OWENS, F.N. et al. Vitamin D3 supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v.77, p.874-881, 1999.

TAPIERO, H. Polyunsaturated fatty acids and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.56, p.215-222, 2002.

TOELLE, V.D.; TESS, M.W.; JOHNSON, T. et al. Lean and fat patterns of serially slaughtered beef bulls fed different energy levels. **Journal of Animal Science**, v.63, n.8, p.1347-1360, 1986.

VIGNOLA, G.; LAMBERTINI, L.; MAZZONE, G. et al. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. **Meat Science**, v.81, p.678-685, 2009.

WARREN, H.E.; SCOLLAN, N.D.; ENSER M. et al. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. **Meat Science**, v.78, p.256-269, 2008.

WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A.V. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v.78, p.343–358, 2008.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, n.1, p.21-32, 2003.

ZHANG, Q.; YU, P.; LI, Z. et al. Antioxidant activities of sulfated polysaccharides fractions from *Porphyra haitanensis*. **Journal of Applied Phycology**, v.17, p.305-310, 2003.

ZEOULA, L.M.; GERON, L.J.V. Vitaminas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 2006. p.367-371.

### 3. ARTIGOS

#### 3.1. ARTIGO 1

##### **Desempenho, características qualitativas da carcaça e da carne de novilhas Brangus suplementadas em pastagem, recebendo diferentes aditivos alimentares**

**RESUMO** – Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência de dietas contendo diferentes aditivos sobre o desempenho, características qualitativas da carcaça e da carne de 150 novilhas Brangus suplementadas a pasto diariamente (0,32% PV). Os tratamentos foram: suplemento base (sem aditivos); farinha de algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*) adicionada ao suplemento base; vitamina E e selênio orgânico adicionados ao suplemento base; gordura protegida adicionada ao suplemento base; uma aplicação por via subcutânea de vitamina D 7 dias antes do abate + suplemento base; e uma associação de vitamina E, selênio orgânico e gordura protegida adicionados ao suplemento base + uma aplicação por via subcutânea de vitamina D 7 dias antes do abate. Os animais foram suplementados por  $109,80 \pm 11,71$  dias, quando foram abatidos ao alcançarem  $337,95 \pm 20,56$  kg de PV. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 25 repetições. Determinou-se o ganho médio diário de peso e após abate a área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. Nas amostras de *Longissimus dorsi* determinou-se a maciez e medidas de cor. O desempenho, as características de carcaça e da carne não foram afetados ( $P > 0,05$ ) pelos aditivos utilizados. A média da área de olho de lombo de  $52,00 \text{ cm}^2$  e a média da espessura de gordura subcutânea de  $3,58 \text{ mm}$  dos animais que receberam a associação de aditivos não diferiram entre os tratamentos. A adição de vitamina  $D_3$  não teve efeito ( $P > 0,05$ ) sobre a força de cisalhamento da carne. O uso de aditivos conforme os protocolos adotados não foi eficiente para melhorar o desempenho, as características de carcaça e as características físicas da carne de novilhas suplementadas a pasto.

Palavras-chave: antioxidantes, gordura protegida, maciez, rendimento de carcaça, vitamina D

**Performance, carcass and meat qualitative characteristics of Brangus heifers supplemented on pasture, getting different food additives**

**ABSTRACT** – Aimed with this study to evaluate the performance, carcass and meat traits of Brangus heifers supplemented on pasture daily (0,32% LW). The treatments were: supplement (no additives); seaweed flour (*Lithothamnium calcareum*) added to the supplement; vitamin E e organic selenium added to the supplement; protected fat added to the supplement; an application subcutaneously of vitamin D seven days before slaughter + supplement; and the association of vitamin E, organic selenium and protected fat added to the supplement + one dose of vitamin D seven days before slaughter. The animals were supplemented by  $109,80 \pm 11,71$  days, when they were slaughtered when reach  $337,95 \pm 20,56$  kg. The experimental design was completely randomized with six treatments and 25 repetitions. It was determined the average daily gain of weight and after slaughter the rib-eye area and fat thickness. The performance, the carcass and meat characteristics were not affected ( $P > 0,05$ ) by the additives used. The average ribeye area of  $52,00 \text{ cm}^2$  and the average fat thickness of 3,58 mm in the animals receiving the combination of additives did not differ from the values of the control treatment, as well as other treatments. In samples of *Longissimus dorsi* were determined the tenderness and color measurements. The addition of vitamin D3 had no effect ( $P > 0,05$ ) on shear force of *Longissimus dorsi* samples, and the supplemented heifers had values of  $7,66 \text{ kgf/cm}^2$ , and the control treatment of  $7,97 \text{ kgf/cm}^2$ . The use of additives according to the protocols used does not improve the performance, the carcass and meat characteristics of cattle supplemented on pasture.

Keywords: antioxidants, carcass yield, protected fat, tenderness, vitamin D

## Introdução

O Brasil apresenta o maior rebanho bovino do mundo e é o segundo maior produtor de carne do mundo (ABIEC, 2012). Muitos avanços nas tecnologias de produção têm sido feitos com intuito de testar novos alimentos e aditivos e avaliar seus efeitos sobre o desempenho e as características de carcaça dos animais.

Aproximadamente 90% dos bovinos brasileiros são terminados em condições de pastagem (ABIEC, 2012). Apesar dos ganhos de peso serem menores quando comparados ao confinamento esse sistema é muito eficiente, principalmente quando aliado a estratégias de suplementação.

A suplementação é uma estratégia nutricional que pode ser utilizada na engorda de bovinos a pasto (Felício, 1997). Essa técnica pode vir associada ao uso de aditivos com intuito melhorar o desempenho e as características de carcaça dos bovinos, como maior ganho de peso médio diário e maior cobertura de gordura e rendimento de carcaça (Nelson et al., 2004).

O uso da gordura protegida é uma forma de se manipular a dieta com intuito de alterar o perfil de ácidos graxos da carne e como estratégia nutricional na terminação de bovinos de elevado padrão genético em confinamento, para que atinjam peso e carcaça ideais (Jaeger & Oliveira, 2007; Wood et al., 2008).

Aditivos mais recentes, como a farinha de algas calcárias marinhas (*Lithothamnium calcareum*), parecem também possuírem pressupostos capazes de exercer algum efeito positivo sobre o desempenho de bovinos de corte (Melo & Moura, 2009).

Outros aditivos como a vitamina E, vitamina D e o selênio, que vêm sendo utilizados com o objetivo principal de melhorar e preservar a qualidade da carne bovina, também podem favorecer um melhor desempenho dos animais e conseqüentemente melhorar as características de carcaça (Secrist et al., 1997).

Informações sobre a utilização de aditivos em animais a pasto são de grande interesse para que se determine a eficiência dessa prática. Sendo assim, o propósito do presente estudo foi verificar a eficiência do uso de aditivos nutricionais (gordura protegida, farinha de algas, Se orgânico, vitaminas E e D) sobre o desempenho, as características de carcaça e da carne de novilhas Brangus em regime de suplementação a pasto.

### **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido na propriedade São Geraldo, localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul. Foram utilizadas 150 novilhas da raça Brangus de dois anos de idade, com aproximadamente  $278,93 \pm 16,09$  kg de peso vivo. Os animais foram divididos em seis grupos e alojados em piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú de 20 hectares cada um, com rodízio de pastagem a cada 14 dias. Os lotes receberam suplementação diária de 1,00 Kg de concentrado/animal/dia, por  $109,8 \pm 11,71$  dias durante a estação chuvosa, de dezembro de 2009 a abril de 2010. Sendo que através do fornecimento de concentrado foram veiculados os aditivos.

Foram realizadas amostragens do capim dos seis piquetes utilizando o método do “rendimento comparativo” descrito por Haydock & Shaw (1975) para avaliar a disponibilidade de massa da forrageira. A disponibilidade média de matéria seca (MS) estimada da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú dos piquetes foi de 3916,66 kg por hectare, realizada em fevereiro, no meio do período experimental.

Também em fevereiro foram colhidas amostras de pasto (para avaliação do valor nutritivo) utilizando a metodologia do pastejo simulado, sendo feitas coletas manuais de material semelhante ao ingerido pelos animais, após observação cuidadosa das áreas e altura

de pastejo, além das partes da planta selecionadas pelos mesmos (Euclides et al., 1992). As amostras de forragens foram cuidadosamente identificadas e congeladas.

Posteriormente essas amostras foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 a 96 horas, trituradas em moinho de facas com peneira de 1 mm e 2 mm para determinação das frações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P) (AOAC, 1995), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) (Van Soest, 1963).

As composições do concentrado, gordura protegida e *Lithothamnium calcareum* utilizados nas dietas experimentais e a composição bromatológica da pastagem são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição dos alimentos concentrados utilizados durante o período experimental, composição bromatológica da parte aérea da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú e disponibilidade média de matéria seca por hectare (kg MS/ha)

Composição (g/kg MS)	Pastagem	Concentrado	Gordura protegida <sup>1</sup>	<i>L. calcareum</i>
Kg MS/ha	3916,67	-	-	-
MS (g/kg)	287,08	882,90	950,00	995,20
PB (g/kg)	69,58	161,55	-	-
EE (g/kg)	22,07	38,62	850,00	-
FB (g/kg)	350,17	...	-	-
FDN (g/kg)	788,73	261,03	-	-
FDN <sub>CP</sub> (g/kg)	765,20	...	-	-
FDA (g/kg)	423,03	97,63	-	-
Lignina (g/kg)	51,22	...	-	-
MM (g/kg)	58,73	30,10	150,00	953,45
Cálcio (g/kg)	3,90	...	102,00	250,00
Fósforo (g/kg)	1,28	...	-	0,28
CNF <sup>2</sup> (g/kg)	84,42	...	-	-
NDT <sup>3</sup> (g/kg)	525,47	...	-	-

<sup>1</sup>Valores fornecidos pelo fabricante (Megalac-E<sup>®</sup>).

<sup>2</sup>CNF(%)=100-(%FDNcp+%PB+%EE+%MM) (Weiss, 1999).

<sup>3</sup>NDT(%)=(0,98x%CNF)+(0,93x%PB)+2,25x(%EE-1)+0,75x(%FDNcp-%Lignina)x(1%(Lignina/%FDNcp)<sup>0,667</sup>)-7 (Weiss et al., 1992).

Os tratamentos foram os seguintes: 1,00 kg de suplemento base/animal/dia (sem aditivos) (CON); 10 gramas de farinha de algas calcárias (*Lithothamnium*

*calcareum*)/animal/dia + 0,99 kg de suplemento base (FA);  $1 \times 10^3$  UI de vitamina E + 0,6 ppm de selênio orgânico adicionadas a 1,00 kg de suplemento base/animal/dia (VE); 150 gramas de gordura protegida + 0,85 kg de suplemento base/animal/dia (GP); 1,00 kg de suplemento base/animal/dia + uma aplicação por via subcutânea de  $6 \times 10^6$  UI de vitamina D<sub>3</sub>/animal sete dias antes do abate (VD); e uma associação de  $1 \times 10^3$  UI de vitamina E + 0,6 ppm de selênio orgânico + 150 gramas de gordura protegida + 0,85 kg de suplemento base/animal/dia + uma aplicação por via subcutânea de  $6 \times 10^6$  UI de vitamina D<sub>3</sub>/animal sete dias antes do abate (MIX).

Foram realizadas duas pesagens (início e final do experimento, com jejum de sólidos de 18 horas), para determinação do ganho de peso médio diário (GMD) e peso final ao abate (PF).

Os abates ocorreram em frigorífico comercial conforme os animais atingiam aproximadamente 330 kg, sendo abatidos por concussão cerebral através do uso de dardo cativo, segundo procedimentos de abate humanitário. Foram realizados seis abates num intervalo de 5 semanas, de maneira que em cada procedimento eram abatidos o mesmo número de animais por tratamento.

Determinaram-se as medidas de peso de carcaça quente e rendimento de carcaça quente, além das medidas de pH, que foram realizadas no músculo *Longissimus dorsi* (na altura da última costela) 45 minutos após o abate (pH inicial) e depois de 24 horas de resfriamento da carcaça a 4 °C (pH final). Previamente, foi realizada uma incisão na carne e então o eletrodo foi inserido para realizar a leitura. O pH foi medido com o auxílio de um peagâmetro portátil (HANNA), com eletrodo de inserção.

A carcaça foi seccionada em duas meias carcaças. Na meia-carcaça esquerda foi feito um corte transversal, entre a 9<sup>a</sup> e a 10<sup>a</sup> costelas, para expor o músculo *Longissimus dorsi*. Neste ponto mediu-se a espessura de gordura subcutânea e foi realizado o desenho do

perímetro do músculo em papel vegetal. As imagens obtidas foram digitalizadas e as áreas de olho-de-lombo (AOL) determinadas pelo *software* DDA v.1.2 (Instituto Federal Farroupilha, Santo Augusto, RS, Brasil).

Após resfriamento da carcaça, foram retiradas e congeladas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de 2,5 cm de espessura à altura da 9<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costelas para análises posteriores.

As amostras de contra-filé foram retiradas do congelador e pesadas, e para o descongelamento permaneceram por 24 horas em refrigerador a 4 °C, após isso foram pesadas e obtiveram-se a perda de líquidos por descongelamento (PLD) em g/kg. As amostras permaneceram por 30 minutos à temperatura ambiente antes de irem ao forno.

Durante este período foi medido o pH da carne através de um peagâmetro portátil (HANNA), com eletrodo de inserção, e em seguida, foi analisada a cor em colorímetro portátil, baseado nos sistemas de cor Hunter Lab. O colorímetro avalia a cor pela reflectância da luz em três dimensões: L\*, que representa a luminosidade; e a\* e b\* que representam a saturação e intensidade da cor. O valor de L\* igual a zero corresponde ao preto e 100 ao branco. Os valores de a\* variam de -a\* (verde) até +a\* (vermelho). Os valores de b\* variam de -b\* (azul) à +b\* (amarelo).

Em seguida as amostras foram levadas ao forno à temperatura de 300°C, após 7,5 minutos ao atingir 40°C no seu interior foram viradas e permaneceram por mais 7,5 minutos até atingirem 71°C no seu centro geométrico após incisão (temperatura auferida através de Termômetro Infravermelho Raytek® - Raynger® ST<sup>TM</sup>). Após assadas foram pesadas novamente, para se obter a perda de líquidos por cocção (PLC) em g/kg, e então, utilizando-se um vazador, foram retirados seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro, paralelos ao sentido das fibras musculares. Após isso para determinar-se a força necessária para cortar

transversalmente cada cilindro utilizou-se texturômetro (TA.XT.PLUS *Texture Analyser*) acoplado à lâmina Warner-Bratzler.

A média de força utilizada para cortar os cilindros representou a força de cisalhamento de cada bife em kgf/cm<sup>2</sup>. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Carne da Embrapa Gado de Corte.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 25 repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando no modelo a covariável número de dias para o abate. Utilizou-se o PROC GLM do software SAS v.9.2 (Sas Institute Inc., Cary, CA, USA) para os procedimentos estatísticos.

Quando identificado efeito significativo de tratamentos, as médias dos tratamentos com aditivos foram comparadas à média do tratamento controle através do teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

## **Resultados e Discussão**

Neste trabalho não foi observado efeito do tratamento com farinha de algas marinhas ( $P > 0,05$ ) sobre o desempenho dos animais (Tabela 2), contrastando ao resultado encontrado na literatura. Segundo Orsine et al. (1989), quando a farinha de algas é suplementada a bovinos recebendo volumosos de baixa qualidade, este aditivo pode levar a um aumento na digestibilidade da proteína bruta do volumoso, o que associado à maior disponibilidade dos micronutrientes, poderia levar a um aumento significativo no ganho de peso de animais suplementados com *Lithothamnium calcareum*.

A adequada nutrição dos animais e oferta de pastagem de qualidade do presente estudo possivelmente contribuiu para anular o possível efeito deste aditivo sobre o desempenho das novilhas.

**Tabela 2.** Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso médio diário (GMD), rendimento de carcaça quente (RCQ), espessura de gordura de cobertura (EGC), área de olho de lombo (AOL), pH inicial (pH hora 0) e pH final (pH hora 24) de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

Variável	Tratamento <sup>1,2</sup>						CV (%)	Valor P
	CON	FA	VE	VD	GP	MIX		
PI (Kg)	277,2	279,2	279,3	279,4	279,2	279,4	5,87	0,996
PF (Kg)	336,8	333,3	340,9	340,1	339,7	336,9	6,14	0,797
GMD (Kg/d)	0,543	0,496	0,565	0,562	0,552	0,538	31,26	0,750
RCQ (%)	52,38	51,80	51,95	52,05	52,18	51,95	3,08	0,844
EGC (mm)	3,99	4,18	4,16	4,36	3,69	3,58	42,67	0,558
AOL (cm <sup>2</sup> )	55,06	54,06	56,40	58,11	56,05	52,00	14,67	0,292
pH inicial	6,55	6,54	6,55	6,60	6,56	6,54	5,74	0,994
pH final	5,86	5,83	5,84	5,87	5,92	5,85	5,76	0,954

<sup>1</sup>CON = controle; FA = farinha de algas calcárias; VE = vitamina E + selênio orgânico; VD = vitamina D; GP = gordura protegida; MIX = vitamina E + selênio; vitamina D; gordura protegida.

<sup>2</sup>Médias seguidas de "\*" diferem da média do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

O uso da gordura protegida é uma forma de se alterar o perfil de ácidos graxos da carne, além de ser uma estratégia nutricional (aumento da densidade energética) para terminação de bovinos de elevado padrão genético em confinamento, para que atinjam peso e qualidade de carcaça ideais (Jaeger & Oliveira, 2007; Wood et al., 2008).

No entanto, o uso de 150 gramas de gordura protegida na dieta das novilhas não melhorou o desempenho e as características de carcaça desses animais (Tabela 2).

De acordo com Fiorentini (2009) a suplementação dietética com gordura protegida somente deve aumentar o GMD de bovinos quando utilizada em níveis mais altos (300 a 400 gramas/animal/dia).

No entanto, Margarido et al. (2011), ao utilizarem bovinos mestiços alimentados com proporção de volumoso:concentrado de 65:35 recebendo nível elevado de gordura protegida (3% na MS da dieta), também não encontraram rendimento de carcaça superior aos animais do grupo controle (56,4%). Da mesma forma os valores de área de olho de lombo (64,4 cm<sup>2</sup>) e espessura de gordura de cobertura (5,2 mm) não foram diferentes.

Os tratamentos com vitaminas e selênio também não influenciaram o desempenho dos animais. Montgomery et al. (2005), ao utilizarem uma dose maior, 2000 UI de vitamina E por dia, na dieta de novilhas confinadas por 105 dias também não verificaram efeito sobre o desempenho dos animais.

A adição de 2025 mg de vitamina E por dia à dieta de bovinos alimentados à vontade com silagem de milho durante 136 dias também não incrementou o desempenho animal (Eikelenboom et al., 2000), corroborando o resultado aqui obtido.

A adição diária de 1000 UI de vitamina E e 0,6 ppm de selênio no presente trabalho também não afetou as características de carcaça das novilhas. Sendo que esses resultados são corroborados por outros autores, que ao utilizarem quantidades semelhantes desses aditivos também não descreveram efeitos sobre tais características (Arnold et al., 1992; Secrist et al., 1997; Baldin, 2010).

Também não foram observadas diferenças significativas no desempenho e nas características de carcaça das novilhas suplementadas com  $6 \times 10^6$  UI de vitamina D<sub>3</sub> (Tabela 2). Esses resultados são corroborados pelo descrito por Swanek et al. (1999), que ao utilizarem suplementação diária  $7,5 \times 10^6$  UI de vitamina D durante seis dias antes do abate em bovinos confinados não verificaram efeitos significativos sobre o rendimento de carcaça quente.

A utilização de doses maiores dessa vitamina ( $7,5 \times 10^6$  UI vitamina D<sub>3</sub>/animal/dia por 10 dias antes do abate) na dieta de animais da raça Nelore e Limousin confinados levou a um aumento significativo nos níveis de cálcio plasmático, porém sem levar a melhorias no desempenho dos bovinos (Baldin, 2010), corroborando os resultados aqui encontrados.

De acordo com Secrist et al. (1997), o uso de aditivos como vitaminas E e D e selênio tende a ter efeito significativo sobre o desempenho de bovinos que foram submetidos previamente à restrição alimentar ou à carência de minerais. Animais submetidos a condições

estressantes e que recebem dietas com baixos níveis de vitamina E podem ter melhorias no GMD quando são suplementados com esse nutriente.

Dessa forma, a adição de vitaminas e selênio à dieta de bovinos que recebam uma dieta equilibrada e não sejam submetidos constantemente a situações estressantes provavelmente não trará efeitos positivos sobre o ganho de peso.

Os valores médios das características avaliadas (Tabela 2) estão de acordo com os descritos na literatura para novilhas da raça Brangus. Menegaz et al. (2008) utilizando novilhas Brangus, com peso inicial próximo a 300 kg, em manejo de suplementação em pastagem cultivada observaram ganhos de peso médio diário de 0,479 kg/dia e peso final de 347 kg. Estes valores são considerados satisfatórios para fêmeas bovinas em sistemas de suplementação a pasto.

Kazama e colaboradores (2008) ao utilizarem diferentes fontes energéticas em novilhas Brangus confinadas encontraram rendimento de carcaça quente de 51,4%, 50,8 cm<sup>2</sup> para área de olho-de-lombo e 3,3 mm de espessura de gordura de cobertura. Corroborando os resultados descritos na Tabela 2.

Fiorentini (2009) ao utilizar novilhas Brangus confinadas encontrou valores de pH após 24 horas de 5,70 a 5,80, muito próximos aos aqui obtidos, demonstrando que foram obtidas carcaças dentro dos padrões recomendados, com boa cobertura de gordura, musculabilidade e pH ideal.

Um pH adequado na hora zero após o abate (em torno de 6,5) e 24 horas após o mesmo (em torno de 5,8) significa que possivelmente esses bovinos não passaram por condições estressantes antes do abate, o que é extremamente desejável. A transformação de músculo em carne é afetada intensamente pela adequada redução de pH (Fernandes et al., 2008).

A avaliação de características físicas da carne (perda de líquidos por descongelamento, perda de líquidos por cocção, pH, cor e maciez) tem por finalidade verificar a qualidade do produto final. Tais variáveis, assim como as características de carcaça, podem se alterar conforme a raça, manejo, idade, sexo e nutrição (Forrest et al., 1979; Prandl et al., 1994; Elzo et al., 2012).

Uma das variáveis que tem grande importância na qualidade da carne é o pH, pois tem influência direta sobre a conservação e propriedades organolépticas da mesma. As características físicas da carne estão relacionadas entre si. Um abaixamento muito rápido do pH do músculo após abate leva à proteólise excessiva das proteínas miofibrilares, o que diminui a capacidade de retenção de água, que por sua vez afeta a luminosidade e a coloração da carne (Fernandes et al., 2008).

A Tabela 3 apresenta os resultados das características físicas e do pH da carne após o descongelamento.

**Tabela 3.** Perda de líquidos por descongelamento (PLD), perda de líquidos por cocção (PLC), colorimetria (L\*, a\*, b\*), pH após descongelamento (pH carne) e força de cisalhamento (FC) do *Longissimus dorsi* de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

Variável	Tratamento <sup>1,2</sup>						CV (%)	Valor P
	CON	FA	VE	VD	GP	MIX		
PLD (%)	12,49	10,88	11,55	11,56	12,10	11,92	30,26	0,694
PLC (%)	36,20	37,32	36,26	37,27	36,49	36,78	8,90	0,727
L*	42,13	40,78	41,62	42,11	42,15	41,60	7,82	0,647
a*	18,45	18,81	18,53	18,53	18,34	18,93	11,60	0,926
b*	15,62	14,71	15,18	15,13	15,23	15,49	12,09	0,589
pH carne	5,45	5,51	5,51	5,54	5,53	5,38	5,76	0,463
FC (kgf/cm <sup>2</sup> )	7,97	8,80	8,72	7,66	8,26	8,73	26,06	0,326

<sup>1</sup>CON = controle; FA = farinha de algas calcárias; VE = vitamina E + selênio orgânico; VD = vitamina D; GP = gordura protegida; MIX = vitamina E + selênio; vitamina D; gordura protegida.

<sup>2</sup>Médias seguidas de "\*" diferem da média do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Os efeitos da vitamina E e do selênio na carne estão relacionados principalmente com a estabilidade de cor e de membranas lipídicas (Arnold et al., 1992; O'Grady et al., 2001).

Tanto o tratamento VE como o MIX não tiveram efeitos significativos sobre as características físicas e pH da carne, o que está de acordo com Baldin (2010), que ao utilizar novilhos taurinos inteiros com dieta à base de volumoso suplementados diariamente com 1300 UI de vitamina E por animal durante 134 dias antes do abate também não encontrou diferenças de pH (5,65), perdas de líquidos por cocção (23,57%) e cor da carne ( $L^*39,95$ ;  $a^*15,27$ ;  $b^*13,21$ ).

Já adição de 1140 UI/dia de vitamina E à ração de machos taurinos confinados em dieta de alta proporção de concentrado melhorou a estabilidade da cor da carne (Arnold et al., 1992).

Eikelenboom et al. (2000) afirmaram que a dieta à base de forrageira possui maiores concentrações de alfa-tocoferol, forma mais abundante de vitamina E do que dietas contendo alto teor de grãos. Considerando que a dieta experimental foi baseada em grande consumo de MS de pasto, pressupõe-se que todos os tratamentos estudados que não receberam suplementação de vitamina E também tiveram um aporte adequado desse nutriente, o que explicaria ausência de efeito significativo da adição de vitamina E em relação à estabilidade da cor.

A aplicação de uma dose  $6 \times 10^6$  UI de Vitamina D<sub>3</sub> por via subcutânea nos animais não afetou nenhuma das características físicas da carne (Tabela 3). Mesmo com a utilização de uma dose elevada de vitamina D possivelmente não houve um aumento na quantidade de cálcio circulante que permitisse elevar os seus níveis de forma a melhorar a ação das calpaínas e assim possibilitar à produção de uma carne mais macia.

Baldin (2010) ao utilizar uma dose única por via oral no concentrado, dez dias antes do abate, também não verificou efeitos sobre a maciez e nem sobre o pH, cor e perda de líquidos por cocção.

Os resultados aqui obtidos também são corroborados por Pedreira et al. (2003), que ao ofertarem a animais *Bos taurus indicus* concentrado com níveis elevados de vitamina D, não observaram efeito de tal vitamina sobre as características físicas do músculo *Longissimus dorsi* desses animais.

A suplementação com gordura administrada na forma de sabões de cálcio não alterou as características físicas da carne (Tabela 3). O uso da gordura protegida é uma forma de se manipular a dieta com intuito de fornecer energia para permitir uma terminação adequada de bovinos em confinamento, além de alterar o perfil lipídico da carne aumentando a concentração de poliinsaturados na gordura de marmoreio (Jaeger & Oliveira, 2007; Wood et al., 2008).

Bovinos mestiços alimentados com proporção de volumoso:concentrado de 65:35 recebendo 3% MS de aditivo gordura protegida não apresentaram valores de força de cisalhamento menores ( $3,80 \text{ kgf/cm}^2$ ) em relação aos animais do grupo controle ( $3,60 \text{ kgf/cm}^2$ ) (Margarido et al., 2011). Percebe-se que no trabalho citado mesmo com a utilização de quantidades maiores de gordura protegida não observou-se efeito positivo sobre a maciez, corroborando assim os resultados aqui obtidos.

Os valores médios de força de cisalhamento aqui obtidos contrastam aos valores descritos na literatura, de 4,9 para bovinos mestiços e 7,3 para animais zebuínos, ocorrendo aumento da maciez conforme aumenta no cruzamento a participação de raças taurinas (Climaco et al., 2011).

Novilhos de temperamento mais ativo têm maiores valores de força de cisalhamento do que animais mais calmos. A maior excitação dos bovinos associada ao estresse pode criar condições que são menos favoráveis à proteólise mediada pelas calpaínas e catepsinas (King et al., 2006).

Contudo o estresse impediria a redução do pH, o que não seria favorável à atividade das proteases, e justificaria assim os valores de força de cisalhamento encontrados (Beltrán et al., 1997). Entretanto os valores de pH descritos no presente estudo encontram-se em conformidade aos descritos pela literatura (Moloney et al., 2008).

A falta de cobertura de gordura na carcaça também poderia causar perda de maciez, devido ao encurtamento das fibras musculares pela exposição ao frio, porém os animais possuíam uma boa cobertura de gordura para evitar tal processo (Elzo et al., 2012).

Em experimento avaliando novilhos Angus a pasto são descritos valores considerados altos para força de cisalhamento (9,23 kgf/cm<sup>2</sup>) (Vaz et al., 2007). Porém com valores normais de pH da carne e adequada cobertura de gordura da carcaça, assim como no presente estudo.

Pode-se dizer que animais cruzados que apresentam carne com força de cisalhamento elevada não necessariamente passaram por situações estressantes antes do abate, sendo que outros fatores envolvidos ainda não elucidados podem estar determinando a maciez da carne em bovinos de corte.

As perdas de líquidos por descongelamento e por cocção estão acima dos valores observados por Kazama et al. (2008) ao utilizarem novilhas da raça Brangus em regime de confinamento (9,96% e 27,82%, respectivamente). Também Vaz et al. (2010) ao avaliarem novilhas terminadas em pastagem cultivada com suplementação, verificaram perdas ao descongelar de 8,32% e ao cozer de 30,52%, menores do que as aqui obtidas.

Estas maiores perdas de líquidos por descongelamento e cocção quando comparadas às de outros trabalhos podem estar relacionadas ao longo período de congelamento à que as amostras foram submetidas, pois o processo de congelamento leva a um aumento da pressão interna e à formação de cristais de gelo dentro do citoplasma, ocasionando rompimento das células e conseqüente extravasamento de líquidos (Bonagurio et al., 2003; Lawrie, 2005).

## **Conclusões**

Os aditivos estudados não foram eficientes em melhorar o ganho de peso médio diário e as características de carcaça dos animais. Da mesma forma, a utilização de aditivos não foi capaz de levar à expressão de resultados fisiológicos eficientes que pudessem alterar as características físicas da carne de novilhas terminadas no sistema de suplementação em pastagem.

## Referências

- ABIEC. Associação brasileira das indústrias exportadoras de carne. Estatísticas: Volume das exportações entre Janeiro e Dezembro. **ABIEC 2011**. Disponível em: <[http://abiec.com.br/download/stat\\_balanco.pdf](http://abiec.com.br/download/stat_balanco.pdf)>. Acesso em 18 de agosto de 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.
- ARNOLD, R.N.; SCHELLER, K.K.; ARP, S.C. et al. Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3055-3065, 1992.
- BALDIN, S.R. **Desempenho, características de carcaça e atributos da carne de bovinos jovens confinados suplementados com vitaminas D e E**. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BELTRÁN, J.A.; JAIME, I.P.; SANTOLARIA, C. et al. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Science**, v.45, p.201-207, 1997.
- BONAGURIO, S.; PÉREZ, J.R.O.; GARCIA, I.F. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1981-1991, 2003.
- CLIMACO, S.M.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y. et al. Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2791-2798, 2011.
- EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A.H.; KLUITMAN, I. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability. **Meat Science**, v.54, p.17-22, 2000.
- ELZO, M.A.; JOHNSON, D.D.; WASDIN, J.G. et al. Carcass and meat palatability breed differences and heterosis effects in an Angus–Brahman multibreed population. **Meat Science**, v.90, p.87-92, 2012.
- EUCLIDES, V.P.B; MACEDO, M.C.M; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p. 691-702, 1992.
- FELÍCIO, P.E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. **Produção do Novilho de Corte**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ-USP, 1997. p.79-97.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W. et al. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.60, p.139-147, 2008.

FIorentini, G. **Fontes Lipídicas na Terminação de Novilhas**. 2009. 35f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

FORREST, J.C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B. et al. **Fundamentos de la ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p.

HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.15, p.663-670, 1975.

JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, R.L. Uso de gordura protegida sobre o desempenho e a digestibilidade para diferentes grupos genéticos de bovinos em confinamento. **Magistra**, v.19, p.135-142, 2007.

KAZAMA, R.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.350-357, 2008.

KING, D.A.; SCHUEHLE PFEIFFER, C.E.; RANDEL, R.D. et al. Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. **Meat Science**, v.74, p.546-556, 2006.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

MARGARIDO, R.C.C.; LEME, P.R.; LUZ E SILVA, S. et al. Níveis de concentrado e sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos terminados em confinamento. **Ciência Rural**, v.41, p.330-336, 2011.

MELO, T.V.; MOURA, A.M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.

MENEGAZ, A.L.; LOBATO, J.F.P; PEREIRA, A.C.G et al. Influência do manejo alimentar no ganho de peso e no desempenho reprodutivo de novilhas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1844-1852, 2008.

MOLONEY, A.P.; KEANE, M.G.; DUNNE, P.G. et al. Effect of concentrate feeding pattern in a grass silage/concentrate beef finishing system on performance, selected carcass and meat quality characteristics. **Meat Science**, v.79, p.355-364, 2008.

MONTGOMERY, S.P.; DROUILLARD, J.S. ; SINDT, J.J. et al. Effects of dried full-fat corn germ and vitamin E on growth performance and carcass characteristics of finishing cattle. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2440-2447, 2005.

NELSON, M.L.; MARKS, D.J.; BUSBOOM, J.R. et al. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed barley-potato product finishing diets: I. Feedlot performance, carcass traits, appearance, water binding, retail storage, and palatability attributes. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3600-3610, 2004.

O'GRADY, M.N.; MONAHAN, F.J.; FALLON, R.J. et al. Effects of dietary supplementation with vitamin E and organic selenium on the oxidative stability of beef. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2827-2834, 2001.

ORSINE, G.F.; COSTA, C.P.; B. OLIVEIRA. et al. Efeito da fonte de cálcio (Calcário vs. *Lithothamnium calcareum*) na digestibilidade aparente do feno de capim *Brachiaria decumbens* Staph cv. Basilisk. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.19, p. 49-58, 1989.

PEDREIRA, A.C.M.S.; LUCHIARI FILHO, A.; LEITE, V.B.O. et al. Quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle from *Bos indicus* animals treated with vitamin D<sub>3</sub>. **Scientia Agricola**, v.60, p.637-642, 2003.

PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T. et al. **Tecnologia e Higiene de la Carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 854 p.

SECRIST, D.S.; OWENS, F.N.; GILL, D.R. Effects of vitamin E on performance of feedlot cattle: A review. **The Professional Animal Scientist**, v.13, p.47-54, 1997.

SWANEK, S.S.; MORGAN, J.B.; OWENS, F.N. et al. Vitamin D<sub>3</sub> supplementation of beef steers increases *Longissimus* tenderness. **Journal of Animal Science**, v.77, p.874-881, 1999.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.4, p.829-835, 1963.

VAZ, F.N.; RESTLE, J.; ARBOITE, M.Z. et al. Características de carcaça e da carne de novilhos e novilhas super jovens, terminados com suplementação em pastagem cultivada. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, p.42-52, 2010.

VAZ, F.N.; RESTLE, J.; PADUA, J.T. et al. Qualidade da carcaça e da carne de novilhos abatidos com pesos similares, terminados em diferentes sistemas de alimentação. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.31-40, 2007.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R. St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.

WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A.V. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v.78, p.343-358, 2008.

### 3.2. ARTIGO 2

#### **Composição química e lipídica da carne de novilhas Brangus terminadas em pastagem suplementadas com diferentes aditivos alimentares**

**RESUMO** - Os aditivos alimentares foram utilizados com o intuito de melhorar as características da carne de novilhas Brangus suplementadas a pasto diariamente (0,32% PV). Os tratamentos foram: suplemento base (sem aditivos); farinha de algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*) adicionada ao suplemento base; vitamina E e selênio orgânico adicionados ao suplemento base; gordura protegida adicionada ao suplemento base; uma aplicação por via subcutânea de vitamina D 7 dias antes do abate + suplemento base; e uma associação de vitamina E, selênio orgânico e gordura protegida adicionados ao suplemento base + uma aplicação por via subcutânea de vitamina D 7 dias antes do abate. Os animais foram suplementados por  $109,80 \pm 11,71$  dias, quando foram abatidos ao alcançarem aproximadamente  $337,95 \pm 20,56$  kg de PV. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 25 repetições. A composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* não diferiu entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). A utilização de farinha de algas calcárias, vitamina D, gordura protegida e aditivos associados tem potencial de melhorar a concentração de alguns ácidos graxos da carne de novilhas Brangus ( $P < 0,05$ ), sem no entanto melhorar o teor de insaturados e as relações entre os grupos de ácidos graxos. Conclui-se que a utilização de aditivos alimentares em novilhas Brangus terminadas em sistema de suplementação a pasto não tem efeitos sobre a qualidade da carne, exceto sobre o teor de alguns ácidos graxos avaliados.

Palavras-chave: ácido linoléico conjugado; ácidos graxos poliinsaturados; antioxidantes; gordura protegida; *Lithothamnium calcareum*; vitamina D.

**Chemical and lipid composition of the meat of Brangus heifers finished on  
pasture supplemented with different food additives**

**ABSTRACT** - Food additives were used to improve meat characteristics of Brangus heifers supplemented on pasture daily (0,32% LW). The treatments were: supplement (no additives); seaweed flour (*Lithothamnium calcareum*) added to the supplement; vitamin E e organic selenium added to the supplement; protected fat added to the supplement; an application subcutaneously of vitamin D seven days before slaughter + supplement; and the association of vitamin E, organic selenium and protected fat added to the supplement + one dose of vitamin D seven days before slaughter. The animals were supplemented by 109,80±11,71 days when they were slaughtered when reach approximately 337,95±20,56 kg. The experimental design was completely randomized with six treatments and 25 repetitions. The chemical composition of the *Longissimus* muscle did not differ between treatments ( $P>0,05$ ). The use of seaweed meal, vitamin D, protected fat and additives associates have potential to improve the concentration of some fatty acids of Brangus heifers meat ( $P<0,05$ ), but without improving the level of unsaturated and relationships between groups of fatty acids. We conclude that the use of food additives in Brangus heifers finished in system pasture supplementation has no effect on meat quality, but only on the content of some fatty acids.

Keywords: antioxidants; conjugated linoleic acid; *Lithothamnium calcareum*; polyunsaturated fatty acids; protected fat; vitamin D.

## Introdução

A pesquisa relacionada à produção de carnes mais saudáveis se intensifica cada vez mais em função das novas exigências dos consumidores, que muito mais preocupados com a saúde estão dispostos a pagar mais por alimentos que possam prevenir doenças e aumentar a expectativa de vida (Jiménez-Colmenero, 2001).

A manipulação da dieta de bovinos de corte com intuito de produzir uma carne mais saudável pode ser feita pela adição de componentes denominados de aditivos alimentares visando melhorar a qualidade da carne produzida.

Os bovinos por possuírem características peculiares em seu trato gastrointestinal possuem um aproveitamento diferenciado da dieta em relação aos monogástricos, os microrganismos ruminais alteram a composição de muitos alimentos que chegam ao rúmen e como consequência a deposição de nutrientes nos tecidos dos ruminantes também pode ser afetada (Kozloski, 2009).

Dentre os parâmetros mais estudados relacionados à qualidade da carne de bovinos está o perfil de ácidos graxos, o que se dá pela importância da carne vermelha na alimentação dos consumidores, que por sua vez são cada vez mais exigentes quanto a qualidade dos produtos, existindo principalmente uma preocupação com os atributos que possam levar à alguma melhoria associada à diminuição de riscos à saúde e ao aumento da expectativa de vida (Scollan et al., 2006).

Os ácidos graxos poliinsaturados, como os da série ômega-3, estão relacionados à redução na incidência de doenças cardiovasculares, prevenção e tratamento de tumores (Tapiero et al., 2002). Neste sentido, é de particular interesse zootécnico e tecnológico aumentar o conteúdo de CLA e de outros ácidos graxos poliinsaturados, principalmente ômega-3, nos alimentos.

Em função do exposto acima, este trabalho teve como propósito verificar as implicações do uso de aditivos alimentares sobre a composição centesimal e perfil lipídico da carne de novilhas Brangus suplementadas a pasto.

### **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido na propriedade São Geraldo, localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul. Foram utilizadas 150 novilhas da raça Brangus de dois anos de idade, com aproximadamente  $278,93 \pm 16,09$  kg de peso vivo. Os animais foram divididos em seis grupos e alojados em piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú de 20 hectares cada um, com rodízio de pastagem a cada 14 dias. Os lotes receberam suplementação diária de 1,00 Kg de concentrado/animal/dia, por  $109,8 \pm 11,71$  dias durante a estação chuvosa, entre dezembro de 2009 a abril de 2010. Sendo que através do fornecimento de concentrado foram veiculados os aditivos.

Foram realizadas amostragens do capim dos seis piquetes utilizando o método do “rendimento comparativo” descrito por Haydock & Shaw (1975) para avaliar a disponibilidade de massa da forrageira. A disponibilidade média de matéria seca (MS) estimada da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú dos piquetes foi de 3916,66 kg por hectare, realizada em fevereiro, no meio do período experimental.

Também em fevereiro foram colhidas amostras de pasto (para avaliação do valor nutritivo) utilizando a metodologia do pastejo simulado, sendo feitas coletas manuais de material semelhante ao ingerido pelos animais, após observação cuidadosa das áreas e altura de pastejo, além das partes da planta selecionadas pelos mesmos (Euclides et al., 1992). As amostras de forragens foram cuidadosamente identificadas e congeladas.

Posteriormente essas amostras foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 a 96 horas, trituradas em moinho de facas com peneira de 1 mm e 2 mm para determinação das frações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P) (AOAC, 1995), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) (Van Soest, 1963).

As composições do concentrado, gordura protegida e *Lithothamnium calcareum* utilizados nas dietas experimentais e a composição bromatológica da pastagem são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição dos alimentos concentrados utilizados durante o período experimental, composição bromatológica da parte aérea da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú e disponibilidade média de matéria seca por hectare (kg MS/ha)

Composição (g/kg MS)	Pastagem	Concentrado	Gordura protegida <sup>1</sup>	<i>L. calcareum</i>
Kg MS/ha	3916,67	-	-	-
MS (g/kg)	287,08	882,90	950,00	995,20
PB (g/kg)	69,58	161,55	-	-
EE (g/kg)	22,07	38,62	850,00	-
FB (g/kg)	350,17	...	-	-
FDN (g/kg)	788,73	261,03	-	-
FDN <sub>CP</sub> (g/kg)	765,20	...	-	-
FDA (g/kg)	423,03	97,63	-	-
Lignina (g/kg)	51,22	...	-	-
MM (g/kg)	58,73	30,10	150,00	953,45
Cálcio (g/kg)	3,90	...	102,00	250,00
Fósforo (g/kg)	1,28	...	-	0,28
CNF <sup>2</sup> (g/kg)	84,42	...	-	-
NDT <sup>3</sup> (g/kg)	525,47	...	-	-

<sup>1</sup>Valores fornecidos pelo fabricante (Megalac-E<sup>®</sup>).

<sup>2</sup>CNF(%)=100-(%FDNcp+%PB+%EE+%MM) (Weiss, 1999).

<sup>3</sup>NDT(%)=(0,98x%CNF)+(0,93x%PB)+2,25x(%EE-1)+0,75x(%FDNcp-%Lignina)x(1%(Lignina/%FDNcp)<sup>0,667</sup>)-7 (Weiss et al., 1992).

Os tratamentos foram os seguintes: 1,00 kg de suplemento base/animal/dia (sem aditivos) (CON); 10 gramas de farinha de algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*)/animal/dia + 0,99 kg de suplemento base (FA); 1x10<sup>3</sup> UI de vitamina E + 0,6 ppm de selênio orgânico adicionadas a 1,00 kg de suplemento base/animal/dia (VE); 150 gramas

de gordura protegida + 0,85 kg de suplemento base/animal/dia (GP); 1,00 kg de suplemento base/animal/dia + uma aplicação por via subcutânea de  $6 \times 10^6$  UI de vitamina D<sub>3</sub>/animal sete dias antes do abate (VD); e uma associação de  $1 \times 10^3$  UI de vitamina E + 0,6 ppm de selênio orgânico + 150 gramas de gordura protegida + 0,85 kg de suplemento base/animal/dia + uma aplicação por via subcutânea de  $6 \times 10^6$  UI de vitamina D<sub>3</sub>/animal sete dias antes do abate (MIX).

Os abates ocorreram em frigorífico comercial conforme os animais atingiam aproximadamente 330 kg, sendo abatidos por concussão cerebral através do uso de dardo cativo, segundo procedimentos de abate humanitário. Foram realizados seis abates num intervalo de 5 semanas, de maneira que em cada procedimento eram abatidos o mesmo número de animais por tratamento.

Após resfriamento da carcaça, foram retiradas e congeladas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de 2,5 cm de espessura à altura da 9<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costelas para análises da carne.

Na primeira amostra de contra-filé foi feita a pré-secagem da parte muscular da amostra em estufa com ventilação forçada de ar à temperatura de 75°C por 48 horas, após isso foram moídas em moinho tipo Willey, provido de peneiras com crivo de 1 mm, para determinação da composição centesimal da carne conforme metodologia descrita pela AOAC (1995): matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM).

A segunda amostra de *Longissimus* foi utilizada para análise do perfil e teor de ácidos graxos. A extração dos lipídeos e metilação dos ácidos graxos foram efetuadas utilizando-se a técnica de Hara & Radin (1978) com modificações. Pesou-se 5 g de amostra de tecido muscular e colocou-se em tubo de ensaio largo. Adicionou-se mistura de isopropanol/hexano (2:3) para extração dos ácidos graxos.

Para a reação de metilação desses ácidos graxos pesou-se cerca de 40 mg. Adicionaram-se os solventes necessários para a reação (metil acetato, metóxido de sódio - 30% em

metanol) e finalmente solução de ácido oxálico anidro. Obtiveram-se assim as amostras de ácidos graxos esterificados e prontas para análise por cromatografia gasosa.

A separação e a detecção dos ácidos graxos foram feitas por meio de cromatografia gasosa usando cromatógrafo Thermo, modelo Trace CG Ultra com detector de ionização de chama (FID), em coluna capilar de sílica fundida de 100 m de comprimento, 0,25 mm diâmetro e 0,2 µm de espessura (Restek RTX® - 2330, Bellefonte, PA, USA). Os parâmetros de operação foram fixados em temperatura do detector de 270°C e temperatura do injetor de 250°C. A temperatura inicial da coluna foi de 120°C (5 min), subindo gradativamente até 240°C (15 min) a 3°C/min. Para o gás de arraste foi utilizado hélio com fluxo na coluna de 1,5 mL/min. Para injeção foi utilizado 1 µL.

A técnica de injeção foi *split* (razão 20:1). Os dados sobre os tempos de retenção e as porcentagens dos componentes foram obtidos através do software *Chrom Quest*, versão 4.2.

A identificação e quantificação dos ácidos graxos foi realizada por meio do tempo de retenção e pela comparação do tempo de retenção com a co-injeção de ésteres metílicos de ácidos graxos de amostras e padrões. As quantificações foram realizadas utilizando-se padrões externos da marca SIGMA.

As análises da primeira quanto da segunda amostra de contra-filé foram realizadas na FAMEZ/UFMS (Laboratório de Avaliação de Alimentos).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 25 repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando no modelo a covariável número de dias para o abate. Utilizou-se o PROC GLM do software SAS v.9.2 (Sas Institute Inc., Cary, CA, USA) para os procedimentos estatísticos.

Quando identificado efeito significativo de tratamentos, as médias dos tratamentos com aditivos foram comparadas à média do tratamento controle através do teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

O tratamento VE não modificou a composição da carne (Tabela 2), sendo que o nível de selênio adotado não teve influência sobre a matéria mineral da carne dos animais suplementados com esse aditivo. Os efeitos do uso dessas substâncias estão mais relacionados à maior estabilidade de membranas celulares (Arnold et al., 1992).

**Tabela 2.** Composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú

Variável (%)	Tratamento <sup>1,2</sup>						CV (%)	Valor P
	CON	FA	VE	VD	GP	MIX		
Umidade	75,13	75,73	75,43	75,32	75,48	75,07	1,79	0,546
Proteína bruta	22,33	21,88	22,14	22,01	21,85	22,25	5,69	0,699
Extrato etéreo	1,66	1,41	1,44	1,69	1,68	1,77	39,52	0,256
Matéria mineral	1,00	1,01	1,06	1,01	1,10	1,00	16,06	0,122

<sup>1</sup>CON = controle; FA = farinha de algas calcárias; VE = vitamina E + selênio orgânico; VD = vitamina D; GP = gordura protegida; MIX = vitamina E + selênio; vitamina D; gordura protegida.

<sup>2</sup>Médias seguidas de "\*" diferem da média do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Como a vitamina D tem efeito sobre o metabolismo de cálcio, a suplementação com este aditivo poderia aumentar a concentração desse mineral na carne e afetar diretamente o teor de matéria mineral, no entanto tal efeito não foi observado.

Tão pouco foram observadas diferenças significativas na composição centesimal da carne dos animais que receberam a associação de aditivos ( $P > 0,05$ ).

Os estudos que utilizaram a farinha de algas calcárias em bovinos de corte em regimes extensivos de criação não avaliaram seus efeitos sobre a composição centesimal da carne (Melo & Moura, 2009; Orsine et al., 1989). Por esse composto ser basicamente formado por minerais de alta disponibilidade, alterações relacionadas a matéria mineral da carne poderiam ocorrer.

Também não houve efeito da gordura protegida sobre a composição centesimal da carne (Tabela 2). Pires et al. (2008) também não encontraram alterações no conteúdo de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral da carne de novilhos Angus x Nelore suplementados com 5% da MS de gordura protegida durante 166 dias de confinamento.

Da mesma forma Gilbert et al. (2003) ao avaliarem os efeitos da utilização de gordura protegida sobre a composição da carne de bovinos Brangus não verificaram alterações significativas na composição centesimal da carne.

A composição centesimal obtida (Tabela 2) em todos os tratamentos está de acordo com a descrita em outro trabalho que utilizou bovinos taurinos terminados a pasto: 75% de umidade, 22% de proteína bruta, 1,6% de extrato etéreo e 1,1% de matéria mineral (Sami et al., 2004).

O mesmo ocorreu com novilhos Angus e Nelore terminados a pasto, onde foram observados valores médios de 74% de umidade, 21,5% de proteína bruta, 3% de gordura e 1% de matéria mineral, sem haver diferenças entre as raças avaliadas (Rossato et al., 2010).

Quando aditivos são utilizados em bovinos de corte com intuito de se melhorar a qualidade da carne, a determinação do perfil de ácidos graxos é essencial para verificar se tais aditivos alteram as concentrações de ácidos graxos. Tem se buscado alternativas que possibilitem o aumento do teor de ácidos graxos insaturados, e principalmente os poliinsaturados da série ômega-3 e o ácido linoléico conjugado, por possuírem efeitos benéficos à saúde humana (Tapiero et al., 2002).

**Tabela 3.** Perfil de ácidos graxos de cadeia longa (proporção em relação à quantidade total de ácidos graxos) do músculo *Longissimus dorsi* de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

Ácido graxo (%)	Tratamento <sup>1,2</sup>						CV (%)	Valor P
	CON	FA	VE	VD	GP	MIX		
C14:0 (mirístico)	2,99	2,55	2,88	2,90	3,13	2,73	25,74	0,099
C14:1 (miristoléico)	0,31	0,26	0,30	0,28	0,32	0,26	34,25	0,210
C15:0 (pentadecanóico)	0,26	0,23	0,18	0,26	0,18	0,27	80,76	0,312
C16:0 (palmítico)	26,41	26,05	26,82	27,14	27,58	25,19	11,85	0,113
C16:1 (palmitoléico)	1,37	1,36	1,49	1,48	1,41	1,22	16,45	0,118
C17:0 (heptadecanóico)	6,75	6,82	6,09	6,68	5,78*	5,66*	18,31	< 0,001
C17:1(cis-heptadecanóico)	0,20	0,22	0,22	0,22	0,18	0,17	25,28	< 0,001
C18:0 (esteárico)	20,46	18,30	19,50	18,41	17,82	20,38	24,29	0,202
C18:1 <i>cis</i> 9 (oléico)	38,23	40,29	38,50	39,10	39,44	39,72	10,98	0,552
C18:2 <i>cis</i> 9 <i>trans</i> 11 (CLA)	0,21	0,16	0,21	0,16	0,15	0,20	67,25	0,303
C18:2 <i>cis</i> 9,12 (linoléico)	1,62	2,09	2,08	1,92	2,54*	2,58*	48,41	<0,010
C18:3 <i>n</i> -3 (linolênico)	0,19	0,33*	0,27	0,30*	0,27	0,27	46,49	<0,010
C20:4 <i>n</i> -6 (araquidônico)	1,00	1,32	1,46	1,17	1,19	1,35	60,16	0,313

<sup>1</sup>CON = controle; FA = farinha de algas calcárias; VE = vitamina E + selênio orgânico; VD = vitamina D; GP = gordura protegida; MIX = vitamina E + selênio; vitamina D; gordura protegida.

<sup>2</sup>Médias seguidas de "\*" diferem da média do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A vitamina D utilizada isoladamente levou a um aumento na concentração de ácido linolênico, de 0,19% para 0,30%, comparando-se ao tratamento sem aditivos (Tabela 3). Tal efeito não foi observado por Baldin (2010) ao utilizar  $7,5 \times 10^6$  UI vitamina D<sub>3</sub>/animal/dia por 10 dias antes do abate na dieta em bovinos de corte Nelore e Limousin confinados.

Este aditivo parece ter tido algum efeito anti-oxidante nos tecidos sobre o ácido linolênico. Contudo não é descrito na literatura tal evento, sendo necessárias mais avaliações no sentido de esclarecer o possível mecanismo envolvido.

Já a vitamina E é conhecida principalmente pelo papel antioxidante inter e intracelular que exerce nos tecidos dos seres vivos. Ela inibe a peroxidação natural dos ácidos graxos poliinsaturados nas camadas lipídicas, eliminando os radicais livres gerados durante a redução do oxigênio molecular e a atividade normal das enzimas oxidativas (Zeoula & Geron, 2006).

A melhoria do perfil de ácidos graxos também está associada à capacidade antioxidativa tecidual. Isso se deve ao fato de que os ácidos graxos poliinsaturados são mais suscetíveis a oxidação e rancificação em função de suas duplas ligações (Baldin, 2010).

Em função do exposto acima a vitamina E e o selênio orgânico vêm sendo utilizados em doses acima das recomendadas, de forma suplementar adicionados à dieta de bovinos de corte. Porém as melhorias dessa suplementação sobre os ácidos graxos da carne não ocorreram aqui (Tabela 3).

O fornecimento de gordura protegida na forma de sabões de cálcio pode aumentar as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados e ácido linoléico conjugado na carne (Almeida, 2010). Isto se deve ao fato de que as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados não sofrem processo de biohidrogenação pelas bactérias ruminais ao estarem protegidas. Dessa forma, não são transformados em ácidos graxos saturados. A biohidrogenação incompleta pode levar à formação de ácido linoléico conjugado (Bauman et al., 1999).

No presente trabalho a utilização de gordura protegida de forma isolada alterou o teor de alguns ácidos graxos. Observou-se um aumento de 57% (de 1,62% para 2,54%) na concentração de ácido linoléico em relação ao controle, e uma diminuição do ácido heptadecanóico (5,78%) em relação ao controle (6,75%).

A proteção conferida aos ácidos graxos por este aditivo provavelmente promoveu um aumento nos teores de ácido linoléico absorvidos pelo animal, por levar a uma diminuição na taxa biohidrogenação ruminal deste ácido graxo (Engle, 2011). Esses resultados podem ser considerados positivos por tornar a carne mais saudável.

Tais achados são corroborados por Oliveira et al. (2012), que ao utilizarem 4,5% de gordura protegida da MS da dieta de Nelores confinados relataram haver uma diminuição do ácido heptadecanóico de 0,76% para 0,69%, e um aumento do ácido linoléico de 5,66% para 7,82% na carne dos animais.

Partida e colaboradores (2007), ao utilizarem o óleo de palma como fonte de gordura protegida em bovinos taurinos confinados observaram reduções nas concentrações de ácido esteárico e ácido heptadecanóico, sem haver aumento no teor do ácido linoléico.

Não foram encontrados trabalhos que avaliaram a influência da farinha de algas calcárias sobre o perfil lipídico da carne de bovinos. O resultado aqui obtido, no entanto, demonstra haver efeito de tal aditivo sobre os ácidos graxos da carne. Alguns estudos (Legleiter et al., 2005; Engle, 2011; Richter et al., 2012) demonstraram que a adição de minerais como o cobre, manganês e enxofre à dieta de bovinos pode levar à produção de uma carne com um perfil lipídico mais saudável.

A quantidade dos elementos pode variar na farinha de algas calcárias, sendo que a concentração de cobre fica em torno de 10 ppm e enxofre 0,45% (FPO, 2003).

O cobre afeta o metabolismo de lipídeos e principalmente de ácidos graxos de cadeia longa. Sua deficiência resulta em elevado nível de triglicerídeos, fosfolípidos e colesterol no soro sanguíneo (Mc Dowell, 1992). Além disso, este elemento está associado às enzimas responsáveis pela diminuição de radicais livres e oxidação de membranas celulares, como a superóxido dismutase (Bozkaya, et al., 2001).

Como o *Lithothamnium calcareum* é composto basicamente por minerais, alguns desses elementos podem ter levado a tais alterações. Dias (2000) encontrou basicamente carbonato de cálcio e magnésio, além de mais de 20 oligoelementos como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr, que apresentam grande biodisponibilidade para absorção intestinal (Melo & Moura, 2009).

O tratamento farinha de algas calcárias levou a um aumento de 74% no teor de ácido linolênico (C 18:3) em relação ao controle. Este resultado está em concordância aos descritos por Correa et al. (2012), que verificaram melhorias nos teores de alguns ácidos graxos

insaturados na carne de bovinos Nelore confinados suplementados com 10 mg de cobre orgânico por kg de matéria seca/dia.

Segundo Engle (2011) esses efeitos poderiam ser causados por uma inibição na biohidrogenação ruminal. Este processo seria inibido em sua etapa inicial, na formação do isômero quando a ligação dupla é transferida na forma *trans* para o carbono 11 (Kozloski, 2009). O íon do mineral levaria à formação de um centro eletronegativo no hidrogênio envolvido na formação do isômero (Kepler et al., 1971), o que impediria a posterior formação de ligações simples no lugar das duplas ligações.

Essa reação ocorreria em função do alto potencial redutor do cobre no rúmen levar a uma diminuição dos equivalentes redutores na forma de NADH e NADPH (Engle et al., 2000), responsáveis pela substituição das duplas ligações (Kozloski, 2009).

O cobre também está envolvido no metabolismo lipídico, melhorando a atividade de enzimas dessaturases, o que leva a um aumento da capacidade de dessaturação dos microsossomos dos adipócitos e das células hepáticas e consequente mudança na composição dos ácidos graxos da gordura depositada (Engle, 2011).

Segundo Richter et al. (2012) a suplementação de bovinos a pasto com níveis elevados de enxofre aumentou a gordura de cobertura na carcaça, sugerindo que este mineral pode ter influenciado o metabolismo de lipídeos.

Como são muitos os minerais presentes na farinha de algas calcárias, os possíveis mecanismos envolvidos na melhoria do perfil lipídico da carne ainda não são claros. Dessa forma é necessário que sejam melhor elucidados através de novas pesquisas, levando em conta tanto os efeitos sobre a biohidrogenação ruminal como sobre o metabolismo de lipídeos.

O tratamento com aditivos associados (MIX) diminuiu ( $P < 0,05$ ) os teores do ácido heptadecanóico (C 17:0) e aumentou ( $P < 0,05$ ) os teores de ácido linoléico (C 18:2) em relação ao tratamento controle. A diminuição dos teores de ácido heptadecanóico é descrita

quando se utiliza a gordura protegida em bovinos de corte, assim como um aumento nos teores de ácido linoléico (Oliveira et al., 2012).

Com a oferta de dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados, como é o caso do tratamento GP e MIX, a carne tende a ter uma maior participação dos mesmos, e um maior aporte de vitamina E e selênio pode diminuir a oxidação desses ácidos graxos e possibilitar um perfil de ácidos graxos mais desejável (Gobert et al., 2010).

O perfil de ácidos graxos da carne das novilhas do presente estudo (Tabela 3) está de acordo com o perfil lipídico de bovinos das raças Aberdeen Angus e Nelore terminados em *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú, porém sem suplementação (Rossato et al., 2010). Esses autores encontraram para a raça Angus em porcentagem do total de ácidos graxos quantificados os valores de 2,27 para o ácido mirístico (C14:0), 0,36 de ácido miristoléico (C14:1), 23,44 de ácido palmítico (C16:0), 2,25 de ácido palmitoléico (C16:1), 19,07 para o ácido esteárico (C18:0), 35,85 de ácido oléico (C18:1n9c), 0,50 de ácido linoléico conjugado (C18:2 9c,11t), 2,60 de ácido linoléico (C18:2 9c,12c), 0,89 para o ácido linolênico (C18:3n3), e 1,25 de ácido araquidônico (C20:4n6).

Outros trabalhos (Menezes et al., 2006; Purchas & Zou, 2008; Rossato et al., 2009) que utilizaram bovinos Brangus e Angus apresentaram valores de ácidos graxos individuais concordantes com os valores aqui observados. Vale informar que apesar de nesses experimentos os animais terem sido terminados em confinamento, as dietas continham alta proporção de alimentos volumosos, mostrando que a quantidade de volumoso fornecida tem grande interferência sobre o perfil lipídico da carne de bovinos.

Os tratamentos VD, VE e GP não foram diferentes do controle em relação aos grupos de ácidos graxos e suas relações, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4.** Relações entre grupos de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de novilhas Brangus suplementadas com diferentes aditivos alimentares em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

Variável	Tratamento <sup>1,2</sup>						CV (%)	Valor P
	CON	FA	VE	VD	GP	MIX		
Saturados (%)	56,87	53,96	55,47	55,37	54,49	54,23	8,63	0,275
Insaturados (%)	43,13	46,04	44,53	44,63	45,51	45,77	10,57	0,274
Monoinsaturados (%)	40,11	42,14	40,51	41,07	41,35	41,37	10,60	0,645
Poliinsaturados (%)	3,02	3,90	4,02	3,55	4,16	4,40	47,63	0,115
Insaturados:saturados	0,769	0,869	0,816	0,824	0,846	0,855	19,37	0,296
Monoinsaturados:saturados	0,714	0,795	0,742	0,758	0,768	0,772	18,98	0,455
Poliinsaturados:saturados	0,055	0,074	0,074	0,066	0,078	0,083	52,89	0,123

<sup>1</sup>CON = controle; FA = farinha de algas calcárias; VE = vitamina E + selênio orgânico; VD = vitamina D; GP = gordura protegida; MIX = vitamina E + selênio; vitamina D; gordura protegida.

<sup>2</sup>Médias seguidas de "\*" diferem da média do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A associação de vitamina D, gordura protegida e vitamina E + selênio também não levou a resultados desejáveis, não sendo observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) em nenhum dos grupos de ácidos graxos e relações entre grupos de ácidos graxos avaliados. Diferente do obtidos por Pires et al. (2008), que ao utilizarem gordura protegida de maneira isolada em quantidade superior (5% da MS) elevaram o teor de ácidos graxos poliinsaturados de 3,75% para 4,90%.

Ao comparar duas formas diferentes de gordura protegida em novilhos Brangus confinados com uma dieta à base de milho aos animais da dieta controle Gilbert et al. (2003) demonstraram que os animais que recebiam uma ou outra fonte de gordura protegida apresentaram um perfil lipídico da carne mais desejável. A carne dos animais apresentou menores teores de ácidos graxos saturados e maiores de ácido linoléico e linolênico, o que levou à melhoria na relação poliinsaturados/saturados, de 0,05 para 0,11%.

O aditivo farinha de algas calcárias não promoveu uma diminuição significativa dos ácidos graxos saturados, e nem aumento de insaturados, além de não melhorar nenhuma das relações de ácidos graxos estudadas (Tabela 4). Provavelmente essas melhorias não ocorreram pela baixa quantidade do aditivo utilizada (10 gramas).

Correa et al. (2010) ao utilizarem uma quantidade elevada de cobre inorgânico (10 mg por kg de MS) em animais Nelore confinados verificaram uma diminuição dos ácidos graxos saturados, de 50,19 para 45,10%, e um aumento de insaturados de 49,81 para 54,90%. Além disto a relação ácidos graxos insaturados/saturados passou de 0,99 para 1,22%, e a de monoinsaturados/saturados, aumentou de 0,88 para 1,11%.

Por mais que alguns dos aditivos utilizados tenham apresentado efeitos positivos sobre os ácidos graxos de maneira isolada, tais efeitos não se estenderam aos grupos de ácidos graxos e nem às relações entre grupos de ácidos graxos.

### **Conclusões**

Os aditivos utilizados não exercem efeito sobre a composição centesimal da carne de novilhas terminadas no sistema de suplementação a pasto.

Tanto a utilização de farinha de algas como a de vitamina D melhoram o teor de ácido linolênico da carne, enquanto o uso de gordura protegida e de aditivos associados (gordura protegida, selênio, vitamina E e D) têm potencial de melhorar a concentração de ácido linoléico da carne de novilhas Brangus.

Os aditivos alimentares não elevam a concentração dos grupos de ácidos graxos insaturados, monoinsaturados e poliinsaturados, e nem melhoram as relações entre os grupos de ácidos graxos insaturados e saturados da carne de novilhas Brangus terminadas em sistema de suplementação a pasto.

## Referências

- ALMEIDA, A.K. **Desempenho, características de carcaça e perfil de ácidos graxos de cordeiros alimentados com diferentes proporções de volumoso e fontes de lipídios**. 2010. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.
- ARNOLD, R.N.; SCHELLER, K.K.; ARP, S.C. et al. Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3055-3065, 1992.
- BALDIN, S.R. **Desempenho, características de carcaça e atributos da carne de bovinos jovens confinados suplementados com vitaminas D e E**. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. et al. **Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants**. In: PROCEEDINGS OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999. Disponível em: <<http://www.asas.org/symposia/9899proc/0937.pdf>> Acesso em: 10 de Novembro de 2011.
- BOZKAYA, L.A. Effects of Se, Cu, and Se plus vitamin E deficiency on the activities of CuZnSOD, GSH-Px, CAT and LPO levels in Chicken Erythrocytes. **Cell Biochemistry and Function**, v.19, p. 153-157, 2001.
- CORREA, L.B.; ZANETTI, M.A.; DEL CLARO, G.R. et al. Effect of supplementation of two sources and two levels of copper on lipid metabolism in Nellore beef cattle. **Meat Science**, v.91, p.466-471, 2012.
- DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos – Algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.18, p.307-318, 2000.
- ENGLE, T.E. Copper and lipid metabolism in beef cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v.89, p.591–596, 2011.
- ENGLE, T.E.; SPEARS, J.W.; EDENS, F.W. Dietary copper effects on lipid metabolism and circulating catecholamine concentration in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2737-2744, 2000.
- EUCLIDES, V.P.B; MACEDO, M.C.M; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p. 691-702, 1992.
- FPO. Free Patents Online. Calcareous material. Patente européia EP0966295 de 20 de agosto de 2003. **FPO 2003**. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/EP0966295B1.html>>. Acesso em 15 de setembro de 2012.

GILBERT, C.D.; LUNT, D.K.; MILLER, R.K. et al. Carcass, sensory, and adipose tissue traits of Brangus steers fed casein-formaldehyde-protected starch and/or canola lipid. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2457-2468, 2003.

GOBERT, M.; GRUFFAT, D.; HABEANU, M. et al. Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. **Meat Science**, v.85, p.676–683, 2010.

HARA, A.; HADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, v.90, p.420-426, 1978.

HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.15, p.663-670, 1975.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v.59, p.5-13, 2001.

KEPLER, C.R.; TUCKER, W.P.; TOVE, S.B. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Stereospecificity of proton addition and mechanism of action of linoleic acid  $\Delta$ -cis,  $\Delta$  trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. **Journal of Biological Chemistry**, v.246, p.2765–2771, 1971.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2.ed. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2009. 44p.

LEGLEITER, L.R.; SPEARS, J.W., LLOYD, K.E. Influence of dietary manganese on performance, lipid metabolism, and carcass composition of growing and finishing steers. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2434-2439, 2005.

MELO, T.V.; MOURA, A.M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.

MENEZES, G.F.L.; KOZLOSKI, G.V.; RESTLE, J. et al. Perfil de ácidos graxos de cadeia longa e qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento com diferentes níveis de monensina sódica na dieta. **Ciência Rural**, v.36, p.186-190, 2006.

OLIVEIRA, E.A.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W. et al. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, v.90, p.28-35, 2012.

ORSINE, G.F.; COSTA, C.P.; B. OLIVEIRA. et al. Efeito da fonte de cálcio (Calcário vs. *Lithothamnium calcareum*) na digestibilidade aparente do feno de capim *Brachiaria decumbens* Staph cv. Basilisk. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.19, p. 49-58, 1989.

PARTIDA, J.A.; OLLETA, J.L.; SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplements. **Meat Science**, v.76, p.444–454, 2007.

- PIRES, I.S.C; ROSADO, G.P.; COSTA, N,M,B. et al. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de novilho precoce alimentado com lipídios protegidos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.178-183, 2008.
- PURCHAS, R.W.; ZOU, M. Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. **Meat Science**, v.80, p.470-479, 2008.
- RICHTER, E.L.; DREWNOSKI, M.E.; HANSEN, S.L. Effects of increased dietary sulfur on beef steer mineral status, performance, and meat fatty acid composition. **Journal of Animal Science**, v.90, p.3945-3953, 2012.
- ROSSATO, L.V.; BRESSAN, M.C.; RODRIGUES, E.C. et al. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1841-1846, 2009.
- ROSSATO, L.V.; BRESSAN, M.C.; RODRIGUES, E.C. et al. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1127-1134, 2010.
- SAMI, A.S.; AUGUSTINI, C.; SCHWARZ, F.J. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. **Meat Science**, v.67, p.195-201, 2004.
- SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.F.; NUERNBERG, K. et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, p.17-33, 2006.
- TAPIERO, H. Polyunsaturated fatty acids and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.56, p.215-222, 2002.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.4, p.829-835, 1963.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R. St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.
- ZEOULA, L.M.; GERON, L.J.V. Vitaminas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 2006. p.367-371.