

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

Djenifer Kirch Kipper

**MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS EM  
FUNÇÃO DA MASSA CORPORAL, DO REGIME ALIMENTAR E SUA  
RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA CARNE OVINA**

Santa Maria, RS

2016

Djenifer Kirch Kipper

MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS EM FUNÇÃO DA  
MASSA CORPORAL, DO REGIME ALIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A  
QUALIDADE DA CARNE OVINA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do  
grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**.

Orientador: Prof. Dr. Renius de Oliveira Mello

Santa Maria, RS

2016



**Djenifer Kirch Kipper**

**MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS EM FUNÇÃO DA  
MASSA CORPORAL, DO REGIME ALIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A  
QUALIDADE DA CARNE OVINA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**.

**Aprovado em 14 de março de 2016:**

---

**Renius de Oliveira Mello, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Cleber Cassol Pires, Dr. (UFSM)**

---

**Letieri Griebler, Dr<sup>a</sup>. (UNOESC)**

---

**Rosa Cristina Prestes, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**

Santa Maria, RS, Brasil

2016

*Ao meu esposo, meu pai, minha mãe, meu irmão e minha  
família de coração. Amo vocês.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu esposo Gilmar, por sempre estar comigo e ser o meu maior motivador e incentivador. Sem a tua ajuda isso não seria possível. Te amo!

À minha família, pelo apoio e amor incondicional, por sempre se fazerem presente em minhas decisões e enfrentar essa luta juntos. Amo vocês!

Ao orientador, professor Renius, pelos ensinamentos passados, pela dedicação e empenho para que este trabalho fosse possível.

Ao co-orientador, professor Cleber e a Letieri, pela ajuda e pelas amostras cedidas para que esta pesquisa fosse possível.

À minha colega e amiga acima de tudo Magda, por toda a ajuda, companheirismo e amizade dedicados ao longo destes dois anos. Muito obrigada!

À minha colega e amiga Patricia, por estar nessa luta comigo desde o início de tudo. Muito obrigada pela nossa amizade!

Aos colegas e amigos da pós-graduação, por tornar estes dois anos agradáveis. Aos colegas do Nidal, pela parceria e troca de experiências.

Aos estagiários, Rosangela, Andre, Gabriella, Ana e Juliana pela ajuda dedicada a esta pesquisa.

À equipe do laboratório de Morfofisiologia Experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em especial Marina.

Ao Departamento de Biologia Estrutural e Funcional do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), pelo total apoio para que parte do trabalho pudesse ser realizado.

Ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por ceder sua estrutura para a realização de testes.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores e funcionários do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos que colaboraram para a minha formação.

Apoio Edital Capes nº. 13/2008 - Pró-Equipamentos.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”*

*(José de Alencar)*

## RESUMO

### MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS EM FUNÇÃO DA MASSA CORPORAL, DO REGIME ALIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS

AUTORA: Djenifer Kirch Kipper  
ORIENTADOR: Renius de Oliveira Mello

Objetivou-se determinar a modulação das fibras musculares esqueléticas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, em função da variação da massa corporal e do regime alimentar, avaliando sua relação com a qualidade da carne de cordeiros da raça Texel. Para avaliação da massa corporal foram utilizados trinta cordeiros, distribuídos em cinco tratamentos com seis repetições cada: seis cordeiros foram abatidos com 20 kg (abate controle), 24 animais foram abatidos aos 25, 30, 35 e 40 kg. Para a avaliação da influência do regime alimentar, foram utilizados vinte e quatro cordeiros, distribuídos em quatro tratamentos, onde seis cordeiros foram abatidos logo após adaptação as condições experimentais (abate controle), 12 animais foram submetidos a dois níveis de restrição alimentar (55 e 70% do consumo *ad libitum*, seis por grupo) e 6 animais foram submetidos ao consumo *ad libitum* e abatidos com massa corporal de 40 kg. As diferentes massas corporais ao abate, proporcionaram modulação das fibras musculares do tipo IIB e IIC para fibras do tipo IIA para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinoso* e *Supraspinatus*, além de proporcionar alterações no diâmetro, área e frequência relativa das fibras musculares. Em relação a qualidade da carne, observou efeito ( $P < 0,05$ ) das diferentes massas corporais, nos teores de umidade, lipídios, colesterol, pH, dureza, cor e perfil lipídico. Já, para os diferentes níveis de restrição alimentar observou-se que os animais submetidos as restrições de 55 e 70% apresentaram menores valores das características das fibras musculares, sendo observado o contrário para os animais submetidos ao consumo *ad libitum*. A restrição alimentar, influenciou também nas características da qualidade da carne, como a umidade, cinzas, proteína, lipídios, colesterol, perdas de cocção e atributos de cor. Sendo assim, é possível concluir que diferentes massas corporais ao abate e diferentes sistemas de alimentação influenciam as características da qualidade da carne e a modulação das fibras musculares esqueléticas.

**Palavras-chave:** Texel. Miogênese. Perfil lipídico.

## SUMMARY

### MODULATION OF FIBER MUSCLE SKELETAL DEPENDING ON THE BODY MASS, THE DIET AND ITS RELATIONSHIP WITH THE QUALITY OF SHEEP MEAT

AUTHOR: Djenifer Kirch Kipper  
ADVISOR: Renius de Oliveira Mello

This study aimed to determine the modulation of skeletal muscle fibers of *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* and *Supraspinatus*, due to the variation in body weight and diet, evaluating its relationship with meat quality of lambs of Texel. For assessment of body mass were used thirty lambs distributed in five treatments with six replicates each: six lambs were slaughtered at 20 kg (slaughter control), 24 animals were slaughtered at 25, 30, 35 and 40 kg. For the evaluation of the influence of diet twenty-four lambs were randomly divided into four treatments, where six lambs were soon slaughtered after adjusting the experimental conditions (slaughter control), 12 animals were submitted to two food restriction levels (55 and 70% of ad libitum intake, six per group) and 6 animals were submitted to ad libitum consumption and slaughtered with a body mass of 40 kg. The different body mass slaughter, provided modulation of muscle fibers type IIB and IIC for type IIA fibers to the *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* and *Supraspinatus*, and provide changes in diameter, area and relative frequency of muscle fibers. Regarding the quality of meat, observed effect ( $P < 0.05$ ) of different body masses, the moisture, lipids, cholesterol, pH, hardness, color and lipid profile. Already, for different levels of food restriction it was observed that animals submitted the restrictions 55 and 70% had lower values of the characteristics of muscle fibers, whereas the opposite for animals submitted to ad libitum intake. Food restriction also influenced the meat quality characteristics, such as moisture, ash, protein, lipids, cholesterol, loss of cooking and color attributes. Thus, we conclude that different body mass slaughter and different feeding systems influence meat quality characteristics and the modulation of skeletal muscle fibers.

**Keywords:** Texel; myogenesis; lipid profile.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1 - Seções transversais do músculo *Semitendinosus*, reagidas pelo método m-ATPase e incubadas em pH 4,3 e 4,6 ..... 33
- Figura 2 - Composição química do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Texel abatidos com diferentes massas corporais ..... 35

### CAPÍTULO II

- Figura 1 - Seções transversais dos músculos *Longissimus dorsi* (1a-1b), *Semitendinosus* (2a-2b) e *Supraspinatus* (3a-3b), reagidas pelo método m-ATPase e incubadas em pH 4,3 e 4,6 .....56
- Figura 2 - Composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi*, submetido a diferentes regimes alimentares ..... 64
- Figura 3 - Perdas por cocção, gotejamento, evaporação e descongelamento do músculo *Longissimus dorsi*, submetido a diferentes regimes alimentares ..... 65

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Atributos de cor do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cordeiros da raça Texel abatidos com diferentes massas corporais .....	37
Tabela 2 - Força de cisalhamento, perfil de textura, Ph, Aa, CRA e perdas por cocção, gotejamento, evaporação e descongelamento do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	39
Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	40
Tabela 4 - Diâmetro, área relativa e frequência do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	42
Tabela 5 - Diâmetro, área relativa e frequência do músculo <i>Semitendinosus</i> .....	43
Tabela 6 - Diâmetro, área relativa e frequência do músculo <i>Supraspinatus</i> .....	44
Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Spearman entre a área relativa das fibras musculares dos tipos I, IIA, IIB e IIC e a qualidade da carne do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	46

### CAPÍTULO II

Tabela 1 - Diâmetro, área relativa e frequência do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	60
Tabela 2 - Diâmetro, área relativa e frequência do músculo <i>Semitendinosus</i> .....	61
Tabela 3 - Diâmetro, área relativa e frequência do músculo <i>Supraspinatus</i> .....	62
Tabela 4 - Atributos de cor do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cordeiros da raça Texel submetidos a diferentes regimes de alimentação .....	66
Tabela 5 - Colesterol, TBARS, Ph, Aa, CRA, WBS e perfil de textura do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cordeiros da raça Texel submetidos a diferentes regimes de alimentação.....	67
Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	69
Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Spearman entre a área relativa das fibras musculares dos tipos I, IIA, IIB e IIC e a qualidade da carne do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	70

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1 MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUEÉTICAS .....	15
2.1.1 Miogênese .....	15
2.1.2 Fibra muscular .....	17
2.1.3 Fibra muscular <i>versus</i> qualidade da carne .....	19
2.2 MASSA CORPORAL <i>versus</i> QUALIDADE DA CARNE .....	21
2.3 REGIME AIMENTAR.....	22
2.4 QUALIDADE DA CARNE OVINA .....	23
2.4.1 Carne ovina .....	23
2.4.2 Perfil de ácidos graxos .....	24
2.4.3 Perfil de textura e força de cisalhamento .....	25
2.4.4 Capacidade de retenção de água (CRA) .....	25
2.4.5 Cor .....	26
<b>CAPÍTULO I – MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS EM FUNÇÃO DA MASSA CORPORAL E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS</b> .....	28
<b>RESUMO</b> .....	28
<b>ABSTRACT</b> .....	29
<b>1 Introdução</b> .....	30
<b>2 Materiais e Métodos</b> .....	31
<b>3 Resultados e Discussão</b> .....	35
<b>4 Conclusões</b> .....	47
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	48
<b>CAPÍTULO II – MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS EM FUNÇÃO DO REGIME ALIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS</b> .....	52
<b>RESUMO</b> .....	52
<b>ABSTRACT</b> .....	53
<b>1 Introdução</b> .....	54
<b>2 Materiais e Métodos</b> .....	55
<b>3 Resultados e Discussão</b> .....	59
<b>4 Conclusões</b> .....	71
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	72
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	76
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	77

## 1 INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul caracteriza-se por ser um estado tradicional na criação de ovinos, tendo atualmente um sistema produtivo direcionado principalmente para a produção de animais de corte. Este sistema vem sendo impulsionado pela crescente demanda por carne de cordeiros e pela maior exigência do consumidor, que buscam diferentes cortes cárneos, produtos padronizados e de melhor qualidade (JÚNIOR et al., 2013; LEMES, ROLL, 2013; PIRES et al., 2000). O consumo mundial estimado até o ano de 2022 para a carne ovina é de 6,23 kg/ per capita, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2012).

A aceitabilidade por parte dos consumidores é influenciada por características sensoriais da carne, como cor, suculência, textura, odor e sabor, bem como a composição centesimal, as quais podem ser influenciadas por diferentes fatores, dentre eles destacam-se a espécie, raça, sexo, nutrição e a massa corporal (OSÓRIO et al., 2009), sendo a maciez altamente dependente do tecido conjuntivo, do estado da estrutura miofibrilar e da interação estrutural entre as fibras e matriz extracelular (MONIN, 1998).

Segundo Ryu e Kim (2005), o tipo de fibra muscular tem grande influência sobre a qualidade da carne. Acredita-se que animais com fibras de tamanho moderado produzem carnes de melhor qualidade, já fibras com maior diâmetro têm maior proporção de fibras glicolíticas em sua musculatura, apresentando carnes de coloração mais clara e com menor capacidade de retenção de água, interferindo na qualidade da carne e no produto final (BOROSKI et al., 2010).

O número de fibras musculares é um importante fator na determinação da massa muscular, influenciando no ganho de peso dos animais. Ao nascimento, a maioria dos animais já apresenta o número definido de fibras musculares. Assim, o crescimento pós-natal da massa muscular processa-se por hipertrofia das fibras pré-existentes (PICARD et al., 2003). A frequência dos tipos de fibras pode variar com a idade, sexo, grupo genético, nutrição e sistemas de terminação (LEFAUCHEUR, 2010).

Pesquisas vêm sendo direcionadas, a partir de estratégias de manejo alimentar, massas corporais de abate, diferentes sistemas de produção e melhoramento genético, visando obter melhorias na qualidade nutricional e sensorial da carne ovina, necessárias para atender e garantir uma maior satisfação dos consumidores, além de trazer benefícios as indústrias do setor (COSTA et al., 2008).

Sendo assim, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da massa corporal e do regime alimentar na modulação das fibras musculares esqueléticas e sua relação com a qualidade da carne de cordeiros da raça Texel.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 MODULAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS**

#### **2.1.1 Miogênese**

A miogênese é o processo de desenvolvimento embrionário do tecido muscular. A fase de multiplicação das fibras musculares, nos mamíferos, ocorre na fase de gestação e o número de fibras é fixado por ocasião do parto ou rapidamente após este (PICARD et al., 2002).

De acordo com Filho et al. (2011), a miogênese pode ser dividida em duas etapas, a determinação e a diferenciação. A determinação é o processo no qual as células pluripotentes estão se multiplicando e são mobilizadas para o processo miogênico, se transformando em mioblastos. Já, o processo de diferenciação ocorre quando os genes dos miotubos iniciam sua expressão músculo-específica, iniciando a síntese dos miofilamentos, quando então, os miofilamentos param de se multiplicar (MOORE; PERSAUD, 2008).

Os mioblastos proliferam, migram, diferenciam e fundem-se para formar os miotubos e posteriormente as fibras musculares, no entanto, alguns mioblastos permanecem relativamente indiferenciados, servindo à função de reposição celular nas situações de perda celular e hipertrofia muscular nos indivíduos adultos (FILHO et al., 2011).

Durante a miogênese, as fibras musculares se desenvolvem em duas populações distintas. As fibras que se formam nos primeiros estágios da fusão dos mioblastos são denominadas fibras primárias, as quais dão origem a células de contração lenta (fibras vermelhas) e formam uma base para o desenvolvimento de um grande número de células secundárias, responsáveis por originar as células de contração rápida (fibras brancas). Uma terceira população de mioblastos não forma fibras musculares, mas ficam localizadas próximo às miofibras, entre a membrana e a lâmina basal da fibra muscular e são chamadas de células satélites (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2015).

O número de fibras primárias, formadas durante o período embrionário, é determinado geneticamente e não sofre influências ambientais, ao passo que o número de fibras secundárias é susceptível a muitos fatores, de modo que a nutrição materna em determinada fase da gestação é o fator que determina maior variação no número de fibras ao nascimento (FILHO et al., 2011).

As células satélites são responsáveis pela regeneração e crescimento pós-natal do músculo esquelético, sendo a quantidade destas células um fator determinante para estipular o tamanho que cada músculo pode crescer. O número de células satélites no músculo varia com a idade, o tipo de músculo, a nutrição e a demanda de esforço. Em geral, os músculos oxidativos

possuem uma maior densidade de células satélites que os músculos glicolíticos (CHARGÉ; RUDNICKI, 2004).

As células satélites são células mononucleadas, ativadas durante a fase de hipertrofia. Durante o crescimento muscular ocorre um aumento considerável no número de núcleos das fibras musculares, porque as células satélites são incorporadas pelas fibras musculares servindo como fonte extra de núcleo, aumentando a quantidade de DNA (ácido desoxirribonucléico) para a produção de proteína (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2015).

A regulação do processo de formação dos músculos esqueléticos envolve a ativação, proliferação e diferenciação de várias linhagens de células miogênicas e depende da expressão e atividade de fatores de regulação miogênica. Estes fatores são proteínas que funcionam primeiramente como ativadoras da transcrição, se ligando ao DNA através de sítios específicos presentes na região promotora de vários genes músculo – específicos, levando à expressão dos mesmos onde controlam os eventos da miogênese. Trata-se de um conjunto de moléculas regulatórias das células musculares, que quando forçada sua expressão em várias células não miogênicas, observou-se a conversão das células à linhagem miogênica, iniciando o programa de miogênese.

Os genes MyoD, miogenina, Myf-5 e a MRF4, coletivamente chamados de fatores reguladores da miogênese (MRF's), são expressos em padrões temporais distintos e demonstram a existência de uma hierarquia na forma de expressão no decorrer da miogênese (DU et al., 2014; SILVA; CARVALHO, 2007).

Durante o período de crescimento pós-natal do animal, o crescimento muscular ocorre somente por hipertrofia (aumento do tamanho da célula) principalmente pelo acréscimo de proteína e de núcleos originados da proliferação e fusão das células satélites a célula muscular. A hipertrofia ocorre primeiramente no sentido longitudinal da fibra pelo aumento do número de sarcômeros e, posteriormente, ocorre um aumento do diâmetro pela deposição de proteínas miofibrilares. Portanto, o aumento do tamanho da fibra muscular está limitado por fatores genéticos e nutricionais que irão determinar a capacidade do músculo de sintetizar proteínas musculares (DU et al., 2014; FILHO et al., 2011; SILVA; CARVALHO, 2007).

O processo miogênico é completado entre 80 e 125 dias de gestação (MAIER et al., 1992; MEXIA et al., 2006; SWATLAND; CASSENS, 1973), podendo ser estabilizado aos 100 dias de gestação (GREENWOOD et al., 2000), sendo que após este período, o suprimento de nutrientes é determinante para o crescimento fetal de ovinos.

Geralmente, os machos inteiros possuem fibras musculares maiores que as fêmeas e animais castrados. Em condições normais, o diâmetro das fibras musculares aumenta com a idade, com a alimentação apropriada e com a atividade física (ARRIGONI et al., 2004).

### 2.1.2 Fibra muscular

Lawrie (2005) definem a fibra muscular como sendo células longas, estreitas, multinucleadas que podem estender-se de uma extremidade do músculo para outra, podendo atingir o comprimento de 34 cm e diâmetro de 10 a 100  $\mu\text{m}$  (LEE et al., 2010).

O tamanho das fibras musculares e do tecido conjuntivo, determinam o tamanho dos músculos. O número total de fibras musculares é fixado antes do nascimento do animal (MEXIA et al., 2006), dessa forma, a composição de fibras musculares pode variar com o tipo de músculo, inervação, localização dentro do músculo, idade, sexo, genética, ambiente (temperatura e dieta), exercícios e doenças (ONO et al., 1993; STOCKDALE, 1992).

Segundo Santello (2008), o número de fibras musculares é também um fator importante na determinação da massa muscular dos animais, proporcionando o nascimento de cordeiros com maior ímpeto de ganho de peso e, a proporção entre os tipos de fibras musculares pode resultar em melhoria na qualidade da carcaça e da carne.

No músculo esquelético, as fibras musculares estão organizadas em feixes envolvidos por uma membrana externa de tecido conjuntivo, o epimísio. Do epimísio partem septos muito finos de tecido conjuntivo, que se dirigem para o interior do músculo, dividindo-o em fascículos. Esses septos são chamados de perimísio. Cada fibra muscular, por sua vez, é envolvida por uma camada fina de fibras reticulares, formando o endomísio (LAWRIE, 2005; MANTESE, 2002).

O tecido conjuntivo é o responsável por manter as fibras musculares unidas, bem como por permitir que a força de contração gerada por cada fibra, atue sobre o músculo todo e seja transmitida a outras estruturas, como tendões, ligamentos e ossos (JUNKEIRA; CARNEIRO, 2008).

O tecido muscular é composto basicamente por três tipos de fibras musculares: oxidativas de contração lenta (SO – *Slow oxidative*, Tipo I, vermelhas e aeróbicas), intermediárias de contração rápida (FOG – *Fast oxidative and glycolytic*, Tipo II B, oxidativas e glicolíticas) e as glicolíticas de contração rápida (FG – *fast glycolytic*, Tipo II A, brancas, anaeróbicas) (MINAMOTO, 2005; RAMOS; GOMIDE, 2009). Além dos três principais tipos de fibras musculares, têm-se um quarto tipo de fibra, denominada de fibras do tipo IIC, as quais apresentam capacidade glicolítica e oxidativas (SANTOS, 2002).

As fibras vermelhas apresentam menor diâmetro, número elevado de capilares, alta quantidade de mioglobina, coloração vermelha escura, metabolismo oxidativo, elevado número de mitocôndrias, alto teor lipídico, contração lenta, alta resistência à fadiga (MINAMOTO, 2005) e apresentam maiores quantidades de glicogênios e enzimas relacionadas com a glicólise anaeróbica (FILHO et al., 2011).

Já as fibras brancas apresentam como características, maior diâmetro, número inferior de capilares, baixa quantidade de mioglobina, coloração branca, metabolismo glicolítico, baixo número de mitocôndrias, baixo teor lipídico, contração rápida e baixa resistência à fadiga (MINAMOTO, 2005).

As fibras intermediárias se contraem mais rapidamente que as vermelhas, mas são mais resistentes à fadiga que as brancas. Possuem pequena quantidade de mioglobina e uma quantidade intermediária de mitocôndrias. O metabolismo oxidativo e glicolítico, os conteúdos de lipídios e de glicogênio, são intermediários entre as vermelhas e brancas (BANKS, 1991).

As fibras do tipo IIC, se caracterizam por apresentarem uma capacidade oxidativa elevada, semelhante ao de fibras do tipo I, mas, a característica que a diferencia destas é por terem alguma capacidade glicolítica (GOMARIZ et al., 1998), podendo ser encontradas em quantidades relativamente grandes em animais muito jovens (SANTOS, 2002).

Brooke et al. (1971), sugeriram que as fibras do tipo IIC são precursoras das fibras do tipo I, bem como das fibras do tipo IIA e IIB. De acordo com estes autores, as fibras indiferenciadas durante a primeira fase de desenvolvimento são as do tipo IIC e que, após 20 semanas de gestação, começam o aparecimento das fibras do tipo I.

Uma característica dos músculos brancos é que eles apresentam mais tecido conjuntivo (colágeno) do que os músculos vermelhos. Por outro lado, músculos vermelhos apresentam maior quantidade de tecido conjuntivo adiposo (gordura) do que os brancos. O lipídio atua como combustível metabólico para as fibras vermelhas, pois estas apresentam menor conteúdo de glicogênio do que as fibras brancas (FILHO et al., 2011).

Ainda segundo Filho et al. (2011), as fibras brancas apresentam o sarcômero e o retículo sarcoplasmático maior em relação às fibras vermelhas, o que pode resultar em uma carne mais macia devido à maior liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, promovendo uma maior ativação das enzimas calpaínas e pela maior distância entre as linhas Z do sarcômero, o que resulta em uma carne com melhor qualidade.

A proporção e o tamanho dos tipos de fibras musculares no músculo esquelético de animais adultos são resultado da interação de vários fatores intrínsecos e extrínsecos, como localização muscular, espécie, raça, genótipo, sexo, idade, peso, exercício, temperatura

ambiente, nutrição e agentes promotores de crescimento. Sabe-se ainda que as proporções de fibras musculares se modificam de acordo com a região do músculo analisada e que essas diferenças se tornam menos acentuadas com a idade (BRANDSTETTER et al., 1997; LEFAUCHUER, 2010; RIVERO; DIZ, 1992).

A modulação, transformação de um tipo de fibra em outro, pode ser ocasionada por variações hormonais, idade, exercício físico e alimentação. Estudos demonstram que o treinamento físico, assim como a restrição alimentar, exerce influência sobre as características metabólicas e funcionais das fibras, causando um aumento nas proporções das fibras oxidativas (BEE et al., 2007; CIABATTARI et al., 2005). Para animais destinados ao abate, a influência do sistema de criação, terminação e do manejo alimentar é de grande importância na modulação das fibras musculares (MINAMOTO, 2005).

O método mais comum de diferenciação das fibras musculares, baseia-se nas diferentes propriedades contráteis e envolve a medida de atividade da ATPase miofibrilar (enzima responsável pela decomposição de ATP nas pontes cruzadas de actina-miosina). A coloração desta enzima, permite distinguir os diferentes tipos de fibras, tipo I e tipo II, sendo as fibras do tipo II divididas por pré-incubação em um pH ácido em fibras do tipo IIA, IIB e IIC (SANTOS, 2002).

### **2.1.3 Fibra muscular *versus* qualidade da carne**

O conhecimento das propriedades das fibras musculares e de fatores que influenciam sua modulação e diâmetro permite conhecer a dinâmica da qualidade de carne ao longo do desenvolvimento do animal (PICARD et al., 2003).

Segundo Picard et al. (2003), o discernimento em relação aos tipos de fibras musculares é importante no controle da qualidade da carne, sendo que estes têm influência direta na maciez e no sabor da carne (LEFAUCHEUR, 2010).

As propriedades do músculo são um reflexo das proporções e dos tipos de fibras musculares presentes. Mudanças na composição dos tipos de fibras musculares afetam as propriedades do músculo, o que influencia o metabolismo do músculo após o abate e, conseqüentemente a qualidade da carne (BROCKS et al., 2000).

A mensuração da área das fibras e a frequência do tipo de fibra constitui parâmetro seguro na avaliação do crescimento do tecido muscular. Diversos pesquisadores, observaram correlação positiva do diâmetro e frequência das fibras musculares com o desempenho animal e a maciez da carne (ITHURRALDE et al., 2015; PICARD et al., 2003).

A composição dos tipos de fibras musculares, a área destas fibras e a densidade capilar de um músculo específico são fatores importantes que influenciam o processo bioquímico *ante-mortem* e *post-mortem* e, portanto, também afetam a qualidade final da carne (LEE et al., 2010; RAMOS; GOMIDE, 2009).

No processo *post mortem* da carne, a taxa de maturação é mais lenta nos músculos com alta porcentagem de fibras oxidativas que em músculos glicolíticos. Apesar dos músculos vermelhos possuírem maior quantidade de calpaína, enzima proteolítica responsável pelo amaciamento da carne, também possuem maiores quantidade de calpastatina, que é o inibidor natural das calpaínas, que faz com que a proteólise ocorra com menor intensidade, afetando a maciez final da carne (BRIDI et al., 2015).

A influência das características das fibras musculares na qualidade da carne está relacionada com a queda do pH *post mortem*, a capacidade de retenção de água, a maciez e a composição química do músculo. Além disso, as fibras oxidativas apresentam maior susceptibilidade ao encurtamento pelo frio e as fibras glicolíticas parecem ser ligeiramente mais suscetíveis à autólise que as fibras oxidativas (ABBOTT et al., 1977; FERÃO, 2006).

Ramos e Gomide (2009) mostraram que a relação entre fibras brancas e vermelhas também tem importância relevante para a qualidade da carne, tendo implicação direta na sua forma de processamento e armazenamento.

O tipo de fibra predominante na musculatura do animal tem influência sobre as características de qualidade da carne, afetando a maciez, via fenômeno de encurtamento pelo frio, a textura, suculência e o rendimento da carne. Músculos em que predominam as fibras brancas são mais propensos a desenvolver carnes PSE (*Pale, Soft and Exudative*) que se caracterizam por apresentar cor pálida, exudativa e sem firmeza (ORDÓÑEZ et al., 2005), além de interferirem no sabor da carne, uma vez que estas fibras diferem no seu teor de gordura e metabólitos, o que, além de influenciar sua intensidade, pode resultar em diferença no desenvolvimento de processos de rancidez (RAMOS; GOMIDE, 2009).

Diferenças na estabilidade da cor dos músculos, pode ser atribuída ao tipo de músculo, onde músculos com grande porcentagem de fibras oxidativas possuem grande quantidade de mitocôndrias. As mitocôndrias, quando intactas, competem com as mioglobinas pelo oxigênio, reduzindo a formação de oximioglobina e gerando músculos de aparência escura. Isso sugere que músculos classificados como vermelhos possuem rápida taxa de descoloração e aumento na produção de metamioglobina sob condições aeróbicas (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2015).

Em suma, a qualidade da carne pode ser alterada pelas características de cada músculo, sendo o diâmetro, a área e a frequência das fibras musculares, fatores determinantes na manutenção da qualidade do produto final.

## 2.2 MASSA CORPORAL *versus* QUALIDADE DA CARNE

De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Texel (BRASTEXEL, 2014), a raça Texel se destaca pela rapidez no ganho de massa corporal dos cordeiros que ficam prontos para o abate ao atingir de 35 a 40 Kg, entre os 4 a 5 meses de idade, além de apresentarem carcaças pesadas, bem conformadas, com pouca quantidade de gordura e farta massa muscular, proporcionando alto rendimento.

A massa corporal ideal ao abate, é considerada um dos principais fatores determinantes da qualidade, é aquela em que a proporção de músculos na carcaça é máxima e a gordura suficiente para conceder à carne propriedades sensoriais adequadas à preferência do mercado consumidor (OSÓRIO, 1992).

A qualidade da carne pode ser definida como sendo uma combinação dos atributos sensoriais, associados a uma carcaça com pouca gordura, boa quantidade de tecido muscular e preços acessíveis (SILVA, 2001). Em geral, a aceitação da carne pelo consumidor é determinada por sua resposta a esses fatores, cujo grau de satisfação depende de respostas psicológicas e sensoriais inerentes a cada indivíduo (TONETTO et al., 2004).

Para atingir carcaças de qualidades desejadas, a determinação da massa corporal é de grande importância. O abate de animais jovens propicia carcaças com boas características nutricionais e sensoriais, com melhor aceitabilidade pelos consumidores (LEMES; ROLL, 2013).

Segundo Ordóñez et al. (2005), a qualidade da carne é dependente de vários fatores intrínsecos e extrínsecos aos animais. Estes fatores, isolados ou em conjunto, irão definir as características físico químicas, tecnológicas e sensoriais da carne. Em relação aos fatores intrínsecos pode-se citar o efeito do estresse, a genética, idade de abate e o sexo. Estes fatores irão determinar as características sensoriais, das quais as mais importantes são cor, brilho, maciez, suculência, sabor, aroma e odor (BRESSAN et al., 2001; MADRUGA et al, 2005).

O ganho de massa corporal diário é uma variável importante para o desempenho produtivo animal e para a avaliação da eficiência da dieta. Segundo Silva Sobrinho (2001) o conhecimento da faixa etária em que ocorre a maior taxa de crescimento permite programar o abate para a fase em que diminui a eficiência alimentar, evitando-se principalmente idades

muito avançadas que resultam em uma maior deposição de gordura na carcaça e comprometem as características de qualidade da carne.

### 2.3 REGIME ALIMENTAR

O regime alimentar a que os animais são submetidos, proporciona modificações na composição da carcaça e nas características musculares dos animais. De maneira geral, a carcaça de animais com consumo restrito, apresentaram menor proporção de gordura, quando comparada a animais que não foram submetidos à restrição alimentar (Silva; Leão, 1979).

A restrição alimentar pode exercer influência sobre as características das fibras musculares, causando um aumento nas proporções das fibras oxidativas (BEE et al., 2007; CIABATTARI et al., 2005), sendo a modulação de um tipo de fibra em outro, ocasionada por variações hormonais, idade, exercício físico e alimentação.

Arrigoni et al. (1998) observaram que bovinos submetidos a restrição alimentar obtiveram diminuição da proporção de fibras do tipo IIA e tipo I, e aumento nas proporções de fibras do tipo IIB. Já Pacheco et al. (2007), não encontraram alterações no diâmetro das fibras musculares de suínos submetidos a restrição alimentar.

Em suínos (DAUNCEY; INGRAM, 1988) e em bovinos (ARRIGONI, 1995), a restrição alimentar determinou alterações na composição das fibras musculares esqueléticas, as quais, em bovinos, se mantiveram mesmo depois do período de ganho compensatório.

Pesquisas em que se estudou a relação entre o reduzido nível de alimentação e as características das fibras musculares mostraram que a restrição alimentar pode conduzir a uma maior frequência de fibras do tipo I ou do tipo II e uma menor frequência de fibras do tipo IIA (HADLICH et al., 2013).

Yambayamba e Price (1991) ao investigarem os efeitos da restrição alimentar seguido de um período de alimentação *ad libitum*, na proporção e diâmetro de fibras musculares de bovinos, encontraram diferenças significativas, sendo menor o diâmetro das fibras nos tratamentos com restrição em comparação aos animais alimentados à vontade, nos dois períodos.

A importância de se estudar diferentes sistemas de alimentação está no fato de durante o período de crescimento do animal, ocorrer alterações da ingestão e digestibilidade, dessa forma, podem influenciar no desenvolvimento dos órgãos, bem como na qualidade final da carne (NÓBREGA et al., 2014).

## 2.4 QUALIDADE DA CARNE OVINA

### 2.4.1 Carne ovina

Os principais fatores que determinam a qualidade da carne são a combinação dos atributos sabor, suculência, textura, maciez e aparência, sendo estes associados a uma carcaça com pouca gordura e a preços acessíveis, onde estes fatores são os principais interferentes na aceitação do produto pelo consumidor no momento da compra (BRESSAN et al., 2001; ESTEVES, 2011), além do valor nutritivo da carne e os possíveis efeitos à saúde (SEPÚLVEDA et al., 2011; TROY; KERRY, 2010).

Silva Sobrinho e Silva (2000) relataram que raça, idade ao abate, alimentação e sistema de produção influenciaram nas características de qualidade da carne, como boa distribuição das gorduras de cobertura, intermuscular e intramuscular, tecido muscular desenvolvido e compacto e carne de consistência tenra, com coloração variando de rosa nos cordeiros até vermelho-escuro nos animais adultos.

A composição centesimal da carne ovina apresenta valores médios de 75 % de umidade, 19 % de proteína, 4% de gordura e 1,1% de matéria mineral. Estes valores podem ser influenciados por diferentes fatores, como a espécie, raça, sexo, nutrição e a massa corporal (ZEOLA, 2002).

As perdas por cocção constituem-se em uma medida essencial da qualidade da carne, sendo associadas ao seu rendimento no momento do consumo. Durante o cozimento, o calor provoca alterações na aparência e nas propriedades físicas da carne. Quando sua temperatura atinge valores entre 60 e 70 °C ocorre uma forte contração das células musculares e perda de suco, provocando, conseqüentemente, uma diminuição significativa na maciez e eliminação de nutrientes essenciais, como vitaminas e minerais (BRESSAN et al., 2004).

Outra variável importante na qualidade da carne, é o potencial hidrogeniônico (pH), o qual pode variar de 7 a 7,3 para animais sadios e devidamente descansados no momento do abate. Após o sacrifício do animal o pH diminui devido a degradação do ATP (Adenosina trifosfato) que gera hidrogênio, sendo que após 5 horas de abate o pH varia de 6,4 a 6,8 até chegar a um pH final, após 24 horas de abate, de 5,5 e 5,4 (ORDÓÑEZ et al., 2005; SILVEIRA; FISCHER; SOARES, 2006).

Em relação ao colesterol, a carne de ovinos destaca-se por apresentar baixo teor de colesterol, diferenciando-a das carnes suínas e bovinas. Essa característica lhe confere maior digestibilidade além de ser uma estratégia de marketing para o setor produtivo (TAVARES, 2000).

As médias relatadas de colesterol em carnes variam largamente e essas variações são atribuídas a fatores como dieta, idade, sexo, espécie, raça, ambiente, quantidade de gordura, localização anatômica do músculo e método de cozimento (BRESSAN et al., 2001).

De acordo com Zapata et al (2001), o valor de colesterol para ovinos varia entre 54,43 a 60,05 mg/100g, sendo estes valores evidenciados por Pinheiro et al (2007), onde encontraram valores médios de 58,01 mg/100g para cordeiros.

#### **2.4.2 Perfil de ácidos graxos**

Os ácidos graxos são as moléculas que formam os triglicérides, uma forma de lipídio que tem como principal função ser fonte e reserva de energia para o organismo (WOOD, et al., 2008). O perfil de ácidos graxos é influenciado pela dieta a qual o animal é submetido (ALVES, et al., 2012), sendo diretamente relacionado com a qualidade da carne (MAHGOUB et al., 2004).

Os ácidos graxos conferem aos lipídios as propriedades nutricionais e as características físico-químicas responsáveis pelos atributos sensoriais e pela conservação da carne. Portanto, são nutrientes fundamentais utilizados pelo organismo em diversas funções, como melhora da resposta imunológica, ação anti-inflamatória e anticarcinogênica (ALVES, et al., 2012).

De acordo com Sãundo et al. (2000), o perfil de ácidos graxos na carne pode variar consideravelmente entre animais, raças e dietas. Porém, é possível obter um perfil de ácidos graxos na carne mais saudável, por meio de seleção genética e modificações da alimentação.

As propriedades físicas e químicas dos lipídios podem afetar diretamente as qualidades nutricionais, sensoriais e de conservação da carne, onde o “flavour” é influenciado pelo perfil de ácidos graxos e as gorduras saturadas (ligação simples), solidificam-se após cozimento, influenciando a palatabilidade da carne (ALVES, et al., 2012; MADRUGA et al., 2008). Já os ácidos graxos insaturados (uma ou mais duplas ligações), aumentam o potencial de oxidação, afetando diretamente a vida de prateleira da carne *in natura* ou cozida (MADRUGA et al., 2006).

A carne ovina é considerada rica em ácidos graxos saturados, pois os microrganismos do rúmen hidrogenam os ácidos graxos da dieta (PÉREZ et al., 2002). Os ácidos graxos mais encontrados são o mirístico (2,04% - 3,65%), palmítico (20,88% - 24,22%) e o esteárico (11,89% - 15,09%); os monoinsaturados são o palmitoléico (2,23% - 2,54%) e o oléico (31,74% - 45,23%) e os poliinsaturados são o linoléico (4,73% - 10,39%), o linolênico (0,43% - 2,84%) e o araquidônico (1,14% - 6,79%) (ALVES, et al., 2012; SANTOS-SILVA et al., 2002).

### 2.4.3 Perfil de textura e força de cisalhamento

A textura é definida como sendo a manifestação sensorial das propriedades mecânicas e estruturais dos alimentos, detectada através do senso fisiológico dos sentidos humanos, como visão, audição e tato. Já Lawrie (2005), definem a textura envolve a facilidade de penetração dos dentes na carne, facilidade de fragmentação e pela quantidade de resíduos após a mastigação (RAMOS; GOMIDE, 2009).

De acordo com Pereira (2012), a maciez da carne pode ser medida através de meios subjetivos e objetivos. O método subjetivo utiliza painel sensorial em que um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação a sua maciez, após ter provado as amostras, utilizando-se escalas arbitrárias e subjetivas. Já o método objetivo, utiliza equipamentos, como o texturômetro, o qual mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne, expressando a maciez ou dureza em valores objetivos, expresso em kg, kgf ou N.

A força de cisalhamento tem sido usada também como forma de avaliação da maciez da carne, sendo a maciez definida como a facilidade de penetração dos dentes na carne, a resistência que oferece a carne à ruptura ao longo da mastigação e a sensação de resíduo na boca (MONTE, 2012; RAMOS; GOMIDE, 2009).

Diversos fatores podem influenciar na força de cisalhamento, como o manejo pré-abate, velocidade de instalação do *rigor mortis*, pH, temperatura pré-abate, instalação e extensão da glicólise, músculo utilizado e condições de acondicionamento, sendo que podem ser encontrados variações nos valores de força de cisalhamento dentro da mesma espécie animal (MONTE, 2012; PAREDI et al., 2012; RAMOS; GOMIDE, 2009).

### 2.4.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

A água é o componente mais abundante da carne e, é um dos principais responsáveis pelas características de suculência e maciez, que podem influenciar diretamente no rendimento final e afetar a percepção sensorial (CHENG; SUN, 2008). Sendo assim a capacidade de retenção de água (CRA) é definida por Fernandes (2004) como sendo a capacidade da carne de reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, como cortes, aquecimento, trituração e prensagem.

A CRA influencia a aparência da carne antes e durante o cozimento, determinando a suculência no momento do consumo. Como determina a habilidade da carne em reter água após a aplicação de forças externas, uma baixa CRA além de promover a perda do valor nutritivo

devido ao exsudado que foi eliminado, traz como consequência a produção de uma carne seca e com maciez comprometida (MORENO; LOUREIRO; SOUZA, 2008).

A formação de ácido lático e a consequente queda do pH *post mortem* são responsáveis pela diminuição da capacidade de reter água da carne. Essas reações causam uma desnaturação e perda da solubilidade das proteínas musculares, perdendo a capacidade de atrair água (ROÇA, 2015).

Bonacina et al. (2011) encontraram valores médios para a capacidade de retenção de água de 78,4 % para cordeiros e, resultados semelhantes foram obtidos por Osório et al. (2002) e Rota et al. (2004), sendo de 81,35% e 86,22%, respectivamente. Estes valores são considerados satisfatórios, onde as carnes apresentaram grande capacidade de reter água. Quanto maior forem os valores de CRA mais macia a carne será, mantendo maior quantidade de nutrientes.

#### **2.4.5 Cor**

A cor é a primeira característica sensorial a ser apreciada pelo consumidor no momento da compra, sendo que sua recusa ou aceitação determina que uma peça de carne seja escolhida com mais ou menos agrado (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Carnes de cor escura são rejeitadas pelo consumidor, ao associar esta cor com carne de animais velhos e com maior dureza (SILVA SOBRINHO et al., 2008). A diferença da coloração da carne entre espécies está relacionada com a quantidade de mioglobina presente no músculo (RAMOS; GOMIDE, 2009), sendo que a carne de cordeiros apresenta coloração vermelho pálida, enquanto a carne bovina apresenta coloração vermelho brilhante

Para Ramos e Gomide (2009) a cor da carne é resultado da concentração e do estado químico da proteína mioglobina presente no músculo. Conforme Ordóñez et al. (2005) a cor da carne oscila entre o rosa pálido e pardo (marrom), passando pelo vermelho intenso. A mioglobina é uma cromo proteína composta por uma porção de proteína globular e uma porção não protéica. O grupo heme é de particular interesse, pois a cor da carne é parcialmente dependente do estado de oxidação do íon ferro localizado no centro deste grupo (LAWRIE, 2005).

Através do estado químico do átomo de ferro e do ligante da sexta ligação do grupo heme é possível obter três principais formas químicas da mioglobina, as quais são responsáveis pela coloração da carne fresca, sendo estas, deoximioglobina (vermelho-púrpura),

oximioglobina (vermelho brilhante) e metamioglobina (marrom) (MANCINI; HUNT, 2005; RAMOS; GOMIDE, 2009).

A medida que a concentração de mioglobina cresce no tecido muscular, a carne se torna mais escura. Essa concentração varia consideravelmente entre os tecidos musculares, sendo influenciada pela espécie, sexo, idade e atividade física do animal. Além disso, pode ser influenciada pelo pH *post mortem* do animal, caracterizando os defeitos cárneos, DFD (*Dark, Firm and Dry*) e PSE (*Pale, Soft and Exudative*) (RAMOS; GOMIDE, 2009).

A capacidade da cor de percepção do olho humano pode ser relacionada com o sistema de medição CIELAB, onde o L\* determina a luminosidade, a\* determina a intensidade de verde (-)/vermelho (+) e b\* a intensidade de azul (-)/ amarelo (+). Estes atributos podem ser avaliados de forma objetiva através do uso de equipamentos denominados colorímetros (RAMOS; GOMIDE, 2009).

## CAPÍTULO I

### **Modulação das fibras musculares esqueléticas em função da massa corporal e sua relação com a qualidade da carne de cordeiros**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes massas corporais de abate na modulação das fibras musculares esqueléticas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus* e, sua relação com a qualidade da carne de cordeiros da raça Texel. Foram utilizados 30 cordeiros da raça Texel, machos não castrados, distribuídos em cinco tratamentos com seis repetições cada: onde seis cordeiros foram abatidos com 20 kg (abate referência), vinte e quatro animais foram abatidos aos 25, 30, 35 e 40 kg. A umidade diminuiu com aumento da massa corporal de abate, variando de 78,88 a 76,13 %, o oposto foi observado para o teor de lipídios, o qual aumentou com o aumento da massa corporal. Em relação ao colesterol, o aumento da massa corporal proporcionou menores valores, variando de 79,15 a 43,47, onde todos os tratamentos apresentaram valores inferiores a 90 mg/100g, podendo considerar a carne como saudável. O pH, dureza, e a cor tiveram efeito ( $P < 0,05$ ) dos diferentes tratamentos. Os ácidos graxos predominantes no perfil lipídico da carne foram os ácidos oleico, palmítico e esteárico. As diferentes massas corporais de abate proporcionaram modulação das fibras musculares do tipo IIB e IIC para fibras do tipo IIA para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinoso* e *Supraspinatus*, além de proporcionar alterações no diâmetro, área e frequência relativa das fibras musculares. Sendo assim, é possível concluir que diferentes massas corporais de abate, influenciam na modulação, e nas características das fibras musculares esqueléticas, e por consequência na qualidade final da carne.

**Palavras-chave:** Miogênese; Oxidativas; Glicolíticas; Perfil de ácidos graxos;

## CHAPTER I

### **Modulation of skeletal muscle fibers depending on body mass and its relation to the quality of lamb meat**

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the effect of different body mass slaughter in the modulation of skeletal muscle fibers of Longissimus dorsi, Semitendinosus and supraspinatus and its relation to meat quality of lambs of Texel. A total of 30 lambs of the Texel breed, uncastrated males distributed in five treatments with six replicates each: where six lambs were slaughtered at 20 kg (slaughter reference) twenty-four animals were slaughtered at 25, 30, 35 and 40 kg. The moisture content decreased with increased body mass slaughter, ranging from 78.88 to 76.13%, the opposite was observed for lipid content, which increased with increasing body weight. In relation to cholesterol, the increase in body mass in lower values ranging from 79.15 to 43.47, where all treatments showed values below 90 mg / 100g, the meat may be considered as healthy. The pH, hardness, color and had no effect ( $P < 0.05$ ) the different treatments. The predominant fatty acids in the lipid profile of meat were oleic, palmitic and stearic. The different body mass slaughter provided modulation of muscle fibers type IIB and IIC for type IIA fibers to the Longissimus dorsi, Semitendinosus and supraspinatus, and provide changes in diameter, area and relative frequency of musculares. Sendo fibers so is concluded that different body mass slaughter, influence the modulation, and the characteristics of skeletal muscle fibers, and therefore the final quality of the meat.

**Keywords:** myogenesis; Oxidatives; glycolytic; Fatty acids;

## 1 Introdução

Devido ao aumento das exigências por parte dos consumidores, a determinação dos atributos que definem a qualidade da carne torna-se de extrema importância. Características como qualidade nutricional, quantidade e distribuição da gordura, maciez, sabor e suculência, são determinantes na decisão de compra da carne (ESTEVEZ, 2011).

Para atingir carcaças de qualidades desejadas, a determinação da massa corporal é de grande importância, sendo que o abate de animais jovens propicia carcaças com boas características nutricionais e sensoriais, com melhor aceitabilidade pelos consumidores (LEMES; ROLL, 2013).

Além destas características, a qualidade da carne pode ser influenciada pelas propriedades das fibras musculares, como modulação, diâmetro, área e frequência (FAHEY et al., 2005; GREENWOOD et al., 2000; PICARD et al., 2003).

O número de fibras musculares também é um importante fator na determinação da massa muscular, influenciando no ganho de massa corporal dos animais. Alguns trabalhos foram executados na tentativa de correlacionar o diâmetro e a frequência dos tipos de fibras musculares com as características qualitativas da carne (FAHEY et al., 2005; GREENWOOD et al., 2000).

As análises sobre os tipos de fibras estão relacionadas diretamente com a qualidade da carcaça, uma vez que cada tipo de fibra apresenta características distintas, as quais podem ser divididas em: brancas (FG - *fast glycolitic* – *Tipo IIA*), vermelhas (SO - *slow oxidative* – *Tipo I*) e intermediárias (FOG - *fast oxidative glycolitic*- *Tipo IIB*) e fibras do Tipo IIC (FILHO et al., 2011).

O conhecimento dos efeitos do aumento da massa corporal dos animais, bem como das propriedades das fibras musculares e de fatores que influenciam suas características, permitem conhecer a dinâmica da qualidade da carne ao longo do desenvolvimento do animal (PICARD et al., 2003).

Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes massas corporais de abate na modulação das fibras musculares esqueléticas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, e sua influência nas características da qualidade da carne de cordeiros da raça Texel.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – RS – Brasil, e as análises de fibra muscular foram realizadas no Departamento de Biologia Estrutural e Funcional do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP - SP - Brasil.

Foram utilizados 30 cordeiros da raça Texel, machos não castrados, desmamados aos 60 dias de idade e confinados em baias individuais (1,5 m<sup>2</sup>), providas de comedouros e bebedouros. A dieta experimental foi composta por silagem de milho (*Zea mays*), grão de milho (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.) e calcário calcítico, calculada para atender às exigências de proteína bruta, energia metabolizável e macrominerais preconizadas pelo NRC (2007), para ganho de 0,250 kg diários. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, em horários pré-estabelecidos (às 8:00 e às 16:00 horas).

Os animais foram distribuídos em 5 tratamentos experimentais com 6 repetições por tratamento, sendo estes caracterizados pela diferença da massa corporal no momento ao abate. Após o período de adaptação, 06 cordeiros foram abatidos com 20 kg (abate referência), os demais animais foram abatidos aos 25, 30, 35 e 40 kg de massa corporal (06 animais por tratamento).

Ao atingirem a massa corporal pré-definida, os animais foram insensibilizados e sacrificados mediante secção das artérias carótidas e veias jugulares, seguido de esfola, evisceração e acondicionamento das carcaças em câmara frigorífica durante 24 horas à temperatura de 2°C. Após transcorrido este período, realizou-se a coleta do músculo *Longissimus dorsi* para as análises de qualidade da carne, onde as amostras foram armazenadas em embalagens a vácuo a – 80°C até posterior análise. Para análise da fibra muscular, coletou-se imediatamente após o abate os músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, os quais foram armazenados em microtubos, congelados em nitrogênio líquido e mantidos a – 80°C até o momento da análise.

A determinação de umidade, cinzas e proteína bruta foi realizada conforme AOAC (2005), onde inicialmente 30 g de carne foi liofilizada (Terroni, LS3000B, Brasil) até pressão constante. A extração e quantificação de lipídios totais foi realizada através da técnica proposta por Hara e Hadin (1978). A determinação de colesterol foi feita através de método enzimático, com o uso do Kit Colesterol PP (Analisa, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil), segundo metodologia proposta por Saldanha et al. (2004).

A avaliação da oxidação lipídica foi mensurada através da quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) segundo metodologia proposta por Sinnhuber e Yu (1958) e por Buege e Aust (1978), cujos resultados foram expressos em mg de malonaldeído por quilograma de amostra. O pH foi determinado em potenciômetro digital com eletrodo modelo AF-405 e sensor de temperatura, Modelo mPA-210p (Tecnoyon, Piracicaba, São Paulo, Brasil), conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), adaptada para 1 grama de amostra diluídas em 10 mL de água destilada. A determinação da atividade de água foi realizada através do equipamento Aqualab CX-2 (Decagon, Washington, Estados Unidos).

A capacidade de retenção de água da carne foi determinada segundo metodologia proposta por Hamm (1986) e adaptada por Osório e Osório (1998), a qual consiste na tomada de três triplicatas de aproximadamente 0,5g de carne, previamente moída e homogeneizada, sobre papel de filtro padrão e submetê-las a compressão por um peso de 2,25 kg por 5 minutos. O resultado foi expresso em porcentagem de água perdida em relação ao peso inicial da amostra.

Para a avaliação instrumental da cor, inicialmente as amostras foram descongeladas a uma temperatura de 4°C por 24 horas e em seguida seccionadas permitindo a oxigenação da superfície por um período de 30 minutos. A medição foi feita através de colorímetro Minolta CM-700D (Konica Minolta, Japão), com iluminante A e área de medição de 8 mm, sendo que para cada repetição foram realizadas 6 leituras em pontos distintos da superfície de cada amostra. Os atributos avaliados foram L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho) e b\* (intensidade do amarelo). Obteve-se ainda o espectro visível entre os comprimentos de onda 360 e 740 nm, com intervalos de 10 nm entre eles. A partir desses dados, foram calculados os valores de ângulo de tonalidade ( $h^{\circ} = (\arctang[b^*/a^*])$ ), índice de saturação ( $C = ([a^{*2} + b^{*2}]^{1/2})$ ), além de realizar a conversão dos valores obtidos em reflectância (R) para atenuância (A) através da equação  $A = \log 1/R$ , da qual obteve-se os cálculos do percentual de metamioglobina, desoximioglobina e oximioglobina (AMSA, 2012).

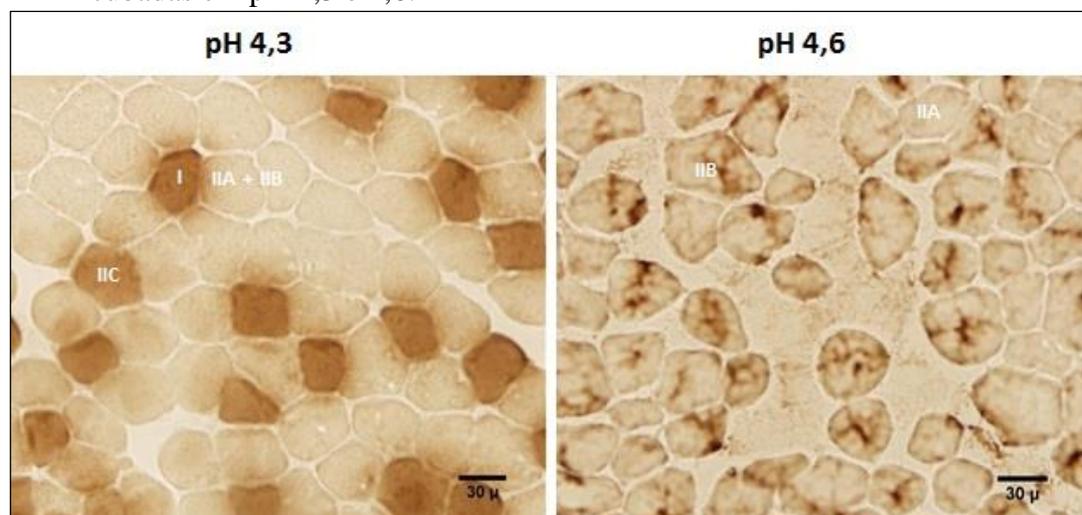
As perdas por descongelamento, foram determinadas através da diferença de peso entre a amostra congelada e da amostra após permanecer em refrigerador à 4 °C por 24 horas. Já as perdas de cocção, gotejamento e evaporação as amostras foram submetidas ao processo de cocção até atingirem temperatura interna de 71°C, conforme proposto por AMSA (1995). A partir das amostras cozidas realizou-se a avaliação da força de cisalhamento e do perfil de textura, através do equipamento TA-XT plus (Texture Analyser, Inglaterra, Reino Unido). A força de cisalhamento foi feita com amostras retiradas no sentido longitudinal das fibras musculares, com diâmetro de 2,54 cm, através do uso de probe Warner Bratzler Blade “V” com velocidade de teste de 3,33 mm/s e distância de 30 mm. Já para a determinação do perfil de

textura as amostras foram cortadas em cubos de 1 cm<sup>3</sup> e analisadas através da probe P 36, com altura de 36 mm, velocidade de teste de 5 mm/s, com dupla compressão, com velocidade pré teste de 1,5 mm/s e velocidade pós-teste de 10 mm/s. Os atributos avaliados foram, dureza, coesividade, mastigabilidade e fraturabilidade.

Para determinação de ácidos graxos, os lipídios foram extraídos por metodologia proposta por Hara e Radin (1978), seguido de transesterificação e metilação segundo metodologia preconizada por Christie (1982). O perfil de ácidos graxos foi determinado em aparelho de cromatografia gasosa, utilizando detector de ionização em chama (FID) e coluna SP 2560 de 100 m x 250 µm x 0,20 µm. Utilizou-se o nitrogênio como gás de arraste com fluxo de 2mL/min e volume de injeção de 1µL, com razão de split de 1:50, com temperatura inicial de injeção de 60 °C, sendo aumentada gradativamente até atingir 240°C. Os ácidos graxos foram identificados e normalizados através da comparação entre os tempos de retenção.

Para as análises da modulação das fibras musculares, as amostras de tecido muscular congeladas foram transferidas para criomicrotomo Leica® CM1850™ (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany), onde foram mantidas a - 20°C, fixadas em suportes metálicos utilizando resina *Optimal Critical Temperature compound* – OCT Tissue-Tek®, e realizados cortes transversais seriados com 10 µm de espessura. Os cortes foram montados em lâminas histológicas e corados de acordo com o protocolo descrito por Loughlin (1993), baseando-se nas variações de sensibilidade para atividade de adenosina trifosfatase miofibrilar (m-ATPase) em exposição a diferentes valores de pH. As lâminas histológicas foram submetidas à pré-incubação em pH 4,3 e pH 4,6 a fim de distinguir os diferentes tipos de fibras (Figura 1).

Figura 1 – Seções transversais do músculo *Semitendinosus*, reagidas pelo método m-ATPase e incubadas em pH 4,3 e 4,6.



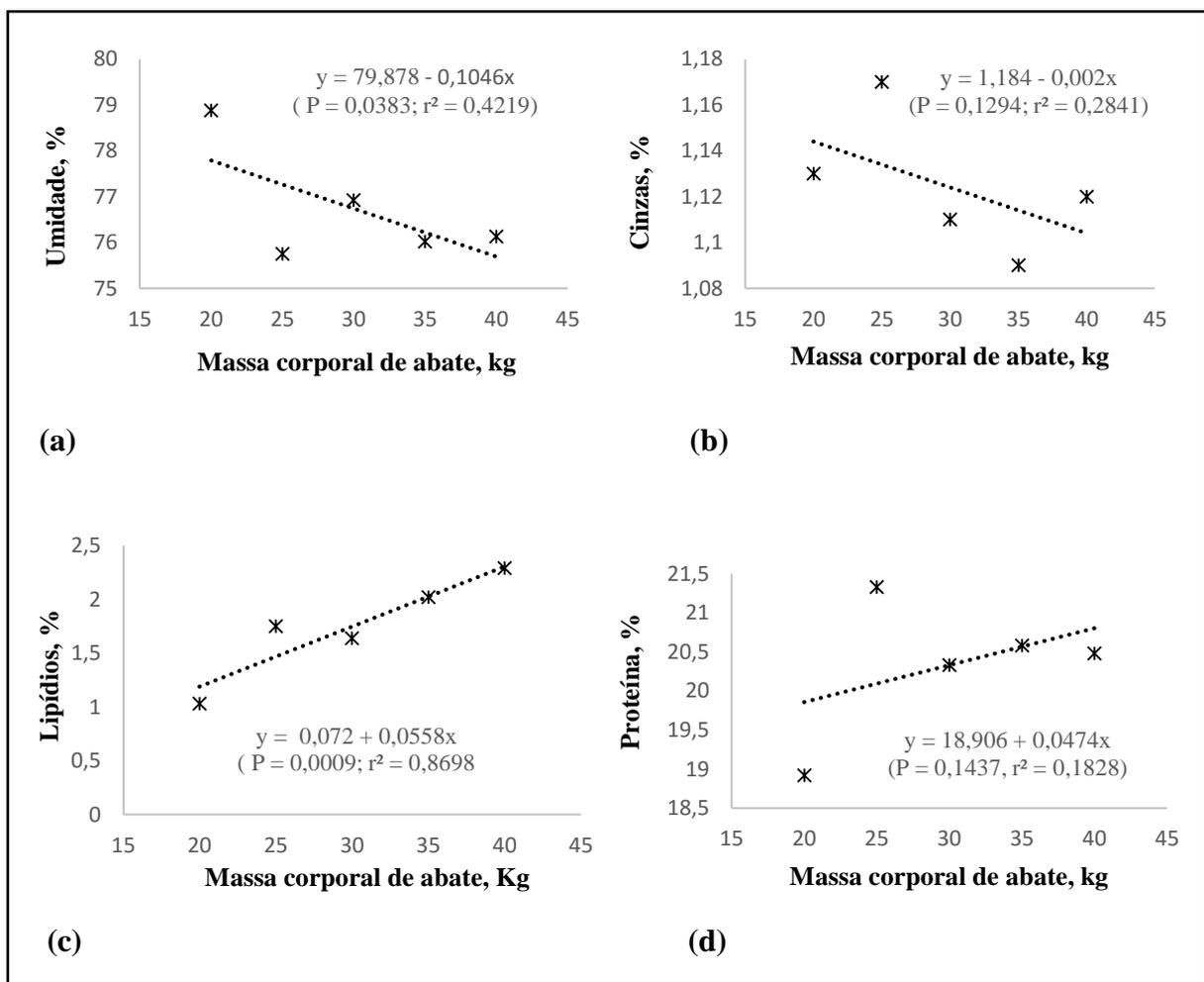
As características das fibras musculares foram obtidas pela análise das imagens computadorizadas, capturadas por meio de um Microscópio óptico Olympus® BX51 (Olympus, Tokyo-Japan), com objetiva de 20X. Foi realizada a mensuração do menor diâmetro da fibra, conforme descrito por Dubowitz e Brooke (1973), bem como a mensuração da área das fibras, com uso de uma máscara de grade, através do aplicativo Image J. Foram analisadas 10 imagens por unidade experimental (animal). A frequência relativa % das fibras foi calculada pela contagem do número absoluto de cada tipo de fibra na máscara de grade, dividindo o resultado pelo número total de fibras contadas, e multiplicando o quociente por 100.

Os dados foram submetidos à análise de variância univariada pelos modelos lineares gerais utilizando o procedimento GLM do SAS®, as médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos através do comando LSMEANS (*Least Squares Means*) e comparadas pelo teste t ao nível de 5% de significância. Adicionalmente, foi efetuada análise de regressão simples linear e polinomial e correlação de Spearman entre as variáveis estudadas. As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS® *System for Windows*™, versão 9.0.

### 3 Resultados e Discussão

A composição centesimal da carne (Figura 2), não teve efeito ( $P>0,05$ ) das diferentes massas corporais de abate sobre o teor de cinzas (Figura 2b) e proteína (Figura 2d). Todavia os teores de umidade (Figura 2a) e lipídios (Figura 2c) diferiram ( $P<0,05$ ) entre as massas corporais. O teor de umidade diminuiu, ao passo que o teor de lipídios aumentou à medida que se elevou a massa corporal, o que está de acordo com o proposto por Bonagurio et al. (2004), onde maiores massas corporais de abate têm tendência em proporcionar carcaças com maior predisposição de gordura e diminuição do teor de água. Esta relação é explicada pelo fato de ser necessário ter um balanço dos valores da composição centesimal, conforme uma variável tem seu valor aumentado, outra por consequência terá a diminuição do seu valor.

Figura 2 – Composição química do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Texel abatidos com diferentes massas corporais.



Y = Equação da regressão; P = probabilidade;  $r^2$  = coeficiente de determinação.

Em geral, o aumento no teor de gordura da carcaça, diminui os teores de umidade e de proteína, enquanto os de cinzas sofrem pouca variação (BONAGURIO et al. 2004). Esta relação foi observada nos diferentes tratamentos analisados, sendo que apenas o teor de proteína divergiu, apresentando maiores valores conforme o aumento do teor de gordura.

O teor de lipídios totais, na composição da carne, aumentam com a idade e massa corporal ao abate (SANTOS-CRUZ et al., 2008; SOUZA et al., 2002). Esse aumento foi observado entre os tratamentos, variando de 1,03 % para os animais abatidos com 20 kg para 2,29 % para os animais abatidos com 40 kg.

Pérez et al. (2002), ao avaliarem o efeito do peso de abate de cordeiros da raça Santa Inês quanto às propriedades químicas da carne no músculo *Longissimus dorsi*, também observaram diminuição da umidade e aumento do teor de lipídios com o aumento da massa corporal dos animais.

De acordo com Zeola (2002), a composição centesimal da carne ovina apresenta valores médios de 75% de umidade, 19% de proteína, 4% de gordura e 1,1% de matéria mineral, os quais podem ser influenciados por diferentes fatores, como a espécie, raça, sexo, nutrição e a massa corporal.

Em trabalho realizado por Carvalho e Brochier (2008) a carne de cordeiros da raça Texel, apresentou composição média de 74 % de umidade, 19 % de proteína, 1,2 % de extrato etéreo e 1,1 % de cinzas. Estes valores estão de acordo com o observado nos diferentes tratamentos, apresentando valores médios de 76,7% de umidade, 20,32 % de proteína, 1,75 % de gordura e 1,12 % de matéria mineral.

Para a análise de cor da carne (Tabela 1), os atributos b\* e Deoximioglobina não tiveram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) quando comparados com as diferentes massas corporais dos animais, já os valores de L\*, a\*, c, h, oximioglobina e metamioglobina obtiveram diferença significativa ( $P < 0,05$ ), apresentando valores médios de 46,09; 16,13; 21,94; 42,20; 52,67 e 28,95, respectivamente.

Os valores da cor da carne, variaram para o valor de L\* de 43,82 a 48,53; para o valor de a\* de 14,77 a 18,8 e, para o valor de b\* 14,55 a 15,17. Estes valores são superiores aos encontrados por Bressan et al. (2001), ao avaliarem a influência do peso de abate em cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia, com valores para L\* de 32,46 a 42,29; a\* de 10,39 a 13,89; e para o valor de b\* de 6,73 a 8,15;

Os valores de luminosidade L\*, diminuíram conforme aumento da massa corporal dos animais de forma linear ( $\hat{y} = 51,3327 - 0,1750 x; r^2 = 0,57$ ). Tal fato, pode ser explicado

pela diminuição do teor de umidade das amostras que apresentaram maior massa corporal, fazendo com que ocorra menor luminosidade na superfície destas amostras.

Os valores encontrados para  $a^*$ , aumentaram de forma quadrática, ( $\hat{y} = 37,9638 - 1,6158x + 0,0280x^2$ ;  $r^2 = 0,83$ ) com o aumento da massa corporal dos animais, indicando um aumento do índice de vermelhidão da carne.

Sun et al. (2015) ao avaliarem a qualidade de cordeiros da raça Merino, não encontraram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para os atributos de cor, encontrando valores médios iguais a:  $L^*$ : 34,74;  $a^*$ : 13,74;  $b^*$ : 4,3.

Além da mioglobina, a cor da carne também está associada à proporção e distribuição das três formas químicas da mesma, denominadas metamioglobina, desoximioglobina e oximioglobina (RAMOS; GOMIDE, 2009). As formas químicas metamioglobina e oximioglobina apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) em função da massa corporal de abate. Os valores da oximioglobina, foram crescentes a medida que se aumentou a massa corporal de abate, o que caracteriza carnes com tonalidade vermelho mais acentuadas. Já, os valores de metamioglobina foram superiores para os animais abatidos com 25, 30 e 35 kg, e inferiores para os animais abatidos com 20 e 40 kg.

Tabela 1 – Atributos de cor do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Texel abatidos com diferentes massas corporais.

Variável	Massa corporal de abate (kg)					Média	CV	Tendência	
	20	25	30	35	40			L	Q
$L^*$	46,85 <sup>a</sup>	48,53 <sup>a</sup>	46,44 <sup>ab</sup>	43,82 <sup>b</sup>	44,83 <sup>b</sup>	46,09	6,24	0,0124	0,6404
$a^*$	16,98 <sup>ab</sup>	14,77 <sup>c</sup>	15,02 <sup>c</sup>	15,72 <sup>bc</sup>	18,18 <sup>a</sup>	16,13	11,46	0,0782	0,0001
$b^*$	14,68	14,55	14,74	14,55	15,17	14,74	5,45	0,3758	0,3986
$C^*$	22,46 <sup>ab</sup>	20,75 <sup>b</sup>	21,39 <sup>b</sup>	21,43 <sup>b</sup>	23,68 <sup>a</sup>	21,94	7,40	0,0803	0,0018
$h^\circ$	40,89 <sup>bc</sup>	44,70 <sup>a</sup>	42,75 <sup>ab</sup>	42,81 <sup>ab</sup>	39,86 <sup>c</sup>	42,20	6,68	0,2147	0,0045
OMb	53,70 <sup>b</sup>	51,95 <sup>b</sup>	49,60 <sup>c</sup>	50,30 <sup>bc</sup>	57,88 <sup>a</sup>	52,69	8,20	0,1320	0,0003
DMb	21,23	16,88	20,17	16,10	17,42	18,36	28,16	0,2151	0,6154
MMb	25,08 <sup>b</sup>	31,13 <sup>a</sup>	30,23 <sup>ab</sup>	33,57 <sup>a</sup>	24,72 <sup>b</sup>	28,95	21,46	0,8126	0,0054

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação (%); Tendência linear (L) ou quadrática (Q);  $L^*$  = Índice de luminosidade;  $a^*$  = Índice de vermelho;  $b^*$  = Índice de amarelo;  $C^*$  = Índice de saturação;  $h^\circ$  = Ângulo; OMb = Oximioglobina; DMb = Deoximioglobina; MMb = Metamioglobina.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da massa corporal ao abate nos valores de textura, coesividade, mastigabilidade e flexibilidade (Tabela 2). No entanto, os valores de textura

encontrados para os tratamentos são inferiores a 5 kgf, o que permite classificar as carnes como macias ou intermediárias (IGARASI et al., 2008).

Para a dureza da carne, observou efeito ( $P < 0,05$ ) da massa corporal ao abate, onde os animais com 20 kg apresentaram dureza de 222,94 N e os abatidos com 40 kg, dureza de 300,00 N. Estes valores são considerados elevados, quando comparados aos obtidos em estudo feito por Pellegrin et al. (2012), ao avaliaram o perfil de textura do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros lactantes, encontrando valores médios de 81,07 N para dureza.

Os valores de pH (Tabela 3), apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os tratamentos analisados, onde observou que os animais com maiores massas corporais de abate, apresentaram os menores valores de pH. Essa variação pode estar relacionada com a capacidade de retenção de água, a qual mesmo não apresentando efeito ( $P > 0,05$ ), teve menores valores de CRA.

Apesar do efeito dos tratamentos para a variável pH, o mesmo variou entre 5,67 a 5,90, indicando que as reações *post mortem* ocorreram de maneira adequada, não ocasionando carnes do tipo PSE (*Pale, Soft and Exsudative*) nem DFD (*Dark, Firm and Dry*). Assim, pode-se dizer que o aumento da massa corporal dos animais não influenciou de forma efetiva o pH da carne, sendo estes valores finais de pH adequados para a espécie.

Em relação a análise de colesterol as amostras apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em função da massa corporal de abate, onde observou-se diminuição com tendência linear, variando de 79,15 para 43,47 mg/100g. Estes valores estão de acordo com o encontrado por Pérez et al. (2002), em estudo feito no músculo *Longissimus dorsi* em ovinos das raças Santa Inês e Bergamácia, distribuídos em quatro grupos de massa corporal ao abate de 15, 25, 35 e 45 kg, os quais encontraram diminuição dos níveis de colesterol com o aumento da massa corporal dos animais, variando de 75,43 para 63,64 mg/100g.

Carvalho e Brochier (2008), encontraram valores médios de 220,90 mg/100g de amostra para o tratamento referência, onde os animais foram alimentados com dieta composta de mistura concentrada e abatidos com massa corporal de 26,66 kg. Este valor é considerado superior aos resultados observados, onde os animais com massa corporal de 25 kg tiveram valores de 57,23 mg/100g.

Leão et al. (2011), encontraram valor médio para colesterol de 51,28 mg/100g para cordeiros Ile de France, terminados em confinamento e abatidos com 15 kg de massa corporal, valor considerado inferior ao observado para o tratamento com massa corporal de 20 kg, com valor igual a 79,15 mg/100g.

Menores valores de colesterol são desejáveis pelos consumidores, que apresentam uma crescente preocupação com a relação dieta e saúde. O menor teor de colesterol foi observado no tratamento em que os animais foram abatidos com massa corporal de 40 kg, com valores de 43,47 mg/100g. Para Madruga et al. (2008) valores de colesterol menores que 90 mg/100g podem ser considerados baixos e, desta forma a carne pode ser explorada como saudável e benéfica para o consumo, sendo assim, todos os tratamentos apresentaram valores inferiores a 90 mg/100g.

Para as análises de TBARS e perdas de cocção, gotejamento, exsudado e descongelamento (Tabela 2), não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) das diferentes massas corporais de abate.

Tabela 2 – Força de cisalhamento, perfil de textura, pH, Aa, CRA e perdas por cocção, gotejamento, evaporação e descongelamento do músculo *Longissimus dorsi*.

Variável	Massa corporal de abate (kg)					Média	CV	Tendência	
	20	25	30	35	40			L	Q
WBS, kgf	2,62	3,11	3,18	3,34	3,14	3,08	20,71	0,1311	0,1957
Dureza, N	222,94 <sup>b</sup>	225,16 <sup>b</sup>	244,77 <sup>b</sup>	244,28 <sup>b</sup>	300,0 <sup>a</sup>	247,54	19,63	0,0063	0,2066
Coesividade, adm.	0,48	0,45	0,46	0,45	0,44	0,46	6,90	0,0823	0,5637
Mastigabilidade, adm.	54,36	51,64	55,63	55,50	69,72	57,37	27,73	0,1198	0,2460
Flexibilidade, adm.	0,48	0,50	0,48	0,49	0,51	0,49	8,61	0,4043	0,7824
pH, adm.	5,86 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,77 <sup>ab</sup>	5,67 <sup>b</sup>	5,72 <sup>b</sup>	5,78	2,57	0,0056	0,7457
Aa, adm.	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,11	0,9123	0,7802
CRA, %	35,50	32,06	33,03	35,35	33,55	33,90	14,06	0,9265	0,5566
Colesterol, mg/g	79,15 <sup>a</sup>	57,23 <sup>b</sup>	48,37 <sup>bc</sup>	53,95 <sup>b</sup>	43,4 <sup>c</sup>	56,43	26,32	0,0001	0,0090
TBARS, mg/kg	0,88	0,92	0,85	0,47	0,83	0,79	50,42	0,2931	0,5840
Perdas cocção, %	26,12	28,90	27,2	27,58	29,47	27,85	16,75	0,3980	0,9698
Perdas Gotejamento, %	15,57	20,15	18,03	18,07	18,98	18,16	16,75	0,2052	0,2415
Perdas Evaporação, %	10,55	8,73	9,17	9,51	10,48	9,69	34,17	0,8863	0,3120
Perdas Descongelamento, %	3,70	3,75	3,98	2,86	4,80	3,82	53,88	0,6381	0,4722

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P<0,05$ ). CV = Coeficiente de variação (%); Tendência linear (L) ou quadrática (Q); WBS = Warner-Bratzler Shear force; Ph = potencial hidrogeniônico; Aa = Atividade de água; CRA = capacidade de retenção de água; TBARS= Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.

Em relação ao perfil de ácidos graxos da carne (Tabela 3), não houve efeito ( $p>0,05$ ) das diferentes massas corporais de abate para os teores dos ácidos mirístico (14:0), margárico

(17:0), eláidico (18:1n9-t9), vacênico (18:1n7-t11) e linolelaídico (18:2n6-t9, t12), já os demais ácidos tiveram efeito ( $P < 0,05$ ) das diferentes massas corporais de abate.

Os ácidos graxos predominantes no perfil lipídico da carne dos cordeiros foram os ácidos oleico (40,04 %), palmítico (24,31%) e esteárico (19,03 %). Estes valores estão de acordo com os resultados obtidos por VELASCO et al. (2004), MADRUGA et al. (2006), WOOD et al. (2008).

Tabela 3 – Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*.

Ácidos graxos	Massa corporal de abate (kg)					Média	CV	Tendência	
	20	25	30	35	40			L	Q
12:0	0,09 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,08	37,03	0,1854	0,0085
14:0	1,76	1,74	1,96	1,96	2,16	1,92	24,19	0,1098	0,7539
15:0	0,27 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,21	22,82	0,1968	0,0059
16:0	21,22 <sup>b</sup>	24,27 <sup>a</sup>	25,88 <sup>a</sup>	24,85 <sup>a</sup>	25,35 <sup>a</sup>	24,31	10,85	0,0083	0,0418
16:1	1,14 <sup>b</sup>	1,55 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,61 <sup>a</sup>	1,47	19,98	0,0180	0,0691
17:0	0,92	0,90	0,94	0,86	0,90	0,90	12,42	0,6356	0,9546
18:0	17,12 <sup>b</sup>	20,03 <sup>a</sup>	20,65 <sup>a</sup>	19,55 <sup>ab</sup>	17,78 <sup>b</sup>	19,03	12,08	0,7601	0,0036
18:1n9c9	34,58 <sup>b</sup>	41,87 <sup>a</sup>	40,56 <sup>a</sup>	40,78 <sup>a</sup>	42,40 <sup>a</sup>	40,04	10,34	0,0016	0,0612
18:1n9-t9	0,73	0,55	0,99	0,86	0,81	0,79	104,01	0,6877	0,8255
18:1n7-t11	1,07	1,32	1,43	1,25	1,13	1,24	58,23	0,9705	0,4085
18:2n6	11,26 <sup>a</sup>	4,52 <sup>b</sup>	5,97 <sup>b</sup>	5,38 <sup>b</sup>	4,67 <sup>b</sup>	6,36	46,55	0,0001	0,0005
18:2n6t9t12	0,15	0,10	0,15	0,13	0,15	0,14	23,88	0,4685	0,1460
20:0	0,14 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,11	25,06	0,0009	0,7374
20:1	1,32 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,58	66,70	0,0011	0,0011
20:4	0,32 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,18	53,23	0,0011	0,0088
20:5	4,61 <sup>a</sup>	0,54 <sup>bc</sup>	0,81 <sup>b</sup>	0,36 <sup>c</sup>	0,35 <sup>c</sup>	1,33	137,75	0,0011	0,0011
22:0	0,06 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,04	42,31	0,0015	0,1442
22:5	3,27 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,86 <sup>b</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,59 <sup>b</sup>	1,19	95,01	0,0001	0,0001
22:6	0,73 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,30	85,99	0,0001	0,0003
24:0	0,11 <sup>a</sup>	0,05 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,06	45,04	0,0001	0,0314
n-6	13,65 <sup>a</sup>	5,02 <sup>b</sup>	6,69 <sup>b</sup>	5,96 <sup>b</sup>	5,27 <sup>b</sup>	7,32	48,39	0,0001	0,0001
n-3	9,46 <sup>a</sup>	1,95 <sup>bc</sup>	2,71 <sup>b</sup>	1,69 <sup>c</sup>	1,57 <sup>c</sup>	3,48	90,68	0,0001	0,0001
n-6/n-3	2,02 <sup>bc</sup>	2,58 <sup>b</sup>	2,52 <sup>b</sup>	3,25 <sup>ab</sup>	3,35 <sup>a</sup>	2,74	27,71	0,0003	0,8819

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação (%); Tendência linear (L) ou quadrática (Q); C12:0 = Láurico; C14:0 = Mirístico; C15:0 = Pentadecílico; C16:0 = Palmítico; C16:1 = Palmitoléico; C17:0 = Margárico; C18:0 = Esteárico; C18:1n9c = Oléico; C18:1n9-t9 = Eláidico; C18:1n7-t11 = Vacênico; C18:2n6 = Linoléico; C18:2n6t9t12 = Linolelaídico; C20:0 = Araquídico; C20:1 = Gondoico; C20:4 = Araquidônico; C20:5 EPA = Eicosapentanoico; C22:0 = Behêmico; C22:5 DPA = Docosapentaenóico; 22:6 DHA = Docosahexaenóico; 24:0 = Lignocérico;

Os ácidos, palmítico e mirístico são considerados indesejáveis, pois aumentam a síntese de colesterol e favorecem o acúmulo de lipoproteínas de baixa densidade, o que representa um fator de risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares (MOLONEY et al., 2001). Já os demais ácidos predominantes, oleico e esteárico não exercem elevação do colesterol, sendo o ácido esteárico rapidamente transformado em ácido oleico.

De acordo com Wood et al. (2008), em animais jovens a tendência é de apresentar um aumento dos teores do ácido oleico e diminuição do ácido linoleico, com o passar dos dias. Essa mesma relação foi observada no presente estudo, onde os animais com maiores massas corporais obtiveram aumento do ácido oleico e diminuição do ácido linoleico.

Foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos sobre o ácido linoleico (C18:2 n-6), com teores médios de 6,36 %, o qual apresentou tendência linear, diminuindo com o aumento da massa corporal. Esse ácido é considerado essencial e importante, por ser precursor dos ácidos da família n-6 (WOOD et al., 2008).

Para proporcionar benefícios a saúde, a relação n6/n3 deve apresentar valor inferior a três (SCOLLAN et al., 2014). Sendo assim, os animais abatidos com 20, 25 e 30 kg de massa corporal, obtiveram valores inferiores a 3, já os animais abatidos com 35 e 40 kg de massa corporal obtiveram valores superiores a 3. Isto mostra que animais abatidos com até 30 kg podem promover efeitos benéficos.

Em relação a modulação das fibras musculares para o músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 4), houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), apenas para o diâmetro das fibras do tipo I, sendo que as demais variáveis analisadas, como área relativa e frequência das fibras musculares, não apresentaram efeito ( $P > 0,05$ ), quando comparadas às diferentes massas corporais de abate dos animais.

O diâmetro das fibras do tipo I, apresentou tendência quadática, ( $\hat{y} = - 31,1948 + 3,8200 x - 0,0688 x^2$ ;  $r^2 = 0,42$ ), onde os animais abatidos com massa corporal de 30 kg, apresentaram maior diâmetro, com valores de 30,63  $\mu$ .

Em função do crescimento pós-natal da massa muscular ser processado apenas por hipertrofia das fibras pré-existentes (PICARD et al., 2003), fica evidenciado que as fibras do tipo I, apresentaram aumento do diâmetro em decorrência de hipertrofia.

Em cordeiros da raça Segureña, Peinado et al. (2004) observaram valores de diâmetro da fibra no músculo *Longissimus dorsi* de 13,97; 13,30 e 17,85  $\mu$  aos 60 dias de idade, para as fibras do tipo I, IIB e IIA, respectivamente. Os valores de diâmetro para as fibras do Tipo I foram menores aos encontrados neste trabalho, com valores médios de 18,83  $\mu$ .

Ithurralde et al. (2015), estudaram os tipos de fibras musculares em borregos da raça Poll Dorset, com massa corporal viva entre 67- 76 kg e encontraram diferença significativa para o diâmetro das fibras do tipo I e do tipo II, quando comparados diferentes músculos, sendo os valores médios para o músculo *Longissimus dorsi*, iguais a: 42,9 (Tipo I) e 47,3 (Tipo II). Estes valores foram superiores aos encontrados no presente estudo, sendo esta variação atribuída pela diferença na massa corporal dos animais, os quais foram abatidos com o máximo de 40 kg.

Mesmo a frequência das fibras musculares, não apresentando efeito ( $P>0,05$ ) dos tratamentos, observa-se uma maior ocorrência de fibras do tipo IIA, indicando uma provável modulação das fibras do tipo IIB e IIC para fibras do tipo IIA. Já a frequência das fibras do tipo I é determinada geneticamente, sendo invariável a fatores externos, como a nutrição (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2015).

Tabela 4 – Diâmetro, área relativa e frequência do músculo *Longissimus dorsi*.

Variáveis	Massa corporal de abate (kg)					Média	P value	Tendência	
	20	25	30	35	40			L	Q
	Diâmetro, $\mu$								
I	18,62 <sup>b</sup>	17,84 <sup>b</sup>	30,63 <sup>a</sup>	14,8 <sup>b</sup>	12,27 <sup>b</sup>	18,83	0,0012	0,0431	0,0028
IIA	18,62	19,28	15,52	14,55	12,27	16,05	0,5080	0,1002	0,8421
IIB	17,02	17,30	10,98	14,35	12,43	14,42	0,3752	0,1577	0,5930
IIC	16,62	16,62	15,52	14,22	10,88	14,77	0,6524	0,1876	0,5732
	Area relativa, %								
I	13,80	10,64	12,32	9,27	6,75	10,56	0,4108	0,0845	0,7524
IIA	80,45	79,26	79,09	80,51	84,37	80,74	0,6662	0,3290	0,3260
IIB	2,37	4,48	4,87	5,77	5,04	4,51	0,7843	0,2748	0,5014
IIC	3,38	5,62	3,71	4,44	3,84	4,20	0,8856	0,9586	0,6282
	Frequência, %								
I	11,67	11,64	7,12	9,72	6,60	9,35	0,4676	0,1619	0,9223
IIA	81,82	79,08	81,68	82,18	83,37	81,63	0,8100	0,4815	0,5701
IIB	2,62	3,72	6,47	4,57	5,61	4,60	0,5890	0,2447	0,4768
IIC	3,90	5,56	4,75	3,54	4,43	4,44	0,8984	0,7508	0,8553

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P<0,05$ ). Tendência linear (L) ou quadrática (Q);

Para o músculo *Semitendinosus*, não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) dos tratamentos estudados em relação ao diâmetro das fibras musculares dos tipos I, IIA, IIB e IIC (Tabela 5).

Foi encontrada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para as áreas relativas das fibras musculares do tipo IIA e IIC. Já para a frequência, observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos para as fibras do tipo IIA, IIB e IIC, onde ambos apresentaram comportamento quadrático.

Hawkins et al. (1985) afirmam que as fibras do músculo *Semitendinosus* atingem seu tamanho máximo próximo aos 41 kg de peso vivo, o que permite inferir que o diâmetro e a área relativa dos diferentes tipos de fibras, apresentaram seus valores máximos.

A área relativa das fibras do tipo IIA foi superior para os animais abatidos com massa corporal de 35 kg, com valor de 82,46 % e o contrário foi observado nas fibras do tipo IIC, as quais apresentaram menores valores.

Apesar da frequência ter obtido resultados significativos, os valores encontrados foram bem próximos, sendo que uma das explicações para esta variação, pode ser em função do uso da máscara de grade utilizada para a contagem das fibras, ou ainda pelo fato de que as fibras do tipo IIA, IIB e IIC podem seguir se desenvolvendo depois do nascimento dos animais, ao contrário das fibras do tipo I que já são fixadas no momento da gestação (FILHO et al., 2011).

Assim como para o músculo *Longissimus dorsi*, observa-se uma maior ocorrência de fibras do tipo IIA, o que permite inferir que houve modulação das fibras do tipo IIB e IIC para fibras do tipo IIA.

Tabela 5 – Diâmetro, área relativa e frequência do músculo *Semitendinosus*.

Variáveis	Massa corporal de abate (kg)					Média	P value	Tendência	
	20	25	30	35	40			L	Q
Diâmetro, $\mu$									
I	16,32	15,48	16,78	15,18	17,02	16,16	0,6780	0,7361	0,5337
IIA	15,17	14,20	16,20	15,07	15,88	15,30	0,6080	0,4469	0,9030
IIB	14,83	14,58	15,63	15,05	17,17	15,45	0,1485	0,0435	0,2371
IIC	15,18	14,42	15,75	16,97	16,33	15,73	0,2900	0,0733	0,8294
Área relativa, %									
I	10,80	11,53	9,28	10,48	13,20	11,06	0,6763	0,5396	0,2995
IIA	70,15 <sup>b</sup>	69,75 <sup>b</sup>	76,16 <sup>ab</sup>	82,46 <sup>a</sup>	65,18 <sup>b</sup>	72,74	0,0298	0,7989	0,0150
IIB	8,78	7,45	8,11	8,82	9,46	8,52	0,2348	0,5981	0,1728
IIC	10,27 <sup>ab</sup>	11,27 <sup>ab</sup>	6,64 <sup>bc</sup>	4,24 <sup>c</sup>	12,16 <sup>a</sup>	8,92	0,0338	0,5635	0,0238
Frequência, %									
I	10,61	10,81	9,59	9,24	10,31	10,11	0,9745	0,7278	0,7245
IIA	70,14 <sup>ab</sup>	69,91 <sup>b</sup>	74,59 <sup>a</sup>	79,68 <sup>a</sup>	64,56 <sup>b</sup>	71,78	0,0147	0,8784	0,0137
IIB	8,74 <sup>a</sup>	7,52 <sup>ab</sup>	8,02 <sup>ab</sup>	2,51 <sup>b</sup>	11,75 <sup>a</sup>	7,71	0,0399	0,8664	0,0409
IIC	10,50 <sup>ab</sup>	11,75 <sup>a</sup>	7,47 <sup>ab</sup>	4,71 <sup>bc</sup>	13,38 <sup>a</sup>	9,56	0,0099	0,8094	0,0179

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). Tendência linear (L) ou quadrática (Q);

Para o músculo *Supraspinatus*, foi encontrada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a variável diâmetro para as fibras do tipo IIA e IIC (Tabela 6).

Os diâmetros das fibras do tipo IIA e IIC apresentaram tendência linear, aumentando conforme aumentou-se a massa corporal de abate dos animais. Foi possível observar que os animais com maiores massas corporais têm tendência a apresentar fibras de diâmetros maiores, em função destas fibras ainda estarem em desenvolvimento depois do nascimento. O diâmetro das fibras do tipo IIA variou de 16,52  $\mu$  para 18,28  $\mu$ , já as fibras do tipo IIB, de 16,77  $\mu$  para 18,04  $\mu$ .

Observa-se que o aumento da massa corporal de abate proporciona maiores valores de diâmetro das fibras musculares, o que está de acordo com o proposto por Greenwood et al. (2000), onde o crescimento muscular está associado ao aumento do diâmetro das fibras.

Em relação a área relativa e a frequência dos tipos de fibras musculares para o músculo *Supraspinatus*, não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ), dos diferentes tratamentos.

Tabela 6 – Diâmetro, área relativa e frequência do músculo *Supraspinatus*.

Variáveis	Massa corporal de abate (kg)					Média	P value	Tendência	
	20	25	30	35	40			L	Q
	Diâmetro, $\mu$								
I	16,55	18,97	18,76	17,54	18,97	18,16	0,1415	0,1663	0,2980
IIA	16,52 <sup>b</sup>	18,43 <sup>a</sup>	16,76 <sup>b</sup>	18,28 <sup>a</sup>	16,68 <sup>b</sup>	17,33	0,0216	0,2934	0,6188
IIB	16,82	18,95	18,18	19,97	18,80	18,54	0,3152	0,2113	0,4530
IIC	16,77 <sup>bc</sup>	19,98 <sup>a</sup>	18,70 <sup>ab</sup>	14,88 <sup>c</sup>	18,04 <sup>ab</sup>	16,74	0,0006	0,2872	0,3503
	Área relativa, %								
I	13,72	12,40	14,78	14,17	12,68	13,55	0,6909	0,9425	0,5253
IIA	65,06	66,81	70,47	69,27	70,10	68,34	0,2857	0,0809	0,2237
IIB	12,65	13,69	11,74	12,62	14,41	13,02	0,5753	0,5456	0,3646
IIC	4,99	3,24	2,99	3,09	3,63	3,59	0,7704	0,4532	0,2719
	Frequência, %								
I	14,14	14,29	14,22	14,09	13,47	14,04	0,9864	0,6985	0,7320
IIA	67,20	66,94	71,48	71,82	69,44	69,38	0,1152	0,0891	0,1798
IIB	13,43	13,44	11,91	11,28	14,22	12,86	0,1395	0,8437	0,0581
IIC	5,23	3,59	2,50	2,70	2,86	3,78	0,5122	0,1389	0,2606

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). Tendência linear (L) ou quadrática (Q);

Em geral os três músculos apresentaram maior proporção de fibras brancas (Tipo IIA), o que permite inferir que as carnes dos diferentes tratamentos, são carnes consideradas macias e com melhor qualidade, devido a uma maior liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, promovendo maior ativação das enzimas calpainas.

A correlação de Spearman indica o grau de associação (baixo  $< 0,40$   $\geq$  médio  $\leq 0,70$   $>$  alto) e a direção (positiva/ negativa) do relacionamento entre duas variáveis aleatórias.

Sendo assim, ao correlacionar a frequência da área relativa dos tipos de fibras musculares do músculo *Longissimus dorsi* com a qualidade da carne (Tabela 7), observou-se correlação média negativa, apenas para a variável Deoximioglobina, para as fibras do tipo IIB e IIC.

As fibras do tipo IIB e IIC são caracterizadas por serem fibras com capacidade oxidativa e glicolítica intermediárias as fibras brancas e vermelhas e, por consequência, apresentam coloração intermediária entre estas fibras, em função de apresentarem menores quantidades de mioglobina. A variável deoximioglobina é a responsável pela coloração vermelho brilhante das carnes, sendo que a correlação negativa observada infere que estas carnes obtiveram menores valores de deoximioglobina.

Os coeficientes de correlação entre as demais variáveis relacionadas a qualidade da carne, não foram significativas ( $P > 0,05$ ), apresentando no geral baixa correlação entre a área das fibras musculares e a qualidade da carne.

Tabela 7 – Coeficiente de correlação de Spearman entre a área relativa das fibras musculares dos tipos I, IIA, IIB e IIC e a qualidade da carne do músculo *Longissimus dorsi*.

Variáveis	<i>Longissimus dorsi</i>			
	I	IIA	IIB	IIC
Umidade, %	0,28 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>
Cinzas, %	-0,12 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Proteína, %	-0,24 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
Lipídios, %	-0,25 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Colesterol, mg/g	0,16 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>
pH, adm.	0,30 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Aa, adm.	0,13 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>
CRA, adm.	-0,07 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>
Perdas cocção, %	-0,18 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>
Perdas gotejamento, %	-0,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
Perdas evaporação, %	-0,21 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>
TBARS, mg/kg	-0,20 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
L*, adm.	0,25 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
a*, adm.	-0,19 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>
b*, adm.	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
c*, adm.	-0,19 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>
h°, adm.	0,17 <sup>ns</sup>	-0,44 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
MMb, adm.	0,16 <sup>ns</sup>	-0,42 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
DMb, adm.	0,23 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	-0,49*	-0,69*
OMb, adm.	-0,29 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
WBS, kgf	-0,008 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
Dureza, N	-0,16 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Coesividade, adm.	0,13 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>
Flexibilidade, adm.	0,02 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>
Mastigabilidade, adm.	-0,04 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,007 <sup>ns</sup>

Ph = potencial hidrogeniônico; Aa = Atividade de água; CRA = capacidade de retenção de água; TBARS= Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; L\* = Índice de luminosidade; a\* = Índice de vermelho; b\* = Índice de amarelo; C\* = Índice de saturação; h° = Ângulo; MMb = Metamioglobina; DMb = Deoximioglobina; OMb = Oximioglobina; WBS = Warner-Bratzler Shear force. Adm = Adimensional.

<sup>ns</sup>Não significativo (P>0,05); \*Significativo (P<0,05).

#### 4 Conclusões

O aumento da massa corporal de abate influenciou a umidade, lipídios, cor, dureza, pH e colesterol, sendo que o aumento da massa corporal, proporcionou queda dos teores de umidade e aumento do teor de lipídios e dureza da carne.

Os animais abatidos com maior massa corporal de abate, apresentaram os menores valores de colesterol, sendo estes valores desejáveis pelos consumidores, que buscam por alimentos mais saudáveis, inferindo assim que o abate de animais com massa corporal de até 40 kg é satisfatório para as indústrias, conferindo um produto de maior rendimento e de qualidade.

Com relação à modulação das fibras musculares, o aumento da massa corporal, proporcionou a modulação das fibras do tipo IIB e IIC para fibras do tipo IIA para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinoso* e *Supraspinatus*.

O aumento da massa corporal proporcionou alterações do diâmetro, área relativa e frequências das fibras musculares, sendo observado maior variação para as fibras dos tipos IIA, IIB e IIC. A maior incidência de fibras do tipo IIA, permitem inferir que as carnes foram mais macias e de melhor qualidade.

## Referências Bibliográficas

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. **Research Guidelines for Cookery, Sensory and Instrumental Tenderness Measurement of Fresh Meat**. Chicago, 1995, 48 p.

AMSA. American Meat Science Association. **Meat color measurement guidelines**. Champaign, IL, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.

BONAGURIO, S. et al. Composição centesimal de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, 2004.

BRESSAN, M. C. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.293-303, 2001.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.; HIOSHI, E.H. **Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína**. Disponível em: <[http://www2.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas\\_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf](http://www2.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2015.

BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods Enzymol**, v. 53, p. 302-104. 1978.

CARVALHO, S.; BROCHIER, M.A. Composição tecidual e centesimal e teor de colesterol da carne de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo níveis crescentes de resíduo úmido de cervejaria. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.2023-2028, 2008.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glicerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072, 1982.

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M.H. **Muscle biopsy: a modern approach**. Saunders, 1973. 220 p.

ESTEVES, G.I.F. **Características e qualidade de carcaça de ovelhas de diferentes idades**. Brasília, DF: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 55 p., Dissertação de Mestrado.

FAHEY, A.J. et al. The effect of maternal undernutrition before muscle differentiation on the muscle fiber development of the newborn lamb. **Journal of Animal Science**, n.83, p.2564-2571, 2005.

FILHO, M.D. et al. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento do tecido muscular e sua relação com a qualidade da carne em bovinos. **Nutritime**, v.8, n. 2, p.1431-1443, 2011.

GREENWOOD, P.L. et al. Effects of birth weight and post natal nutrition on neonatal sheep. II. Skeletal muscle growth and development. **Journal of Animal Science**, v.78, n.1, p.50-61, 2000.

HAMM, R. Functional properties of soft hemifibrillar system and their measurement. In: BECHTEL, P.J. (Ed.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, p.135-199, 1986.

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

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

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição, 1ª ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.1020. 2008.

IGARASI, M.S. et al. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.3, p.520-528, 2008.

ITHURRALDE, J. et al. Histochemical fiber types in 16 heavy-lamb skeletal muscles. **Small Ruminant Research**, v.125, p.88-92, 2015.

LEÃO, A.G. et al. Características nutricionais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.1072-1079, 2011.

LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. **Meat Science**, v.84, p.257-270, 2010.

LEMES, J. S.; ROLL, V. F. B. **Avaliação da carcaça em animais de produção**. 1. ed. Pelotas: Universitária PREC/UFPEL, 2013. 147 p.

LOUGHLIN, M. **Muscle biopsy**. A laboratory investigation. Butterworth-Heinemann, 1993, p.78-79.

MADRUGA, M. S. et al. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1838-1844, 2006.

MADRUGA, M.S. et al. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, 2008.

MOLONEY, A.P. et al. Producing tender and flavorful beef with enhanced nutritional characteristics. **Proceedings Nutrition Society**, v.60, n.2, p.221-229, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids.** Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.

NÓBREGA, G.H. et al. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: desempenho produtivo e morfometria do rúmen e do intestino delgado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.5, p.1522-1530, 2014.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Métodos para avaliação da produção de carne ovina: 'in vivo', na carcaça e na carne.** Pelotas: UFPEL, 1998. 98p.

PEINADO, B. et al. Histochemical skeletal muscle fibre types in the sheep. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v.33, n.6, p.236-243, 2004.

PELLEGRIN, A. C. R. S. et al. Influência sobre a análise do perfil de textura (TPA) da carne de ovino a lactantes terminados em sistema de *creep feeding*. **Sinergismus Scientifica**, v. 7, n. 1, 2012.

PÉREZ, J. R. O. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre o perfil de ácidos graxos, colesterol e propriedades químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.11-18, 2002.

PICARD, B. et al. Typologie et ontogênese des fibres musculaires chez le bovin. **INRA Productions Animales**, v.16, n.2, p.125-131, 2003.

RAMOS, E. M.; GOMIDE L. A. M. **Avaliação da Qualidade de Carne: Fundamentos e Metodologias.** 1. ed. Viçosa: UFV, 2009. 599 p.

SALDANHA, T.; MAZALLI, M.R.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.109-113, 2004.

SANTOS-CRUZ, C.L. et al. Composicao quimica dos cortes da carcaca de cordeiros Santa Ines abatidos com diferentes pesos. **Revista Magistra**, v. 20, n.1, p.36-45, 2008.

SCOLLAN, N.D. et al. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.97, n.3, p.384-394, 2014.

SHANTA, N.L.; DECKER, E.A. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. **Journal of AOAC International**, v.77, n.2, p.421-424, 1994.

SINNHUBER, R.O.; YU, T.C. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. II The quantitative determination of malonaldehyde. **Food Technol**, v.12, n.1, p.9-12, 1958.

SOUZA, X. R. et al. Composicao centesimal do musculo *Biceps femoris* de cordeiros em crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, p.1507-1513, 2002.

SUN, H.X. et al. Meat quality, fatty acid composition of tissue and gastrointestinal content, and antioxidant status of lamb fed seed of a halophyte (*Suaeda glauca*). **Meat Science**, v.100, p.10–16, 2015.

VELASCO, S.; CAÑEQUE, V.; LAUZURICA, S.; PÉREZ, C.; HUIDOBRO, F. Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lamb fattened at pastured. **Meat Science**, v.66, p.457 - 465, 2004.

ZEOLA, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, v.304, n.25, p.36-56, 2002.

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

## CAPÍTULO II

### **Modulação das fibras musculares esqueléticas em função do regime alimentar e sua relação com a qualidade da carne de cordeiros**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de oferta de alimentação na modulação das fibras musculares esqueléticas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus* e, sua influência nas características da qualidade da carne de cordeiros da raça Texel. Foram utilizados 24 cordeiros da raça Texel, machos não castrados, distribuídos em quatro tratamentos com seis repetições cada. Os tratamentos foram caracterizados pela diferença do nível de oferta, sendo: seis cordeiros abatidos com 20 kg (abate controle), e os demais animais foram distribuídos quanto ao nível de alimentação restrita equivalente à 55% e 70% do consumo *ad libitum* e nível de alimentação *ad libitum* abatidos com massa corporal de 40 kg. Os diferentes regimes alimentares proporcionaram modificações das características das fibras musculares, sendo que o consumo *ad libitum* apresentou fibras de maior tamanho. Observou-se maior incidência de fibras do tipo IIA para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinoso* e *Supraspinatus*, inferindo que ocorreu modulação das fibras do tipo IIB para IIA. Em relação a qualidade da carne, os regimes alimentares influenciaram as características de umidade, cinzas, lipídios, colesterol, cor, perdas por cocção e perfil lipídico, sendo que o abate controle teve os maiores valores para umidade e, o tratamento com consumo *ad libitum* proporcionou carnes com menor teor de colesterol. Portanto, conclui-se que a restrição alimentar e o consumo *ad libitum* proporcionam alterações nas características das fibras musculares e na qualidade da carne de cordeiros.

**Palavras-chave:** Sistemas de terminação; Oxidativas; Glicolíticas; Perfil de ácidos graxos;

## CHAPTER II

### **Modulation of skeletal muscle fibers due to the diet and its relation to the quality of lamb meat**

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the effect of different power supply levels in the modulation of skeletal muscle fibers of Longissimus dorsi, Semitendinosus and supraspinatus and its influence on the characteristics of meat quality of lambs of Texel. 24 lambs of the Texel breed, were used uncastrated male, distributed in four treatments with six replicates each. The treatments were characterized by the difference in the level of supply, as follows: six lambs slaughtered at 20 kg (control slaughter), and the remaining animals were distributed on the restricted power level equivalent to 55% and 70% of ad libitum consumption and level of ad libitum feeding slaughtered with a body mass of 40 kg. The different diets provided carcaterísticas modifications of the muscular fibers, wherein the ad libitum intake showed larger fibers. A higher incidence of type IIA fibers to the Longissimus dorsi, Semitendinosus and supraspinatus, inferring that occurred modulation of fibers type IIB to IIA. Regarding the quality of the meat, the diet influenced the moisture characteristics, ashes, lipids, cholesterol, color, cooking losses and lipid profile, and control slaughter had the highest values for moisture and treatment with ad ibitum consumption provided meat with less cholesterol. Therefore, if conslui that dietary restriction and ad libitum intake carcaterísticas provide changes in the muscle fibers and the quality of lamb meat.

**Keywords:** termination systems; Oxidatives; glycolytic; Fatty acids;

## 1 Introdução

A cadeia produtiva de ovinos está passando por modificações acentuadas nos últimos anos. A procura pelos consumidores por produtos de melhor qualidade tem levado à busca pela padronização dos produtos e à regularização da oferta. Com essa perspectiva de consumo, surge o interesse na terminação de cordeiros, na qual o objetivo é rapidez na comercialização e na produção de carcaças com qualidade adequada e diferenciada (ALVES et al., 2014).

O uso de diferentes regimes alimentares, se caracterizam por proporcionar o rápido ganho de peso, alta eficiência de conversão alimentar e conseqüente diminuição no tempo de terminação, maior uniformidade no desempenho e nas características de carcaça e nas propriedades das fibras musculares, alterando a qualidade final da carne (PAULINO et al., 2012).

A qualidade da carne é dependente de fatores intrínsecos e extrínsecos aos animais. Entre os fatores intrínsecos podemos citar a raça, idade e o sexo. Já os fatores extrínsecos são o manejo animal, nutrição e ambiente. Estes fatores isolados ou em conjunto irão definir a qualidade físico-química, tecnológica e sensorial da carne (ORDÓÑEZ et al., 2005; LEMES; ROLL, 2013; PICARD et al., 2014).

As propriedades das fibras musculares também exercem papel importante na qualidade da carne, influenciando na sua maciez. Acredita-se que animais com maior número de fibras de moderado tamanho produzem carne de melhor qualidade (REHFELDT et al., 2000). As fibras podem ser divididas em fibras do tipo I e tipo II, sendo as fibras do tipo II divididas em fibras do tipo IIA, IIB e IIC (SANTOS, 2002).

A presença de um ou mais tipos de fibras, sua distribuição e frequência dos subtipos, é que determinam as características metabólicas e contráteis do músculo esquelético, revelando suas propriedades bioquímicas e fisiológicas. A composição de fibras musculares pode variar com o tipo de músculo, inervação, localização dentro do músculo, idade, sexo, genética, ambiente, exercícios e alimentação (SARTORI et al., 2001).

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de oferta de alimentação na modulação das fibras musculares esqueléticas dos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus* e, sua influência nas características da qualidade da carne de cordeiros da raça Texel.

## 2 Material e métodos

O experimento foi realizado no laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – RS – Brasil, e as análises de fibra muscular foram realizadas no Departamento de Biologia Estrutural e Funcional do Instituto de Biologia, da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP - SP - Brasil.

Foram utilizados 24 cordeiros da raça Texel, machos não castrados, desmamados aos 60 dias de idade e confinados em baias individuais (1,5 m<sup>2</sup>), providas de comedouros e bebedouros. A dieta experimental foi composta por silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench), grão de milho (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.) e mistura mineral, calculada para atender às exigências de proteína bruta, energia metabolizável e macrominerais preconizadas pelo Agricultural and Food Research Council AFRC (1993), para ganho de 0,250 kg diários. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, em horários pré-estabelecidos (às 8:00 e às 16:00 horas).

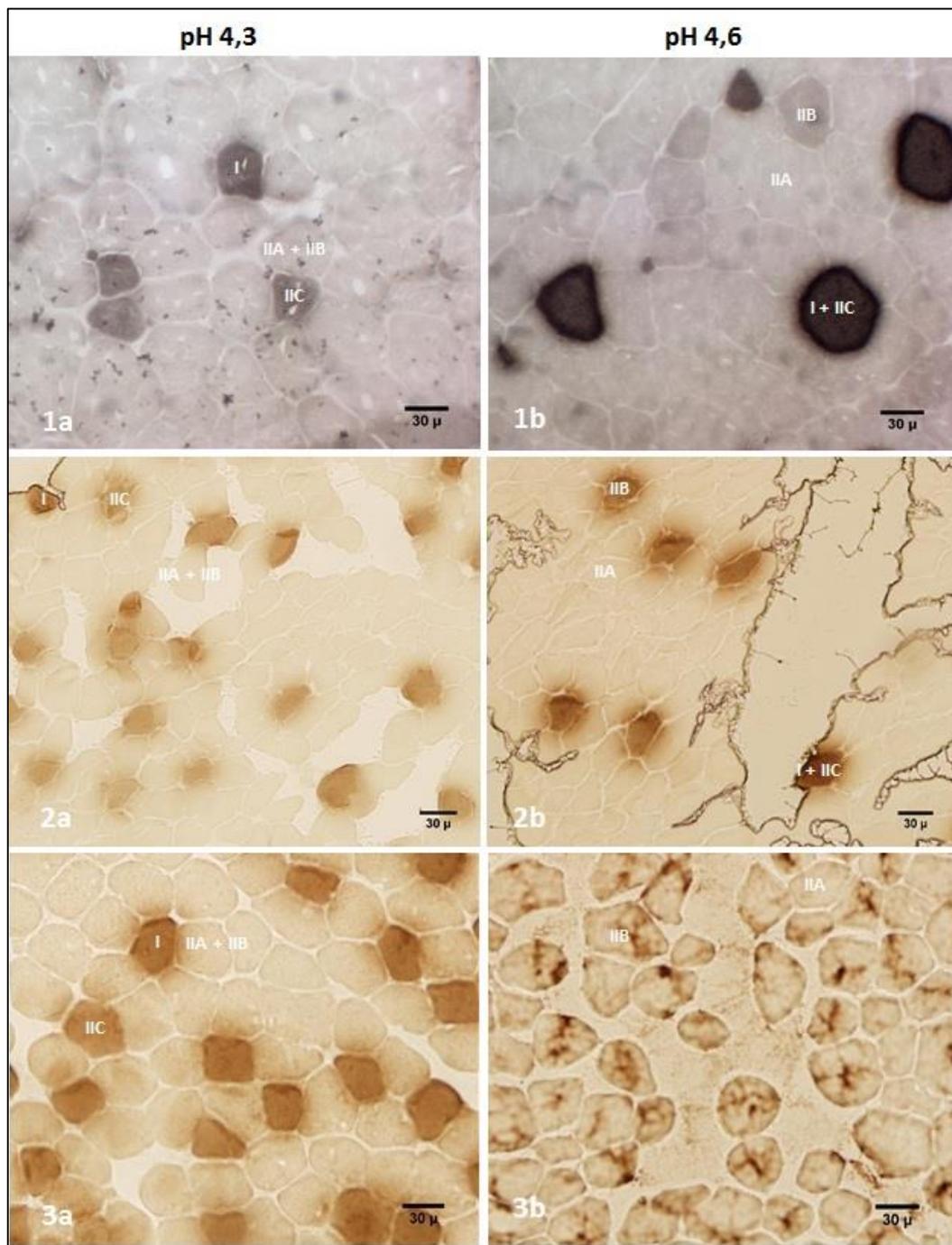
Os animais foram distribuídos em 4 tratamentos experimentais com 6 repetições por tratamento, sendo os tratamentos caracterizados pela diferença do nível de oferta. Após o período de adaptação, 06 cordeiros foram abatidos com 20 kg (abate controle) e, os demais animais foram submetidos ao nível de alimentação restrita equivalente à 70% do consumo *ad libitum*; nível de alimentação restrita equivalente à 55% do consumo *ad libitum* e nível de alimentação *ad libitum*, sendo estes animais abatidos com massa corporal de 40 kg.

Ao atingirem a massa corporal pré-definida, os animais foram insensibilizados e sacrificados mediante secção das artérias carótidas e veias jugulares, seguido de esfolamento, evisceração e acondicionamento das carcaças em câmara frigorífica durante 24 horas à temperatura de 2°C. Após transcorrido este período, realizou-se a coleta do músculo *Longissimus dorsi* para as análises de qualidade da carne, onde as amostras foram armazenadas em embalagens a vácuo a – 80°C até posterior análise. Para análise da fibra muscular, coletou-se imediatamente após o abate os músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, os quais foram armazenados em microtubos, congelados em nitrogênio líquido e mantidos a – 80°C até o momento da análise.

Para as análises da modulação das fibras musculares, as amostras de tecido muscular congeladas foram transferidas para criomicrotomo Leica® CM1850™ (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany), onde foram mantidas a - 20°C, fixadas em suportes metálicos utilizando resina *Optimal Critical Temperature compound* – OCT Tissue-Tek®, e realizados cortes transversais seriados com 10 µm de espessura. Os cortes foram montados em lâminas

histológicas e corados de acordo com o protocolo descrito por Loughlin (1993), baseando-se nas variações de sensibilidade para atividade de adenosina trifosfatase miofibrilar (m-ATPase) em exposição a diferentes valores de pH. As lâminas histológicas foram submetidas à pré-incubação em pH 4,3 e pH 4,6 a fim de distinguir os diferentes tipos de fibras (Figura 1).

Figura 1 – Seções transversais do músculo *Longissimus dorsi* (1a – 1b); *Semitendinosus* (2<sup>a</sup> – 2b) e *Supraspinatus* (3a -3b), reagidas pelo método m-ATPase e incubadas em pH 4,3 e 4,6.



As características das fibras musculares foram obtidas pela análise das imagens computadorizadas, capturadas por meio de um Microscópio óptico Olympus® BX51 (Olympus, Tokyo-Japan), com objetiva de 20X. Foi realizada a mensuração do menor diâmetro da fibra, conforme descrito por Dubowitz e Brooke (1973), bem como a mensuração da área das fibras, com uso de uma máscara de grade, através do aplicativo Image J. Foram analisadas 10 imagens por unidade experimental (animal). A frequência relativa % das fibras foi calculada pela contagem do número absoluto de cada tipo de fibra na máscara de grade, dividindo o resultado pelo número total de fibras contadas, e multiplicando o quociente por 100.

Para a determinação de umidade, cinzas e proteína bruta foi realizada conforme AOAC (2005), onde inicialmente 30 g de carne foi liofilizada (Terroni, LS3000B, Brasil) até pressão constante. A extração e quantificação de lipídios totais foi realizada através da técnica proposta por Hara e Hadin (1978). A determinação de colesterol foi feita através de método enzimático, com o uso do Kit Colesterol PP (Analisa, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil), segundo metodologia proposta por Saldanha et al. (2004).

A avaliação da oxidação lipídica foi mensurada através da quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) segundo metodologia proposta por Sinnhuber e Yu (1958) e por Buege e Aust (1978), cujos resultados foram expressos em mg de malonaldeído por quilograma de amostra. O pH foi determinado em potenciômetro digital com eletrodo modelo AF-405 e sensor de temperatura, Modelo mPA-210p (Tecnoyon, Piracicaba, São Paulo, Brasil), conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), adaptada para 1 grama de amostra diluídas em 10 mL de água destilada. A determinação da atividade de água foi realizada através do equipamento Aqualab CX-2 (Decagon, Washington, Estados Unidos).

A capacidade de retenção de água da carne foi determinada segundo metodologia proposta por Hamm (1986) e adaptada por Osório e Osório (1998), a qual consiste na tomada de três triplicatas de aproximadamente 0,5g de carne, previamente moída e homogeneizada, sobre papel de filtro padrão e submetê-las a compressão por um peso de 2,25 kg por 5 minutos. O resultado foi expresso em porcentagem de água perdida em relação ao peso inicial da amostra.

Para a avaliação instrumental da cor, inicialmente as amostras foram descongeladas a uma temperatura de 4°C por 24 horas e em seguida seccionadas permitindo a oxigenação da superfície por um período de 30 minutos. A medição foi feita através de colorímetro Minolta CM-700D (Konica Minolta, Japão), com iluminante A e área de medição de 8 mm, sendo que para cada repetição foram realizadas 6 leituras em pontos distintos da superfície de cada amostra. Os atributos avaliados foram L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho) e b\* (intensidade do amarelo). Obteve-se ainda o espectro visível entre os comprimentos de onda

360 e 740 nm, com intervalos de 10 nm entre eles. A partir desses dados, foram calculados os valores de ângulo de tonalidade ( $h^{\circ} = (\arctang[b^*/a^*])$ ), índice de saturação ( $C = ([a^{*2} + b^{*2}]^{1/2})$ ), além de realizar a conversão dos valores obtidos em reflectância (R) para atenuância (A) através da equação  $A = \log 1/R$ , da qual obteve-se os cálculos do percentual de metamioglobina, desoximioglobina e oximioglobina (AMSA, 2012).

As perdas por descongelamento, foram determinadas através da diferença de peso entre a amostra congelada e da amostra após permanecer em refrigerador à 4 °C por 24 horas. Já as perdas de cocção, gotejamento e evaporação as amostras foram submetidas ao processo de cocção até atingirem temperatura interna de 71°C, conforme proposto por AMSA (1995). A partir das amostras cozidas realizou-se a avaliação da força de cisalhamento e do perfil de textura, através do equipamento TA-XT plus (Texture Analyser, Ingaterra, Reino Unido). A força de cisalhamento foi feita com amostras retiradas no sentido longitudinal das fibras musculares, com diâmetro de 2,54 cm, através do uso de probe Warner Bratzler Blade “V” com velocidade de teste de 3,33 mm/s e distância de 30 mm. Já para a determinação do perfil de textura as amostras foram cortadas em cubos de 1 cm<sup>3</sup> e analisadas através da probe P 36, com altura de 36 mm, velocidade de teste de 5 mm/s, com dupla compressão, com velocidade pré teste de 1,5 mm/s e velocidade pós-teste de 10 mm/s. Os atributos avaliados foram, dureza, coesividade, mastigabilidade e fraturabilidade.

Para determinação de ácidos graxos, os lipídios foram extraídos por metodologia proposta por Hara e Radin (1978), seguido de transesterificação e metilação segundo metodologia preconizada por Christie (1982). O perfil de ácidos graxos foi determinado em aparelho de cromatografia gasosa, utilizando detector de ionização em chama (FID) e coluna SP 2560 de 100 m x 250 µm x 0,20 µm. Utilizou-se o nitrogênio como gás de arraste com fluxo de 2mL/min e volume de injeção de 1µL, com razão de split de 1:50, com temperatura inicial de injeção de 60 °C, sendo aumentada gradativamente até atingir 240°C. Os ácidos graxos foram identificados e normalizados através da comparação entre os tempos de retenção.

Os dados foram submetidos à análise de variância univariada pelos modelos lineares gerais utilizando o procedimento GLM do SAS®, as médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos através do comando LSMEANS (*Least Squares Means*) e comparadas pelo teste t ao nível de 5% de significância, seguida de análise de contrastes ortogonais. Adicionalmente, foi efetuada correlação de Spearman entre as variáveis estudadas. As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS® *System for Windows*<sup>TM</sup>, versão 9.0.

### 3 Resultados e Discussão

Os diferentes regimes alimentares não afetaram ( $P>0,05$ ) o diâmetro, área relativa e frequência dos diferentes tipos de fibras musculares para o músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 1).

Em relação aos contrastes analisados (Tabela 1), observou-se efeito ( $P<0,05$ ), apenas quando comparado o tratamento controle com os demais tratamentos, alterando o diâmetro das fibras do tipo I, IIA e IIC, a área relativa e a frequência das fibras do tipo I.

O diâmetro das fibras do tipo I teve variação de 18,62 para 12,13  $\mu$ , onde observa-se que os animais com restrição de 70% do consumo, tiveram os menores valores de diâmetro. O mesmo foi observado para as fibras do tipo IIA, com variação de 18,62 para 11,85  $\mu$ . Já as fibras do tipo IIC, apresentaram menores valores do que as fibras do tipo I e IIA, com variação de 16,62 para 7,70  $\mu$ .

Os diâmetros dos animais abatidos no início do experimento (abate controle), foram os que apresentaram maiores valores e, os animais submetidos a restrição de 70% do consumo, tiveram os menores valores. O que mostra que a restrição proporciona diminuição desta característica das fibras musculares, em função de alterar o fornecimento da alimentação a estes animais.

Para a área relativa também foi observado que a restrição de 70% do consumo, proporcionou menor porcentagem de área relativa das fibras, sendo que o abate controle teve os maiores valores, com 13,80 %. Em geral, observa-se maior proporção de área relativa para as fibras do tipo IIA.

Para a frequência das fibras do tipo I, o abate controle também teve valores superiores aos demais tratamentos, evidenciando que a restrição a que os animais foram submetidos, bem como o consumo *ad libitum*, proporcionaram menor incidência das fibras do tipo I para o músculo *Longissimus dorsi*.

Brandstetter et al. (1998), avaliaram as modificações nas características metabólicas das fibras de quatro diferentes músculos bovinos submetidos a diferentes níveis de alimentação. Os autores observaram que as modificações nas proporções entre fibras do tipo I, IIA e IIB, estão relacionadas ao músculo estudado e não constatarem modificações relacionadas ao nível alimentar para o músculo *Longissimus dorsi*. Já neste estudo foi verificado o efeito de diferentes níveis de alimentação, nas modificações das fibras musculares.

A maior frequência de fibras do tipo IIA, encontradas nos animais submetidos aos diferentes regimes alimentares, provavelmente foi determinada pela modulação das fibras

oxidativas (IIB) para as glicolíticas (IIA). Tais modulações, segundo Ashmore et al. (1972) e Johnston et al. (1981), podem ser causadas por vários fatores, entre os quais destacam-se os estímulos nervosos, o efeito das raças, do sexo e principalmente do nível alimentar.

Tabela 1 – Diâmetro, área relativa e frequência do músculo *Longissimus dorsi*.

Variáveis	Regime alimentar				Média	P value	Contraste		
	Controle	Restrito 55%	Restrito 70%	Ad libitum			Cont.x Demais	Restrito x Ad.	55 x 70
Diâmetro, $\mu$									
I	18,62	13,30	12,13	12,27	14,08	0,2222	0,0464	0,8635	0,7087
IIA	18,62 <sup>a</sup>	13,36 <sup>a</sup>	11,85 <sup>b</sup>	12,27 <sup>a</sup>	14,02	0,1938	0,0406	0,8951	0,6226
IIB	17,02	14,33	11,30	12,43	13,77	0,4437	0,1733	0,8923	0,3739
IIC	16,62 <sup>a</sup>	10,78 <sup>a</sup>	7,70 <sup>b</sup>	10,88 <sup>a</sup>	11,50	0,1159	0,0224	0,5296	0,3802
Área relativa, %									
I	13,80 <sup>a</sup>	9,26 <sup>ab</sup>	6,71 <sup>b</sup>	6,75 <sup>b</sup>	9,13	0,1300	0,0340	0,6283	0,4341
IIA	80,45	80,25	83,98	84,37	82,26	0,6852	0,5356	0,5366	0,4228
IIB	2,37	6,44	5,43	5,04	4,82	0,3700	0,0989	0,6164	0,6542
IIC	3,38	4,05	3,88	3,84	3,79	0,9929	0,7778	0,9436	0,9419
Frequência, %									
I	11,67 <sup>a</sup>	6,54 <sup>b</sup>	8,14 <sup>ab</sup>	6,61 <sup>b</sup>	8,24	0,1665	0,0387	0,6967	0,4658
IIA	81,82	84,22	85,56	83,37	83,74	0,7314	0,3756	0,5612	0,6661
IIB	2,62	5,91	6,22	5,61	5,09	0,5379	0,1578	0,8239	0,8936
IIC	3,90	3,32	3,04	4,43	3,67	0,9080	0,8789	0,4889	0,8903

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). Cont.= Controle; Ad.= *Ad libitum*. Não significativo ( $P > 0,05$ ); Significativo ( $P < 0,05$ ).

Em relação ao músculo *Semitendinoso* (Tabela 2), observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ), para o diâmetro das fibras do tipo IIB, quando comparado as restrições de 55 e 70% com os animais que foram submetidos ao consumo *ad libitum*.

Observou-se que os animais submetidos ao consumo *ad libitum* tiveram os maiores valores de diâmetro que os animais submetidos a restrição, com valor médio de 17,72  $\mu$ . Este resultado já era esperado, em função de que os animais com consumo *ad libitum*, receberam alimentação a vontade, proporcionando carcaças mais musculosas do que os animais que passaram pela restrição alimentar.

De acordo com Hawkins et al. (1985), as fibras do músculo *Semitendinoso* atingem tamanho máximo próximo aos 41 kg de peso vivo. Sendo assim, o diâmetro máximo das fibras foi atingido para os tratamentos em que os animais foram submetidos a restrição de 55 e 70%

e que foram submetidos ao consumo *ad libitum*, já que estes animais foram abatidos com massa corporal de 40 kg.

Para a frequência das fibras do tipo IIA e IIC, observou-se efeito ( $P < 0,05$ ), quando comparado as restrições de 55 e 70%. As fibras do tipo IIA apresentaram maior frequência de fibras musculares para os animais submetidos a restrição de 55%, já o oposto foi observado nas fibras do tipo IIC, com maior incidência destas fibras nos animais submetidos a restrição de 70%.

Fahey et al. (2005), observou que o desenvolvimento da fibra muscular foi alterado em função da restrição alimentar de 50% da necessidade diária entre 30 e 70 dias de gestação, resultando na diminuição de fibras rápidas, do tipo IIB. Apesar de não sofrer efeito ( $P > 0,05$ ) do regime alimentar, observou-se uma menor incidências das fibras do tipo IIB para os animais com consumo restrito de 55%.

Tabela 2 – Diâmetro, área relativa e frequência do músculo *Semitendinoso*.

Variáveis	Regime alimentar				Média	P value	Contraste		
	Controle	Restrito 55%	Restrito 70%	<i>Ad libitum</i>			Cont.x Demais	Restrito x Ad.	55 x 70
Diâmetro, $\mu$									
I	16,32	14,62	15,46	17,02	15,85	0,4080	0,5890	0,1374	0,5742
IIA	15,17	14,10	15,10	15,88	15,06	0,4495	0,8766	0,1858	0,3661
IIB	14,83 <sup>b</sup>	13,43 <sup>b</sup>	14,77 <sup>b</sup>	17,72 <sup>a</sup>	15,19	0,0217	0,6445	0,0037	0,3074
IIC	15,18	12,96	15,07	16,33	14,88	0,2036	0,7424	0,0839	0,1805
Área relativa, %									
I	10,80	10,57	10,29	13,20	11,21	0,6177	0,7715	0,2124	0,9127
IIA	70,15	75,19	66,08	65,18	69,15	0,3187	0,7538	0,2691	0,1307
IIB	8,78	5,48	10,84	9,46	8,64	0,3658	0,9346	0,6087	0,0910
IIC	10,27	8,75	12,79	12,16	10,99	0,3594	0,5979	0,5047	0,1191
Frequência, %									
I	10,61	9,14	9,05	10,31	9,78	0,9426	0,6718	0,6617	0,9783
IIA	70,14 <sup>ab</sup>	74,22 <sup>b</sup>	62,82 <sup>a</sup>	64,56 <sup>ab</sup>	67,93	0,1195	0,4774	0,3700	0,0331
IIB	8,74	8,14	13,43	11,75	10,51	0,4844	0,4605	0,7758	0,1843
IIC	10,50 <sup>ab</sup>	8,49 <sup>a</sup>	14,69 <sup>b</sup>	13,38 <sup>ab</sup>	11,76	0,1045	0,4341	0,4361	0,0265

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). Cont.= Controle; Ad.= *Ad libitum*; Não significativo ( $P > 0,05$ ); Significativo ( $P < 0,05$ ).

Para o músculo *Supraspinatus* (Tabela 3), não foi observado diferença significativa ( $P>0,05$ ), para a frequência dos tipos de fibras musculares, mostrando que os diferentes sistemas alimentares não influenciaram esta característica.

O diâmetro das fibras dos tipos I e IIB tiveram diferença significativa ( $P<0,05$ ), ao comparar os animais submetidos à restrição alimentar com os alimentados *ad libitum*. Onde observou-se que os animais alimentados *ad libitum* obtiveram valores de diâmetros das fibras musculares, superiores aos animais submetidos a restrição alimentar, sendo que o menor valor observado foi para a restrição de 55%, com valor igual a 16,87  $\mu$ .

Para a variável área relativa, observou efeito ( $P<0,05$ ) para as fibras do tipo I, quando comparado o abate controle com os demais tratamentos. Os animais do abate controle, apresentaram maior incidência das fibras do tipo I, do que os animais submetidos a restrição e ao consumo *ad libitum*.

Assim como os demais músculos analisados, para o músculo *Supraspinatus*, também observou maior frequência de fibras do tipo IIA, com valores médios de 68,96%.

Tabela 3 – Diâmetro, área relativa e frequência do músculo *Supraspinatus*.

Variáveis	Regime alimentar				Média	P value	Contraste		
	Controle	Restrito 55%	Restrito 70%	Ad libitum			Cont.x Demais	Restrito x Ad.	55 x 70
Diâmetro, $\mu$									
I	16,55 <sup>b</sup>	16,87 <sup>b</sup>	17,36 <sup>ab</sup>	18,97 <sup>a</sup>	17,44	0,0648	0,1684	0,0244	0,5882
IIA	16,52	17,03	17,33	18,28	17,29	0,1503	0,1378	0,0819	0,6686
IIB	16,82 <sup>ab</sup>	16,90 <sup>b</sup>	17,00 <sup>b</sup>	18,80 <sup>a</sup>	17,38	0,1010	0,3723	0,0213	0,9073
IIC	16,77	17,65	18,28	18,04	17,68	0,3823	0,1191	0,9174	0,4417
Área relativa, %									
I	15,97 <sup>a</sup>	11,83 <sup>b</sup>	11,07 <sup>b</sup>	12,68 <sup>ab</sup>	12,89	0,0522	0,0110	0,3290	0,5816
IIA	68,63	69,38	72,50	69,27	69,94	0,6790	0,5650	0,5703	0,3478
IIB	12,65	14,18	11,75	14,41	13,25	0,3444	0,5960	0,3207	0,1450
IIC	4,99	4,60	4,68	3,63	4,47	0,9097	0,6940	0,5453	0,9653
Frequência, %									
I	14,14	12,87	12,43	13,47	13,23	0,7094	0,3619	0,4956	0,7559
IIA	67,20	68,39	70,82	69,44	68,96	0,6710	0,3851	0,9465	0,3899
IIB	13,43	14,26	13,44	14,22	13,84	0,8045	0,6019	0,6959	0,4717
IIC	5,23	4,47	3,81	2,86	4,09	0,6708	0,3912	0,4248	0,7170

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P<0,05$ ). Cont.= Controle; Ad.= *Ad libitum*; Não significativo ( $P>0,05$ ); Significativo ( $P<0,05$ ).

A partir destes resultados é possível inferir que os animais com consumo *ad libitum* e abatidos com massa corporal de 40 kg, apresentaram fibras musculares maiores que os demais tratamentos, o que permite constatar que a restrição alimentar acaba por influenciar na modulação das fibras musculares, podendo ter consequências na qualidade final da carne.

Com relação a análise centesimal da carne (Figura 2), foi possível verificar que os valores de umidade para os animais do abate controle foram superiores ao demais tratamentos, apresentando valores iguais a 78,88 %.

O conteúdo de umidade do músculo pode ser influenciado pela alimentação que os animais são submetidos, sendo que a dieta aumenta a porcentagem de gordura e diminui a porcentagem de umidade na carne (LAWRIE, 2005), o que condiz com o encontrado neste estudo. Os animais que receberam alimentação *ad libitum* tiveram diminuição dos valores de umidade e aumento da porcentagem de lipídios, com valores médios iguais a 76,13 e 2,29%, respectivamente.

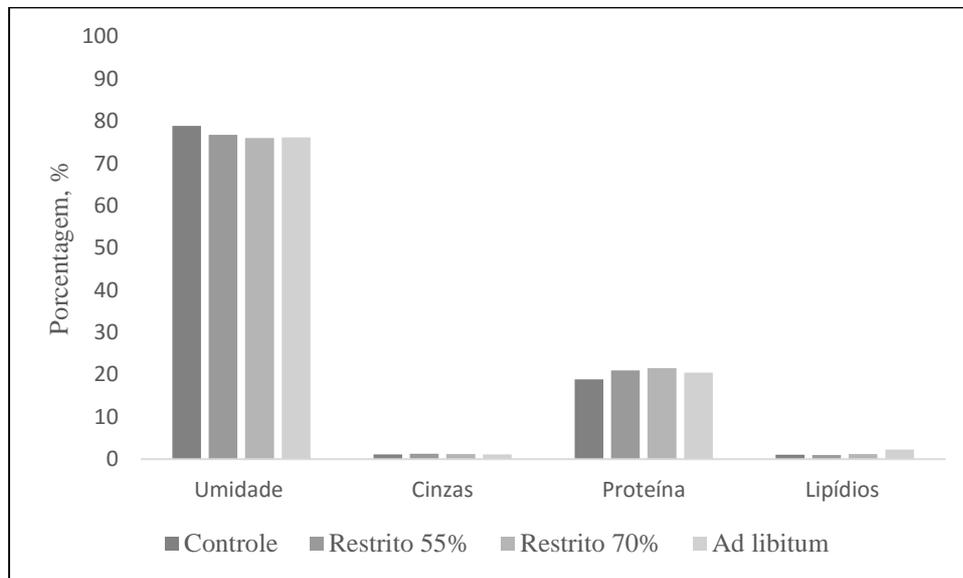
Segundo Ortiz et al. (2005), na carne de cordeiros, os minerais ficam ao redor de 1,2%, médias próximas aos do presente estudo. Souza et al. (2002), encontraram valor de cinzas de 1,17% na carne de cordeiros abatidos com peso corporal de 15 a 45 kg.

Os valores de cinzas apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando comparado os tratamentos com restrição alimentar com os animais que receberam o consumo *ad libitum*. Com relação a proteína, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando comparados o abate referência com os demais tratamentos, sendo que o tratamento referência teve valores inferiores aos demais, o que mostra que conforme o aumento da massa corporal de abate dos animais, houve um aumento da porcentagem de proteína.

Para o teor de lipídios da carne, encontrou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando comparados o abate referência com os demais tratamentos, bem como, houve diferença ( $P < 0,05$ ), para o abate com restrição alimentar comparado com os tratamentos *ad libitum*. Os teores de lipídios foram maiores para os animais que receberam consumo *ad libitum* e foram abatidos com massa corporal de 40 kg, com valores médios iguais a 2,29%. Já os animais que tiveram a alimentação com níveis de restrição de 55 e 70 % do consumo *ad libitum*, apresentaram valores iguais a 0,99 e 1,22%, respectivamente.

Silva et al. (2016), ao avaliarem o efeito da restrição alimentar pré e pós-natal sobre a qualidade da carne de ovinos da raça Morada Nova, encontraram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os teores de lipídios e proteína.

Figura 2 – Composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi*, submetido a diferentes regimes alimentares.



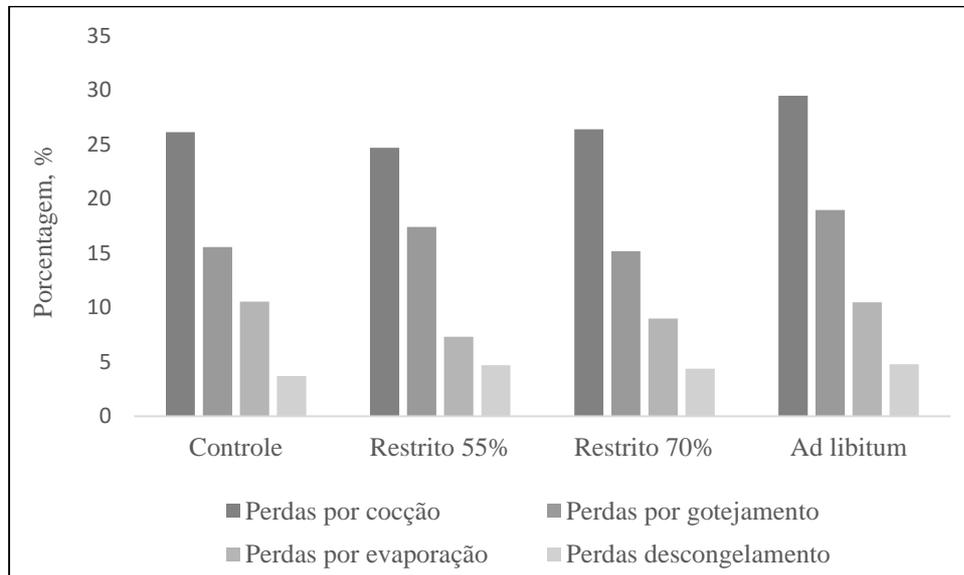
As perdas de cocção (Figura 3) para o músculo *Longissimus dorsi*, apresentaram taxa de variação entre os tratamentos de 24,70 a 29,47 %, sendo encontrado diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando comparado os tratamentos com restrição alimentar com o consumo *ad libitum*.

Segundo Pardi et al. (2001), maiores perdas de cocção, estão associadas a presença de maiores quantidades de gordura presente nos tecidos, possivelmente, porque além da umidade, parte da gordura da carne é perdida com o processamento térmico. O que confere com os resultados encontrados.

Costal et al. (2011), encontraram valores médios para perdas de cocção iguais a 40,9 % para cordeiros da raça Santa Inês, abatidos com 36 kg. Estes valores foram superiores aos obtidos neste trabalho, sendo que esta diferença pode ter sido influenciada por diversos fatores, como a raça e sistema de terminação. Valores menores para perdas de cocção são considerados satisfatórios para a indústria cárnea, pois esta é uma das características avaliadas pelo consumidor no momento do preparo e consumo do alimento.

Com relação as perdas por descongelamento, evaporação e gotejamento (Figura 3), não foram encontradas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ), quando comparados os diferentes tratamentos, mostrando que o consumo com restrição alimentar e o consumo *ad libitum* não interferiram nestas características.

Figura 3 – Perdas por cocção, gotejamento, evaporação e descongelamento do músculo *Longissimus dorsi*, submetido a diferentes regimes alimentares.



Para os atributos relacionados a cor da carne (Tabela 4), houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os valores de  $a^*$ ,  $C^*$ , oximioglobina e metamioglobina.

O valor de  $a^*$ , determina a intensidade de vermelho da carne, sendo que os tratamentos com restrição alimentar apresentaram valores menores que os animais com consumo *ad libitum*, apresentando carnes com coloração vermelha de menor intensidade, o que está de acordo com a variação encontrada para os valores de oximioglobina, os quais mostram valores menores para os animais submetidos a restrição alimentar, inferindo em carnes com tonalidade vermelho menos intenso.

Para a variável  $C^*$ , observou-se efeito ( $P < 0,05$ ), quando comparado as restrições alimentares com o consumo *ad libitum*, onde o tratamento com restrição de 55%, apresentou os menores valores, sendo iguais a 20,74.

Os tratamentos com restrição alimentar de 55 e 70%, apresentaram os maiores valores para o índice de metamioglobina, o qual definem a presença da coloração marrom na carne, inferindo que estas apresentaram uma coloração mais escura que as carnes dos demais tratamentos.

Tabela 4 – Atributos de cor do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Texel submetidos a diferentes regimes de alimentação.

Variável	Regime alimentar				Média	P value	Contrastes		
	Controle	Restrito 55 %	Restrito 70 %	<i>Ad libitum</i>			Cont. x Demais	Restrito x Ad.	55 x 70
L*	46,85	45,30	43,86	44,83	45,21	0,3158	0,0950	0,8514	0,3762
a*	16,98 <sup>a</sup>	14,82 <sup>b</sup>	15,07 <sup>b</sup>	18,18 <sup>a</sup>	16,24	0,1866	0,0003	0,7745	0,0022
b*	14,68	13,94	14,63	15,17	14,61	0,0925	0,7736	0,0314	0,1408
C*	22,46 <sup>ab</sup>	20,74 <sup>bc</sup>	21,03 <sup>b</sup>	23,69 <sup>a</sup>	21,98	0,0062	0,3511	0,0008	0,7337
h°	40,89	44,38	44,24	39,86	42,34	0,0219	0,1624	0,0051	0,9330
OMb	53,70 <sup>b</sup>	47,90 <sup>c</sup>	48,56 <sup>c</sup>	57,88 <sup>a</sup>	52,01	0,0001	0,1616	0,0001	0,7413
DMb	21,23	21,32	16,65	17,42	19,15	0,1824	0,2023	0,4931	0,0968
MMb	25,08 <sup>a</sup>	33,27 <sup>a</sup>	32,78 <sup>ab</sup>	24,72 <sup>b</sup>	28,96	0,0687	0,1286	0,0262	0,9049

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t (P<0,05). L\* = Índice de luminosidade; a\* = Índice de vermelho; b\* = Índice de amarelo; C\* = Índice de saturação; h° = Ângulo; OMb = Oximioglobina; DMb = Deoximioglobina; MMb = Metamioglobina; Cont. = Controle; AD = *Ad libitum*; Não significativo (P>0,05); Significativo (P<0,05).

Com relação ao colesterol (Tabela 5), houve diferença significativa entre os três contrastes analisados. Foi possível observar que os animais que foram abatidos com massa corporal de 20 kg tiveram valores superiores aos animais abatidos com massa corporal de 40 kg, variando de 79,15 para 43,47 mg/100g. Essa relação da diminuição dos valores de colesterol com o aumento da massa corporal dos animais vai de acordo com o encontrado por Pérez et al. (2002), ao avaliarem a qualidade da carne de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia, distribuídos em diferentes pesos corporais.

Os teores de colesterol da carne, podem ser afetados por diversos fatores, dos quais, destacam-se o sistema de alimentação, a composição das dietas, a relação volumoso:concentrado e o tipo de volumoso utilizado (DEMIREL et al., 2006; NUERNBERG et al., 2008). No presente estudo, observou que o regime alimentar altera os teores de colesterol da carne de cordeiros, onde o consumo *ad libitum* proporciona os menores valores de colesterol, sendo iguais a 43,47 mg/g.

Monteiro; Shimokomaki (1999) e Russo et al. (1999), não observaram diferença nos teores de colesterol da carne de ovinos submetidos a diferentes sistemas de alimentação.

Zapata et al. (2001), observou que ovinos que receberam suplementação de concentrado, apresentaram valores de colesterol ligeiramente maiores, iguais a 60,05mg/g, do que os animais

com consumo de feno *ad libitum*, 54,43 mg/g. No presente estudo, os animais com consumo *ad libitum* também apresentaram menores valores de colesterol.

Em relação as variáveis TBARS, pH, Aa, CRA, textura e perfil de textura (Tabela 5), não foi observado efeito ( $P>0,05$ ), do regime alimentar, inferindo que estas características não são afetadas pela restrição da alimentação e nem pelo consumo *ad libitum*.

Tabela 5 – Colesterol, TBARS, pH, Aa, CRA, WBS e perfil de textura do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Texel submetidos a diferentes regimes de alimentação.

Variável	Regime alimentar				Média	P value	Contrastes		
	Controle	Restrito 55 %	Restrito 70 %	<i>Ad libitum</i>			Cont.x Demais	Restrito x Ad.	55x70
Colesterol, mg/g	79,15 <sup>a</sup>	76,01 <sup>a</sup>	63,85 <sup>b</sup>	43,47 <sup>c</sup>	45,83	0,0001	0,0005	0,0001	0,0326
TBARS, mg/kg	0,88	0,94	0,63	0,83	0,82	0,7402	0,4453	0,4371	0,8763
pH, adm.	5,86	5,84	5,88	5,72	5,82	0,2329	0,4694	0,0620	0,6638
Aa, adm.	0,987	0,986	0,987	0,987	0,987	0,6083	0,5540	0,7370	0,2520
CRA, %	35,50	29,08	31,95	33,55	35,52	0,3126	0,1829	0,2992	0,3932
WBS, kgf	2,62	3,19	3,06	3,14	3,00	0,4210	0,1104	0,9451	0,7013
Coabilidade	0,48	0,44	0,48	0,44	0,46	0,2456	0,2236	0,3441	0,1832
Mastigabilidade	54,36	56,54	60,58	69,72	60,30	0,3904	0,3323	0,1768	0,6739
Flexibilidade	0,48	0,50	0,48	0,51	0,49	0,2289	0,1834	0,2567	0,2660

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P<0,05$ ). TBARS= Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; Ph = potencial hidrogeniônico; Aa = Atividade de água; CRA = capacidade de retenção de água; WBS = Warner-Bratzler Shear force; Cont. = Controle; AD = *Ad libitum*. Não significativo ( $P>0,05$ ); Significativo ( $P<0,05$ ).

Em relação ao perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 6), foi possível observar que os ácidos graxos que não sofreram influência significativa ( $P>0,05$ ) para a análise dos diferentes contrastes, foram os ácidos láurico, pentadecílico, margárico, esteárico, vacênico e lignocérico. Já os demais ácidos apresentaram diferença significativa ( $P<0,05$ ) em função de diferentes regimes alimentares.

Os ácidos graxos de maior predominância na carne de cordeiros da raça Texel foram, o ácido palmítico, esteárico e oleico, o que condiz com o encontrado por Junior et al., (2015) e Sun et al., (2015).

O ácido palmítico é considerado indesejável ao consumo humano, em função de aumenta a síntese de colesterol e favorecer o acúmulo de lipoproteínas de baixa densidade, o

que representa um fator de risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares (MOLONEY et al., 2001). Já os ácidos oleico e esteárico não exercem elevação do colesterol, sendo o ácido esteárico rapidamente transformado em ácido oleico.

Os tratamentos com restrição do consumo alimentar de 55 e 70 %, influenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) o teor dos ácidos graxos mirístico, araquidônico e behêmico.

Ao comparar o tratamento referência com os demais tratamentos, bem como os tratamentos com restrição comparados com o tratamento *ad libitum*, observou-se diferença significativa para os ácidos palmítico, oleico, araquídico, eicosapentanoico (EPA), Docosapentaenóico (DPA) e docosaheptaenóico (DHA).

Rodrigues et al. (2010), ao avaliarem o perfil de ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Santa Inês, alimentados com inclusão de polpa cítrica na dieta, encontraram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os ácidos linoleico e linolênico. Foi observado que o tratamento controle, apresentou maiores concentrações do ácido linoleico na carne, sendo este ácido considerado essencial na dieta humana.

Em relação ao ácido EPA e DHA, os quais estão relacionados a atividades anti-aterogênica, anti-trombótica e anti-inflamatória, além do menor risco de doenças cardiovasculares (VON, 2000), apresentaram-se em quantidades maiores no tratamento controle, o que nos permite avaliar que o uso de alimentação *ad libitum* e uso da restrição alimentar proporcionam diminuição destes ácidos na carne.

Os ácidos omega-3 (n- 3) e omega-6 (n-6) (Tabela 6), são considerados essenciais porque o ser humano não consegue sintetizá-los em seu organismo e, sem eles, o organismo não funciona adequadamente, por essa razão, devem ser incluídos na dieta alimentar (SENEGALHE et al., 2014). Os teores dos ácidos n-3 e n-6 foram superiores no tratamento controle, o qual os animais foram abatidos com 20 kg de massa corporal, em relação aos demais tratamentos, observou-se diminuição destes teores.

Tabela 6 – Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*.

Ácidos graxos	Regime alimentar				Média	P value	Contrastes		
	Controle	Restrito 55 %	Restrito 70 %	<i>Ad libitum</i>			Cont.x Demais	Restrito xAd.	55x70
12:0	0,09	0,07	0,12	0,12	0,10	0,1997	0,6001	0,4807	0,0520
14:0	1,76 <sup>a</sup>	1,47 <sup>b</sup>	2,07 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	1,86	0,1124	0,5703	0,1453	0,0549
15:0	0,27	0,22	0,26	0,22	0,24	0,4217	0,2260	0,5932	0,3182
16:0	21,22 <sup>b</sup>	22,30 <sup>b</sup>	24,60 <sup>a</sup>	25,35 <sup>a</sup>	23,37	0,0028	0,0045	0,0437	0,0354
16:1	1,14 <sup>b</sup>	1,14 <sup>b</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,61 <sup>a</sup>	1,27	0,0005	0,0576	0,0001	0,6657
17:0	0,92	0,91	0,91	0,90	0,91	0,9934	0,8602	0,8390	0,9199
18:0	17,12	20,37	20,47	17,78	18,93	0,0179	0,0261	0,0156	0,9313
18:1n9c	34,58 <sup>b</sup>	35,40 <sup>b</sup>	38,30 <sup>ab</sup>	42,40 <sup>a</sup>	37,67	0,0033	0,0190	0,0041	0,1579
18:1n9-t9	0,73 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,45	0,1355	0,0220	0,9842	0,8653
18:1n7-t11	0,82	1,41	1,24	1,13	1,15	0,2413	0,0797	0,4362	0,5487
18:2n6	11,26 <sup>a</sup>	9,14 <sup>a</sup>	6,13 <sup>bc</sup>	4,67 <sup>c</sup>	7,80	0,0008	0,0008	0,0275	0,0495
18:2n6t9t12	0,15 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,13	0,0550	0,0988	0,0237	1,000
20:0	0,14 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,12	0,0028	0,0462	0,0009	0,6935
20:1	1,32 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,74	0,0004	0,0001	0,0584	0,5950
20:4	0,32 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,22	0,0044	0,0076	0,0795	0,0296
20:5 EPA	4,20 <sup>a</sup>	1,72 <sup>b</sup>	0,86 <sup>bc</sup>	0,35 <sup>c</sup>	1,78	0,0001	0,0001	0,0390	0,2847
22:0	0,06 <sup>ab</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,05	0,0061	0,0879	0,0131	0,0230
22:5 DPA	3,01 <sup>a</sup>	1,10 <sup>b</sup>	1,90 <sup>b</sup>	0,59 <sup>bc</sup>	1,65	0,0001	0,0001	0,0186	0,0661
22:6 DHA	0,73 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,28 <sup>bc</sup>	0,17 <sup>c</sup>	0,41	0,0002	0,0001	0,0446	0,1214
24:0	0,38	0,49	0,18	0,22	0,32	0,8766	0,4601	0,9863	0,7648
n-6	12,74 <sup>a</sup>	10,20 <sup>ab</sup>	6,83 <sup>bc</sup>	5,27 <sup>c</sup>	8,76	0,0008	0,0008	0,0330	0,0530
n-3	7,42 <sup>a</sup>	4,46 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	1,57 <sup>b</sup>	4,05	0,0008	0,0003	0,0738	0,1839
n-6/n-3	2,02 <sup>b</sup>	2,48 <sup>b</sup>	2,54 <sup>b</sup>	3,35 <sup>a</sup>	2,60	0,0001	0,0001	0,0014	0,7944

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). Cont.= Controle; Ad.= *Ad libitum*; C12:0 = Láurico; C14:0 = Mirístico; C15:0 = Pentadecílico; C16:0 = Palmítico; C16:1 = Palmitoléico; C17:0 = Margárico; C18:0 = Esteárico; C18:1n9c = Oléico; C18:1n9-t9 = Elaídico; C18:1n7-t11 = Vacênico; C18:2n6 = Linoléico; C18:2n6t9t12 = Linolelaídico; C20:0 = Araquídico; C20:1 = Gondoico; C20:4 = Araquidônico; C20:5 EPA = Eicosapentanoico; C22:0 = Behêmico; C22:5 DPA = Docosapentaenóico; 22:6 DHA = Docosahexaenóico; 24:0 = Lignocérico; n-6 = Omega 6; n-3 = Omega 3. Não significativo ( $P > 0,05$ ); Significativo ( $P < 0,05$ ).

A qualidade da carne foi correlacionada, através da correlação de Spearman com os diferentes tipos de fibras musculares (Tabela 7). No geral as correlações foram baixas e não significativas.

Para as fibras do tipo I, observou correlação positiva para a variável umidade, o que permite inferir que quanto maior foi a porcentagem de umidade das amostras, menor foi a área

reativa destas fibras. Já para as fibras do tipo IIA, foi observado correlação positiva para o teor de lipídios das amostras.

Em relação aos valores de Oximioglobina, foi observado correlação negativa para a área relativa das fibras do tipo IIB e IIC, o que implica em que os tratamentos que apresentaram maiores valores de Oximioglobina, também apresentaram maiores valores de área relativa. Outra variável relacionada a cor da carne que teve correlação positiva para as fibras do tipo IIB foi a Deoximioglobina.

Tabela 7 – Coeficiente de correlação de Spearman entre a área relativa das fibras musculares dos tipos I, IIA, IIB e IIC e a qualidade da carne do músculo *Longissimus dorsi*.

Variáveis	<i>Longissimus dorsi</i>			
	I	IIA	IIB	IIC
Umidade, %	0,53*	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>
Cinzas, %	-0,35 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>
Proteína, %	-0,28 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Lipídios, %	-0,39 <sup>ns</sup>	0,50*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>
Colesterol, mg/g	0,29 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
pH, adm.	0,20 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Aa, adm.	0,39 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
CRA, adm.	0,21 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
Perdas cocção, %	-0,28 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>
Perdas gotejamento, %	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>
Perdas evaporação, %	0,30 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
TBARS, mg/kg	0,05 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>
L*, adm.	0,45 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>
a*, adm.	0,11 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
b*, adm.	0,15 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>
c*, adm.	0,24 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
h°, adm.	0,09 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
MMb, adm.	-0,17 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
DMb, adm.	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,005 <sup>ns</sup>	0,52*	0,29 <sup>ns</sup>
OMb, adm.	0,27 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	-0,60*	-0,47*
WBS, kgf	0,11 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Dureza, N	0,19 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,45 <sup>ns</sup>
Coesividade, adm.	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Flexibilidade, adm.	0,36 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
Mastigabilidade, adm.	0,20 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>

Ph = potencial hidrogeniônico; Aa = Atividade de água; CRA = capacidade de retenção de água; TBARS= Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; L\* = Índice de luminosidade; a\* = Índice de vermelho; b\* = Índice de amarelo; C\* = Índice de saturação; h° = Ângulo; MMb = Metamioglobina; DMb = Deoximioglobina; Omb = Oximioglobina; WBS = Warner-Bratzler Shear force. Adm = Adimensional.

<sup>ns</sup>Não significativo (P>0,05); <sup>\*</sup>Significativo (P<0,05).

#### 4 Conclusão

Os diferentes regimes alimentares, proporcionaram alteração das características das fibras musculares, alterando o diâmetro, área relativa e frequência. Quando comparado o abate controle com os demais tratamentos, observou que as restrições de 55 e 70%, bem como o consumo *ad libitum*, proporcionaram diminuição dos valores de diâmetro das fibras do tipo IIA e IIC e área relativa e frequência das fibras do tipo I para o músculo *Longissimus dorsi*.

Para o músculo *Semitendinosus*, os regimes alimentares alteraram as características de diâmetro das fibras do tipo IIB e a frequência de fibras do tipo IIA e IIC. Já para o músculo *Supraspinatus*, o consumo *ad libitum*, proporcionou maiores valores de diâmetro para as fibras do tipo I e IIB e maior área relativa das fibras do tipo I para os animais do abate controle.

Os três músculos analisados apresentaram maior incidência de fibras do tipo IIA, o que permite inferir que ocorreu modulação de fibras oxidativas para fibras de características glicolíticas.

O consumo *ad libitum*, proporcionou fibras musculares maiores que os demais tratamentos, o que permite constatar que a restrição alimentar influencia nas características das fibras musculares e na qualidade final da carne.

Com relação a qualidade da carne, os regimes de alimentação alteraram a composição centesimal, colesterol, perdas de cocção e cor da carne, não alterando as demais características analisadas.

O consumo *ad libitum* proporcionou aumento das perdas por cocção e dos parâmetros de cor da carne, quando comparado com as restrições alimentares, já em relação ao colesterol, o consumo *ad libitum* proporcionou redução dos valores, sendo estes desejáveis pelos consumidores, que buscam por alimentos mais saudáveis.

## Referências bibliográficas

ALVES, L. G. C. et al. Produção de carne ovina com foco no consumidor. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.2399, 2014.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. **Research Guidelines for Cookery, Sensory and Instrumental Tenderness Measurement of Fresh Meat**. Chicago, 1995, 48 p.

AMSA. American Meat Science Association. **Meat color measurement guidelines**. Champaign, IL, 2012.

ASHMORE, C.R.; TOMPKINS, G.; DOERR, L. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. **Journal of Animal Science**, v.34, p.37-41, 1972.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.

BEE, G. et al. Changes in the histochemical properties and meat quality traits of porcine muscles during the growing-finishing period as affected by feed restriction, slaughter age, or slaughter weight. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1030-1045, 2007.

BRANDSTETTER, A.M.; PICARD, B.; GEAY, Y. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing male cattle II: effect of castration and feeding level. **Livestock Production Science**, v.53, p.24-36, 1998.

BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **Methodos Enzymol**, v. 53, p. 302-104, 1978.

COSTAL, R.G. et al. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1781-1787, 2011.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glicerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072, 1982.

DEMIREL, G. et al. Fatty acids of lamb meat from two breeds fed different forage: concentrate ratio. **Meat Science**, v.72, n.2, p.229-235, 2006.

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M.H. **Muscle biopsy: a modern approach**. Saunders, 1973. 220p.

FAHEY, A.J. et al. The effect of maternal undernutrition before muscle differentiation on the muscle fiber development of the newborn lamb. **Journal of Animal Science**, n.83, p.2564-2571, 2005.

HAMM, R. Functional propertie soft hemiofibrillar system and theirmeasurement. In: BECHTEL, P.J. (Ed.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, p.135-199, 1986

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

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

IAL. Instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição, 1ª ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.

JOHNSTON, D.M. et al. Influence of breed type, sex, feeding system, and muscle bundlesize on bovine fiber type characteristics. **Journal of Food Science**, v.46, p.1760-1765, 1981.

JUNIOR, A.C.H. et al. Ácidos graxos e colesterol da carne de cordeiros confinados recebendo dietas contendo fontes lipídicas e submetidos à restrição e realimentação. **Ciência Rural**, v.45, n.9, p.1674-1680, 2015.

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

LEMES, J. S.; ROLL, V. F. B. **Avaliação da carcaça em animais de produção**. 1. ed. Pelotas: Universitária PREC/UFPEL, 2013. 147 p.

LOUGHLIN, M. **Muscle biopsy**. A laboratory investigation. Butterworth-Heinenann, 1993, p.78-79.

MOLONEY, A.P. et al. Producing tender and flavor some beef with enhanced nutritional characteristics. **Procedings Nutrition Society**, v.60, n.2, p.221-229, 2001.

MONTEIRO, E.M., SHIMOKOMAKI, M. Influência do genótipo nos lipídios totais e na fração insaponificável da carne de cordeiros. **Ciência Rural**, v.29, n.3, p.545-548, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.

NUERNBERG, K. et al. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass *versus* concentrate. **Small Ruminant Research**, v.74, n.1-3, p.279-283, 2008.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p.

ORTIZ, J. S. et al. Medidas objetivas das carcaças e composição química do lombo de cordeiros alimentados e terminados com três níveis de proteína bruta em Creep Feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2382-2389, 2005.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.TM. **Métodos para avaliação da produção de carne ovina: 'in vivo', na carcaça e na carne**. Pelotas: UFPEL, 1998. 98p.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2.ed., v.1. Goiânia: Centro Editorial e Gráfico da Universidade Federal de Goiás, 2001. 623p.

PAULINO, M. F. et al. **Bovinocultura de alto desempenho com sustentabilidade**. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, Viçosa, MG, Anais...Viçosa: UFV, p.183-196, 2012.

PÉREZ, J. R. O. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre o perfil de ácidos graxos, colesterol e propriedades químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.11-18, 2002.

PICARD, B. et al. Inverse Relationships between Biomarkers and Beef Tenderness According to Contractile and Metabolic Properties of the Muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, n.40, 2014.

RODRIGUES, G.H. et al. Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.6, 2010.

RUSSO, C. et al. Effect of diet energy source on the chemical-physical characteristics of meat and depot fat of lamb carcasses. **Small Ruminant Research**, v.33, n.1, p.77-85, 1999.

SALDANHA, T.; MAZALLI, M.R.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.109-113, 2004.

SARTORI, J.R. et al. Efeito da Temperatura Ambiente e da Restrição Alimentar sobre o Desempenho e a Composição de Fibras Musculares Esqueléticas de Frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1779-17790, 2001.

SENEGALHE, F.B.D. et al. Ácidos graxos na carne e gordura de ovinos. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.80, 2014.

SHANTA, N.L.; DECKER, E.A. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. **Journal of AOAC International**, v.77, n.2, p.421-424, 1994.

SILVA, A.C.F. et al. Meat quality of Morada Nova lambs subjected to different feeding regimes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 911-920, 2016.

SINNHUBER, R.O.; YU, T.C. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. II The quantitative determination of malonaldehyde. **Food Technol**, v.12, p.9-12, 1958.

SOUZA, X. R. et al. Composição centesimal do músculo Biceps femoris de cordeiros em crescimento. **Ciência agrotécnica**, p.1507-1513, 2002.

SUN, H.X.; ZHONG, R.Z.; LIU, H.W.; WANG, M.L.; SUN, J.Y.; ZHOU, D.W. Meat quality, fatty acid composition of tissue and gastrointestinal content, and antioxidant status of lamb fed seed of a halophyte (*Suaeda glauca*). **Meat Science**, v.10, p.10-16, 2015.

VON, S. C. n-3 Fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.224-227, 2000.

ZAPATA, J.F.F. et al. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.691-695, 2001

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da carne ovina é fator determinante na aceitação do produto pelo consumidor no momento da compra, sendo relevantes os estudos em função da massa corporal de abate bem como a possível influência de diferentes sistemas de alimentação.

O conhecimento dos tipos de fibras musculares presentes na carne, esta intimamente relacionado com a qualidade da carne, como capacidade de retenção de água, cor e maciez.

A restrição alimentar, o consumo *ad libitum* e a massa corporal de abate, proporcionam alterações nas características das fibras musculares e por consequência na qualidade final da carne.

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo mais aprofundado em relação a técnica utilizada para identificar os tipos de fibras, visando torna-la mais rápida, simples e de menor custo, a fim de proporcionar aplicabilidade para as indústrias cárneas.

Portanto, conclui-se que as diferentes massas corporais de abate e diferentes sistemas de alimentação em cordeiros, influenciaram em algumas características da qualidade da carne, como umidade, cinzas, perdas por cocção, além de influenciar na modulação das fibras musculares esqueléticas, podendo apresentar variações de um músculo para outro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCO – Associação Brasileira de Criadores de Ovinos. **S.R.G.O. – Padrões Raciais**. Bagé-RS, 2015. Disponível em: <<http://www.arcoovinos.com.br>>. Acesso em: 20 de dez. 2015.

ABBOT, M.T. et al. Ultrastructural changes during autolysis of red and White porcine muscle. **Journal of Food Science**, v.42, n.5, p.1185-1188, 1977.

ALVES, L.G.C. et al. Composição de ácidos graxos na carne de cordeiro em confinamento. **Pubvet**, v 6, n.32, Art. 1455, 2012.

ARRIGONI, M.B. **Efeito da restrição alimentar sobre o desempenho, área e tipos de fibras musculares em bovinos jovens confinados**. Jaboticabal, SP: FCAV, 1995. 73p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1995.

ARRIGONI, M.B.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, A.C. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1121-1127, 1998.

ARRIGONI, M.B.; et al. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.10, p.1033-1039, 2004.

BANKS, W.J. **Histologia veterinária aplicada**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1991. 629p.

BEE, G. et al. Changes in the histochemical properties and meat quality traits of porcine muscles during the growing-finishing period as affected by feed restriction, slaughter age, or slaughter weight. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1030-1045, 2007.

BONACINA, M.S.; OSÓRIO, M.T.; SILVEIRA, J.C.; CORRÊA, G.F.; HASHIMOTO, J.H.; LEHMEN, R.I. Avaliação sensorial da carne de cordeiros machos e fêmeas Texel × Corriedale terminados em diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, 2011.

BOROSKI, J.C. et al. Características das fibras musculares do *L. dorsi* e qualidade da carne de suínos de quatro linhagens. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.277-286, 2010.

BRANDSTETTER, A.M.; PICARD, B.; GEAY, Y. Regional variations of muscle fibre characteristics in m. semitendinosus of growing cattle. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v.18, p.57-62, 1997.

BRASTEXEL. Associação Brasileira dos Criadores de Texel. Disponível em: <<http://www.brastexel.com.br/site/default.asp?TroncoID=816064&SecaoID=713303>>. Acesso em 23 out. 2014.

BRESSAN, M. C. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.293-303, 2001.

- BRESSAN, M.C. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico químicas da carne de capivara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, p.357-362, 2004.
- BROOKE, M.H.; WILLIAMSON, E.; KAISER, K.K. The behavior of four types in developing and reinnervated muscle. **Archives of Neurology**, v.25, n.4, p.360-366, 1971.
- BROCKS, L.; et al. The effects of selection of pigs on growth rate vs leanness on histochemical characteristics of diferente muscles. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1247-1254, 2000.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.; HIOSHI, E.H. **Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína**. Disponível em: <[http://www2.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas\\_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf](http://www2.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2015.
- CARDOSO, M. **Actina e miosina**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/sistema-muscular/actina-e-miosina/>>. Acesso em: 02 jan. 2016.
- CARVALHO, S.; BROCHIER, M.A. Composição tecidual e centesimal e teor de colesterol da carne de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo níveis crescentes de resíduo úmido de cervejaria. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.2023-2028, 2008.
- CIABATTARI, O.; DAL PAI, A.; DAL PAI, V. Efeito da natação associada a diferentes dietas sobre o músculo tibial anterior do rato: estudo morfológico e histoquímico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n.2, p.121-125, 2005.
- CHARGÉ, S.B.; RUDNICKI, M.A. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. **Physiological Reviews**, v.84, p.209-238, 2004.
- CHENG, Q.; SUN, D. Factors Affecting the Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, p.137-159, 2008.
- COSTA, R.G.; CARTAXO, F. Q.; SANTOS, N.M.; QUEIROGA, R.C.R.E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.497-506, 2008.
- DAUNCEY, M.J., INGRAM, D.L. Influence of environmental temperature and energy intake on skeletal muscle respiratory enzymes and morphology. **European Journal of Applied Physiology and occupational physiology**, v.58, p.239-244, 1988.
- DU, M.; et al. Meat Science and muscle biology symposium: Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1419–1427, 2014.
- ESTEVES, G.I.F. **Características e qualidade de carcaça de ovelhas de diferentes idades**. Brasília, DF: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 55 p., Dissertação de Mestrado.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. 2012. Acesso em: 9 out. 2015.

FERRÃO, S.P.B. **Características morfológicas, sensoriais e qualitativas da carne de cordeiros**. 2006. 175p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERNANDES DE SÁ, E.M. A influência da água nas propriedades da carne. **Revista Nacional da Carne**, n.325, p. 51-54, 2004.

FILHO, M.D. et al. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento do tecido muscular e sua relação com a qualidade da carne em bovinos. **Nutritime**, v.8, n. 2, p.1431-1443, 2011.

GOMARIZ, E.M. et al. Tipos de fibras em el músculo esquelético del toro de Lidia (BOS taurus Ibericus). Estudio histoquímico y morfométrico. **Anales de Veterinária de Murcia**, p.13-14, 1998.

GREENWOOD, P.L. et al. Effects of birth weight and post natal nutrition on neonatal sheep. II. Skeletal muscle growth and development. **Journal of Animal Science**, v.78, n.1, p. 50-61, 2000.

HADLICH, J.C. et al. Maciez da carne bovina e sua relação com o crescimento e os tipos de fibra musculares. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambiental**, v.11, n.4, p.421-430, 2013.

JUNKEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Tecido muscular**. Histologia básica. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 524p.

JÚNIOR, F.F. et al. Características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros Santa Inês alimentados com torta de girassol em substituição ao farelo de algodão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p.3999-4014, 2013.

JEZUINO, L. **Contração muscular**. Disponível em: <<http://biobio-nutesportiva.blogspot.com.br/2013/01/contracao-muscular.html>>. 2013.

KIM, G.D. et al. The characteristics of myosin heavy chain-based fiber types in porcine *Longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, v.96, p.712–718, 2014.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Guanabara, 2008. 256 p.

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

LEE, S.H.; JOO, S.T.; RYU, Y.C. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. **Meat Science**, v.86, p.166–170, 2010.

LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. **Meat Science**. v.84, p.257–270, 2010.

LEMES, J. S.; ROLL, V. F. B. **Avaliação da carcaça em animais de produção**. 1. ed. Pelotas: Universitária PREC/UFPEL, 2013. 147 p.

MADRUGA, M.S. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.309-315, 2005.

MAHGOUB, O. et al. Effects of body weight and sex on carcass tissue distribution in goats. **Meat Science**, v.67, n.4, p. 577-585, 2004.

MAIER, A.J.C. et al. Myosin heavy chain composition of single fibers and their origins and distribution in developing fascicles of sheep tibialis cranialis muscles. **Journal Muscle Research Cellular Motility**, v.13, p.551-572, 1992.

MANCINI, R.R.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, v.71, p.100-121, 2005.

MANTESE, F. G. **Transformação do músculo em carne**. In: Seminário apresentado na disciplina bioquímica do tecido animal do programa de pós-graduação em ciências veterinárias, 15 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. 2002.

MEXIA, A.A.; MACEDO, F.A.F.; MACEDO, R.M.G. et al. Desempenho e características das fibras musculares esqueléticas de cordeiros nascidos de ovelhas que receberam suplementação alimentar em diferentes períodos da gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, 2006.

MINAMOTO, V.B. Classificação e adaptações das fibras musculares: uma revisão. **Fisioterapia e Pesquisa**, v.12, n.3, p.50-55, 2005.

MORENO, G. M. B.; LOUREIRO, C. M. B.; SOUZA, H. B. A. Características qualitativas da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, n.381, p.76-90, 2008.

MONIN, G. Recent methods for predicting quality of whole meat. **Meat Science**, v.49, p.231-243, 1998.

MONTE, A.L.S. et al. Qualidade da carne de ovinos e caprinos: uma revisão. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p.11-17, 2012.

ONO, Y., IWAMOTO, H., TAKAHARA, H. The relationship between muscle growth and the growth of different fiber types in the chicken. **Poultry Science**, v.72, p.568-576, 1993.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnología de Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p.

OSÓRIO, J.C.S. **Estudio de la calidad de canales comercializadas em el tipo ternasco segun la procedência: bases para la mejora de dicha calidad em Brazil**. 1992. 335f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, España, 1992.

OSÓRIO, J.C. et al. Produção de carne em cordeiros cruza Border Leicester com ovelhas Corriedale e Ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1469-1480, 2002.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M.; SAÑUDO, S. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.292-300, 2009.

PAREDI, G.; RABONI, S.; BENDIXEN, E.; ALMEIDA, A.M.; MOZZARELLI, A. "Muscle to meat" molecular events and technological transformations: The proteomics insight. **Journal of Proteomics**, v.75, n.14, p.4275-4289, 2012.

PEREIRA L. A. **Estudo comparativo de técnicas de determinação da força de cisalhamento de carnes**. 2012. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Pirassununga.

PÉREZ, J. R. O. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre o perfil de ácidos graxos, colesterol e propriedades químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.11-18, 2002.

PELLEGRIN, A. C. R. S. et al. Influência sobre a análise do perfil de textura (TPA) da carne de ovino a lactantes terminados em sistema de *creep feeding*. **Sinergismus Scyentifica**, v. 7, n. 1, 2012.

PICARD, B. et al. Muscle fiber ontogeny in farm animal species. **Reproduction Nutrition Development**, v.42, p.415-431, 2002.

PICARD, B. et al. Typologie et ontogênese des fibres musculaires chez le bovin. **INRA Productions Animales**, v.16, n.2, p.125-131, 2003.

PINHEIRO, S.S.B. et al. Informações nutricionais de carnes ovinas em rótulos comerciais, comparativamente às obtidas em análises laboratoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.376-381, 2007.

PIRES, C.C.; SILVA, L.F.; SANCHEZ, L.M.B. Composição corporal e exigências nutricionais de energia e proteína para cordeiros em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.853-860, 2000.

RAMOS, E. M.; GOMIDE L. A. M. **Avaliação da Qualidade de Carne: Fundamentos e Metodologias**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2009. 599 p.

RIVERO, J.L.L.; DIZ, A.M. Skeletal muscle histochemistry of andalusian horses: a comparative study with other breeds. **Archivos de Zootecnia**, v.41, n.154, p.50, 1992.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Disponível em <[www.enq.ufsc.br/disci/eqa5217/material\\_didatico/propriedades\\_da\\_carne.pdf](http://www.enq.ufsc.br/disci/eqa5217/material_didatico/propriedades_da_carne.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2015.

ROTA, E.L. et al. Efeitos do cruzamento de carneiros da raça Texel com ovelhas Corriedale e ideal sobre a qualidade da carne. **Revista Brasileira Agrociência**, v.10, n.4, p.487-491, 2004.

RYU, Y.C.; KIM, B.C. The relationship between muscle fiber characteristics, post-mortem metabolic rate, and meat quality of pig *Longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, v.71, p.351-357, 2005.

SANTELLLO, G.A. **Desempenho, características das fibras musculares e das carcaças de cordeiros nascidos de ovelhas suplementadas com diferentes níveis de proteína.** 2008. 105f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, 2008.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.J.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs II, Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, n.2-3, p.187-194, 2002.

SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory characteristic of lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**, v.54, p.339-346, 2000.

SEPÚLVEDA, W.S. et al. Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat. Consumers versus producers. **Meat Science**, v.87, p.366-372, 2011.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes.** São Paulo: Livrocere, 1979. 380p.

SILVA, S., A. G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba. Anais Piracicaba: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p.425 – 460, 2001.

SILVA, M.D.P.; CARVALHO, R.F. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.21-31, 2007.

SILVEIRA, I. D. B.; FISCHER, V.; SOARES, G. J. D. Relação entre o genótipo e o temperamento de novilhos em pastejo e seu efeito na qualidade da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.519–526, 2006.

SILVA SOBRINHO, A.G.; SILVA, A.M.A. Produção de carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, n.285, p.32-44, 2000.

SILVA SOBRINHO, A.G. et al. **Produção de carne ovina.** 1ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 228p.

STOCKDALE, F.E. Miogenic cell lineages. **Developmental Biology**, v.154, p.284-298, 1992.

SWATLAND, H.J.; CASSENS, R.G. Inhibition of muscle growth in fetal sheep. **Journal of Animal Science**, v.80, p.503-509, 1973.

TAVARES, A. J. **Poder de mercado e competitividade internacional.** Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 2000.

TONETTO, C. J.; et al. Rendimentos de cortes da carcaça, características da carne e componentes do peso vivo em cordeiros terminados em três sistemas de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.234-241, 2004.

TROY, D.J.; KERRY, J.P. Consumer perception and the role of Science in the meat industry. **Meat Science**, v.86, p.214-226, 2010.

ZAPATA, J.F.F.; NOGUEIRA, C.M.; SEABRA, L.M.J.; BARROS, N.N.; BORGES, A.S. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.691-695, 2001

ZEOLA, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, v.304. n.25, p.36-56, 2002.

YAMBAYAMBA, E.; PRICE, M.A. Fiber-type proportions and diameters in the longissimus muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, p.1031-1035, 1991.