

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Anderson Bortoluzzi Moro

**BIOMETRIA E BIOIMPEDÂNCIA *IN VIVO* COMO
ALTERNATIVAS PARA PREDIÇÃO DOS COMPONENTES
QUÍMICOS E TECIDUAIS DE CORDEIROS**

**Santa Maria, RS
2016**

Anderson Bortoluzzi Moro

**BIOMETRIA E BIOIMPEDÂNCIA *IN VIVO* COMO ALTERNATIVAS PARA
PREDIÇÃO DOS COMPONENTES QUÍMICOS E TECIDUAIS DE CORDEIROS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), com requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof, Dr. Cleber Cassol Pires

**Santa Maria, RS
2016**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Moro, Anderson Bortoluzzi
BIOMETRIA E BIOIMPEDÂNCIA IN VIVO COMO ALTERNATIVAS
PARA PREDIÇÃO DOS COMPONENTES QUÍMICOS E TECIDUAIS DE
CORDEIROS / Anderson Bortoluzzi Moro.-2016.
60 p. ; 30cm

Orientador: Cleber Cassol Pires
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2016

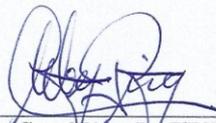
1. composição corporal 2. impedância 3. ovinos 4.
reatância 5. resistência I. Pires, Cleber Cassol II.
Título.

Anderson Bortoluzzi Moro

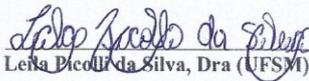
**BIOMETRIA E BIOIMPEDÂNCIA *IN VIVO* COMO ALTERNATIVAS PARA
PREDIÇÃO DOS COMPONENTES QUÍMICOS E TECIDUAIS DE
CORDEIROS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade de Santa Maria (UFSM, RS), com requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

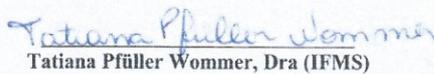
Aprovado em 23 de fevereiro de 2016



Cleber Cassol Pires, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Letia Picolin da Silva, Dra (UFSM)



Tatiana Pfuller Wommer, Dra (IFMS)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Aldomiro e a minha mãe Maria

... pelo amor, carinho, dedicação, incentivo e apoio incondicional

Aos meus irmãos Wagner e Vanderson

... pela amizade, parceria e apoio

A minha tia Geneci, in memoriam

... pelos lindos momentos que passamos juntos e todo apoio

E por fim ...

A minha namorada Gabriele

... por todo companheirismo, cumplicidade, paciência, apoio e amor

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela família, saúde e serenidade, obrigado pela vida.

A família pelo apoio incondicional, amor, união, valores e paciência, obrigado por fazer parte.

A tia Gene, *in memorian*, por sua felicidade, humildade e incentivo, obrigado por tudo, onde quer que esteja sempre será lembrada.

A minha namorada Gabriele, por ser essa pessoa humilde, generosa, carinhosa e que cada dia me encanta mais. Te amo.

A todos os amigos do laboratório que contribuíram de alguma forma, em especial a Aninha, Ana Maria, Andressa, Aliei, Rafael, Robson, Verônica, seu Ari, Jussi e Tatiana e, também aos amigos de fé, fora do laboratório, Dayane, Liane e Karine, obrigado por fazerem parte da minha vida.

A todos os mestres que contribuíram na minha formação e, em especial nesse período, ao professor Renius pela disponibilidade, paciência e conhecimento e a professora Leila por todo seu entusiasmo, carisma, conhecimento, dedicação e incentivo, meu muito obrigado.

Ao professor Cleber por toda a orientação desde o início da graduação, durante o mestrado e, também pelos conhecimentos, paciência, confiança e credibilidade em continuar essa cumplicidade por mais um tempo agora no doutorado, muitíssimo obrigado.

A UFSM e ao programa de pós-graduação em zootecnia que me acolheram nesse tempo todo, sou muito grato por ter feito parte e, por continuar por mais alguns anos, agora durante o Doutorado.

E também a CAPES pela concessão da bolsa de estudos

A educação deve conectar-se à inteligência.

A educação deve produzir, principalmente, seres pensantes.

Pessoas que leem uma notícia, questionam a sua veracidade e fonte, e se perguntam:

Por que querem que eu pense dessa forma? (Autor desconhecido)

RESUMO

BIOMETRIA E BIOIMPEDÂNCIA *IN VIVO* COMO ALTERNATIVAS PARA PREDIÇÃO DOS COMPONENTES QUÍMICOS E TECIDUAIS DE CORDEIROS

AUTOR: Anderson Bortoluzzi Moro
ORIENTADOR: Cleber Cassol Pires

A bioimpedância (BIA) é um método que aplica à tecnologia da impedância no estudo da composição corporal pela avaliação da diferença da condutividade elétrica dos tecidos. Os resultados da BIA são expressos pelas medidas primárias de resistência (Rs) e reatância (Xs). O estudo teve como objetivo propor equações que possam estimar os componentes químicos e teciduais da carcaça, com o uso da BIA *in vivo*, em cordeiros abatidos com diferentes pesos de abate. O experimento foi conduzido no Laboratório de Ovinocultura da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Foram utilizados 31 cordeiros machos não castrados, da raça Texel *versus* Ile de France, com aproximadamente 3 meses de idade e peso vivo médio de 19,7 Kg. Os cordeiros foram confinados e alimentados *ad libitum* com uma dieta padrão. Os pesos de abate predefinidos foram 20, 26, 32 e 38 Kg de peso vivo médio. Um dia precedente ao abate foram feitas avaliações *in vivo* e, após jejum de 14 horas foram feitas as mensurações da BIA. Foi utilizado o aparelho monofrequencial, gerador de corrente alternada de 50 kHz e 800 μ A. Este aparelho apresenta 4 terminais de eletrodos, técnica tetrapolar. Os locais de colocação dos eletrodos foram no lado direito do animal, na região ventral a 10 cm entre os eletrodos emissores e receptores. Os eletrodos utilizados foram agulhas de acupuntura. Após o abate foram feitas avaliações na carcaça. Na meia carcaça direita foram feitas a desossa para obtenção dos componentes teciduais e químicos. Análises de correlações foram usadas para determinar as variáveis incluídas nas análises de regressão. Análises de regressão múltipla com o comando Stepwise foram realizadas usando os componentes da carcaça como variáveis dependentes e as mensurações de avaliações *in vivo*, da BIA *in vivo*, avaliações na carcaça e suas combinações como parâmetros preditores. A Densidade Resistiva (DRs) e Densidade Reativa (DXc), Volume Bioelétrico (V) e Ângulo de Fase (AF) foram as variáveis da BIA melhor correlacionadas com os constituintes corporais da carcaça. As equações de predição utilizando mensurações da BIA demonstraram R^2 0,84 e 0,93, para ossos e massa mole (Kg), respectivamente. R^2 0,73, 0,84, 0,87 e 0,91, respectivamente, para cinzas, umidade, lipídeos e proteína (Kg). E R^2 0,76, 0,89 e 0,90, respectivamente para a relação gordura proteína, massa mole sem gordura e massa corporal sem gordura (Kg). A BIA *in vivo* tem bom potencial para estimar a composição química e tecidual da carcaça de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate. A BIA mostrou-se mais precisa na estimativa dos componentes corporais absolutos que os componentes relativos da carcaça.

Palavras-chave: composição corporal, impedância, ovinos, reatância, resistência

ABSTRACT

BIOMETRY AND BIOIMPEDANCE IN VIVO AS ALTERNATIVES FOR THE PREDICTION OF THE TISSUE AND CHEMICAL COMPONENTS IN LAMBS

AUTHOR: Anderson Bortoluzzi Moro

ADIVISOR: Cleber Cassol Pires

Bioimpedance (BIA) is a method that applies the impedance of technology in the study of body composition by evaluating the difference of electric conductivity of the tissues. The BIA results are expressed by primary measures resistance (R) and reactance (Xs). The study aimed to propose equations that can estimate the chemical and tissue carcass components using in vivo BIA in lambs slaughtered at different slaughter weights. The experiment was conducted at sheep breeding laboratory of the Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Were used 31 uncastrated lambs, crossbred Texel versus Ile de France, with about age 3 months and 19.7 kg of average live weight. Lambs were feedlot fed ad libitum with a standard diet. The predefined slaughter weights were 20, 26, 32 and 38 kg live weight. A day before the slaughter was made in vivo assessments and, after 14 hours fasting were made in vivo BIA measurements. It was used monofrequencial apparatus, alternating current generator of 50 kHz and 800 uA. This device has 4 electrode terminals. The electrode placement were on the animal right side, on the ventral region, 10 cm between the electrodes transmitters and receivers. The electrodes used were acupuncture needles. After slaughter were made assessments on carcass. In the right half carcass were made deboning to obtain the tissue and chemical components. Correlation analyzes were used to determine the variables included in the regression analyzes. Multiple regression analysis with stepwise control were performed using the carcass components as dependent variables and measurements from in vivo assessments, in vivo BIA, carcass assessments and their combinations as predictors parameters. The resistive density (DRs) and reactive density (DXc) bioelectric volume (V) and phase angle (AF) were the best BIA variables correlated to carcass body constituents. The prediction equations using measurements BIA showed R^2 0.84 and 0.93, for bone and soft mass (kg), respectively. R^2 0.73, 0.84, 0.87 and 0.91, respectively, ash, moisture, lipids and protein (kg). And R^2 0.76, 0.89 and 0.90 respectively to lipids protein ratio, soft mass without fat and lean body mass (kg). The BIA in vivo has good potential to estimate chemical and tissue carcass composition of lambs slaughtered at different slaughter weights. The BIA was more accurate estimating the absolute body components than percentage carcass components.

Keywords: body composition, impedance, meat quality, reactance, resistance, sheep

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local e posicionamentos dos eletrodos da Bioimpedância em cordeiros *in vivo* ...27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição bromatológica dos ingredientes da dieta experimental (% MS).....	25
Tabela 2 - Peso, Biometria e avaliações <i>in vivo</i> de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate.....	30
Tabela 3 - Avaliações de Bioimpedância de cordeiros <i>in vivo</i> abatidos em diferentes pesos..	32
Tabela 4 - Pesos e avaliações na carcaça de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate	34
Tabela 5 - Composição tecidual e química da carcaça fria e massa corporal relativa de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate	37
Tabela 6 - Composição tecidual e química da carcaça fria e massa corporal absoluta de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate	39
Tabela 7 - Correlações Simples de Pearson entre os Componentes Relativos da Carcaça Fria e das Mensurações de Bioimpedância.....	40
Tabela 8 - Correlações Simples de Pearson entre os Componentes Absolutos da Carcaça Fria e das Mensurações de Bioimpedância	41
Tabela 9 - Equações preditivas de ossos e massa mole relativos da carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações <i>in vivo</i> , Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações. .	43
Tabela 10 - Equações preditivas de ossos e massa mole absolutos da carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações <i>in vivo</i> , Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.	44
Tabela 11 - Equações preditivas da porcentagem de umidade (H ₂ O), cinzas (CIN), proteína bruta (PB) e lipídeos (LIP) na carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações <i>in vivo</i> , de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.....	45
Tabela 12 - Equações preditivas da quantidade absoluta de umidade (H ₂ O), cinzas (CIN), proteína bruta (PB) e lipídeos (LIP) na carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações <i>in vivo</i> , de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.....	47
Tabela 13 - Equações preditivas da massa corporal sem gordura (MCSG), massa mole sem gordura (MMSC) e relação gordura/proteína relativa da carcaça de cordeiros <i>in vivo</i> , a partir de avaliações <i>in vivo</i> , de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.	49
Tabela 14 - Equações preditivas da massa corporal sem gordura (MCSG), massa mole sem gordura (MMSC) e relação gordura/proteína absoluta na carcaça de cordeiros <i>in vivo</i> , a partir de avaliações <i>in vivo</i> , de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Altura do Anterior
AF	Ângulo de Fase
AOL	Área de Olho de Lombo
AP	Altura do Posterior
BIA	Bioimpedância
C	Condutância
CcA	Compacidade do Animal
CcC	Compacidade da Carcaça
CfA	Conformação do Animal
CfC	Conformação da Carcaça
CHT	Carboidratos Totais
CIN	Cinzas
CNF	Carboidratos não Fibrosos
COR	Cor
CpA	Comprimento do Animal
CpC	Comprimento da Carcaça
CV	Coefficiente de Variação
DRs	Densidade Resistiva
DXc	Densidade Reativa
ECC	Escore de Condição Corporal
EGS	Espessura de Gordura Subcutânea
ENG	Estado de Engorduramento da Carcaça
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
IMC	Índice de Massa Corporal
LIP	Lipídeos
MAR	Marmoreio
Max	Máximo
Min	Mínimo
MS	Matéria Seca
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
PA	Peso de Abate
PB	Proteína Bruta
PCF	Peso de Carcaça Fria
PCQ	Peso de Carcaça Quente
PF	Peso de Fazenda
PT	Perímetro Torácico
PVF	Peso Vivo Final com Jejum
RMSE	Desvio Padrão Residual
Rs	Resistência
SD	Desvio Padrão
SE	Erro Padrão da Média
TEX	Textura
V	Volume
Xc	Reatância
Z	Impedância

LISTA DE SÍMBOLOS

-	Menos
%	Por cento
+	Mais
<	Menor
=	Igual
>	Maior
®	Marca Registrada
°	Grau
°C	Grau Celsio
μA	Microampere
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro Quadrado
g	Gramma
Kg	Kilograma
Kg ²	Kilograma Quadrado
KHz	Kiloherts
m ²	Metro Quadrado
mm	Milímetro
π	Pi
H ₂ O	Água

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 PARÂMETROS USADOS PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO IDEAL DE ABATE DE CORDEIROS	16
2.1.1. Peso, Sexo e Idade.....	17
2.1.2. Escore de Condição Corporal.....	18
2.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR COMPOSIÇÃO TECIDUAL EM OVINOS <i>IN VIVO</i>	19
2.3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR A COMPOSIÇÃO TECIDUAL DA CARÇA DE CORDEIROS	19
2.4. BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura voltada para a produção de carne vem aumentando no Brasil, estimulada atualmente pelo aumento do consumo de carne ovina nos grandes centros urbanos. Com esta crescente demanda, esta atividade está se tornando cada vez mais atraente.

A espécie ovina é considerada uma alternativa de exploração pecuária tanto para o pequeno, médio ou grande produtor e adaptável a diferentes sistemas de produção, desde os mais tecnificados até os mais simples (MACHADO e SILVA, 2013). No entanto, a adoção de novas tecnologias permite a intensificação da atividade, melhorando a eficiência produtiva e aumentando a oferta de produto no mercado.

Os cordeiros representam a categoria animal que possui maior aceitabilidade pelo mercado consumidor, por apresentarem melhores características de carcaça e melhor qualidade de carne (PIRES et al., 2006). Contudo, se faz necessário distribuição de carne constante ao longo do ano (JARDIM et al., 2013) e padronização das carcaças de cordeiros a ser colocadas no mercado (BONACINA et al., 2011).

O estudo de carcaças é realizado através da avaliação de características relacionadas com medidas objetivas e subjetivas e deve estar ligado aos aspectos e atributos inerentes à porção comestível (ARAÚJO FILHO et al., 2010). Sendo esta, cada vez mais valorizada, principalmente pela sua qualidade nutritiva e funcional (OSÓRIO et al., 2012).

Segundo Martínez-Cerezo et al. (2005), para valorizar o produto, atrair o consumidor e atender às exigências do mercado, o setor produtivo precisa conhecer os fatores que interferem nas características físicas e químicas da carne, pois estas determinam sua qualidade e aceitabilidade.

Inúmeros estudos concluem que idade, sexo, nutrição, grupamento genético, peso de abate, estágio fisiológico e sistema de terminação influenciam na composição da carcaça e conseqüentemente na qualidade e comercialização da carne ovina (JOHANSEN et al. 2006; FERNANDES et al., 2010; SANTOS et al., 2010; BONACINA et al., 2011; CARTAXO et al., 2011; PINHEIRO et al., 2012; SHACKELFORD, et al., 2012; JARDIM et al., 2013).

O conhecimento do ritmo de crescimento dos tecidos e das regiões que compõem a carcaça é de suma importância, pois com isso é possível determinar o momento ideal de abate para cada grupo genético (HASHIMOTO et al., 2012).

A avaliação da carcaça por predição *in vivo* pode garantir a economicidade do processo produtivo, o que possibilita determinar o grau de terminação e de desenvolvimento muscular ideal dos animais. Comumente essa avaliação é realizada através de observação

visual e palpação (MORENO et al., 2010), que por ser uma medida subjetiva, mesmo realizada por pessoas treinados, está sujeita a erros.

Da mesma forma, grande parte das avaliações de qualidade de carnes são subjetivas e/ou necessitam considerável mão de obra, equipamentos, tempo e recursos financeiros. Sendo assim, há a necessidade de buscar métodos cada vez mais precisos e protocolos que promovam a produção de carne sustentável com maior eficiência técnica e econômica e que possam ser seguidos por consumidores e pela indústria.

Através do uso de novas tecnologias, conceitos e práticas zootécnicas, podem-se abater cordeiros com peso, musculosidade e/ou quantidade de gordura adequada de acordo com o grau de exigência dos consumidores e que garanta máxima eficiência alimentar, produtiva e econômica. Neste contexto, busca-se aumentar e garantir a sustentabilidade da produção de forma eficiente, econômica e ecologicamente correta, atendendo as exigências do consumidor moderno.

Neste sentido, a Bioimpedância Elétrica (BIA) é considerada um método promissor, por ser rápido, não destrutivo, não invasivo, simples e com potencial para prever a composição química tecidual de ovinos *in vivo* (BERG e MARCHELLO, 1994; AVRIL et al., 2013).

A BIA vem demonstrando ser excelente ferramenta para estimar características de carcaça antes do abate, possibilitando identificar animais que estejam se aproximando do ponto ótimo econômico de acabamento. Dentre outras vantagens, pode servir aos sistemas de comercialização baseados no rendimento dos componentes da porção comestível da carcaça.

No Brasil pouco se tem pesquisado sobre o uso da BIA na produção zootécnica. Nesse sentido o presente estudo teve como objetivo propor equações que possam estimar os componentes químicos e teciduais da carcaça com o uso da Bioimpedância *in vivo* em cordeiros abatidos com diferentes pesos de abate.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PARÂMETROS USADOS PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO IDEAL DE ABATE DE CORDEIROS

No Brasil, a comercialização de ovinos para o abate é preconizada com referência a observações no animal vivo (PIRES et al. 2006), ao peso vivo (PINHEIRO et al., 2012) e/ou rendimento de carcaça fria (PILAR et al., 2012). O cordeiro é a categoria animal que apresenta, nessa fase, os maiores rendimentos de carcaça e maior eficiência de produção, devido a sua alta velocidade de crescimento (PIRES et al., 2000).

Cada genótipo tem curva de crescimento característico com diferenciada deposição de tecidos (LLOYD et al., 1980) e influenciada por vários fatores (NEGUSSIE et al., 2004). De acordo com Amaral et al. (2011), as diferentes taxas de deposição dos tecidos ósseo, muscular e adiposo ao longo da vida implicam em variação do produto final, uma vez que a qualidade da carne ovina está atrelada à proporção desses componentes nas carcaças e nos cortes comerciais.

Essa variação na composição percentual e tecidual dos cortes comerciais e da carcaça se dá em função da idade, sexo e raça (CARTAXO et al., 2011; HASHIMOTO et al., 2012; JARDIM et al., 2013). Amaral et al. (2011) descreveram que para determinar o ponto ideal de abate, com produção de carcaças com qualidade, é importante identificar a forma e velocidade que cada raça ou grupo genético atinge sua maturidade fisiológica.

Neste sentido, Negussie et al. (2004) relataram a importância da identificação das fases de crescimento e desenvolvimento, em que intervenções estratégicas podem ser feitas para melhorar a deposição de tecidos corporais. A falta de conhecimento, muitas vezes, conduz ao abate de cordeiros mal acabados, ou mesmo com grau de acabamento excessivo, levando à oferta de produto sem uniformidade (ESTEVES et al., 2010).

O estudo do crescimento e desenvolvimento tecidual são informações importantes para a eficiência produtiva, uma vez que, conhecendo o ritmo de crescimento dos tecidos na carcaça, é possível determinar com maior precisão o melhor momento de abate para cada grupo genético, favorecendo a padronização do produto ofertado (HASHIMOTO et al., 2012).

O crescimento tecidual é dependente de vários fatores. No entanto, sabe-se que a gordura é um tecido de deposição tardia, e por demandar alto consumo energético para tal, onera os custos de produção, principalmente com alimentação (SAFDARIAN et al, 2008; FERNANDES et al., 2010; CADAVEZ e HENNINGSEN, 2012; OSÓRIO et al., 2012).

De acordo com Bueno et al. (2000), as carcaças devem apresentar cobertura de gordura subcutânea uniforme e adequada. Pois além de garantir boa aparência, esta característica previne maiores perdas de água durante sua conservação e diminui o risco de encurtamento pelo frio (CARTAXO et al, 2011; CADAVEZ e HENNINGSEN, 2012).

Por outro lado, altos teores de gordura depreciam o valor comercial da carne ovina. Carcaças com excesso de gordura tem pouca aceitação pelos consumidores por questões relacionadas à qualidade de vida e saúde, e até pela indústria processadora que muitas vezes perde na retirada deste excesso (FOZOONI e ZAMIRI 2007; PINHEIRO e JORGE, 2010; SANTOS et al., 2010; CADAVEZ e HENNINGSEN, 2012). Sendo assim, é de suma importância encontrar um peso ótimo econômico de abate (ESTEVES et al., 2010).

Neste contexto, faz-se necessária identificar a quantidade mínima ideal de gordura para que não prejudique as características físico-químicas e que mantenha as propriedades organolépticas e sensoriais da carne ovina, de acordo com a exigência de cada grupo de consumidores (SANTOS et al., 2010).

2.1.1. Peso, Sexo e Idade

O mercado exige um produto com máxima produção de músculos e mínima de gordura (AMARAL et al., 2011; CADAVEZ e HENNINGSEN, 2012). Segundo Santos et al. (2010), cordeiros abatidos com peso vivo entre 30 e 35 Kg representam a categoria animal com máxima relação entre músculo e gordura.

Siqueira et al. (2001) descreveram o melhor resultado econômico para cordeiros, cruzamento Ile de France *versus* Corriedale abatidos aos 28 Kg, sendo que, os machos podem ser abatidos até aos 32 Kg de peso vivo. De acordo com os resultados relatados por Landim et al. (2011), o grupo racial e a idade ao abate podem afetar as características físicas e sensoriais da carne .

No entanto, segundo Esteves et al. (2010), nem sempre lotes com maior peso corporal apresentam maiores pesos de carcaça. Assim como, animais com mesmo peso de abate, nem sempre tem acabamento de gordura na carcaça desejada (PINHEIRO et al., 2012).

Trabalhos realizados com cordeiros de peso e idade semelhante demonstraram diferentes graus de acabamento na carcaça e diferentes quantidades de músculo e gordura nos cortes comerciais da carcaça (MORENO et al., 2010; CARTAXO et al., 2011). Jacques et al. (2011) avaliaram o desempenho e as características da carcaça de cordeiros com mesmo peso de abate e, obtiveram diferentes pesos e rendimentos de carcaça, condição corporal, espessura de gordura e conseqüentemente, composição corporal heterogênea.

O sexo também deve ser considerado no momento do abate, visto que, cordeiras apresentam maior rendimento de carcaça devido à precocidade e maior deposição de gordura interna que os machos (LLOYD et al., 1980; CEZAR e SOUZA 2007). Da mesma forma, o fator racial influencia principalmente na distribuição de gordura e na conformação da carcaça (FREKING e LEYMASTER, 2004).

Para Siqueira et al. (2001) o sexo e a idade/peso de carcaça são fatores de variação do rendimento de carcaça que devem ser considerados para uniformização, comercialização e relação ao desempenho econômico. Portanto, esses três parâmetros usados isoladamente apresentam muitas variações, mas podem estar associados a outros parâmetros ou técnicas que melhor predizem carcaças com rendimento e deposição tecidual adequada.

2.1.2. Escore de Condição Corporal

A condição corporal é importante parâmetro, pois representa a quantidade de gordura e músculos do animal vivo, e em animais destinados ao abate, indica a relação músculo:gordura das carcaças (OSÓRIO e OSÓRIO, 2003). Segundo Sousa et al. (2008) por apresentar relação direta com o estado de engorduramento, a condição corporal permite caracterizar o tipo ideal de carcaça a ser comercializado em determinado mercado.

Por outro lado, por ser uma avaliação subjetiva, essa prática requer treinamento dos técnicos envolvidos. Esteves et al. (2010) relataram divergências entre os técnicos na identificação do escore de condição corporal, devido à disparidade dos animais que muitas vezes são procedentes de diferentes lotes, sistemas de produção, raças e sexos.

Jardim et al. (2013) abateram cordeiros com escore de condição corporal semelhantes e observaram diferentes quantidades de osso, músculo e gordura em relação aos sistemas de produção. Os mesmos autores relataram a necessidade de considerar a idade e sistema de terminação para melhor estimar a composição da carcaça de cordeiros.

Portanto, o escore de condição corporal pode não ser bom indicador para verificar isoladamente a terminação dos animais para o abate. Ou seja, é necessário associar a outros parâmetros para determinar o momento de abate, proporcionando maior uniformidade das carcaças.

2.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR COMPOSIÇÃO TECIDUAL EM OVINOS *IN VIVO*

Algumas medidas obtidas a partir do animal vivo, como comprimento corporal, alturas do anterior e posterior, perímetro torácico, associadas à avaliação subjetiva da condição corporal e conformação, constituem ferramentas importantes na determinação do momento ideal de abate (MORENO et al., 2010; ALVES et al., 2013). Embora essas medidas não possam isoladamente definir as características da carcaça, permitem predizer algumas características produtivas como peso, rendimento e conformação da carcaça, assim como o rendimento dos cortes (PINHEIRO et al., 2007).

A compacidade corporal e a da carcaça são índices que estimam subjetivamente a conformação dos animais vivos e da carcaça, a partir de valores de fácil mensuração (MORENO et al., 2010). A conformação está associada à forma dos músculos e dos ossos, e a melhor conformação representa a maior quantidade de músculo e relação músculo:osso, além de ser influenciada pelo peso corporal ou da carcaça, cobertura de gordura, grau de desenvolvimento, sexo e sistema de alimentação (OSÓRIO et al., 1998).

Segundo Osório et al. (2012) a morfologia/conformação tem grande importância na comercialização das carcaças, pelo maior número de cortes mais vistosos, apreciados e superior compacidade dos diferentes músculos.

O Índice de Massa Corporal (IMC), comumente utilizado na avaliação corporal em humanos, é descrito como a relação do peso pela estatura (EICKEMBERG et al., 2011, GUEDES, 2013).

No entanto, Angélico Neto et al. (2012) descreveram esse índice em ratos, pela relação do peso do animal com o quadrado do comprimento e que, o IMC mostrou ser um bom parâmetro para estimar a gordura corporal desses animais. Sendo assim, pode ser um parâmetro utilizado na avaliação dos constituintes corporais em ovinos.

2.3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR A COMPOSIÇÃO TECIDUAL DA CARCAÇA DE CORDEIROS

Para o aperfeiçoamento dos processos produtivos, de comercialização e obtenção de produto de qualidade são necessárias técnicas claras e práticas que possibilitem descrever os caracteres relacionados com a qualidade da carne ovina. Porém, as aferições na carcaça devem ter correspondência biológica com a avaliação do animal (ESTEVES et al., 2010).

Para estimar a composição tecidual ainda se faz uso da dissecação de toda a carcaça, ou de metade apenas. No entanto só se justifica em casos especiais, por ser onerosa, trabalhosa, lenta e em muitos casos, destrutiva. O mais comum é a desossa dos principais cortes comerciais, ou daqueles que sejam representativos da composição da carcaça (OSÓRIO et al., 2002; FERNANDES et al., 2010).

A área do músculo *Longissimus dorsi* ou área de olho de lombo é considerada medida representativa da quantidade e distribuição das massas musculares, assim como, da qualidade da carcaça. Os músculos de maturidade tardia são indicados para representar o índice mais confiável do desenvolvimento e tamanho do tecido muscular, assim o músculo *Longissimus dorsi* é o mais indicado e de fácil mensuração (HASHIMOTO et al., 2012).

Atualmente existem técnicas não invasivas e promissoras que contribuem para a avaliação da composição e qualidade da carcaça de ovinos, como aquelas que utilizam absorciometria de raio X de dupla energia (MERCIER et al., 2006; PEARCE et al., 2009; HUNTER et al., 2011), ultrassom em tempo real (TEIXEIRA et al., 2006; CARTAXO e SOUZA, 2008; AMARAL, et al., 2011), tomografia computadorizada e análises de imagem de vídeo (LAMBE et al., 2008). Outro método bastante promissor é a Bioimpedância elétrica (BIA) (ALTMANN et al., 2004; FREKING e LEYMASTER, 2004; AVRIL et al., 2013).

2.4. BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Essa técnica pode ser realizada no animal vivo ou na carcaça de ovinos, pois é considerada uma técnica não destrutiva de prever a massa magra (ALTMANN et al. 2004; FREKING e LEYMASTER, 2004, ZOOLLINGER et al, 2010). Além de ser considerada rápida, pois o tempo necessário despedido para a coleta de dados é cerca de 5 segundos por cordeiro (BERG e MARCHELLO, 1994). Só requer equipamento bastante simples, um ohmímetro ou bioimpedânciômetro (GUEDES et al., 2013), de fácil manuseio e portátil, tornando aplicável tanto em nível de campo, como indústria. É um método objetivo, portanto, imparcial de estimar componentes teciduais e químicos (ZOLLINGER et al., 2010).

A bioimpedância elétrica (BIA) voltada à análise da composição corporal baseia-se nos diferentes níveis de condução elétrica, e diferentes níveis de oposição à passagem desta corrente pelos diferentes tecidos corporais, expostos a varias frequências de corrente. Ou seja, os tecidos corporais apresentam diferentes níveis de condução elétrica, e de oposição à passagem dessa corrente (LUKASKI et al., 1986, CINTRA et al., 2010, GUEDES, 2013).

Por intermédio de dois eletrodos emissores (distais) é aplicada uma corrente de excitação alternada de baixa amplitude (800 μA) e alta frequência (50 kHz). Esta utiliza os fluidos celulares como condutores e as membranas celulares como capacitores, gerando queda de tensão, provocada pela impedância, que é detectada pelos dois eletrodos receptores (proximais), técnica tetrapolar. Em suma, a impedância baseia-se na medida da resistência total do corpo à passagem da corrente elétrica aplicada (BERG e MARCHELLO, 1994).

O organismo dos seres humanos e dos animais tem volume composto por fluidos intra e extracelulares que se comportam como condutores elétricos heterogêneos. As membranas celulares funcionam como capacitores elétricos, oferecendo reatância (propriedade de armazenar energia elétrica sob a forma de campo eletrostático) e a gordura corporal que age como isolante, oferecendo resistência à passagem de corrente elétrica (ALTMANN et al., 2004; CINTRA et al., 2010; EICKEMBERG et al., 2011).

Essa corrente elétrica basicamente é transmitida pelos íons diluídos nos fluidos corporais, especificamente íons de sódio e potássio. Os tecidos magros (músculos e vísceras) são ótimos condutores, devido à grande quantidade de água e eletrólitos, ou seja, apresentam baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Por outro lado, a gordura e ossos constituem um meio de baixa condutividade, apresentando elevada resistência (CINTRA et al., 2010; EICKEMBERG et al., 2011).

O bioimpedanciômetro mede a resistência e reatância após a passagem da corrente elétrica. A resistência (R_s) é atribuída à oposição ao fluxo da corrente elétrica através dos meios intra e extracelular do corpo, e está diretamente associada ao nível de hidratação desses meios. A reatância (X_c) é a oposição ao fluxo elétrico e está relacionada com o desempenho dinâmico das membranas celulares (capacitância produzida), das interfaces teciduais e dos tecidos não iônicos (ALTMANN et al. 2004; EICKEMBERG et al., 2011). No entanto, são necessárias equações de predição para converter esses valores primários em estimativas dos componentes teciduais (CINTRA et al., 2010).

A resistência pode ser considerada como estimador de composição corporal, pois explora a diferença de condutividade entre o tecido magro e a gordura. Sendo que a massa magra tem maior condutividade e menor resistência à passagem de corrente elétrica em relação à massa gorda. Sendo assim, a Impedância é mais baixa quando se tem maior conteúdo corporal magro, bem como, aumenta com o aumento de gordura corporal, visto que esta se comporta como isolante, pois possui baixa condutividade e alta resistência à passagem da corrente elétrica. (LUKASKI et al., 1986).

Em humanos a capacitância produzida pelas membranas celulares, ou a reatância produzida pela aplicação da corrente elétrica, representam o indicador da quantidade da massa magra e massa intracelular corpórea, relacionando-se com o balanço hídrico extra e intracelular (EICKEMBERG et al., 2011).

A Impedância (Z) é dada como a oposição à condução da corrente elétrica alternada, ($Z = (Rs^2 + Xc^2)^{0,5}$), dependente da frequência que é aplicada e, está relacionada diretamente ao comprimento do condutor e inversamente à sua área transversal, ou seja, ao volume corporal (LUKASKI, 1987; JENKINS et al., 1988; BERG e MARCHELLO, 1994).

Para humanos esse volume foi descrito por Lukaski (1987) através de manipulação matemática, baseado na Lei de Ohm, pela relação da altura quadrada da massa condutora com a impedância ($V = \text{Altura}^2 / \text{Resistencia}$). Jenkins et al. (1988) substituíram a altura pelo comprimento da carcaça ($V = \text{Comprimento da Carcaça}^2 / Rs$), já Berg e Marchello (1994) substituíram a altura pelo comprimento do condutor, ou seja a distância entre os eletrodos internos (detectores de corrente). Avril et al. (2013) chamaram essa relação de quociente de impedância.

A densidade Resistiva (DRs) e Reativa (DXc) são descritas por Zollinger et al. (2010) como inéditas em estudos de composição corporal e as descreve como a relação entre o peso e o volume resistivo e capacitivo ($DRs = \text{Peso}^2 / \{\text{Comprimento}^2 / Rs\}$) e ($DXc = \text{Peso}^2 / \{\text{Comprimento}^2 / Xc\}$), respectivamente e expressos em Kg^2/cm^2 ohms. De acordo com os autores, a densidade resistiva é fortemente relacionada com os componentes da carcaça, principalmente quando a concentração dos componentes corporais é representada em percentagem de peso na carcaça. Juntamente com a densidade reativa indicam forte relação com a concentração de massa magra na carcaça.

O Ângulo de Fase é um método linear de medir a relação entre a resistência e a reatância e pode variar de zero grau (circuito resistivo, sistema sem membrana celular) a 90 graus (circuito capacitivo, sistema só com membrana celular, sem fluidos) (CINTRA et al., 2010). Esse ângulo, como é dependente da capacitância, está associado com a qualidade, tamanho e integridade celular, sendo que sua variação indica alterações na composição corporal, na função da membrana ou no estado de saúde (EICKEMBERG et al., 2011).

A Condutância foi descrita por Avril et al. (2013) como o inverso da resistência e varia com a impedância oferecida pela diferente composição da massa tecidual. Associações negativas são esperadas para condutância devido à gordura do tecido.

Segundo Altmann et al. (2004), a estimativa da composição corporal é possível se assumido um grau estável de hidratação dos compartimentos corporais e de conteúdo mineral

ósseo. Em baixa frequência é possível determinar os fluídos extracelulares, já em altas frequências é possível estimar a água total corporal. A frequência de 50 kHz foi altamente utilizada na determinação da composição corporal em ovinos (BERG e MARCHELLO, 1994; BERG et al. 1996; AVRIL et al. 2013)

Fatores como a temperatura corpórea, o grau de hidratação, o posicionamento do corpo e a concentração sérica de eletrólitos influenciam nos valores mensurados pela BIA (KUSHNER et al., 1996, ALTMANN et al., 2004). Há também interferência nos pontos de colocação dos eletrodos e os tipos de eletrodos utilizados, pois estes devem ser definidos de acordo com a melhor relação entre o eletrodo e à espécie em estudo (CINTRA et al., 2010).

Variações de valores também são esperadas de acordo com o sexo e idade, pois com o passar dos anos a capacitância dos tecidos, associada à variabilidade do tamanho das células, à permeabilidade da membrana celular e à composição intracelular, torna-se diferente, assim como a distribuição dos fluidos corporais entre os tecidos (EICKEMBERG et al., 2011).

Segundo Guedes (2013), o método BIA considera o corpo humano, como um condutor cilíndrico perfeito, o que não é verdade. Da mesma forma se comporta o corpo de animais, sendo assim é necessário correlacionar com outros métodos consolidados na determinação química corporal para validar o método e torná-lo preciso, confiável e aplicável. As práticas objetivas de dissecação física da carcaça e análises químicas e teciduais de comparação com a linha de base da impedância são os ideais para reduzir erros (BERG e MARCHELLO, 1994).

Alguns estudos realizados com ratos (ANGÉLOCO NETO et. al., 2012), suínos (DAZA et al., 2006), bovinos (ZOLLINGER et al., 2010) e com ovinos *in vivo* e na carcaça (ALTMANN et al., 2004; FREKING e LEYMASTER, 2004; AVRIL et al., 2013) relataram que a BIA tem excelente potencial para estimar a composição centesimal e tecidual.

No Brasil pouco se tem pesquisado sobre o uso da bioimpedância na produção zootécnica. Sendo realizados poucos trabalhos na área de reprodução bovina (ARAÚJO et al., 2002), relacionado à qualidade de carnes (BERTOTTI, 2010) e na avaliação da massa magra de gatos adultos (CINTRA et al., 2010).

Dada à relevância do Brasil na produção e exportação de carnes, e considerando à crescente demanda por carne ovina, se faz necessário pesquisar novas metodologias mais éticas, sustentáveis, economicamente viáveis e de fácil aplicabilidade. Por este motivo o presente trabalho foi conduzido com vistas a utilizar metodologias de baixo custo e fácil aplicabilidade na avaliação da composição da carcaça de cordeiros abatidos em diferente s pesos de abate.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Ovinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, no período entre março de 2012 e dezembro de 2014, mediante a aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Maria (CEUA/UFSM). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Piscicultura da mesma instituição.

Foram utilizados 31 cordeiros machos não castrados, da raça Texel *versus* Ile de France, com aproximadamente 3 meses de idade e peso vivo médio de 19,7 Kg. Os cordeiros permaneceram em pastagem cultivada de Tifton 85 (*Cynodon* spp.) com as mães até o desmame, que ocorreu aproximadamente aos 60 dias.

Os cordeiros foram pesados, identificados e confinados em baias coletivas, distribuídos por faixas de pesos similares, a fim de evitar competições hierárquicas e por alimento. Foram alocados 4 animais por baia (2 m²/animal), sendo uma repetição de baia por peso de abate. Os animais foram abatidos com 20, 26, 32 e 38 Kg de peso vivo médio. O experimento foi delineado para garantir variação de peso e na composição corporal.

O período experimental foi precedido de 10 dias para adaptação dos animais as condições de instalações, alimentação e manejo. O confinamento era totalmente coberto, com piso ripado e provido de comedouros e bebedouros. Os animais foram alimentados *ad libitum*, uma vez ao dia, às 8:00 horas, e a quantidade ajustada de forma a manter as sobras em 10% do total oferecido, para garantir consumo voluntário máximo.

A dieta foi calculada para atender as exigências de proteína bruta, energia metabolizável e macrominerais preconizadas pelo NRC (2007), para ganho de 0,200 Kg/dia. Esta foi formulada na proporção volumoso:concentrado de 30:70, constituída por feno de Alfafa (*Medicago sativa*) triturado e concentrado a base de grão de milho triturado (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.), farelo de trigo (*Triticum* spp.) e calcário calcítico na proporção de 37,92 %, 14,41%, 16,41% e 1,27% na Matéria Seca (MS) da dieta. A mistura mineral foi fornecida em comedouros separados, *ad libitum*.

Para a determinação da composição bromatológica dos ingredientes da dieta experimental foram realizadas análises de matéria seca, cinzas (CIN), proteína bruta (PB) (Microkjeldahl, utilizando 6,25 como fator de conversão), fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA), seguindo as metodologias descritas na AOAC (2005). Os lipídeos (LIP) foram extraídos e quantificados pelo método de Bligh e Dyer (1959).

Os teores de carboidratos totais (CHT) foram calculados segundo Sniffen et al. (1992), em que $CHT (\%) = 100 - (\%PB + \%LIP + \%CIN)$, e os teores de carboidratos não fibrosos (CNF), pela diferença de $CNF = CHT - FDN$. Os valores correspondentes aos nutrientes digestíveis totais (NDT), bem como o cálcio e fósforo foram obtidos através de valores tabelados, de acordo com Valadares Filho et al. (2010). A composição bromatológica dos ingredientes da dieta experimental está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição bromatológica dos ingredientes da dieta experimental (% MS)

Item (%)	Feno de Alfafa	Concentrado
Matéria Orgânica	83,1	87,6
Cinzas	8,62	6,03
Proteína Bruta	19,7	23,5
Lipídeos	3,92	3,83
Fibra em Detergente Neutro	42,8	13,2
Fibra em Detergente Ácido	30,8	10,7
Carboidratos Totais	67,8	66,7
Carboidratos Não Fibrosos	25,0	53,4
Nutrientes Digestíveis Totais ¹	58,5	83,1
Cálcio ¹	1,29	0,58
Fósforo ¹	0,23	0,38

¹Valores tabelados segundo Valadares (2010)

Os animais foram pesados no início do período experimental, após prévia restrição de sólidos de 14 horas, e semanalmente até atingirem os respectivos pesos pré-estabelecidos de abate (20, 26, 32, 38 kg). No dia precedente ao abate os cordeiros foram pesados, obtendo o peso de fazenda (PF), sem jejum, bem como foi estimado por avaliadores treinados através de palpação, o escore de condição corporal (ECC) que é avaliado em escala de 1 a 5, com intervalos de 0,25, onde 1 é considerado excessivamente magro e 5 excessivamente gordo.

A conformação do animal (CfA) foi avaliada visualmente por avaliadores treinados, atribuindo índice de 1 a 5, com subdivisões de 0,25, sendo 1 muito pobre e 5 excelente. Foram realizadas ainda medidas como o comprimento corporal do animal (CpA), altura do anterior (AA), altura do posterior (AP) e perímetro torácico (PT) em centímetros, conforme metodologia descrita em Osório et al. (1998).

Assim como o ECC e CfA, todas as variáveis que foram estimadas de forma subjetiva foram realizadas por três avaliadores treinados do Laboratório de Ovinocultura e a média entre os três avaliadores foi utilizada.

No lado direito do animal, nas extremidades dos membros anteriores e posteriores foi retirada a lã superficial com auxílio de tesoura própria para esquila, e feita tricotomia com auxílio de material cirúrgico específico. Esse procedimento visou facilitar a identificação dos pontos e também a inserção dos eletrodos para as mensurações da BIA.

Antes do abate, os animais foram pesados após restrição de sólidos de 14 horas, para obter o peso vivo com jejum (PVF). A partir da relação do peso vivo e o comprimento do animal foi determinado a compacidade corporal do animal (CcA) $CcA = PVF/CpA$, dada em Kg/cm.

Também foi avaliado o Índice de Massa Corporal (IMC), comumente utilizado na avaliação corporal em humanos (EICKEMBERG et al., 2011, GUEDES, 2013). No entanto, essa medida foi estimada pela relação do peso vivo final com jejum e o comprimento corporal ao invés da altura, semelhante a metodologia descrita por Angéloco Neto et al. (2012). Esse índice foi estimado como $IMC = PVF/CpA^2$, dado em Kg/cm².

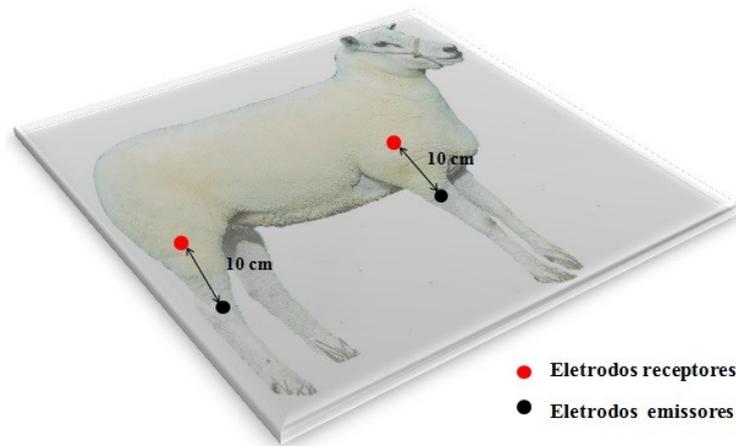
Após a pesagem foram realizadas as mensurações de Bioimpedância (BIA) *in vivo* nos cordeiros em jejum. Estes foram posicionados sobre material plástico isolante, evitando qualquer tipo de contato físico e de possíveis perdas de corrente, em decúbito lateral, pois segundo Guedes (2013) é importante que sejam minimizados os efeitos da gravidade, na tendência de estagnação da água corporal nas extremidades inferiores.

Nas mensurações primárias da Bioimpedância foi utilizado o aparelho monofrequencial (Modelo RJL Quantum II Bioelectrical Body Composition Analyser), gerador de corrente alternada de 50 kHz e 800 µA. Este aparelho apresenta 4 terminais de eletrodos (técnica tetrapolar), que são fixados por cabos elétricos codificados por cores. Sendo os eletrodos de cores preta e vermelha configurados, respectivamente, para eletrodos indutores e detectores de corrente.

Os locais de colocação dos eletrodos, previamente tricotomizados, foram no lado direito do animal, na região ventral, de acordo com a metodologia proposta por Jenkins et al. (1988) na carcaça e adaptado para cordeiros *in vivo*.

Os eletrodos indutores (distais) foram inseridos, no complexo do músculo flexor da perna dianteira perto do côndilo do carpo (aproximadamente 1,5 cm), e o outro no complexo extensor da perna traseira perto das articulações do tarso (aproximadamente 1,5 cm) e os dois eletrodos receptores (proximais), a 10 cm dos eletrodos indutores, de acordo com a Figura 1.

Figura 1 – Local e posicionamentos dos eletrodos da Bioimpedância em cordeiros *in vivo*



Fonte: Arquivo pessoal

Os eletrodos utilizados foram agulhas de acupuntura (Yang Nacional) 0,40 mm x 15 mm em aço inoxidável com cabo espiral. Estas foram inseridas no animal com profundidade de penetração constante, permitindo transmissão sem interrupção do sinal através de todos os tecidos (BERG e MARCHELLO, 1994). Segundo Cintra et al (2013), essas agulhas de acupuntura apresentam maior reprodutibilidade.

Através do Bioimpedanciômetro são obtidas as leituras primárias de BIA em valores de resistência (R_s) e reatância (X_c). A partir dessas mensurações foram calculadas a condutância (C), que é o inverso da resistência $C = 1/R_s$, a impedância (Z), que é descrita como a raiz quadrada da soma dos quadrados da resistência e reatância $Z = (R_s^2 + X_c^2)^{0,5}$ (LUKASKI, 1985).

A densidade Resistiva (DR_s) e densidade Reativa (DX_c) foram estimadas a partir da adaptação descritas por Zollinger et al. (2010), substituindo o peso da meia carcaça pelo peso vivo final e o comprimento ou a distância entre os eletrodos pelo comprimento do animal $DR_s = PVF^2 / \{CpA^2/R_s\}$ e $DX_c = PVF^2 / \{CpA^2/X_c\}$, respectivamente e expressas em Kg^2/cm^2 ohms.

O volume corporal (V), também chamado de quociente de impedância (AVRIL et al., 2013), foi descrito por Lukaski (1987) para humanos como a relação da altura quadrada da massa condutora com a impedância. Jenkins et al. (1988) substituíram a altura pelo comprimento da carcaça e, no presente estudo esse volume foi denominado volume bioelétrico e, determinado através da relação entre o comprimento corporal quadrado com a resistência $V = CpA^2/R_s$.

O ângulo de fase (AF) foi calculado pela relação arco-tangente da reatância e resistência $AF = \tan^{-1} X_C/R_S$, dado em radianos, e para conversão em graus. O resultado obtido foi multiplicado por $180^\circ/\pi$, descrito por Cintra et al. (2010).

Os animais insensibilizados foram sacrificados através da secção das artérias carótidas e veias jugulares de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA). As carcaças foram pesadas imediatamente após o abate para determinação do peso da carcaça quente (PCQ), e acondicionadas em câmara de refrigeração a 2 °C. Após 24 horas de refrigeração as carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso de carcaça fria (PCF).

Após as pesagens das carcaças frias, foi determinado de forma subjetiva o estado de engorduramento (ENG) e a conformação da carcaça (CfC). A conformação indica o desenvolvimento das massas musculares e atribuí-se índices de 1 a 5, sendo 1 muito pobre e 5 excelente, com escala de 0,5. Assim como, para o estado de engorduramento da carcaça, que expressa à quantidade e distribuição harmônica da gordura na carcaça, sendo 1 excessivamente magra e 5 excessivamente gorda (OSÓRIO et al.1998).

As carcaças foram longitudinalmente seccionadas, sendo que na sua metade esquerda, foi mensurado o comprimento de carcaça (CpC), que é a distância entre o bordo anterior da primeira costela no seu ponto médio e o bordo anterior da sínfise ísquio-pubiana. A partir do comprimento da carcaça, foi calculada a compacidade da mesma (CcC) através da relação entre o peso de carcaça fria e o comprimento da carcaça $CcC = PCF/CpC$, expressa em Kg/cm (OSÓRIO et al.1998).

Na meia carcaça esquerda, entre a 12^a e 13^a costela, após corte transversal, possibilitou a exposição do músculo *longissimus dorsi*. Neste, foi mensurada a espessura de gordura subcutânea (EGS), em mm (milímetros), com o uso do paquímetro e a área de olho de lombo (AOL). Esta foi obtida traçando o contorno do músculo *longissimus dorsi* em papel vegetal (MÜLLER, 1980), sendo a área da figura posteriormente determinada em mesa digitalizadora por meio do software Corel Draw, sendo expressa em cm².

No mesmo músculo, de forma subjetiva, em escalas de 1 a 5, foram determinados: gordura de marmoreio (MAR), ou gordura intramuscular, sendo 1 inexistente e 5 excessivo; textura (TEX), 1 muito grosseira e 5 muito fina e cor (COR) 1 considerado rosa pálido e 5 vermelho escuro (OSÓRIO et al.1998).

As meias carcaças direitas foram submetidas à separação regional em pescoço, paleta, costilhar e perna, de acordo com a metodologia descrita por Osório et al. (1998). Em cada corte regional foi realizado a desossa dos tecidos moles (músculo, gordura e outros) e ossos,

com auxílio do bisturi e pinça, conforme McCutcheon et al. (1993). Estes constituíram os grupos de massa mole e de ossos, sendo pesados e calculados os respectivos pesos e proporções para cada corte regional e em relação ao peso de carcaça fria.

Na massa mole, moída e homogeneizada, foram retiradas aproximadamente 200 g, correspondendo à amostra representativa de cada corte. Nestas amostras foram determinados em laboratório, os teores de umidade, proteína, e cinzas, conforme metodologias descritas na AOAC (1995) e lipídeos de acordo com o método proposto por Bligh e Dyer (1959).

As concentrações dos constituintes químicos de cada corte da carcaça foram calculadas em porcentagem do peso da massa mole do respectivo corte. O somatório dos valores de cada corte, expressos em quilogramas (Kg), forneceu o total de cada componente químico referente à meia carcaça, e servindo como base para o cálculo referente ao peso e proporção na carcaça fria.

A partir desses valores foram estimados, a proporção da Massa Corporal Sem Gordura (MCSG), calculada $MMSG (\%) = 100 - \%LIP$ e o peso $MCSG (Kg) = PCF - \{PCF \times \%LIP\}$, de acordo com Lukaski et al. (1985). A Massa Mole sem Gordura (MMSG) relativa foi calculada $MMSG (\%) = (\%)PB + (\%)H_2O$ e absoluta $MMSG (Kg) = (Kg)PB + (Kg)H_2O$ de acordo com Jenkins et al. (1988). A relação entre a gordura e proteína, tanto absoluta (Kg) como relativa (%), $G/P = LIP/PB$ foi estimada de acordo com Avril et al. (2013).

Os resultados das análises de correlações foram usados para determinar as variáveis incluídas nas análises de regressão. Análises de regressão múltipla com o comando Stepwise foram realizadas usando os componentes da carcaça, teciduais e químicos, como variáveis dependentes e as mensurações de avaliações *in vivo*, de bioimpedância *in vivo*, avaliações na carcaça e suas combinações foram usadas como parâmetros preditores.

Dentre as avaliações *in vivo* consideradas como variáveis preditoras dos componentes teciduais e centesimais, foram analisadas as medidas de Peso de Fazenda (PF) e Peso Vivo Final (PVF), medidas biométricas *in vivo*, como o Comprimento do Animal (CpA), Altura do Anterior (AA), Altura do Posterior (AP) e Perímetro Torácico (PT). A partir da relação do PVF com o CpA foram calculados a Capacidade Corporal do Animal (CcA) e o Índice de Massa Corporal (IMC). E adicionalmente foram estimados de forma subjetiva o Escore de Condição Corporal (ECC) e Conformação do Animal (CfA).

Nas avaliações de Bioimpedância *in vivo* foram considerados a Resistência (Rs), Reatância (Xc), Condutância (C), Impedância (Z), Volume Corporal Bioelétrico (V), Densidade Resistiva (DRs), Densidade Reativa (DXc) e Ângulo de Fase (AF).

As variáveis avaliadas referentes à avaliação na carcaça foram o Peso de Carcaça Quente (PQC) e Peso de Carcaça Fria (PCF), Comprimento da Carcaça (CpC), Compacidade da Carcaça (CcC), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e Área de Olho de Lombo (AOL). E de forma subjetiva, a Conformação da Carcaça (CfC), Estado de Engorduramento (ENG), Textura (TEX), Marmoreio (MAR) e Cor (COR).

Nas combinações foram retirados o PF e o PVF, por serem altamente correlacionados com o PCQ e PCF, evitando a multicolinearidade. As variáveis que não contribuíram significativamente para o modelo foram eliminadas ($P > 0,05$). Foram selecionadas as equações que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R^2), com menor desvio padrão residual (RMSE) e o menor valor da estatística Cp de Mallows. As análises foram realizadas através do programa estatístico SAS versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mínimos e máximos, seguidos da média, desvio padrão (SD), erro padrão (SE) e coeficiente de variação (CV) referente às avaliações dos cordeiros *in vivo* estão apresentados na Tabela 2. O peso de fazenda é descrito como o peso vivo sem jejum e variou de 20,0 – 40,0 Kg. Este é considerado importante parâmetro, pois é uma das principais formas de remuneração ao produtor.

Tabela 2 - Peso, Biometria e avaliações *in vivo* de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate

	Min	Max	Média	SD	SE	CV (%)
Peso de Fazenda, Kg	20,0	40,0	29,6	6,14	1,10	20,8
Peso Vivo com Jejum, Kg	18,1	38,6	27,9	5,48	0,98	19,7
Comprimento do Animal, cm	47,0	64,0	55,8	4,76	0,85	8,52
Compacidade Animal, Kg/cm	0,37	0,63	0,50	0,07	0,01	14,3
Índice de Massa Corporal, g/cm ²	6,86	11,8	8,91	1,15	0,21	13,0
Altura do Anterior, cm	49,0	63,0	56,2	3,22	0,58	5,73
Altura do Posterior, cm	50,0	61,0	54,5	2,83	0,51	5,19
Perímetro Torácico, cm	62,0	85,0	73,1	6,63	1,19	9,06
Escore de Condição Corporal (ECC), 1-5	1,75	3,50	2,60	0,54	0,10	20,8
Conformação do Animal (CfA), 1-5	1,75	3,50	2,68	0,48	0,09	17,9

Min=Mínimo, Max=Máximo, SD=Desvio Padrão, SE=Erro Padrão da Média, CV= Coeficiente de Variação; ECC=1 excessivamente magra e 5 excessivamente gorda; CfA=1 muito pobre e 5 excelente

O peso vivo em jejum é amplamente utilizado em frigoríficos e também em centros de pesquisa, por mais se aproximar do rendimento real de carcaça e da porção comestível de

cordeiros. No presente estudo a média de peso vivo em jejum foi de 27,9 Kg, com diferença de 20,5 Kg entre os cordeiros mais leves e os mais pesados.

O coeficiente de variação do peso de fazenda (CV 20,8 %) e do peso vivo com jejum (CV 19,7 %) explicam as maiores variações do escore de condição corporal (CV 20,8 %) e conformação dos animais (17,9 %). As demais avaliações apresentaram menores variações (CV 8,52 %, 5,73 %, 5,19 % e 9,06 % respectivamente, para comprimento do animal, altura do anterior, altura do posterior e perímetro torácico), justamente por serem medidas biométricas, ou seja, relacionadas ao crescimento do animal.

O crescimento e desenvolvimento corporal estão relacionados com a maturação dos tecidos, que como descrito por Jacques et al. (2011), segue a ordem de ossos, músculo e gordura. De acordo com Piola et al. (2009), com aumento da maturidade dos animais ocorre acréscimo da proporção de gordura, diminuição da proporção de ossos e pouca alteração na proporção de músculo na carcaça.

Esteves et al. (2010) pesquisaram a avaliação *in vivo* de cordeiros de diferentes grupos genéticos e sexo, avaliados por diferentes avaliadores treinados e descreveram pesos corporais médios variando de 24,2 – 32,5 Kg, condição corporal média de 2,2 – 2,9, conformação animal entre 3,4 – 4,0 e comprimento do animal médio entre 51,9 – 60,8 cm. A conformação dos cordeiros apresentada por estes pesquisadores foram superiores ao do presente estudo, pois os animais faziam parte de um programa de qualidade de carne, com pouca variação entre os grupos e menor variação de peso e de condição corporal.

Bonacina et al. (2011) avaliaram a influência do sexo e do sistema de terminação de cordeiros Texel *versus* Corriedale na qualidade da carcaça e da carne, abateram cordeiros com escore de condição corporal média de 2,4 (CV 16,2 %), valor pouco inferior ao da pesquisa, visto que o critério de abate foi escore corporal entre 2 e 3 e não pesos de abate.

A condição corporal é importante indicador por que representa a quantidade de gordura e músculos do animal vivo, e, em animais destinados ao abate, a condição corporal busca estimar a relação músculo:gordura, ou ainda, a cobertura de gordura das carcaças a partir do animal vivo (OSÓRIO et al., 2005).

Moreno et al. (2010) pesquisaram as características morfológicas *in vivo* e da carcaça de cordeiros Ile de France abatidos aos 32 Kg e descreveram valores superiores de conformação, condição corporal, altura de anterior, altura de posterior, perímetro torácico, comprimento do animal e compacidade corporal. A superioridade pode ser explicada pelo melhor acabamento na média desses cordeiros e também, pelo maior porte da raça Ile de France em relação aos cordeiros cruzados com a raça Texel, considerada raça de porte menor.

O Índice de massa corporal (IMC) foi descrito em g/cm^2 para melhor comparar os resultados. Este variou de 6,86 – 11,8 (CV 1230 %), considerando que quanto maior o índice, maior a quantidade de massa por área. O IMC juntamente com a compacidade pode ser bons parâmetros para avaliação, comparação dos animais e padronização das carcaças, principalmente para programas de melhoramento genético e sistemas de comercialização baseados no rendimento da porção comestível da carcaça.

Na tabela 3 estão apresentados os valores mínimos, máximos, médias, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação das mensurações de Bioimpedância nos cordeiros *in vivo*. As menores variações (CV 13,6 – 15,4 %) foram encontradas para resistência, impedância, condutância e ângulo de fase, respectivamente. Variações moderadas para reatância e volume corporal bioelétrico (CV 22,5 e 23,1 %, respectivamente). Maiores variações apresentadas para densidade resistiva e reativa (CV 32,0 e 40,2, respectivamente).

Tabela 3 - Avaliações de Bioimpedância de cordeiros *in vivo* abatidos em diferentes pesos

	Min	Max	Média	SD	SE	CV (%)
Resistência, Ohms	60,0	110,0	87,7	11,9	2,14	13,6
Reatância, Ohms	6,00	15,0	10,4	2,33	0,42	22,5
Condutância, Ohms	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	15,1
Impedância, Ohms	60,3	111,0	88,3	12,0	2,16	13,6
Volume Bioelétrico, cm^2/Ohms	24,5	58,2	36,5	8,45	1,52	23,1
Densidade Resistiva, $\text{Kg}^2/\text{cm}^2 \text{ Ohms}$	9,05	41,6	22,1	7,06	1,27	32,0
Densidade Reativa, $\text{Kg}^2/\text{cm}^2 \text{ Ohms}$	0,82	5,61	2,64	1,06	0,19	40,2
Ângulo de fase, °	4,81	8,60	6,70	1,03	0,18	15,4

Min=Mínimo, Max=Máximo, SD=Desvio Padrão, SE=Erro Padrão da Média, CV= Coeficiente de Variação

Berg e Marchello (1994) avaliaram cordeiros cruzados das raças Polypay, Dorset, Panama e Suffolk, abatidos com faixa de pesos entre 44,5 – 68,0 Kg e, obtiveram valores de resistência entre 46,0 – 72,0, com valores médios de 55,7 ohms. Para reatância, os valores variaram entre 1,0 - 9,0, com média de 6,27 ohms. Esses valores foram inferiores ao do estudo, visto que o porte racial e o peso de abate foram igualmente superiores, devido ao posicionamento dos eletrodos que foram na região dorsal e não ventral.

Avril et al. (2013) analisaram a composição corporal de cordeiros mais leves com faixa de peso 11,2 – 33,2 Kg, com média de 23,7 Kg, no mesmo local de mensuração de Berg e Marchello (1994) e, encontraram valores mínimos e máximos de 21,9 – 36,5 (média 27,6) e 0,0 – 9,0 (média 2,93) ohms para a resistência e reatância, respectivamente.

Considerando que Berg e Marchello (1994) abateram cordeiros com 55,1 kg, enquanto Avril et al. (2013) abateram com 23,7 Kg em média de peso corporal, a diferença de peso foi de 31,4 Kg, correspondendo a redução de 57,0 % de peso corporal ao abate. Verifica-se que reduzindo o peso ao abate reduziram também os valores de resistência (42,6 %) e reatância (53,3 %), demonstrando a influência do peso de abate e da massa corporal nas mensurações da Bioimpedância.

Berg et al. (1996) avaliaram a composição corporal *in vivo* de cordeiros de 10 raças diferentes, com pesos entre 38,6 – 64,0 Kg e média de 52,5 kg, relataram valores mínimos e máximos para resistência de 17,0 - 52,0 ohms, com média de 33,5 ohms e para reatância, 2,0 – 10,0 ohms, com média de 4,7 ohms. Estes valores foram inferiores ao do nosso estudo, justificado pelos maiores pesos de abate e diferente local de mensuração da BIA, dorsal e não ventral, e a distância entre os eletrodos que foi de 8 cm e não 10 cm, como nos demais estudos realizados.

Segundo Jenkins et al. (1988) os valores da impedância resistiva são afetados pela distância entre os eletrodos, porque a energia necessária para passar de um ponto para outro aumenta proporcionalmente com o quadrado da distância, mantendo um volume constante.

O volume corporal bioelétrico (V) médio estimado foi de 36,5 cm²/ohms. Berg e Marchello (1994) e Avril et al (2013) descrevem valores médios 22,49 e 15,9 cm²/ohms, respectivamente. A inferioridade dos valores comparada aos autores supracitados se deve ao fato das suas avaliações serem na região dorsal dos animais e, portanto foi considerada a relação da distância entre os eletrodos com a impedância e não o comprimento corporal.

De acordo com Altmann et al (2005), a resistência aumenta com o aumento da distância entre os eletrodos, mas diminui com o aumento da área da secção transversal, pois em ampla faixa de diferença de peso corporal. Ressaltaram ainda que o ganho de comprimento corporal em ovinos é provavelmente menor que o aumento da área da secção transversal, contrabalanceando o aumento da bioimpedância com o aumento do teor de gordura corporal.

Avril et al. (2013) descreveram valores inferiores de impedância na faixa de 21,9 – 37,2 ohms, no entanto apresentaram condutância superior 0,03 – 0,04 ohms. Esses resultados são explicados devido a relação direta da impedância com a resistência e reatância e relação inversa da condutância com a resistência.

A densidade resistiva apresentou valores médios de 22,1 Kg²/cm² Ohms, com variação de 9,05 - 41,6 Kg²/cm² Ohms e a densidade reativa média de 2,64 Kg²/cm² Ohms, variando

entre 0,82 e 5,61 Kg²/cm² Ohms. Essa variação, segundo Zollinger et al. (2010), deve-se à forte correlação entre a densidade com os componentes corporais.

O ângulo de fase obtido foi em média 6,70° e variou de 4,81 – 8,60°. Este é dependente da capacitância dos tecidos e está associado com a qualidade, tamanho e integridade celular (EICKEMBERG et al., 2011). Variações no ângulo de fase indicam alterações na composição corporal, na função da membrana celular ou no estado de saúde.

Valores menores de ângulo de fase representam baixa reatância e alta resistência, e podem ser associados à morte celular ou a alguma alteração na permeabilidade seletiva da membrana. Por outro lado, valores mais altos representam alta reatância e baixa resistência, podendo estar associada à maior quantidade de membranas celulares intactas, ou seja, maior massa celular corpórea (GUPTA et al., 2008).

Na Tabela 4 estão apresentados os valores mínimos, máximos, médias, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação das avaliações na carcaça de cordeiros. Foram obtidos pesos médios de 12,4 e 11,9 Kg, variando de 6,76 – 17,8 Kg e 6,36 – 17,4 Kg para peso de carcaça quente e peso de carcaça fria, respectivamente. Essas variações são explicadas pela mesma variação de peso de abate dos cordeiros.

Tabela 4 - Pesos e avaliações na carcaça de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate

	Min	Max	Média	SD	SE	CV (%)
Peso de Carcaça Quente, Kg	6,76	17,8	12,4	2,99	0,54	24,1
Peso de Carcaça Fria, Kg	6,36	17,4	11,9	2,94	0,53	24,7
Comprimento Carcaça, cm	47,5	60,0	53,9	3,25	0,58	6,03
Compacidade, Kg/cm	0,13	0,30	0,22	0,04	0,01	20,2
Espessura de Gordura Subcutânea, mm	0,20	3,00	1,37	0,84	0,15	60,9
Área de Olho de Lombo, cm ²	7,15	17,1	12,0	3,00	0,55	25,0
Conformação da Carcaça (CfC), 1-5	2,00	4,00	2,92	0,45	0,08	15,5
Estado de Engorduramento (ENG), 1-5	2,00	3,50	2,87	0,55	0,10	19,1
Textura (TEX), 1-5	2,50	4,00	3,10	0,45	0,08	14,7
Marmoreio (MAR), 1-5	1,50	3,50	2,55	0,57	0,10	22,3
Cor (COR), 1-5	2,00	4,00	3,05	0,61	0,11	20,0

Min=Mínimo, Max=Máximo, SD=Desvio Padrão, SE=Erro Padrão da Média, CV= Coeficiente de Variação; CfC=1 muito pobre e 5 excelente; ENG=1 excessivamente magra e 5 excessivamente gorda; TEX=1 muito grosseira e 5 muito fina; MAR=1 inexistente e 5 excessivo; COR=1 rosa pálido e 5 vermelho escuro

O peso de carcaça quente e peso de carcaça fria são dois parâmetros importantes na comercialização da carne ovina, pois a partir deles pode-se estimar o rendimento da porção comestível da carcaça.

Hashimoto et al. (2012) avaliaram a qualidade de carcaça e desenvolvimento tecidual de cordeiros Texel *versus* Corriedale com condição corporal entre 2 e 3. Estes obtiveram para os cordeiros machos, peso de carcaça quente de 14,4 Kg e para peso de carcaça fria 13,7 Kg, valores médios superiores ao da presente pesquisa, explicado pelo maior peso de abate médio (32,4 Kg).

O comprimento da carcaça dos cordeiros variou entre 47,5 – 60,0 cm, com média de 53,9 cm, este que é diretamente relacionado com o comprimento do animal, idade e raça. O comprimento da carcaça analisado isoladamente não é bom indicador dos componentes teciduais, mas associado ao peso da carcaça fria, determina a compacidade, que é bom parâmetro na comparação entre carcaças. A compacidade da carcaça dos cordeiros foi entre 0,13 – 0,30, com média de 0,22 Kg/cm de carcaça, sendo que quanto maior o valor, maior a proporção de tecidos moles.

Hashimoto et al. (2012) descreveram valores superiores de 55,9 cm, 0,24 Kg/cm para comprimento e compacidade da carcaça, respectivamente. A superioridade desses valores deve-se ao maior peso médio de abate e também pela condição corporal mais homogênea dos cordeiros analisados. Cartaxo et al. (2011) pesquisaram as características quantitativas da carcaça de cordeiros de diferentes genótipos abatidos aos 36 Kg ou aos 63 dias de confinamento, relataram compacidade de carcaça média de 0,24 Kg/cm, valores próximos da média do estudo porém com menor coeficiente de variação de 8,33 %, pois a variação do peso de abate foi pouca e provavelmente o tamanho corporal foi semelhante.

A espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo são medidas objetivas na carcaça e consideradas bons indicadores da musculabilidade e gordura. Estas medidas variaram, respectivamente, entre 0,20 a 3,00 mm, com média de 1,37 (CV 60,9 %) e 7,15 a 17,1 cm² com média de 12,0 (CV 25,0 %) cm², sendo que quanto maior o valor de ambas, maior a quantidade de gordura e músculos, respectivamente.

Cartaxo e Sousa (2008) avaliaram as correlações entre as características obtidas *in vivo* por ultrassom e as obtidas na carcaça de cordeiros Santa Inês abatidos em três condições corporais distintas, relataram valores mínimos e máximos de espessura de gordura subcutânea de 1 e 2,5 mm (CV 41,3 %), evidenciando valores próximos ao do nosso estudo, no entanto com menor variação. Os mesmos autores descrevem para área de olho de lombo variação entre 3,75 e 13,3 cm² (média de 9,21). A inferioridade aos resultados da presente pesquisa é explicada pelo fator genético e peso médio de abate (25,9 Kg). De acordo com Lambe (2008) a raça Texel foi historicamente selecionada para aumento muscular e redução de gordura, enquanto que raças nativas de condições adversas, como é o caso da Santa Inês, são

selecionadas para a sobrevivência, o que pode explicar alterações na composição e características da carcaça.

Hashimoto et al. (2012) encontraram valores próximos para a área de olho de lombo de 12,6 cm², bem como para o estado de engorduramento de 2,8, apesar da espessura de gordura subcutânea e da conformação da carcaça médias terem sido pouco superiores de 1,44 mm e 3,3. De acordo com Cartaxo e Sousa (2008) isso se deve ao desenvolvimento do tecido muscular e adiposo, que não é simultâneo em ovinos.

A conformação e estado de engorduramento são responsáveis por caracteres da carcaça que condicionam sua qualidade e são altamente influenciadas por raça ou o tipo genético (ESTEVES et al., 2010). Estas variaram entre 2 a 4 (média de 2,92) e 2 a 3,5 (média de 2,87) para conformação e engorduramento, respectivamente. Valores médios considerados bons para as raças e coerente com o preconizado pelo mercado brasileiro atual.

As variáveis subjetivas de avaliação da carcaça são importantes características que implicam diretamente na qualidade da carne e podem ser atribuída à aceitabilidade por parte dos consumidores. Dentre estas, a conformação e o engorduramento estão mais relacionadas à qualidade da carcaça, enquanto a textura, marmoreio e cor, mais com a qualidade da carne. Esses últimos apresentaram escores médios respectivamente, de 3,10, 2,55 e 3,05, considerados adequados para a carne ovina.

Bonacina et al. (2011) relataram para cordeiros Texel *versus* Corriedale 2,8, 3,8, 2,2 e 2,9 para estado de engorduramento, textura, marmoreio e cor, respectivamente. As poucas diferenças podem ser atribuídas pelo cruzamento da raça Corriedale que tem maior predisposição a deposição de gordura, o que influencia na variação da qualidade da carcaça e da carne.

Landim et al. (2011) avaliaram as características físico-químicas e sensoriais da carne de cordeiros Santa Inês, e cruzas Santa Inês com Texel e Ile de France, abatidos em diferentes pesos de abate (30, 35, 40 e 45 Kg) e descreveram que os cordeiros cruzas Texel apresentaram maior deposição de gordura de marmoreio, que os animais Santa Inês puros e os animais cruzados Ile de France. Esses resultados são justificados pela precocidade e menor peso adulto da raça Texel, sendo que para raças de porte maior é necessário maior tempo para depositar esse tipo de gordura. Evidenciando assim, que o fator genético influencia na composição e características da carne de cordeiros.

Na Tabela 5 estão apresentadas as composições tecidual e química relativa da carcaça de cordeiros. A proporção de ossos e de massa mole (porção comestível) na carcaça é de grande interesse por parte de quem produz, comercializa ou consome a carne ovina. A

porcentagem de ossos variou de 15,9 a 23,1 %, com média de 18,8 % e de massa mole entre 76,9 a 84,1 %, com média de 81,2 %, sendo que quanto mais massa comestível a carcaça apresentar, mais bem avaliada será.

Tabela 5 - Composição tecidual e química da carcaça fria e massa corporal relativa de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate

	Min	Max	Média	SD	SE	CV (%)
Ossos, %	15,9	23,1	18,8	1,94	0,35	10,3
Massa Mole, %	76,9	84,1	81,2	1,94	0,35	2,39
Umidade, %	54,0	72,2	65,4	4,03	0,72	6,16
Cinzas, %	0,59	1,14	0,91	0,12	0,02	12,7
Proteínas, %	18,0	20,8	18,9	0,69	0,12	3,62
Lipídios, %	8,39	26,9	14,8	4,40	0,79	29,7
Massa Corporal Sem Gordura, %	73,1	91,6	85,2	4,40	0,79	5,16
Massa Mole Sem Gordura, %	72,3	90,6	84,3	4,32	0,78	5,13
Gordura/Proteína	0,46	1,46	0,79	0,25	0,04	31,7

Min=Mínimo, Max=Máximo, SD=Desvio Padrão, SE=Erro Padrão da Média, CV= Coeficiente de Variação

Cartaxo et al. (2011) avaliaram as características quantitativas da carcaça de cordeiros de diferentes genótipos, abatidos com média de 35,9 Kg e descreveram médias superiores de ossos (22,1 %) e inferiores de massa mole (77,9 %), quando comparadas ao nosso estudo. Já Piola Junior et al. (2009) abateram cordeiros mestiços Texel aos 32 Kg e descreveram o inverso, médias inferiores para ossos (16,6 %) e superior de massa mole (83,5 %).

Rosa et al. (2002) pesquisaram a composição tecidual da carcaça de cordeiros da raça Texel, abatidos aos 25 e 33 Kg e relataram porcentagens médias de 19,5 % e 80,5 % de ossos e massa mole, respectivamente. Os autores ainda afirmaram que o crescimento do osso é precoce, do músculo isométrico e da gordura tardio. Aliado a isso, fatores genéticos, dieta, sexo e peso de abate influenciam na proporção de osso e massa mole na carcaça de cordeiros.

A umidade variou entre 54,0 a 72,2 %, com média de 65,4 %. Segundo Lawrie (2005), as carnes de animais mais jovens possuem maior proporção de água quando comparadas a animais adultos, e conseqüentemente, menor proporção de gordura, proteínas e minerais. A proporção de minerais, dentre os demais constituintes da carcaça, é a menor. A proporção de cinzas nos tecidos moles variou de 0,59 a 1,14, com média de 0,91 %.

As proteínas da carne são originárias principalmente do tecido muscular e conjuntivo. Estas variaram de 18,0 a 20,8 %, com média de 18,9 % e está de acordo com Monte et al. (2012) quando descreveram que a quantidade de proteína bruta no músculo varia de 18,0 a 22,0 %.

Santos et al. (2010) avaliaram a composição centesimal de cordeiros Santa Inês abatidos com 30 Kg de peso vivo médio e relataram valores de 19,9 % e 0,91 % para proteína e cinzas, respectivamente. Confirmando que os teores de proteína e minerais são os que menos variam na porção comestível de ovinos.

Os lipídeos foram os constituintes corporais que apresentaram maior variação na carcaça (8,39 – 26,9 %). Esses resultados concordam com Osório et al. (2002) e Rosa et al. (2005) que descreveram que a variabilidade desse tecido é alta, tanto quantitativamente, quanto por sua distribuição.

Altmann et al. (2004) estudaram as características e composição da carcaça de cordeiros com média de 45 Kg e relataram 60,1 %, 17,6 % , 17,7 % e 77,7 % para umidade, proteínas, lipídios e massa mole sem gordura, respectivamente. Considerando a superioridade de peso de abate e da maturidade fisiológica dos cordeiros avaliados pelos autores supracitados, torna-se compreensível a inferior média da proporção de umidade, proteína e massa mole sem gordura e superior porcentagem de lipídeos do presente estudo.

Da mesma forma, Berg e Marchello (1994) abateram cordeiros mais pesados (44,5 – 68,0 Kg) com 50,4 %, 14,2% e 33,5 % de umidade, proteína e gordura na carcaça, respectivamente. Os resultados estão de acordo com Lawrie (2005) quando se compara animais jovens com adultos, relacionando o peso à maturidade fisiológica. Sendo que aumentando ambos, diminuí-se pouco a proporção de proteínas, mas ocorre considerável diminuição de água com aumento de gordura corporal.

A massa corporal sem gordura média foi de 85,2 %, variando de 73,1 a 91,6 %, e expressa à porcentagem livre de gordura em relação ao peso de carcaça. Esta é inversamente relacionada com a quantidade de gordura e está de acordo com os estudos realizados por Berg e Marchello (1994) que descreveram 33,5 % gordura bruta média e 66,5 % de massa corporal sem gordura, enquanto Altmann et al. (2004) relataram 17,7 % de gordura bruta média e 83,3 % de massa corporal sem gordura.

A relação gordura/proteína pode ser boa estimativa de qualidade da carcaça, pois indica a relação ideal de acordo com a demanda do consumidor. Esta medida foi em média 0,79 (CV 31,7 %), sendo a alta variabilidade explicada pela relação direta com a proporção de gordura.

Na Tabela 6 estão apresentados os componentes teciduais e químicos absolutos da carcaça de cordeiros. Foram encontradas variações entre 1,29 a 2,78 Kg, com média de 2,20 Kg para ossos e 5,07 a 14,6 Kg, com média de 9,71 Kg para a massa mole. A maior variabilidade dos tecidos moles se dá principalmente pela variação da gordura na carcaça.

Tabela 6 - Composição tecidual e química da carcaça fria e massa corporal absoluta de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate

	Min	Max	Média	SD	SE	CV (%)
Ossos, Kg	1,29	2,78	2,20	0,39	0,07	17,6
Massa Mole, Kg	5,07	14,6	9,71	2,58	0,46	26,6
Umidade, Kg	3,55	8,59	6,26	1,35	0,24	21,5
Cinzas, Kg	0,05	0,13	0,09	0,02	0,00	21,8
Proteínas, Kg	0,98	2,65	1,83	0,47	0,08	25,5
Lipídios, Kg	0,49	3,61	1,53	0,83	0,15	54,0
Massa Corporal Sem Gordura, Kg	5,74	13,4	10,0	2,06	0,37	20,5
Massa Mole Sem Gordura, Kg	4,53	11,1	8,09	1,81	0,32	22,4
Gordura/Proteína	0,46	1,46	0,79	0,25	0,04	31,7

Min=Mínimo, Max=Máximo, SD=Desvio Padrão, SE=Erro Padrão da Média, CV= Coeficiente de Variação

Identificar a composição tecidual e química da carcaça de cordeiros antes do abate é excelente estratégia, pois possibilita a intervenção no manejo para terminar os animais de acordo com a demanda do mercado. Segundo Fernandes et al. (2008), animais com melhor regime alimentar apresentam carcaças de melhor qualidade, evidenciadas por maior desenvolvimento muscular, boa deposição de gordura e menor proporção de ossos.

Piola Junior et al. (2009) avaliaram níveis de energia na alimentação de cordeiros e composição regional e tecidual das carcaças abatendo cordeiros mestiços Texel aos 32 Kg em média e encontraram 2,43 Kg de ossos e 12,0 Kg de massa mole, justificados pelo maior peso médio de carcaça fria (14,5 Kg).

A quantidade absoluta determinada dos constituintes corporais foram em média 6,26, 0,09, 1,83 e 1,53 Kg, respectivamente para água, cinzas, proteínas e lipídeos. Assim como na composição relativa, a gordura é o constituinte corporal que apresentou maior variação na carcaça (CV 54,0 %), e esta alta variabilidade está de acordo com Jardim et al. (2013) quando abateram cordeiros em diferentes pesos e condições corporais.

Avril et al. (2013) descreveram valores absolutos inferiores ao do nosso estudo para os constituintes corporais, justificados pelo menor peso médio de abate (23,7 Kg), sendo os valores absolutos diretamente proporcionais ao peso, ou seja, se aumenta o peso de abate dos cordeiros, há aumento dos constituintes corporais absolutos.

As correlações entre as variáveis preditoras da BIA e os componentes relativos da carcaça estão apresentadas na Tabela 7. A porcentagem de ossos teve correlações negativas -0,44 ($P < 0,05$), -0,54 e -0,63 ($P < 0,01$) e -0,69 ($P < 0,001$), da menor para maior, respectivamente com V, AF, DRs e DXc. Os valores de correlações semelhantes, porém

positivos, foram encontradas para a porcentagem de massa mole. Isso se deve ao fato que proporcionalmente esses constituintes teciduais se complementam, já o inverso dos sinais é explicado pelo fato que são inversamente proporcionais.

Tabela 7 - Correlações Simples de Pearson entre os Componentes Relativos da Carcaça Fria e das Mensurações de Bioimpedância

	Rs	Xc	AF	C	Z	V	DRs	DXc
Ossos, %	0,08	-0,34	-0,54**	-0,06	0,07	-0,44*	-0,63**	-0,69***
Massa Mole, %	-0,08	0,34	0,54**	0,06	-0,07	0,44*	0,63**	0,69***
Umidade, %	-0,05	-0,31	-0,37*	0,03	-0,05	-0,40*	-0,79***	-0,77***
Cinzas, %	-0,11	-0,45*	-0,52**	0,10	-0,12	-0,22	-0,58**	-0,67***
Proteínas, %	0,02	-0,02	-0,01	-0,04	0,02	-0,21	-0,32	-0,28
Lipídeos, %	0,04	0,30	0,36*	-0,02	0,05	0,40*	0,79***	0,77***
Massa Corporal s/G, %	-0,04	-0,30	-0,36*	0,02	-0,05	-0,40*	-0,79***	-0,77***
Massa Mole s/G, %	-0,04	-0,29	-0,35	0,02	-0,05	-0,41*	-0,79***	-0,76***
Gordura/Proteína	0,04	0,29	0,34	-0,02	0,05	0,40*	0,78***	0,75***

Rs=Resistência, Xc=Reatância, AF=Ângulo de Fase, C=Condutância, Z=Impedância, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, DXc=Densidade Reativa, s/G=Sem Gordura

*P<0,05

**P<0,01

***P<0,001

A porcentagem de umidade foi correlacionada negativamente, -0,37 e -0,40 (P<0,05) com AF e V e, -0,77 e -0,79 (P<0,001) com DXc e DRs, respectivamente. A porcentagem de cinzas foi correlacionada negativamente -0,45 (P<0,05), -0,52 e -0,58 (P<0,01) e -0,67 (P<0,001) com a reatância (Xc), AF, DRs e DXc, respectivamente.

A porcentagem de proteínas não foi correlacionada (P>0,05) com as variáveis da BIA. A porcentagem de lipídeos na carcaça foi correlacionada positivamente, +0,36 e +0,40 (P<0,05) com o AF e V e, +0,77 e +0,79 (P<0,001) com DXc e DRs, respectivamente. Correlações semelhantes, porém negativas, se deram para a massa corporal sem gordura, visto que são inversamente proporcionais. A massa mole sem gordura foi correlacionada negativamente -0,41(P<0,05) com o V e, -0,76 e -0,79 (P<0,001) com DXc e DRs, respectivamente. A relação gordura/proteína foi correlacionada positivamente +0,40(P<0,05) com o V e, +0,75 e +0,78 (P<0,001) com DXc e DRs, respectivamente.

Esses resultados são explicados devido ao fato que, a estimativa da massa mole livre de gordura para que possa ser predita através da impedância resistiva, se faz necessário o envolvimento da medida de comprimento do condutor. Essa medida permite relacionar os fluxos de eletricidade com o volume do condutor (JENKING et al., 1988).

A partir desses resultados percebe-se que a proporção de massa mole, gordura e a relação gordura/proteína são correlacionadas positivamente com as principais medidas preditoras da BIA que envolvem a área, massa e/ou volume corporal, indicando que quando ocorre aumento da massa corporal, aumentam-se essas proporções na carcaça. Para os demais constituintes ocorre o inverso, pois são correlacionadas negativamente com essas mensurações da BIA. Em relação à porcentagem de proteína era esperada ser fracamente correlacionada com o volume corporal, visto que esta é o constituinte que menos varia na carcaça de cordeiros (OSÓRIO et al., 2002; SENEGALHE et al., 2014).

Na Tabela 8 estão apresentadas as correlações entre os preditores da BIA e os componentes absolutos teciduais e centesimais da carcaça. Os ossos foram correlacionais positivamente +0,39 (P<0,05), +0,53 (P<0,01), +0,70 e +0,75 (P<0,001), respectivamente com AF, V, DXc e DRs. A massa mole foi correlacionada positivamente +0,49 e +0,52 (P<0,01), +0,80 e +0,81 (P<0,001), respectivamente com AF, V, DXc e DRs.

A umidade foi correlacionada positivamente +0,51 e +0,54 (P<0,01), +0,75 e +0,75 (P<0,001), respectivamente com AF, V, DRs e DXc. As cinzas foram correlacionados positivamente +0,56 e +0,58 (P<0,01), +0,64 (P<0,001), respectivamente com V, DXc e DRs.

Os valores absolutos de proteína foram correlacionais positivamente +0,50 e +0,52 (P<0,01), +0,78 e +0,79 (P<0,001), respectivamente para AF, V, DXc e DRs. Os valores absolutos de lipídeos foram correlacionais positivamente +0,39 e +0,42 (P<0,05), +0,81 e +0,84 (P<0,001), respectivamente para AF, V, DXc e DRs.

Tabela 8 - Correlações Simples de Pearson entre os Componentes Absolutos da Carcaça Fria e das Mensurações de Bioimpedância

	Rs	Xc	AF	C	Z	V	DRs	DXc
Ossos, Kg	-0,03	0,27	0,39*	0,03	-0,02	0,53**	0,75***	0,70***
Massa Mole, Kg	-0,03	0,34	0,49**	0,02	-0,02	0,52**	0,81***	0,80***
Umidade, Kg	-0,07	0,33	0,51**	0,05	-0,06	0,54**	0,75***	0,75***
Cinzas, Kg	-0,14	0,14	0,31	0,11	-0,13	0,56**	0,64***	0,58**
Proteínas, Kg	-0,04	0,34	0,50**	0,02	-0,03	0,52**	0,79***	0,78***
Lipídeos, Kg	0,05	0,32	0,39*	-0,04	0,05	0,42*	0,84***	0,81***
Massa Corporal s/G, Kg	-0,06	0,32	0,50**	0,04	-0,05	0,54**	0,75***	0,75***
Massa Mole s/G, Kg	-0,06	0,33	0,51**	0,04	-0,05	0,54**	0,76***	0,76***
Gordura/Proteína	0,04	0,29	0,34	-0,02	0,05	0,40*	0,78***	0,75***

Rs=Resistência, Xc=Reatância, AF=Ângulo de Fase, C=Condutância, Z=Impedância, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, DXc=Densidade Reativa, s/G=Sem Gordura

*P<0,05

**P<0,01

***P<0,001

A massa corporal sem gordura foi correlacionada positivamente +0,50 e +0,54 ($P<0,01$), +0,75 e +0,75 ($P<0,001$), respectivamente com AF, V, DRs e DXc. A massa mole sem gordura foi correlacionada positivamente +0,51 e +0,54 ($P<0,01$), +0,76 e +0,76 ($P<0,001$), respectivamente com AF, V, DRs e DXc. E a relação gordura/proteína foi correlacionada positivamente +0,40 ($P<0,05$), +0,75 e +0,78 ($P<0,001$), respectivamente com V, DXc e DRs.

Diferente da proporção dos componentes corporais, quando se considera valores absolutos, estes foram correlacionados positivamente com as principais variáveis relacionadas com área, massa e volume corporal. Isso é compreensível, pois como os animais ainda não atingiram a maturidade fisiológica, estes continuam crescendo e desenvolvendo seus tecidos corporais e por consequência os constituintes corporais irão aumentar com o incremento de peso corporal (PIRES et al., 2006; AMARAL et al., 2011).

Essas altas correlações das variáveis da BIA relacionadas à área, volume e concentração dos diferentes componentes corporais são explicadas pelo princípio da BIA que é dependente da frequência da corrente elétrica, do comprimento e da área de seção transversal do condutor (BERG e MARCHELLO, 1994). Ou seja, considerando uma frequência elétrica constante, as mensurações da BIA precisam fazer relação ao volume e ao peso para melhor estimar os constituintes da carcaça. Outra evidência é que quando comparados as correlações entre a BIA e os valores absolutos, em geral, estes foram melhor correlacionados com a proporção dos constituintes teciduais e corporais de cordeiros.

As equações de predição relativa de ossos e de massa mole da carcaça de cordeiros, a partir de avaliações *in vivo*, da bioimpedância, de avaliações na carcaça e de suas combinações estão apresentadas na Tabela 9. Considerando as avaliações *in vivo*, no modelo preditor de ossos (%) e de massa mole (%), a única variável inserida no modelo foi o PVF, sendo que este explicou 57 % da variação de ambos os constituintes teciduais na carcaça. O que diferiu entre as equações foram o valor da intercepta, sendo complementares e, o sinal da variável PVF, indicando oposição entre elas, ou seja, se uma aumenta a outra diminui proporcionalmente.

A porcentagem de ossos e massa mole estimada a partir da BIA utilizaram a DXc, que entraram em ambas as equações com R^2 de 0,48 e, quando o V foi inserido, explicaram 67 % desses componentes na carcaça, sendo que essas variáveis entraram nas equações com sinal oposto, devido à complementaridade.

Tabela 9 - Equações preditivas de ossos e massa mole relativos da carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações *in vivo*, Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.

	Equações	R ²	RMSE	Cp	P-value
<i>Avaliações in vivo</i>					
Ossos, %	$\hat{Y} = 26,3 - 0,27PVF$	0,57	1,30	0,27	< 0,0001
Massa Mole, %	$\hat{Y} = 73,7 + 0,27PVF$	0,57	1,30	0,27	< 0,0001
<i>Bioimpedância in vivo</i>					
Ossos, %	$\hat{Y} = 25,8 - 0,10V - 1,26DXc$	0,67	1,16	2,72	< 0,0001
Massa Mole, %	$\hat{Y} = 74,2 + 0,10V + 1,26DXc$	0,67	1,16	2,72	< 0,0001
<i>Avaliações na carcaça</i>					
Ossos, %	$\hat{Y} = 27,0 - 37,0CcC$	0,70	1,09	-1,92	< 0,0001
Massa Mole, %	$\hat{Y} = 73,0 + 37,0CcC$	0,70	1,09	-1,92	< 0,0001
<i>Combinação</i>					
Ossos, %	$\hat{Y} = 27,0 - 37,0CcC$	0,70	1,09	-6,16	< 0,0001
Massa Mole, %	$\hat{Y} = 73,0 + 37,0CcC$	0,70	1,09	-6,16	< 0,0001

PVF=Peso Vivo Final com Jejum, V=Volume Bioelétrico, DXc=Densidade Reativa, CcC=Compacidade da Carcaça

Considerando as avaliações na carcaça como modelo preditor de ossos (%) e massa mole (%), apenas a CcC entrou em ambos os modelos, porém, com sinal inverso e explicaram 70 % da variação do R². Quando foram combinadas todas as variáveis na predição de ossos (%) e massa mole (%) foram utilizadas as mesmas equações nas avaliações na carcaça, ou seja, a CcC foi a variável que melhor estimou a proporção de ossos e massa mole na carcaça de cordeiros. Segundo Moreno et al. (2010) a compacidade da carcaça permite a padronização e a comparação entre carcaças e/ou animais, baseados no rendimento da porção comestível.

Na Tabela 10 estão dispostas as equações da predição absoluta de ossos e da massa mole da carcaça de cordeiros, estimadas a partir de avaliações *in vivo*, da BIA, na carcaça e de suas combinações. O PVF explicou 87 % e 91 % da variação do R², respectivamente para ossos (Kg) e massa mole (Kg) a partir das avaliações *in vivo*. No entanto, para estimar a massa mole (Kg), quando foi inserido no modelo o ECC, juntamente com o PVF, explicaram 94 % da variação do R².

A partir das avaliações de Bioimpedância *in vivo* como variáveis preditoras de ossos (Kg) na carcaça, a DRs explicou a maior parte da variação R² (57 %), quando o V foi inserido no modelo, contabilizaram 84 % da variação total de ossos na carcaça. Da mesma forma que a DRs entrou na equação com R² 0,65, posteriormente o V foi inserido com R² de 0,91 e quando estas variáveis foram combinadas com o AF, explicaram 93 % da variação da massa mole (Kg) na carcaça de cordeiros.

Tabela 10 - Equações preditivas de ossos e massa mole absolutos da carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações *in vivo*, Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.

Equações		R ²	RMSE	Cp	P-value
<i>Avaliações in vivo</i>					
Ossos, Kg	$\hat{Y} = 0,36 + 0,07PVF$	0,87	0,14	-0,27	< 0,0001
Massa Mole, Kg	$\hat{Y} = -3,26 + 0,35PVF + 1,24ECC$	0,94	0,68	3,15	< 0,0001
<i>Bioimpedância in vivo</i>					
Ossos, Kg	$\hat{Y} = 0,41 + 0,02V + 0,04DRs$	0,84	0,16	6,63	< 0,0001
Massa Mole, Kg	$\hat{Y} = -4,03 + 0,31AF + 0,15V + 0,27DRs$	0,93	0,74	3,75	< 0,0001
<i>Avaliações na carcaça</i>					
Ossos, Kg	$\hat{Y} = -0,87 + 0,09PCQ + 0,04CpC$	0,92	0,11	-0,91	< 0,0001
Massa Mole, Kg	$\hat{Y} = 0,91 + 0,91PCF - 0,04CpC$	0,99	0,11	-0,39	< 0,0001
<i>Combinação</i>					
Ossos, Kg	$\hat{Y} = -0,87 + 0,09PCQ + 0,04CpC$	0,92	0,11	-7,70	< 0,0001
Massa Mole, Kg	$\hat{Y} = 0,91 + 0,91PCF - 0,04CpC$	0,99	0,11	-7,03	< 0,0001

PVF=Peso Vivo Final com Jejum, ECC=Escore de Condição Corporal, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, AF=Ângulo de Fase, PCQ=Peso de Carcaça Quente, CpC=Comprimento da Carcaça, PCF=Peso de Carcaça Fria

O PCQ baseado nas avaliações na carcaça entrou no modelo com R² 0,90 e, quando foi inserido o CpC, explicaram 92 % da variação de ossos (Kg) na carcaça. Enquanto que, para estimar a massa mole (Kg), o PCF foi inserido no modelo contabilizando 99,76 % da variação do R², e juntamente com o CpC explicaram 99,82 % da variação da massa mole (Kg) na carcaça.

De acordo com Pérez et al. (2006), os conteúdos teciduais da carcaça mudam de acordo com as variações de peso. Isso explica o uso das unidades de peso para estimar com maior precisão os ossos (Kg) e massa mole (Kg) a partir do peso de carcaça quente e fria, respectivamente. O PCF foi considerado para estimar a massa mole devido à quebra ao resfriamento. Segundo Pires et al. (2006), essa perda de peso da carcaça se dá em decorrência de fatores como perda de umidade e reações químicas que acontece no músculo durante o manejo e armazenamento das carcaças, tornando esse valor mais próximo do peso real que é comercializado.

Além do peso de carcaça ter grande influência no peso dos ossos e da porção comestível, o comprimento da carcaça também explicou boa parte dessa variação, pois de acordo com Piola Junior et al. (2009), as diferentes regiões do corpo podem crescer em ritmo diferente. A paleta, perna e o pescoço apresentam desenvolvimento precoce ou semelhante ao peso corporal, enquanto as costelas e o lombo apresentam desenvolvimento mais lento e tardio (FURUSHO–GARCIA et al., 2006).

De acordo com Esteves et al. (2010), a medida que a carcaça incrementa seu peso, ela se faz mais comprida, larga e compacta e influencia na deposição tecidual, pois os planos musculares e adiposos crescem mais em espessura do que os ossos em comprimento.

As equações da predição relativa dos constituintes químicos da carcaça de cordeiros a partir de avaliações *in vivo*, da BIA, na carcaça e de suas combinações estão apresentadas na Tabela 11. Para estimar a porcentagem de umidade e de lipídeos a partir das avaliações *in vivo*, foram inseridos respectivamente, o PVF com R² de 0,73 e 0,72. Quando foram inseridos o ECC nas equações, estes fatores explicaram juntos 79 % e 78 % da variação desses constituintes na carcaça. A porcentagem de cinzas foi estimada a partir do ECC que explicou 44 % da variação do R² e as proteínas (%) considerou no modelo a AA, explicando 16 % da variação total na carcaça.

Tabela 11 - Equações preditivas da porcentagem de umidade (H₂O), cinzas (CIN), proteína bruta (PB) e lipídeos (LIP) na carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações *in vivo*, de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.

Equações		R ²	RMSE	Cp	P-value
<i>Avaliações in vivo</i>					
H ₂ O, %	$\hat{Y} = 83,9 - 0,36PVF - 3,26ECC$	0,79	1,92	6,57	< 0,0001
CIN, %	$\hat{Y} = 1,28 - 0,14ECC$	0,44	0,09	-2,66	< 0,0001
PB, %	$\hat{Y} = 23,8 - 0,09AA$	0,16	0,64	-5,91	0,0235
LIP, %	$\hat{Y} = -5,31 + 0,41PVF + 3,38ECC$	0,77	2,17	1,81	< 0,0001
<i>Bioimpedância in vivo</i>					
H ₂ O, %	$\hat{Y} = 82,2 - 0,19V - 0,45DRs$	0,79	1,92	2,32	< 0,0001
CIN, %	$\hat{Y} = 1,10 - 0,07DXc$	0,44	0,09	0,25	< 0,0001
PB, %	NS				
LIP, %	$\hat{Y} = -3,69 + 0,21V + 0,49DRs$	0,79	2,09	4,70	< 0,0001
<i>Avaliações na carcaça</i>					
H ₂ O, %	$\hat{Y} = 79,5 - 1,08PCF - 0,98EGS$	0,80	1,85	0,65	< 0,0001
CIN, %	$\hat{Y} = 1,22 - 0,03PCF$	0,42	0,09	1,75	0,0001
PB, %	$\hat{Y} = 16,7 + 0,10CpC - 0,31EGS - 1,01ENG$	0,52	0,51	2,47	0,0002
LIP, %	$\hat{Y} = -0,81 + 1,15PCF + 1,40EGS$	0,81	1,95	2,67	< 0,0001
<i>Combinação</i>					
H ₂ O, %	$\hat{Y} = 79,5 - 1,08PCF - 0,98EGS$	0,80	1,85	32,4	< 0,0001
CIN, %	$\hat{Y} = 1,44 - 0,13ECC - 0,02Xc$	0,58	0,08	0,37	< 0,0001
PB, %	$\hat{Y} = 20,6 + 0,66ECC - 0,31EGS - 1,03ENG$	0,52	0,51	0,10	0,0002
LIP, %	$\hat{Y} = -0,81 + 1,15PCF + 1,40EGS$	0,81	1,95	4,16	< 0,0001

PVF=Peso Vivo Final com Jejum, ECC=Escore de Condição Corporal, AA=Altura do Anterior, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, DXc=Densidade Reativa, NS= Não Significativo (p>0,05), PCF=Peso de Carcaça Fria, EGS= Espessura de Gordura Subcutânea, CpC=Comprimento da Carcaça, ENG=Estado de Endurecimento da Carcaça, Xc=Reatância

Considerando as avaliações *in vivo* de Bioimpedância como variáveis na estimativa de umidade (%) e lipídeos na carcaça, a DRs entrou nos respectivos modelos de predição com R^2 0,63, e quando foi inserido o V explicaram 79 % da variação desses constituintes na carcaça.

As cinzas (%) foram estimadas pela entrada da DXc no modelo com R^2 0,44. As proteínas (%) não apresentaram equações significativas ($P > 0,05$) a partir de avaliações da BIA *in vivo*. A porcentagem de umidade e de lipídeos, estimadas a partir das avaliações na carcaça, utilizaram o PCF nas equações e explicaram respectivamente, 76 % e 75 % e, quando foram inseridos nas equações a EGS explicaram 80 % e 81 % da variação total do R^2 . Para estimar as cinzas (%) foi utilizado apenas o PCF que explicou 42 % do R^2 . As proteínas (%) foram estimadas através do ENG, que entrou no modelo com R^2 de 0,33, a EGS entrou com R^2 0,43 e o CpC explicaram 52 % da variação desse constituinte na carcaça.

Para estimar a umidade e os lipídios (%), fazendo as combinações entre todas as variáveis preditoras, foram utilizadas as mesmas equações descritas a partir das avaliações na carcaça. É compreensível que em ambas as equações tenham-se usado as mesmas variáveis preditoras, no entanto com sinal inverso, pois segundo Osório et al. (2012), a porcentagem de umidade na carcaça é inversamente relacionada a de gordura.

Para estimar a porcentagem de cinzas foram combinadas avaliações *in vivo* da BIA, com o ECC que entrou no modelo com R^2 0,48 e quando a Xc foi inserida no modelo, juntas explicaram 58 % da variação da proporção de cinzas na massa mole da carcaça de cordeiros. Para estimar as proteínas (%) na carcaça, o ENG entrou no modelo com R^2 0,33, posteriormente foi inserido a EGS, aumentando o valor de R^2 para 0,42, e quando o ECC foi introduzido no modelo, explicaram 52 % da variação desse constituinte na carcaça.

Senegalhe et al. (2014) analisaram a composição centesimal da carne de cordeiros em valores relativos e descreveram que a proporção de proteína e cinzas permanece constante, enquanto a gordura aumenta e água diminui. Pinheiro e Jorge (2010) evidenciaram que os percentuais de tecidos na carcaça são unidades relativas, portanto com o acréscimo percentual de um determinado constituinte resulta no decréscimo relativo de outro.

Na Tabela 12 estão apresentadas as equações da predição dos constituintes químicos absolutos da carcaça a partir de avaliações *in vivo*, da BIA, avaliações na carcaça e de suas combinações. Nas equações preditoras da umidade (Kg) a partir das avaliações *in vivo*, o PVF sozinho explicou 87 % e 76 % da variação do R^2 , respectivamente para umidade (Kg) e cinzas (Kg) dos tecidos moles da carcaça de cordeiros.

Tabela 12 - Equações preditivas da quantidade absoluta de umidade (H₂O), cinzas (CIN), proteína bruta (PB) e lipídeos (LIP) na carcaça fria de cordeiros a partir de avaliações *in vivo*, de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.

Equações		R ²	RMSE	Cp	P-value
<i>Avaliações in vivo</i>					
H ₂ O, Kg	$\hat{Y} = -0,13 + 0,23PVF$	0,87	0,50	12,5	<0,0001
CIN, Kg	$\hat{Y} = 0,003 + 0,003PVF$	0,76	0,01	-5,07	<0,0001
PB, Kg	$\hat{Y} = -0,52 + 0,06PVF + 0,26ECC$	0,93	0,13	2,42	<0,0001
LIP, Kg	$\hat{Y} = -2,67 + 0,11PVF + 0,41CfA$	0,85	0,33	2,42	<0,0001
<i>Bioimpedância in vivo</i>					
H ₂ O, Kg	$\hat{Y} = 0,66 + 0,09V + 0,94DXc$	0,84	0,55	17,6	<0,0001
CIN, Kg	$\hat{Y} = 0,003 + 0,001V + 0,002DRs$	0,73	0,01	4,95	<0,0001
PB, Kg	$\hat{Y} = -0,70 + 0,07AF + 0,03V + 0,05DRs$	0,91	0,15	5,32	<0,0001
LIP, Kg	$\hat{Y} = -2,11 + 0,04V + 0,10DRs$	0,87	0,30	3,56	<0,0001
<i>Avaliações na carcaça</i>					
H ₂ O, Kg	$\hat{Y} = 0,20 + 0,41PCQ + 0,35CfC$	0,97	0,24	2,14	<0,0001
CIN, Kg	$\hat{Y} = 0,05 + 0,01PCQ - 0,01TEX - 0,004EGS$	0,84	0,01	-1,01	<0,0001
PB, Kg	$\hat{Y} = -0,08 + 0,16PCQ - 0,03EGS$	0,99	0,05	2,20	<0,0001
LIP, Kg	$\hat{Y} = -1,63 + 0,24PCF + 0,18EGS$	0,90	0,27	3,92	<0,0001
<i>Combinação</i>					
H ₂ O, Kg	$\hat{Y} = 0,43 - 0,32CfA + 0,43PCQ + 0,45CfC$	0,98	0,22	4,84	<0,0001
CIN, Kg	$\hat{Y} = ,05 - ,01ECC + ,01PCQ - ,01TEX - ,005DXc$	0,87	0,01	-2,76	<0,0001
PB, Kg	$\hat{Y} = -0,08 + 0,16PCQ - 0,03EGS$	0,99	0,05	10,1	<0,0001
LIP, Kg	$\hat{Y} = -1,63 + 0,24PCF + 0,18EGS$	0,90	0,27	0,55	<0,0001

PVF=Peso Vivo Final com Jejum, ECC=Escore de Condição Corporal, CfA=Conformação do Animal, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, DXc=Densidade Reativa, AF=Ângulo de Fase, PCQ=Peso de Carcaça Quente, CfC=Conformação da Carcaça, EGS= Espessura de Gordura Subcutânea, TEX=Textura da Carne, PCF=Peso de Carcaça Fria

Na equação de predição de proteínas (Kg) o PVF contabilizou 90 % da variação total e quando foi inserido o ECC, juntos explicaram 93 % da variação do R². Já no modelo para estimar os lipídeos (Kg) a partir de avaliações *in vivo*, o PVF foi inserido na equação com R² 0,82 e quando entrou no modelo a CfA, os dois explicaram 85 % da variação de proteína na carcaça.

Considerando as avaliações de Bioimpedância *in vivo*, a DXc foi inserida no modelo de predição de umidade (Kg) na carcaça com R² de 0,56 e quando o V entrou na equação, explicaram 84 % da variação do R². No entanto para a estimativa de cinzas (Kg) e lipídeos (Kg), a DRs sozinha explicou 41 % e 70 %. Quando combinadas no modelo ao V, estas explicaram 73 % e 87 %, respectivamente da variação total desses constituintes na carcaça.

A DRs também explicou maior parte da variação da proteína na carcaça (62 %). Quando foi inserido o V, o R^2 aumentou para 0,89 e quando foram combinadas com o AF explicaram 91 % da variação total de proteína na carcaça, a partir da BIA.

A umidade (Kg) estimada a partir de avaliações na carcaça de cordeiros utilizou o PCQ, que entrou no modelo com R^2 0,96 e quando foi inserido a CfC, explicaram 97 % da variação total do R^2 . Nas cinzas (Kg), o PCQ foi inserido com R^2 0,78, posteriormente entrou a TEX com R^2 0,81 e quando combinado com a EGS, o modelo explicou 84 % da variação das cinzas (Kg) na massa mole da carcaça de cordeiros. O PCQ explicou grande parte da variação das proteínas (Kg) na carcaça 98,7 %, e quando combinado com a EGS explicaram 98,9 % do R^2 . Para a estimativa de lipídeos (Kg) o PCF explicou a maior parte do R^2 (87 %) e quando foi combinado com a EGS explicaram 90 % da variação total dos lipídeos na carcaça.

As proteínas (Kg) e lipídeos (Kg) estimadas através da combinação das avaliações *in vivo*, da BIA e na carcaça obtiveram as mesmas variáveis inseridas nos modelos a partir de avaliações na carcaça. Para estimar a umidade (Kg) foram inseridos o PCQ com R^2 0,965, posteriormente a CfC com R^2 0,972 e, quando entrou a CfA, explicaram 98 % da variação da umidade considerando avaliações na carcaça e *in vivo*. Para estimar as cinzas (Kg) foram inseridos o PCQ com R^2 0,78, a DXc com R^2 0,82, o ECC com R^2 0,84 e quando entrou a TEX, explicaram 87 % da variação das cinzas (Kg) na massa mole da carcaça de cordeiros estimada a partir de avaliações *in vivo*, da BIA e na carcaça.

Quando os componentes químicos teciduais são considerados em valores absolutos, indiscutivelmente o peso, seja do animal vivo, da carcaça quente ou fria, explica boa parte da variação destes na composição corporal. Johansen et al. (2006) encontraram alta correlação entre a conformação e a adiposidade, além da elevada musculosidade na carcaça. Estes pesquisadores relataram ainda que altos valores de engorduramento indicam alto grau de gordura subcutânea e no conteúdo total de gordura. Estando de acordo com o estudo, quando foram combinadas a conformação do animal e/ou da carcaça, condição corporal, estado de engorduramento e espessura de gordura subcutânea com variáveis de peso explicaram grande parte da variação dos principais constituintes corporais.

Na Tabela 13 estão dispostas as equações da predição relativa da massa corporal da carcaça de cordeiros, a partir de avaliações *in vivo*, da BIA, na carcaça e de suas combinações. Para a porcentagem de massa corporal sem gordura, a massa mole livre de gordura e a relação gordura/proteína estimadas a partir das avaliações *in vivo*, o PVF entrou no modelo, respectivamente com R^2 0,72, 0,72 e 0,69 e quando foi inserido o ECC, explicaram 0,77 %, 77 % e 73 % da variação total na massa corporal da carcaça de cordeiros.

Tabela 13 - Equações preditivas da massa corporal sem gordura (MCSG), massa mole sem gordura (MMSG) e relação gordura/proteína relativa da carcaça de cordeiros *in vivo*, a partir de avaliações *in vivo*, de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.

Equações		R ²	RMSE	Cp	P-value
<i>Avaliações in vivo</i>					
MCSG, %	$\hat{Y} = 105,3 - 0,41PVF - 3,38ECC$	0,77	2,17	1,81	<0,0001
MMSG, %	$\hat{Y} = 104,0 - 0,40PVF - 3,25ECC$	0,77	2,15	2,07	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = -0,32 + 0,02PVF + 0,17ECC$	0,73	0,13	0,42	<0,0001
<i>Bioimpedância in vivo</i>					
MCSG, %	$\hat{Y} = 103,7 - 0,21V - 0,49DRS$	0,79	2,09	4,70	<0,0001
MMSG, %	$\hat{Y} = 102,5 - 0,21V - 0,48DRS$	0,79	2,06	4,56	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = -0,25 + 0,01V + 0,03DRS$	0,76	0,13	6,01	<0,0001
<i>Avaliações na carcaça</i>					
MCSG, %	$\hat{Y} = 100,8 - 1,15PCF - 1,40EGS$	0,81	1,95	2,67	<0,0001
MMSG, %	$\hat{Y} = 99,6 - 1,13PCF - 1,36EGS$	0,81	1,93	2,81	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = 0,07 - 0,57PCQ + 0,64PCF + 0,09EGS$	0,83	0,11	2,10	<0,0001
<i>Combinação</i>					
MCSG, %	$\hat{Y} = 100,8 - 1,15PCF - 1,40EGS$	0,81	1,95	4,16	<0,0001
MMSG, %	$\hat{Y} = 99,6 - 1,13PCF - 1,36EGS$	0,81	1,93	6,08	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = 0,07 - 0,57PCQ + 0,64PCF + 0,09EGS$	0,83	0,11	-1,93	<0,0001

PVF=Peso Vivo Final com Jejum, ECC=Escore de Condição Corporal, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, PCF=Peso de Carcaça Fria, EGS=Espessura de Gordura Subcutânea, PCQ=Peso de Carcaça Quente

A massa corporal sem gordura (%), massa mole sem gordura (%) e a relação gordura/proteína estimadas pela BIA *in vivo*, utilizaram nas respectivas equações a DRs com R² 0,63, 0,63 e 0,61 e quando foi inserido o V explicaram 79 % 79 % e 77 % desses componentes na carcaça.

Considerando as avaliações na carcaça como equações preditoras da massa corporal sem gordura (%) e da massa mole sem gordura (%), o PCF entrou com R² 0,75 e quando foram inseridas a EGS aumentaram os valores de R² para 0,81 para ambas as equações. Na equação de predição da relação gordura/proteína foi inserido o PCF com o R² 0,72, a EGS entrou com R² 0,80 e, quando foi combinado o PCQ ao modelo, essas variáveis explicaram 83 % da variação dessa relação na carcaça.

A massa corporal e a massa mole sem gordura, bem como a relação gordura/proteína, quando combinadas as variáveis preditoras, utilizaram as mesmas variáveis inseridas nos modelos a partir das mensurações na carcaça. Em suma, dentre as variáveis consideradas como possíveis preditoras da massa corporal (%) foi observado que as mensurações na

carcaça são mais indicadas para estimar os diferentes constituintes na massa corporal da carcaça de cordeiros.

Segundo Esteves et al. (2010), a avaliação da carcaça é menos problemática do que a da condição corporal, porque na carcaça se faz a visualização da gordura ou a mensuração, no caso da gordura subcutânea. Através do escore de condição corporal busca-se uma estimativa dessa gordura. No entanto, essas variáveis combinadas a unidades de peso explicaram boa parte da composição da massa corporal.

As equações da predição absoluta da massa corporal sem gordura, da massa mole sem gordura e da relação gordura/proteína da carcaça de cordeiros a partir de avaliações *in vivo*, da BIA, de avaliações na carcaça e de suas combinações estão apresentadas na Tabela 14. Considerando as avaliações *in vivo*, nas equações preditoras da massa corporal da carcaça de cordeiros (Kg), o PVF sozinho explicou 89 %, 88 % e 69 % da variação do R² e, quando combinado com o ECC explicaram 90 %, 90 % e 73 %, respectivamente, da variação da massa corporal sem gordura, massa mole sem gordura e relação gordura proteína.

Tabela 14 - Equações preditivas da massa corporal sem gordura (MCSG), massa mole sem gordura (MMSG) e relação gordura/proteína absoluta na carcaça de cordeiros *in vivo*, a partir de avaliações *in vivo*, de Bioimpedância, na carcaça e de suas combinações.

	Equações	R ²	RMSE	Cp	P-value
<i>Avaliações in vivo</i>					
MCSG, Kg	$\hat{Y} = -0,13 + 0,29PVF + 0,85ECC$	0,90	0,66	8,15	<0,0001
MMSG, Kg	$\hat{Y} = -0,84 + 0,25PVF + 0,80ECC$	0,90	0,58	7,92	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = -0,32 + 0,02PVF + 0,02PVF + 0,17ECC$	0,73	0,13	0,44	<0,0001
<i>Bioimpedância in vivo</i>					
MCSG, Kg	$\hat{Y} = -7,6 + 1,3AF + 0,12V + 0,5DRs - 2,7DXc$	0,90	0,69	8,41	<0,0001
MMSG, Kg	$\hat{Y} = -1,90 + 0,31AF + 0,11V + 0,18DRs$	0,89	0,64	10,3	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = -0,25 + 0,01V + 0,03DRs$	0,76	0,13	5,99	<0,0001
<i>Avaliações na carcaça</i>					
MCSG, Kg	$\hat{Y} = 1,66 + 0,70PCQ - 0,21EGS$	0,98	0,30	1,41	<0,0001
MMSG, Kg	$\hat{Y} = 0,02 + 0,55PCQ + 0,41CfC$	0,98	0,25	2,31	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = 0,07 - 0,57PCQ + 0,64PCF + 0,09EGS$	0,83	0,11	2,10	<0,0001
<i>Combinação</i>					
MCSG, Kg	$\hat{Y} = 1,66 + 0,70PCQ - 0,21EGS$	0,98	0,30	-1,43	<0,0001
MMSG, Kg	$\hat{Y} = 0,26 - 0,34CfA + 0,58PCQ + 0,52CfC$	0,99	0,23	-2,13	<0,0001
G/P	$\hat{Y} = 0,07 - 0,57PCQ + 0,64PCF + 0,09EGS$	0,83	0,11	0,00	<0,0001

PVF=Peso Vivo com Jejum, ECC=Escore de Condição Corporal, AF=Ângulo de Fase, V=Volume Bioelétrico, DRs=Densidade Resistiva, DXc=Densidade Reativa, EGS=Espessura de Gordura Subcutânea, PCQ=Peso de Carcaça Quente, CfC=Conformação da Carcaça, PCF=Peso de Carcaça Fria, CfA=Conformação do Animal

A massa corporal sem gordura (Kg) estimada a partir da BIA utilizou a DRs no modelo, com R^2 0,57. Posteriormente o V entrou com R^2 0,86, seguido do AF com R^2 0,88 e quando foram combinados a DXc explicaram 90 % da variação total.

A massa mole livre de gordura (Kg) foi explicada pela combinação das variáveis que foram inseridas na equação, aumentando os valores de R^2 de 0,57, 0,86 e 0,88, respectivamente, com a entrada da DXc, V e DRs. A DRs foi inserida no modelo preditor da relação gordura/proteína com R^2 de 0,61 e com a entrada do V, explicaram 76 % da variação total do R^2 , a partir da BIA.

Nas avaliações na carcaça como equações preditoras da massa corporal de cordeiros (Kg), o PCQ entrou no modelo com R^2 0,97 e, quando foi inserida a EGS explicaram 98 % da variação da massa corporal sem gordura na carcaça. Para a estimativa da massa mole livre de gordura, o PCQ também explicou a maior parte da variação (97,8 %), no entanto quando combinado com a CfC a variação do R^2 foi de 98,3 %. E na relação gordura/proteína o PCF foi inserido no modelo com R^2 de 0,72, posteriormente, a EGS aumentou o valor do R^2 para 0,80 e quando estes foram combinados com o PCQ, explicaram 83 % da variação total da relação gordura/proteína na carcaça.

Considerando as combinações a partir das avaliações *in vivo*, da BIA e na carcaça para estimar a massa corporal da carcaça de cordeiros, a massa corporal sem gordura (Kg), bem como a relação gordura/proteína utilizaram as mesmas variáveis inseridas nos modelos a partir das mensurações na carcaça. No entanto, para estimar a massa mole sem gordura (Kg) foram inseridos nos modelos o PCQ com R^2 0,978, seguido da CfC, com R^2 0,983 e por último a CfA, que explicaram 99 % da massa mole sem gordura (Kg), a partir da combinação de avaliações *in vivo* e na carcaça.

Evidenciou-se que algumas variáveis se relacionam melhor com determinados componentes teciduais, com é o caso do ECC, que está de acordo com Osório et al. (2005), porque representa a quantidade de gordura e músculo do animal vivo e relação músculo:gordura e estado de engorduramento da carcaça.

A conformação e a compactidade, *in vivo* ou na carcaça, também mostraram boa relação com os componentes corporais, pois estão associadas à forma e quantidade de músculos e ossos, sendo influenciadas pelo peso corporal ou da carcaça e pela cobertura de gordura (OSÓRIO et al., 2012). De acordo com Esteves et al. (2010), animais com melhor conformação tem carcaças mais compridas, pesadas, compactas, com superior índice de condição corporal e estado de engorduramento e, conseqüentemente diferente composição corporal.

Outra variável amplamente utilizadas nos modelos de predição foi a espessura de gordura subcutânea, que segundo Osório et al. (2009), mensurada ou estimada através de escores *in vivo* ou na carcaça, tem influência sobre a composição tecidual da carcaça e, apresenta relação biológica com o animal.

De acordo com Lambe et al. (2009), medidas relacionadas com o estado de engorduramento da carcaça, bem como musculosidade podem explicar boa parte da variação tecidual e conseqüentemente química na carcaça.

Essas variáveis acima descritas explicam boa parte da variação dos modelos preditores dos constituintes corporais na carcaça de cordeiros. No entanto, foram as variáveis de peso, tanto *in vivo*, como nas carcaças, que contribuíram para melhor estimar a maior parte dos componentes corporais.

Lambe et al. (2008) estimaram a composição da carcaça a partir de mensurações *in vivo* e Lambe et al. (2009) a partir da combinação de mensurações *post-mortem*, concluíram que o peso *in vivo* ou de carcaça quente e fria foram incluídos nos modelos de predição, devido a alta correlação com os componentes absolutos teciduais da carcaça.

Diaz et al. (2004) evidenciaram que as mensurações de peso do animal ou da carcaça são medidas rápidas, simples, baratas e apresentam boas correlações com os componentes corporais. Ressaltaram ainda que mensurações morfométricas da carcaça não são bons preditores da composição corporal, mas podem ser inseridos nos modelos de predição para melhorar a acurácia e precisão.

Apesar dessas variáveis oriundas do animal *in vivo* ou na carcaça apresentarem bons modelos preditores, em muitos casos foram inseridos medidas subjetivas nestas equações e, como já foi discutido anteriormente, devido à subjetividade mesmo com treinamento dos avaliadores, tem a possibilidade de erros. Nesse sentido foi o objetivo da pesquisa, fazer uso de novas tecnologias capazes de estimar a composição corporal no animal *in vivo*, com intuito de reduzir erros e melhorar o processo produtivo e, torná-lo mais econômico e sustentável.

A Bioimpedância foi utilizada principalmente pela simplicidade, rapidez e pelos resultados satisfatórios que demonstrou em estudos anteriores. Esta técnica obteve melhores resultados quando foram inseridos o volume bioelétrico, também descrito por Avril et al. (2013), e o ângulo de fase que em humanos, segundo Eickemberg et al. (2011), indica as alterações na composição corporal e na função da membrana. Em animais, o ângulo de fase não é comumente utilizado como variável preditora, no entanto demonstrou correlações moderadas com os componentes corporais de cordeiros e deve ser mais explorado em futuras pesquisas.

Outras variáveis consideradas inéditas na literatura, de acordo com Zollinger et al. (2010), foram a densidade resistiva e densidade reativa. Estas que demonstraram altas correlações com a maioria dos componentes químicos e teciduais avaliados. Isso se deve ao fato que, como descrito por Daza et al. (2006), a impedância é uma medida da redução de tensão da corrente elétrica através de um objeto. Essa medida depende da configuração geométrica do objeto, do volume, da intensidade e frequência da corrente elétrica aplicada, ou seja, assumindo uma geometria relativamente constante para todos os animais e utilizando uma corrente elétrica alternada constante a BIA seria dependente da composição corporal.

Notadamente, quando foram inseridas as variáveis relacionadas à área, volume, massa e densidade, estas foram fortemente correlacionadas com a maioria dos constituintes corporais e explicaram grande parte da variação desses componentes através das equações preditoras.

A proporção dos constituintes na carcaça é o critério mais importante para a avaliação do consumidor, no sentido de comparação (PINHEIRO et al., 2010). No entanto, os valores absolutos são tão importantes quanto, pois indicam a quantidade que determinado componente contém na carcaça. De acordo com Diaz et al. (2004), a predição da composição tecidual absoluta teve mais acurácia nas equações de predição para as proporções de tecidos.

Pinheiro et al. (2012) descreveram ainda que para o consumidor o mais importante é a relação da porção comestível:osso dos cortes e da carcaça, e que não são desejáveis na porção comestível grande participação de tecido adiposo e sim uma quantidade que propicie atributos sensoriais adequados a preferência dos consumidores. A partir desses resultados pode-se estimar não só a porção comestível, mas a porcentagem e peso dos principais constituintes com boa precisão.

O aumento da precisão de um modelo que visa estimar a composição do animal vivo pode ser feita adicionando uma característica, um grupo ou fazendo a combinação dessas (LAMBE et al., 2008). No entanto, devem-se restringir essas características para que possa fluir a cadeia ovina de forma econômica sustentável, tanto em nível de campo como na linha do abate (ESTEVES et al., 2010).

Nesse sentido devem ser consideradas a velocidade e facilidade dessas mensurações e, no caso das equações geradas através de combinações é necessário analisá-las individualmente para avaliar a sua aplicabilidade. De acordo com Cadavez e Monteiro (2011), em populações com características diferentes das utilizadas, devem ser realizados novos estudos a fim de definir o melhor modelo de predição.

5. CONCLUSÃO

A bioimpedância *in vivo* demonstrou potencial promissor para estimar os componentes químicos e teciduais da carcaça de cordeiros abatidos em diferentes pesos de abate.

Quando comparada com as demais avaliações *in vivo*, a BIA mostrou-se mais precisa, principalmente por não utilizar variáveis subjetivas em suas equações. No entanto, comparada as mensurações na carcaça, a BIA na maioria dos casos foi menos precisa na estimativa dos componentes teciduais e químicos da carcaça de cordeiros.

Quando foram realizadas a combinação entre as variáveis analisadas, estas mostraram maior precisão na estimativa dos componentes corporais, no entanto as equações devem ser analisadas individualmente, pois podem não ser aplicáveis em diferentes populações.

Os componentes corporais absolutos foram melhor estimados a partir de avaliações *in vivo*, da BIA, na carcaça e de suas combinações que os componentes relativos da carcaça de cordeiros.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, M. et al. Prediction of carcass composition by impedance spectroscopy in lambs of similar weight. **Meat science**, v. 70, n. 2, 2005.
- ALTMANN, M. et al. Prediction of lamb carcass composition by impedance spectroscopy. **Journal of animal science**, v. 82, n. 3, 2004.
- ALVES, D.D. et al. Características de carcaça, componentes não-carcaça e morfometria em ovinos submetidos a diferentes estratégias de suplementação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, 2013.
- AMARAL, R.M. do et al. Deposição tecidual em cordeiros Santa Inês, ½ Dorper-Santa Inês e ½ White Dorper-Santa Inês avaliados por ultrassonografia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 3, 2011.
- ANGÉLOCO NETO, L.R et al. Bioelectrical impedance analysis and anthropometry for the determination of body composition in rats: effects of high-fat and high-sucrose diets. **Revista de Nutrição**, v. 25, n. 3, 2012.
- ARAÚJO FILHO, J.T. et al. Desempenho e composição da carcaça de cordeiros deslançados terminados em confinamento com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 2, 2010.
- ARAÚJO, G.F. et al. Análise da bioimpedância em novilhas Nelore pré-púberes. In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADES DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL, São Paulo: FESBE, 17, p. 57, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18. ed. Maryland, 2005, 1750 p.
- AVRIL, D.H. et al. The application of bioelectrical impedance analysis in live tropical hair sheep as a predictor of body composition upon slaughter. **Tropical animal health and production**, v. 45, n. 8, 2013.
- BERG, E.P. et al. Assessment of lamb carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths. **Journal of animal science**, v. 74, n. 11, 1996.
- BERG, E.P.; MARCHELLO, M.J. Bioelectrical impedance analysis for the prediction of fat-free mass in lambs and lamb carcasses. **Journal of animal science**, v. 72, n. 2, 1994.
- BERTOTTI, F.L. **Sistema de biotelemetria passiva e técnica de medição para aquisição da impedância elétrica de tecido animal post mortem**. 2010. 174 p. Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, 1959.

- BONACINA, M.S. et al. Influência do sexo e do sistema de terminação de cordeiros Texel x Corriedale na qualidade da carcaça e da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, 2011.
- BUENO, M.S. et al. Características de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, 2000.
- CADAVEZ, V.; MONTEIRO, F.C. Comparison of alternative models to predict lean meat percentage of lamb carcasses. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 59, 2011.
- CADAVEZ, V.A.P; HENNINGSEN, A. The use of seemingly unrelated regression to predict the carcass composition of lambs. **Meat science**, v. 92, n. 4, 2012.
- CARTAXO, F.Q. et al. Características de carcaça determinadas por ultrassonografia em tempo real e pós-abate de cordeiros terminados em confinamento com diferentes níveis de energia na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, 2011.
- CARTAXO, F.Q.; SOUSA, W.H. Correlações entre as características obtidas in vivo por ultra-som e as obtidas na carcaça de cordeiros terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, 2008.
- CEZAR M.F.; SOUZA W.H. **Carcaças Ovinas e Caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba, MG: Edit. Agropecuária Tropical, 2007. 147p.
- CINTRA, T.C.F. et al. Influência de diferentes tipos de eletrodos sobre os valores da bioimpedância corporal e na estimativa de massa magra (MM) em gatos adultos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 1, 2010.
- DAZA, A. et al. Prediction of body composition of Iberian pigs by means bioelectrical impedance. **Meat Science**, v. 72, n. 1, 2006.
- DIAZ, M.T. et al. Prediction of suckling lamb carcass composition from objective and subjective carcass measurements. **Meat science**, v. 66, n. 4, 2004.
- EICKEMBERG, M. et al. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 6, 2011.
- ESTEVES, R.M.G. et al. Avaliação in vivo e da carcaça e fatores determinantes para o entendimento da cadeia da carne ovina. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 16, 2010.
- FERNANDES, M.A.M. et al. Características das carcaças e componentes do peso vivo de cordeiros terminados em pastagem ou confinamento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 1, 2008.
- FERNANDES, M.A.M. et al. Composição tecidual da carcaça e perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros terminados a pasto ou em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, 2010.

FOZOONI, R.; ZAMIRI, M.J. Relationships between chemical composition of meat from carcass cuts and the whole carcass in Iranian fat tailed sheep as affected by breed and feeding level. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v.8, n. 4, 2007.

FREKING, B.A.; LEYMASTER, K.A. Evaluation of Dorset, Finnsheep, Romanov, Texel, and Montadale breeds of sheep: IV. Survival, growth, and carcass traits of F1 lambs. **Journal of animal science**, v. 82, n. 11, 2004.

FURUSHO-GARCIA, I.F. et al. Estudo alométrico dos cortes de cordeiros Santa Inês puros e cruzas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, 2006.

GUEDES, D.P. Clinical procedures used for analysis of the body composition. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 15, n. 1, 2013.

GUPTA, D. et al. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. **BMC cancer**, v. 8, n. 1, 2008.

HASHIMOTO, J.H. et al. Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 2, 2012.

HUNTER, T.E. et al. Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) can be used to predict live animal and whole carcass composition of sheep. **Small Ruminant Research**, v. 100, n. 2, 2011.

JACQUES, J.; BERTHIAUME, R.; CINQ-MARS, D. Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. **Small Ruminant Research**, v. 95, n. 2, 2011.

JARDIM, R.D. et al. Composição regional e tecidual da carcaça de cordeiros Corriedale criados em três sistemas de alimentação. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 1, 2013.

JENKINS, T. G.; LEYMASTER, K. A.; TURLINGTON, L. M. Estimation of fat-free soft tissue in lamb carcasses by use of carcass and resistive impedance measurements. **Journal of animal science**, v. 66, n. 9, 1988.

JOHANSEN, J. et al. Validation of the EUROP system for lamb classification in Norway; repeatability and accuracy of visual assessment and prediction of lamb carcass composition. **Meat Science**, v. 74, n. 3, 2006.

KUSHNER, R.F.; GUDIVAKA, R.; SCHOELLER, D.A. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. **The American journal of clinical nutrition**, v. 64, n. 3, 1996.

LAMBE, N. R. et al. The use of various live animal measurements to predict carcass and meat quality in two divergent lamb breeds. **Meat science**, v. 80, n. 4, 2008.

LAMBE, N.R. et al. Prediction of lamb carcass composition and meat quality using combinations of post-mortem measurements. **Meat Science**, v. 81, n. 4, 2009.

- LANDIM, A.V. et al. Physical, chemical and sensorial parameters for lambs of different groups, slaughtered at different weights. **Tropical animal health and production**, v. 43, n. 6, 2011.
- LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. São Paulo: Artmed. 2005. 384 p.
- LLOYD, W.R. et al. Effect of breed, sex and final weight on feedlot performance, carcass characteristics and meat palatability of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 2, 1980.
- LUKASKI, H.C. et al. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. **The American journal of clinical nutrition**, v. 41, n. 4, 1985.
- LUKASKI, H.C. et al. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, n. 4, 1986.
- LUKASKI, H.C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. **The American journal of clinical nutrition**, v. 46, n. 4, 1987.
- MACHADO, G.C.F.; SILVA, F.R. Benefícios sociais, econômicos e ambientais dos sistemas agroflorestais em pequenas propriedades rurais. **Inclusão Social**, v. 6, n. 1, 2013.
- MARTÍNEZ-CEREZO, S. et al. Breed, slaughter weight and ageing time effects on consumer appraisal of three muscles of lamb. **Meat science**, v. 69, n. 4, 2005.
- MCCUTCHEON, S. N.; BLAIR, H. T.; PURCHAS, R.W. Body composition and organ weights in fleece weight-selected and control Romney rams. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 36, n. 4, 1993.
- MERCIER, J. et al. The use of dual-energy X-ray absorptiometry to estimate the dissected composition of lamb carcasses. **Meat science**, v. 73, n. 2, 2006.
- MONTE A.L.S. et al. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, 2012.
- MORENO, G.M.B. et al. Características morfológicas “in vivo” e da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e suas correlações. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, 2010.
- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaça e concurso de carcaças de novilhos**. Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria, 1980. 31p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.
- NEGUSSIE, E. et al. Growth and carcass composition of tropical fat-tailed Menz and Horro sheep breeds. **Animal Science**, v.78, 2004.

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

OSÓRIO, J.C.S. et al. **Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças.** Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, 2002. 196p.

OSÓRIO, J.C.S., et al. Morfologia e características produtivas e comerciais em cordeiros Corriedale castrados e não castrados. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, 2005.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de carne ovina:** Técnicas de avaliação “in vivo” e na carcaça. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2003. 73p.

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

OSÓRIO, J.C.S. et al. Critérios para abate do animal e a qualidade da carne. **Agrarian**, v. 5, n. 18, 2012.

PEARCE, K.L. et al. Dual X-ray absorptiometry accurately predicts carcass composition from live sheep and chemical composition of live and dead sheep. **Meat Science**, v. 81, n. 1, 2009.

PÉREZ, P. et al. Gender and slaughter weight effects on carcass quality traits of suckling lambs from four different genotypes. **Small Ruminant Research**, v. 70, n. 2, 2007.

PILAR, R.; PÉREZ, J.; NUNES, F. Rendimento e características quantitativas de carcaça em cordeiros merino australiano e cruza Ile de France x Merino Australiano. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 3, 2012.

PINHEIRO, R.S.B. et al. Composição tecidual dos cortes da carcaça de ovinos jovens e adultos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, 2007.

PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A.M. Composição tecidual do lombo de ovelhas de descarte terminadas em confinamento e abatidas em diferentes estágios fisiológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, 2010.

PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A.M.; SOUZA, H.B.A. Aceitação sensorial e composição centesimal da carne de ovelhas abatidas em diferentes estágios fisiológicos **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 4, 2012.

PIOLA JUNIOR, W. et al. Níveis de energia na alimentação de cordeiros em confinamento e composição regional e tecidual das carcaças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 9, 2009.

PIRES, C.C. et al. Características da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, 2006.

PIRES, C.C. et al. Cria e terminação de cordeiros confinados. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, 2000.

ROSA, G.T. et al. Composição tecidual da carcaça e de seus cortes e crescimento alométrico do osso, músculo e gordura da carcaça de cordeiros da raça texel. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 24, n. 4, 2002.

ROSA, G.T. et al. Crescimento alométrico de osso, músculo e gordura em cortes da carcaça de cordeiros Texel segundo os métodos de alimentação e peso de abate. **Ciência Rural**, v.35, n. 4, 2005.

SAFDARIAN, M. et al. Relationships of fat-tail dimensions with fat-tail weight and carcass characteristics at different slaughter weights of Torki-Ghashghaii sheep. **Meat science**, v. 80, n. 3, 2008.

SANTOS, J.R. et al. Efeito da suplementação na composição física e centesimal da paleta, do costilhar e do pescoço de cordeiros Santa Inês terminados em pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, 2010.

SENEGALHE, F.B.D. et al. Composição química da carne de cordeiros abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 3, 2014.

SHACKELFORD, S.D. et al. Effects of breed of sire on carcass composition and sensory traits of lamb. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 11, 2012.

SIQUEIRA, E.R.; SIMÕES, C.D.; FERNANDES, S. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro. I. Velocidade de crescimento, caracteres quantitativos da carcaça, pH da carne e resultado econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, 2001.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, 1992.

SOUSA, W.H. et al. Desempenho e características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento com diferentes condições corporais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, 2008.

TEIXEIRA, A. et al. In vivo estimation of lamb carcass composition by real-time ultrasonography. **Meat science**, v. 74, n. 2, 2006.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: imprensa universitária, 3 ed., 2010, 502p.

ZOLLINGER, B.L. et al. Prediction of beef carcass salable yield and trimmable fat using bioelectrical impedance analysis. **Meat science**, v. 84, n. 3, 2010.