

### AVALIAÇÃO DO MODELO *SMALL RUMINANT NUTRITION SYSTEM* E DA PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE CORDEIROS SANTA INÊS

**Francisco Wellington Rodrigues Lima<sup>1</sup>;**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Valença do Piauí, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9548341939475049>

**Samila Barbosa Lisboa<sup>2</sup>;**

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9197772691531276>

**Rildson Melo Fontenele<sup>3</sup>.**

Faculdade de Tecnologia CENTEC - FATEC CARIRI (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, CE.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

**RESUMO:** Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a adequabilidade do modelo nutricional *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) para estimar o consumo de matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GMD), e realizar a predição da composição química corporal de cordeiros da raça Santa Inês castrados e não castrados usando a composição da seção entre a 9-11<sup>a</sup> costela (seção HH). Foram utilizados 38 cordeiros Santa Inês com peso corporal (PC) inicial de  $14,46 \pm 1,72$  kg e aproximadamente dois meses de idade. Quatro animais de cada classe sexual foram abatidos no início do experimento como grupo referência, para obter a composição corporal e peso de corpo vazio inicial. Os animais remanescentes foram alocados em baias individuais em esquema fatorial com três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição) e duas classes sexuais (machos castrados e não castrados), com cinco animais por tratamento. Os animais foram pesados semanalmente para monitoramento do ganho de peso e quando os animais alimentados *ad libitum* atingiram 30 kg de PC, todos os animais experimentais foram abatidos. A predição da composição química da carcaça e do corpo vazio por meio da seção HH foi avaliada quanto a sua precisão e sua acurácia. O modelo SRNS estimou precisamente o CMS e GMD em cordeiros Santa Inês. O conteúdo de água, gordura e energia na carcaça e corpo vazio foram satisfatoriamente estimados pela seção HH, porém não houve precisão na estimativa do conteúdo de proteína e cinzas. A utilização de regressões *stepwise* promoveu aumento nos coeficientes de determinação das equações para estimar o conteúdo corporal de água, gordura, proteína e energia, porém não considerou alteração na equação para predizer o conteúdo de cinzas. Mais estudos são necessários para a validação dessa metodologia em ovinos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cordeiros. Costela. Extrato etéreo. Proteína. Energia.

## EVALUATION OF SMALL RUMINANT NUTRITION SYSTEM MODEL AND PREDICTION OF BODY COMPOSITION OF SANTA INES LAMBS

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the adequacy of the Small Ruminant Nutrition System (SRNS) to estimate dry matter intake (DMI) and average daily gain (ADG), and to predict the body chemical composition the Santa Ines lambs castrated and not castrated using the chemical composition of a section from 9-11<sup>th</sup> rib (HH section). Thirty-eight Santa Ines lambs were used with initial body weight (BW)  $14.46 \pm 1.72$  kg and approximately two months old. Four animals of each sex class were slaughtered at the beginning of the experiment as reference group, to obtain body composition and initial empty body weight. The remaining animals were placed in individual pens in a factorial design with three feed levels (*ad libitum*, 30 and 60% feed restriction) and two sex classes (castrated and non-castrated), constituting five animals per treatment. The animals were weighed weekly to monitor weight gain, and when animals fed *ad libitum* reached 30 kg BW, all experimental animals were slaughtered. The prediction of the chemical composition of the carcass and of the empty body through the HH section was evaluated for its precision and accuracy. The SRNS model was sensitive to predict the DMI and ADG in Santa Ines lambs. The content of water, fat and energy in the carcass and empty body were satisfactorily estimated by the HH section, but there was no precision in the estimation of protein and ash content. The use of stepwise regressions promoted an increase in the coefficients of determination of the equations to estimate the body content of water, fat, protein and energy, but did not consider a change in the equation to predict the ash content. Further studies are needed to validate the methodology in lambs.

**KEY-WORDS:** Energy. Ether extract. Lambs. Protein. Rib.

### INTRODUÇÃO

O uso de modelos mecanicistas para estimar o valor biológico dos alimentos, a avaliação das exigências nutricionais e o desempenho dos animais é uma ferramenta utilizada em todo o mundo. O *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) é o modelo mais utilizado em pequenos ruminantes (Tedeschi *et al.*, 2010) e tem demonstrado ser confiável para estimativas feitas em ambiente tropical (Costa, 2014). Porém, é necessário validar esses sistemas para ambientes, genótipos e classes sexuais diferentes. O consumo de matéria seca constitui o primeiro fator determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências de manutenção e produção, mantendo alta correlação com a produção animal (Noller *et al.*, 1996).

A determinação da composição corporal dos animais é essencial em estudos de nutrição, sendo utilizado para avaliar alimentos, crescimento animal e exigências nutricionais (Valadares Filho *et al.*, 2006). A determinação da composição corporal permite ainda realizar a avaliação do desempenho animal, visando à produção de carcaças com maior proporção de músculos e quantidades adequadas de gordura, para atender as exigências do mercado consumidor.

Os componentes químicos do corpo variam durante o crescimento de forma paralela à composição física (tecidos muscular, ósseo e adiposo), sendo estes influenciados por diversos fatores, como idade, peso, raça e classe sexual (NRC, 2007). Os métodos utilizados para determinação da composição corporal dividem-se em diretos e indiretos. O método direto consiste na análise química de todos os tecidos, apresentando resultados precisos, porém, a moagem de todo o animal exige grande mão de obra, além de ter elevado custo devido ao grande desperdício de material amostrado. Os métodos indiretos envolvem a predição da composição da carcaça ou do corpo dos animais, a partir de parâmetros mais facilmente obtidos. O método indireto da Seção HH (9ª a 11ª costelas) tem sido bastante utilizado. Este método foi proposto por Hankins e Howe (1946) para a predição tanto da composição física, quanto da composição química da carcaça de bovinos, e consiste na obtenção de equações de predição da composição da carcaça a partir da composição da Seção HH. Devido à sua facilidade de aplicação, esse método tem sido bastante utilizado para a predição da composição corporal de bovinos (Henrique *et al.*, 2003; Paulino *et al.*, 2005; Marcondes *et al.*, 2012).

A predição da composição da carcaça e corpo em ovinos foi avaliada em trabalhos recentes. Maia *et al.* (2014), trabalhando com cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável na dieta, observaram que a seção HH estimou satisfatoriamente o conteúdo corporal de gordura e proteína, enquanto o conteúdo de água foi subestimado. Os autores atribuíram a falta de significância da equação ao baixo número de animais utilizados no estudo. Costa *et al.* (2014) realizaram trabalho semelhante com ovinos Morada Nova, relataram que a seção HH estimou satisfatoriamente o conteúdo corporal de gordura, proteína, cinzas e água. Os estudos sobre a validação do método da seção HH para estimar a composição corporal de ovinos ainda são insipientes, assim é necessário a produção de mais estudo acerca do assunto e posterior avaliação desse método por meio de meta-análise, o que possibilita a construção de banco de dados significativo e permite resultados mais conclusivos.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a adequabilidade do modelo nutricional SRNS para o consumo de matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GMD), e realizar a predição da composição corporal de cordeiros da raça Santa Inês castrados e não castrados pelo método da seção HH.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, esta região tem clima tropical úmido, com temperatura média de 26 °C e umidade relativa média de 78%. A região apresenta concentração do regime pluviométrico em um período de três a cinco meses no ano, com uma média de precipitação de 775 mm. Os cuidados com os animais atenderam as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil (UFC). Os animais foram identificados, tratados contra endoparasitas (Ivomec, Merial, Duluth, GA) e alocados em baias individuais (2,0 m<sup>2</sup>) providas de bebedouros e comedouros.

Para realização do estudo de abate comparativo foram utilizados 38 cordeiros da raça Santa Inês obtidos de rebanho comercial no Ceará. Os cordeiros tinham peso corporal (PC) médio inicial de 14,46 ± 1,72 kg e aproximadamente dois meses de idade. Dezenove cordeiros foram submetidos ao processo de castração, com uso de *burdizzo* e anestésicos, perfazendo 19 cordeiros castrados e 19 cordeiros não castrados.

Após 20 dias do processo de castração e adaptação às dietas, quatro animais de cada classe sexual foram aleatoriamente escolhidos e abatidos com o objetivo de determinar o peso de corpo vazio (PCVZ) e a composição corporal inicial. Os 30 animais remanescentes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, sendo três níveis de alimentação (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição) e duas classes sexuais (castrados e não castrados), com cinco animais por tratamento. A ração experimental (Tabela 1), composta de feno de capim Tifton 85 moído, milho grão moído, farelo de soja, cloreto de sódio, calcário, fosfato bicálcico e premix mineral, foi formulada conforme NRC (2007) para ganho de 200 g/dia.

**Tabela 1:** Proporção de ingredientes e composição química da ração experimental (g/kg MS).

Ingredientes, g/kg MS	Dieta Experimental
Feno de Tifton 85	607
Milho grão	197
Farelo de soja	188
Calcário calcítico	1,9
Fosfato bicálcico	4,1
Cloreto de sódio	0,7
Premix mineral <sup>a</sup>	0,3
Composição	
Matéria seca, g/kg	918
Proteína bruta, g/kg MS	178
Extrato etéreo, g/kg MS	25
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	493
FDNcp <sup>b</sup> , g/kg MS	456
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	234
Carboidratos totais, g/kg MS	741
Carboidratos não fibrosos, g/kg MS	284
Nutrientes digestíveis totais, g/kg MS	558

Fonte: Lima *et al.* (2024).

<sup>a</sup>Composição: Fe 16,500 ppm; Mn 9,750 ppm; Zn 35,000 ppm; I 1000 ppm; Se 225 ppm; Co 1000 ppm; <sup>b</sup>Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína.

As rações foram fornecidas duas vezes por dia (08:00 e 16:00 horas) e ajustadas diariamente para permitir, aproximadamente, 10% de sobras para os animais com consumo *ad libitum*. A restrição de 30 e 60% foi baseada no consumo dos animais *ad libitum* de cada classe sexual. A água foi fornecida *ad libitum* para todos os animais.

Todos os animais experimentais foram pesados semanalmente, e quando os animais alimentados *ad libitum* atingiram a média de 30 kg de PC, todos os animais experimentais foram abatidos. Usando esse critério, o período experimental durou 100 dias. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum de 18 horas para determinação do peso corporal ao jejum (PCJ). O abate foi realizado por atordoamento dos animais, causando uma concussão cerebral, seguido de secção da veia jugular. Após o abate, a carcaça e os componentes não carcaça (sangue, órgãos, cabeça, cascos, e trato gastrointestinal (TGI)) e a pele de cada animal foram separados e pesados individualmente. O TGI foi esvaziado e pesado novamente. O peso do corpo vazio (PCVZ) foi obtido como o PCJ subtraído do conteúdo do TGI, da vesícula biliar e da bexiga.

Em seguida, as carcaças foram refrigeradas em câmara frigorífica a 4 °C por 24 horas, e então pesadas e cortadas ao meio sobre a linha média dorsal com o auxílio de uma serra de fita. Na meia-carcaça esquerda resfriada realizou-se um corte entre a 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas (Seção HH), conforme metodologia descrita por Hankins e Howe (1946). A meia carcaça direita, os componentes não carcaça, o couro e a seção HH de cada animal foram moídos separadamente em moedor industrial de carne, homogeneizados, amostrados e congelados.

Amostras do concentrado, ingredientes e sobras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, durante 72 horas, em seguida foram moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm (moinho tipo Wiley, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA). As amostras foram analisadas para determinar os níveis de matéria seca (MS, método 967,03 - AOAC, 1990), cinzas (método 942,05 - AOAC, 1990), proteína bruta (PB, método 981,10 - AOAC, 1990), extrato etéreo (EE, método 920,29 - AOAC, 1990) e fibra em detergente ácido (FDA, método 913,18 - AOAC, 1990). A fibra em detergente neutro (FDN), foi determinada de acordo com Van Soest *et al.* (1991), e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) conforme Licitra *et al.* (1996). As amostras do corpo dos animais foram desengorduradas por extração com éter em aparelho Soxhlet (AOAC, 1990) durante 12 h, em seguida foram moídas em moinho de bola para subseqüentes análises químicas.

As amostras da carcaça, componentes não carcaça e pele foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada. Em seguida as amostras foram desengorduradas em aparelho Soxhlet, processadas em moinho de bola e armazenados em recipientes fechados. O teor de matéria seca foi determinado colocando-se as amostras em estufa

de ventilação forçada a 105 °C até alcançar peso constante. O teor de cinzas e proteína bruta foram determinados conforme metodologia descrita anteriormente para as amostras de ingredientes e rações experimentais. O conteúdo corporal de gordura (CCG) e proteína (CCP) foram determinados de acordo com suas concentrações no corpo vazio, enquanto o conteúdo corporal de energia (CCE) foi obtido segundo a equação:

$$\text{CCE (Mcal)} = 5,6405 (\text{CCP, kg}) + 9,3929 (\text{CCG, kg}) \text{ (ARC, 1980).}$$

A estimativa do consumo diário de matéria seca (CMS), foi realizada com uso de equação de regressão linear múltipla do CMS observado em função do ganho médio diário (GMD) e do peso corporal metabólico ( $\text{PC}^{0,75}$ ) dos animais experimentais. Para avaliação do modelo SRNS foi realizado o ajuste do modelo de regressão linear simples entre os valores preditos e observados para CMS e GMD, e a avaliação quanto à precisão foi realizada mediante o uso do coeficiente de correlação de Pearson (r).

A predição da composição química da carcaça e do corpo vazio por meio da metodologia descrita por Hankins e Howe (1946) foi avaliada quanto a sua precisão, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson (r), e sua acurácia, ajustando a equação de regressão linear entre os valores preditos (variável independente) e observados (variável dependente). Os parâmetros de equação, intercepto ( $\beta_0$ ) e coeficiente angular ( $\beta_1$ ) foram testados conjuntamente na seguinte hipótese pelo teste F:

$$\begin{array}{ll} H_0: \beta_0 = 0 & H_0: \beta_1 = 1 \\ H_a: \beta_0 \neq 0 & H_a: \beta_1 \neq 1 \end{array}$$

Quando da não rejeição de ambas as hipóteses de nulidade os valores preditos e observados são semelhantes, caso contrário há tendência do modelo em subestimar ou superestimar a composição corporal.

Posteriormente, com o intuito de obter melhor predição da composição da carcaça e do corpo, foram desenvolvidas regressões múltiplas utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários, via seleção *stepwise*, para determinar as variáveis significativas ( $P < 0,01$ ) a serem incluídas nos modelos para predizer a composição química da carcaça e do corpo vazio. As variáveis incluídas para escolha no procedimento *stepwise* foram: extrato etéreo da seção HH (EEH), proteína bruta da seção HH (PBH), água da seção HH (AGH), energia da seção HH (ENH), gordura visceral (GV, % PCVZ), órgãos mais vísceras (OV, % PCVZ), rendimento de carcaça (RC, % PCVZ); peso de carcaça quente (PCQ, kg) e peso de corpo vazio (PCVZ, kg), conforme relatado por Marcondes *et al.* (2012).

As análises de variância foram realizadas pelo procedimento GLM e as análises de regressão foram realizadas por meio do procedimento REG do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), sendo testados os efeitos lineares, quadráticos e cúbicos para todas as variáveis, adotando-se o nível de 5% de probabilidade para o erro do Tipo I.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da classe sexual sobre o consumo de matéria seca (CMS) ( $P = 0,836$ ) ou ganho médio diário (GMD) ( $P = 0,151$ ), assim os dados foram analisados conjuntamente para cordeiros castrados e não castrados. Com base nos valores de consumo de matéria seca (CMS) em função do ganho médio diário (GMD) e peso corporal metabólico ( $PC^{0,75}$ ) obtidos dos animais experimentais, determinou-se uma equação de regressão múltipla:

$$CMS = -328,67 + 2,28 * GMD + 76,07 * PC^{0,75} \text{ (EPM} = 2,792, R^2 = 0,949 \text{) (Tabela 2).}$$

**Tabela 2:** Parâmetros da equação de regressão múltipla do consumo de matéria seca (CMS) em função do ganho médio diário (GMD) e do peso corporal metabólico ( $PC^{0,75}$ ) de cordeiros Santa Inês castrados e não castrados.

Variáveis	Parâmetros	EP <sup>a</sup>	P-valor	IC <sub>95</sub> % <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	CV (%) <sup>d</sup>
Intercepto	-328,67	152,335	0,044	-641,80; -15,54	0,947	8,54
GMD	2,28	0,363	0,001	1,53; 3,02	-	-
PC <sup>0,75</sup>	76,07	19,834	0,001	35,30; 116,84	-	-

Fonte: Lima *et al.* (2024).

<sup>a</sup>EP = erro padrão; <sup>b</sup>IC<sub>95</sub>% = intervalo de confiança; <sup>c</sup>R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; <sup>d</sup>CV = coeficiente de variação.

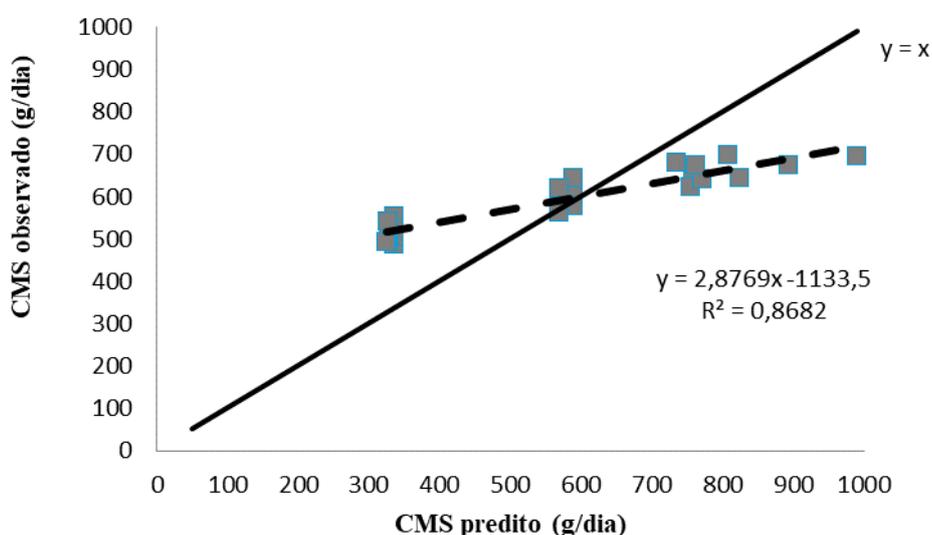
O GMD apresentou efeito linear, indicando que CMS aumenta linearmente em função do aumento do GMD, até o limite da faixa de peso corporal avaliado nesse estudo. Com base nesta equação, o CMS para cordeiros de 20 kg de PC e 150 g de GMD foi estimado em 732,23 g/dia, valor cerca de 5,6% menor que o valor de 773,42 g/dia obtido através da equação do CNCPS-S (Cannas *et al.*, 2004). Cabral *et al.* (2008) utilizando metodologia semelhante em compilação de dados de estudos realizados no Brasil, estimaram CMS de 810 g/dia, valor 10,62% superior ao estimado neste estudo.

Diversas abordagens e metodologias são utilizadas para prever o consumo animal, sendo que modelos empíricos são os mais amplamente utilizados por apresentar maior facilidade de uso e melhor representar o comportamento animal (Regadas Filho *et al.*, 2011). Esses modelos são construídos a partir da descrição da observação de dados, os quais são ajustados a uma equação, ou conjunto de equações matemáticas.

Observou-se elevado coeficiente de correlação de Pearson ( $r = 0,93$ ) entre o CMS observado em função do CMS predito pelo modelo SRNS. Além disso, verificou-se que o intercepto e o coeficiente de inclinação não diferiram de 0 e 1, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ), apontando a não rejeição de ambas hipóteses de nulidade, denotando que os valores observados e preditos são semelhantes. A equação obtida foi:

$$\text{CMS observado} = -1133,5 + 2,8769 * \text{CMS predito} \quad (R^2 = 0,86) \quad (\text{Figura 1}).$$

**Figura 1:** Relação entre o consumo de matéria seca (CMS) observado e predito pelo modelo SRNS em cordeiros Santa Inês.



Fonte: Lima *et al.* (2024).

Os resultados obtidos na literatura relativos à estimativa do CMS em ovinos pelo SRNS são variáveis. Oliveira *et al.* (2014) trabalhando com cordeiros Santa Inês não castrados alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável na dieta relataram que o sistema SRNS subestimou o CMS em 6,2%, enquanto Regadas Filho *et al.* (2011) trabalhando com o mesmo grupamento genético relataram que o SRNS foi sensível na predição do CMS, e propôs a equação:

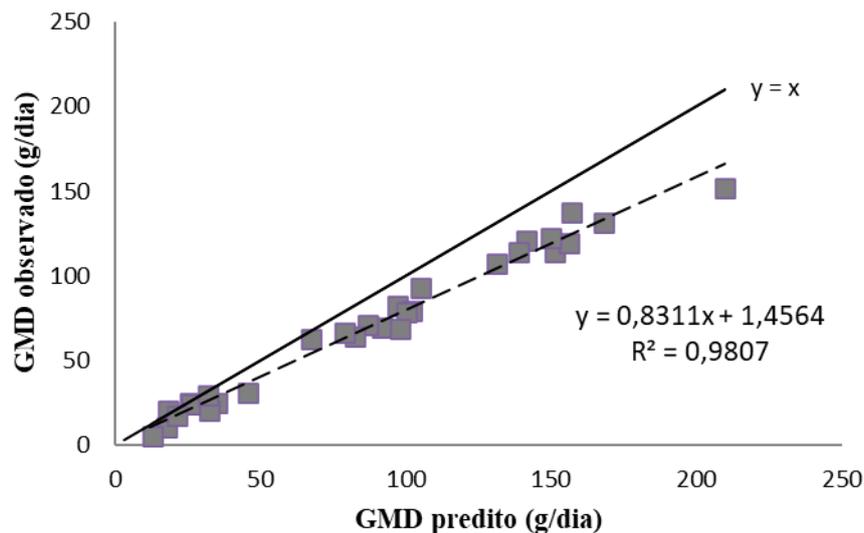
$$\text{CMS observado} = -215,29 + 1,21 * \text{CMS predito} \quad (R^2 = 0,85).$$

O ganho médio diário (GMD) observado em função do valor predito pelo modelo SRNS apresentou alta correlação de Pearson ( $r = 0,99$ ) e a hipótese de nulidade não foi rejeitada, indicando que o modelo avaliado estimou adequadamente o GMD neste estudo.

A equação obtida foi:

GMD observado = 1,4564 + 0,8311 \* GMD predito ( $R^2 = 0,98$ ) (Figura 2).

**Figura 2:** Relação entre o ganho médio diário (GMD) observado e predito pelo modelo SRNS em cordeiros Santa Inês.



Fonte: Lima *et al.* (2024).

Neste trabalho a restrição alimentar imposta aos animais foi apenas de caráter quantitativa, e o GMD reduziu linearmente em função do aumento da restrição alimentar ( $P < 0,001$ ), o que pode ter contribuído para a melhor predição do GMD pelo SRNS. Outro fator que contribuiu para a boa predição do GMD foi a obtenção de variados valores de GMD ( $89,01 \pm 55,23$ ; máximo: 209,60; mínimo: 12,82), influenciados pelos diferentes níveis alimentar. Costa *et al.* (2014) também concluíram que o SRNS foi sensível para predição do GMD em ovinos Morada Nova machos não castrados. Por sua vez, Regadas Filho *et al.* (2011), relataram que o modelo subestimou o GMD em 5,18%.

Para a determinação da composição química da carcaça, do corpo e da seção HH foram utilizados todos os animais experimentais, incluindo os animais abatidos no início do período experimental (animais referência). O conteúdo corporal de água, proteína, gordura, cinzas e energia de cordeiros Santa Inês não foram afetados pela classe sexual (Tabela 3).

**Tabela 3:** Composição corporal de água, proteína, gordura, cinzas e energia de cordeiros Santa Inês castrados e não castrados.

Componente	Classe Sexual (CS)		EPM <sup>b</sup>	P-valor
	C	NC		
Água (%PCVZ)	66,10	66,73	0,632	0,491
Proteína (%PCVZ)	14,55	14,99	0,273	0,263
Gordura (%PCVZ)	12,76	11,72	0,776	0,353
Cinzas (%PCVZ)	5,89	5,85	0,116	0,807
Energia (Mcal/kg PCVZ)	2,02	1,95	0,277	0,445

Fonte: Lima *et al.* (2024).

Os dados utilizados para desenvolver as equações de predição da composição química da carcaça e composição química do corpo vazio dos cordeiros são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4:** Descrição dos dados utilizados para desenvolver as equações de predição da composição da carcaça e composição corporal.

Item	Média	Mínimo	Máximo	DP <sup>a</sup>
Peso de corpo vazio (kg)	15,84	8,31	25,15	5,14
Peso de carcaça quente (kg)	8,80	4,28	14,08	3,03
Rendimento de carcaça (%PCVZ)	43,67	37,35	48,74	3,40
Órgãos e vísceras (%PCVZ)	24,36	20,51	29,68	2,62
Gordura visceral (%PCVZ)	2,42	0,64	5,43	0,93
Carcaça				
Água (% PCVZ)	65,24	57,08	75,59	3,42
Proteína (% PCVZ)	14,24	12,18	16,01	1,17
Gordura (% PCVZ)	13,04	4,98	22,53	3,80
Cinzas (% PCVZ)	4,13	2,63	6,23	0,76
Energia (Mcal/kg PCVZ)	2,01	1,22	2,55	0,31
Corpo vazio				
Água (% PCVZ)	66,46	59,42	72,89	2,64
Proteína (% PCVZ)	14,87	12,66	18,17	1,16
Gordura (% PCVZ)	12,12	6,19	21,37	3,23
Cinzas (% PCVZ)	5,89	4,68	6,79	0,50
Energia (Mcal/kg PCVZ)	1,98	1,42	2,77	0,28
Seção HH				
Água (% PCVZ)	62,66	53,26	68,64	3,90
Proteína (% PCVZ)	16,63	11,90	22,38	2,32
Gordura (% PCVZ)	15,25	5,60	26,26	5,44
Cinzas (% PCVZ)	3,41	1,49	9,01	2,08
Energia (Mcal/kg PCVZ)	2,37	1,47	3,28	0,46

Fonte: Lima *et al.* (2024).

<sup>a</sup>DP=Desvio Padrão.

Foram geradas equações para estimar a composição química da carcaça e composição química do corpo a partir da seção HH em cordeiros castrados e não castrados em conjunto (Tabela 5).

**Tabela 5:** Equações obtidas por meio das regressões entre os componentes químicos observados na carcaça e no corpo vazio em função dos componentes químicos na seção HH.

Componente	Equação	P-valor	R <sup>2a</sup>	r <sup>b</sup>
Composição química da carcaça				
Água	% Água = 30,035 + 0,561 x Água SHH	0,001	0,41	0,64
Gordura	% Gordura = 3,345 + 0,635 x Gordura SHH	0,001	0,83	0,91
Proteína	% Proteína = 13,796 + 0,026 x Proteína SHH	0,755	0,01	0,06
Energia	Mcal Energia = 0,591 + 0,609 x Energia SHH	0,001	0,71	0,84
Cinzas	% Cinzas = 3,192 + 0,275 x Cinzas SHH	0,001	0,56	0,75
Composição química do corpo vazio				
Água	% Água = 40,470 + 0,414 x Água SHH	0,001	0,37	0,61
Gordura	% Gordura = 4,301 + 0,505 x Gordura SHH	0,001	0,85	0,92
Proteína	% Proteína = 14,085 + 0,047 x Proteína SHH	0,580	0,01	0,01
Energia	Mcal Energia = 0,435 + 0,708 x Energia SHH	0,001	0,81	0,90
Cinzas	% Cinzas = 5,411 + 0,139 x Cinzas SHH	0,001	0,34	0,64

**Fonte:** Lima *et al.* (2024).

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação de Pearson.

A classe sexual tem efeito reconhecido sobre a composição corporal dos animais (ARC, 1980), porém seu efeito é mais pronunciado quando o animal se aproxima da puberdade, ponto a partir do qual há maior produção de hormônios esteroides que afetam a deposição dos distintos tecidos no corpo dos animais. À medida que a maturidade avança, ocorre aumento na proporção corporal de gordura e, conseqüentemente, decréscimo nas concentrações de água, proteína e minerais (AFRC, 1993). Porém, como os animais foram abatidos com pouca idade, não houve efeito de classe sexual sobre os componentes químicos que compõem o corpo dos animais.

O conteúdo de gordura e energia da carcaça, observado e estimado pela seção HH, mostraram-se altamente correlacionados, com valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) igual a 0,91 e 0,84, respectivamente. A análise estatística dos interceptos e dos coeficientes de inclinação das retas apontou que ambas as hipóteses de nulidade, ou seja,  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$ , não foram rejeitadas ( $P > 0,05$ ), indicando que o conteúdo desses constituintes observados na carcaça e estimados pela seção HH são semelhantes. O mesmo comportamento foi observado para o conteúdo corporal desses componentes no corpo vazio, observado e estimado, com coeficiente de determinação mais elevado (gordura,  $R^2 = 85$ ; energia  $R^2 = 81$ ).

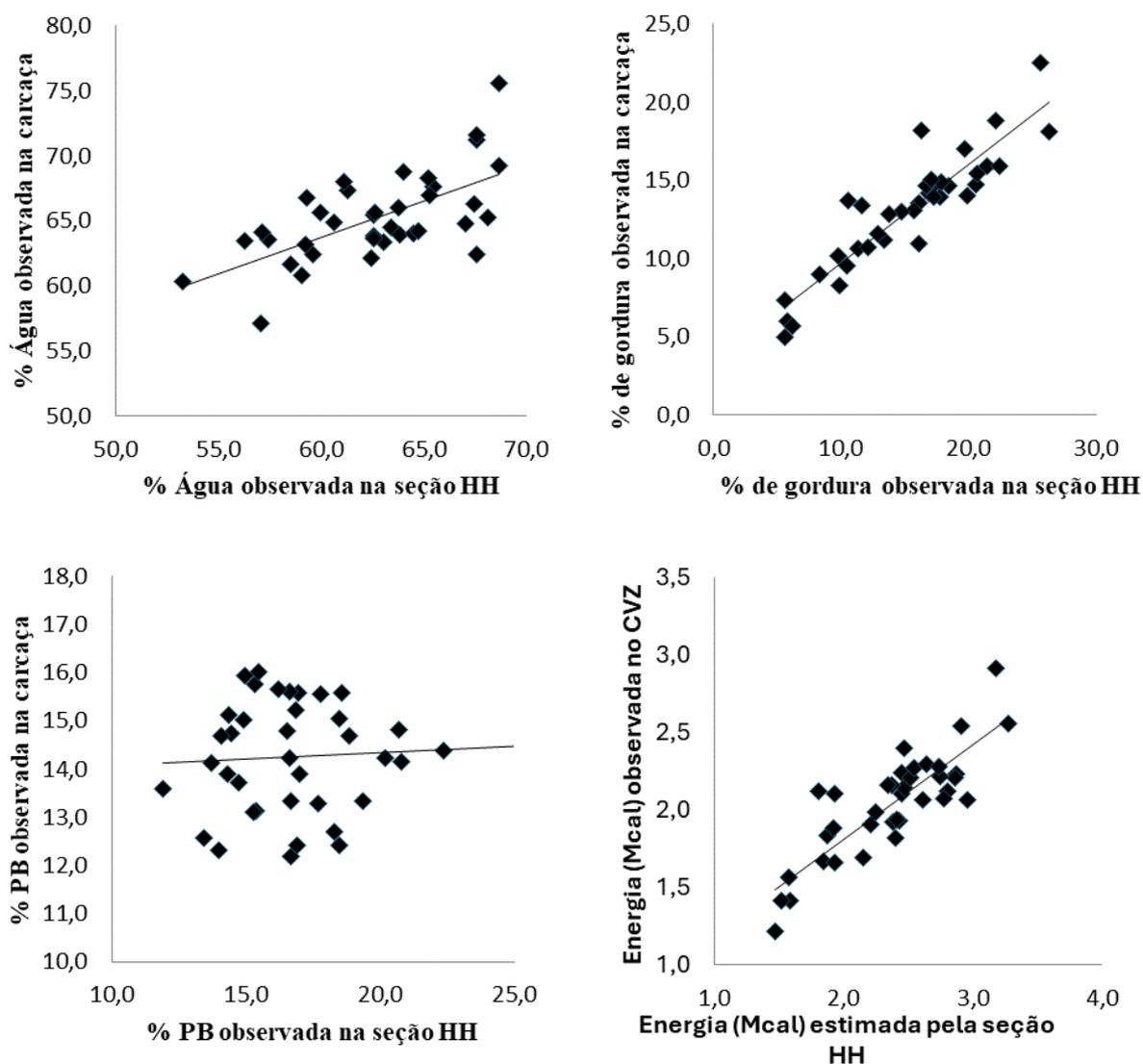
A gordura é o constituinte corporal de maior densidade energética, e por isso perfaz a maior porção do conteúdo corporal de energia do corpo dos animais. Esse fato mostra que esses dois componentes mantêm alta correlação entre si, explicando o fato dos dois

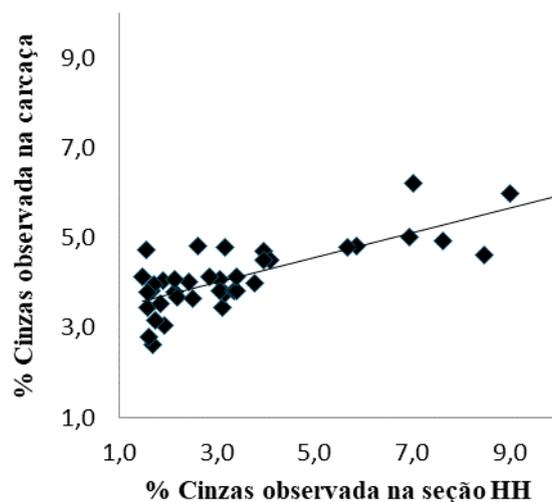
apresentarem a mesma resposta.

A análise estatística dos interceptos e dos coeficientes de inclinação das equações obtidas para estimativa do conteúdo de água, cinzas e proteína na carcaça e no corpo vazio pela seção HH apontou que as hipóteses de nulidade foram rejeitadas ( $P < 0,05$ ), indicando que o método da seção HH não foi sensível para estimar o conteúdo corporal desses constituintes na carcaça ou no corpo dos cordeiros.

Os valores médios dos constituintes da carcaça observados e estimados pela seção HH são apresentados na Figura 3.

**Figura 3:** Relação entre os teores de água, gordura, proteína, energia e cinzas observados na carcaça e estimados pela seção HH.



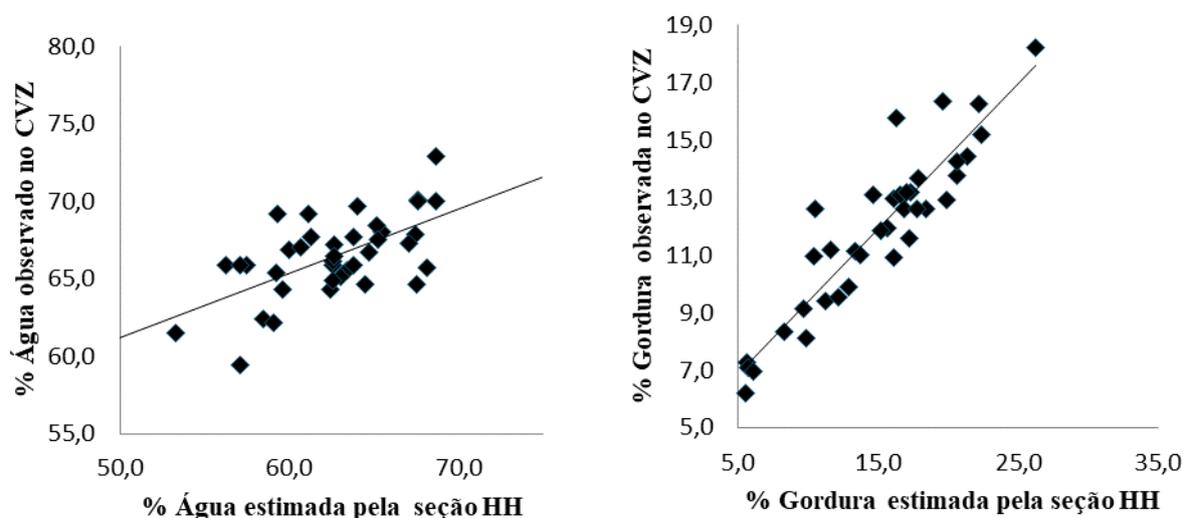


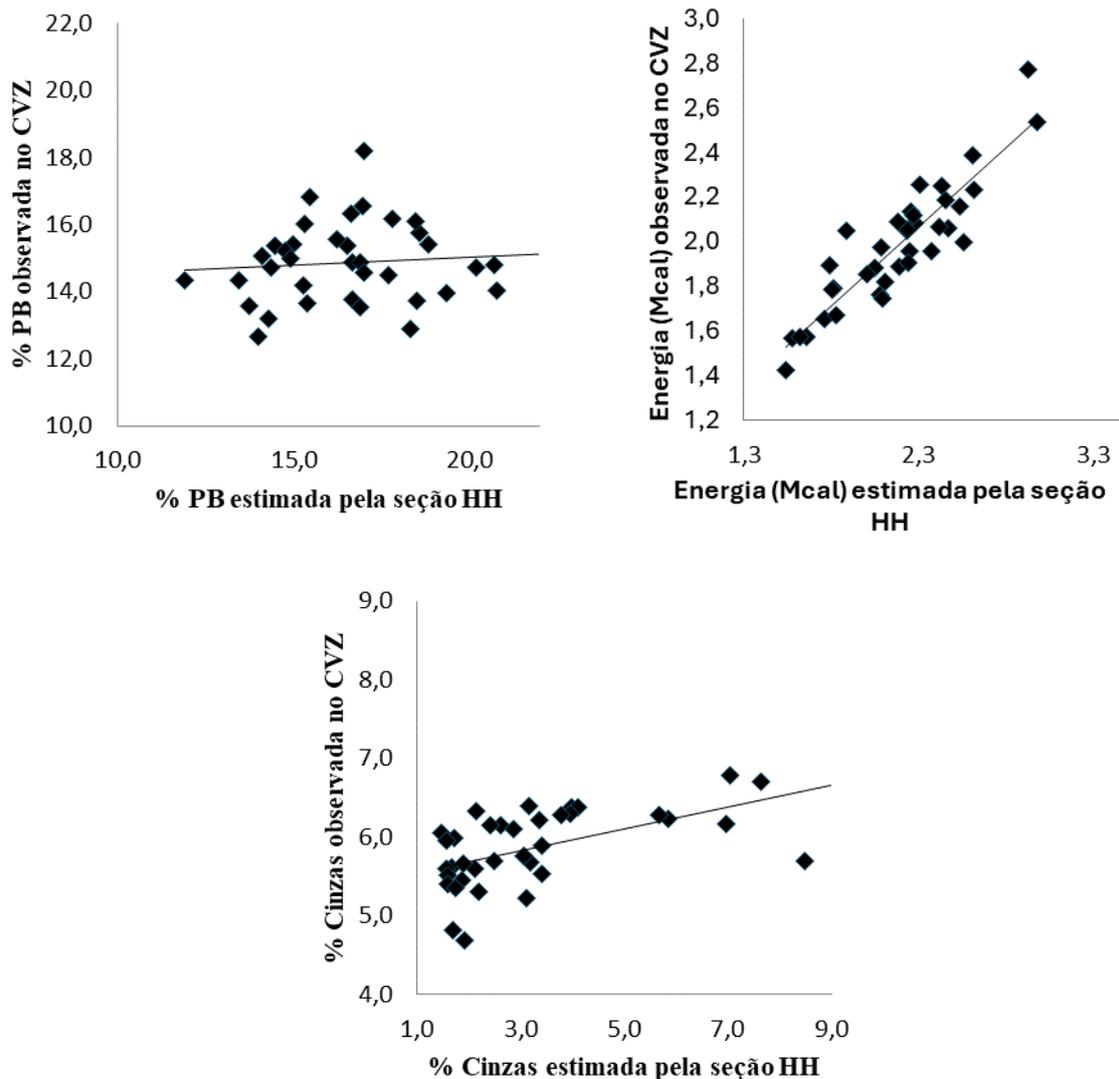
Fonte: Lima *et al.* (2024).

O conteúdo de água e cinzas na carcaça foram subestimados pela seção HH em 3,97 e 17,42%, respectivamente, enquanto o conteúdo corporal de PB foi superestimado em 16,80%. Um fator que contribuiu com a baixa precisão das estimativas desses componentes corporais é a baixa variação inerente aos valores desses componentes no corpo dos animais, resultando em equações com menor acurácia e precisão.

Os valores médios dos constituintes do corpo vazio, observados e estimados pela seção HH são apresentados na Figura 4.

**Figura 4:** Relação entre os teores de água, gordura, proteína, energia e cinzas observados no corpo vazio e estimados pela seção HH.





Fonte: Lima *et al.* (2024).

A estimativa do conteúdo de água e cinzas no corpo vazio seguiu o mesmo comportamento observado na estimativa da composição da carcaça, portanto, foram subestimados pela seção, enquanto o conteúdo corporal de PB foi superestimado.

A falta de significância para a estimativa de água, proteína e cinzas pode estar relacionado com o pequeno número de animais utilizados nesse estudo, o que pode ter causado maior dispersão dos dados e baixa precisão na estimativa. Outro fato que pode ter contribuído para esse comportamento é a restrição alimentar, uma vez que pode alterar o padrão de deposição dos tecidos ósseo e proteico, causando mudanças na composição corporal e afetando a aplicabilidade do método da seção HH para a estimativa da composição corporal.

No trabalho original de Hankins e Howe (1946), as equações foram geradas a partir de dados obtidos de 84 novilhos. Portanto, seria necessário um maior número de animais para que existisse uma projeção populacional biologicamente expressiva para justificar a

proposição concreta e mais abrangente para as equações. Maia *et al.* (2014), trabalhando com cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável na dieta, observaram que a seção HH estimou satisfatoriamente o conteúdo corporal de gordura e proteína, enquanto o conteúdo de água foi subestimado. Os autores atribuíram a falta de significância da equação ao baixo número de animais utilizados no estudo.

Marcondes *et al.* (2012) observaram boa estimativa da composição de gordura e água na carcaça e no corpo de bovinos, porém para a proteína essas equações foram menos precisas. Os autores sugeriram a inclusão de novas variáveis no modelo com o intuito de melhorar as estimativas. No presente estudo, foram geradas equações lineares múltiplas com a inclusão de variáveis obtidas a partir do abate dos animais. As variáveis escolhidas para compor o ajuste dos modelos estão apresentadas na Tabela 6, juntamente com seus respectivos coeficientes de correlação de Pearson com os constituintes da carcaça e corpo vazio.

**Tabela 6:** Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas no ajuste dos modelos.

Variáveis	<sup>a</sup> RC	<sup>b</sup> OV	<sup>c</sup> GV	<sup>d</sup> PCQ	<sup>e</sup> PCVZ
Carcaça					
Água	-0,61*	0,70*	-0,87*	-0,76*	-0,76*
Gordura	0,60*	-0,72*	0,87*	0,73*	0,73*
Proteína	-0,28ns	-0,31ns	-0,39***	-0,34***	-0,33ns
Energia	0,60*	-0,70*	0,85*	0,75*	0,75*
Cinzas	-0,53**	0,38	-0,50	-0,50	-0,48
Corpo vazio					
Água	-0,66**	0,72**	-0,90*	-0,78*	-0,78*
Gordura	0,62**	-0,71**	0,89*	0,77*	0,77*
Proteína	-0,14ns	0,27 ns	-0,37***	-0,19ns	-0,18ns
Energia	0,64**	-0,71**	0,93*	0,80*	0,79*
Cinzas	-0,43**	0,59	-0,67	-0,60	-0,58

**Fonte:** Lima *et al.* (2024).

<sup>a</sup>RC = rendimento de carcaça (% PCVZ); <sup>b</sup>OV = órgãos e vísceras (% PCVZ); <sup>c</sup>GV = gordura visceral (% PCVZ); <sup>d</sup>PCQ = peso de carcaça quente (kg); <sup>e</sup>PCVZ = peso de corpo vazio (kg); \*(p<0,001); \*\*(p<0,01); \*\*\* (p<0,05); ns: não significativo.

As equações obtidas por meio das regressões *stepwise* com inclusão das variáveis são apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7:** Equações obtidas por meio das regressões *stepwise* para estimativa da composição da carcaça e do corpo pela seção HH em cordeiros Santa Inês.

Componente	Equação	P-valor	R <sup>2a</sup>
Composição química da carcaça			
Água	% Água = 74,587 – 0,415 Gordura SHH – 1,236 GV <sup>b</sup>	0,001	0,89
Gordura	% Gordura = 2,744 + 0,432 x Gordura SHH + 1,525 GV	0,001	0,88
Proteína	% Proteína = 4,304 + 0,157 Água SHH	0,003	0,24
Energia	% Energia = 1,723 + 0,033 x Gordura SHH – 0,060 Cinzas SHH	0,001	0,86
Cinzas	% Cinzas = 3,192 + 0,275 x Cinzas SHH	0,001	0,56
Composição química do corpo vazio			
Água	% Água = 73,478 - 0,248 Gordura SHH x -1,312 GV	0,001	0,90
Gordura	% Gordura = 2,710 + 0,290 x Gordura SHH x 1,595 GV	0,001	0,90
Proteína	% Proteína = 5,031 + 0,156 x Água SHH	0,003	0,23
Energia	% Energia = 1,247 + 0,020 Gordura SHH x 0,169 GV	0,001	0,92
Cinzas	% Cinzas = 5,411 + 0,139 x Cinzas SHH	0,001	0,34

Fonte: Lima *et al.* (2024).

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação de Pearson; <sup>b</sup>GV = gordura visceral (% PCVZ).

As equações geradas para estimar o conteúdo de água na carcaça e no corpo vazio tiveram a inclusão das variáveis, gordura na SHH e GV, componentes com alta correlação negativa com a água na carcaça (gordura SHH: r = -0,92; GV r = -0,87) e no corpo vazio (gordura SHH: r = -0,91; GV = -0,90), o que promoveu aumento do R<sup>2</sup> das equações para 0,89 e 0,90, respectivamente, indicando boa estimativa de predição da água na carcaça e no corpo vazio.

Nas equações para estimar o conteúdo de gordura houve a inclusão da variável GV, componente com alta correlação com a gordura na carcaça (r = 0,87) e no corpo vazio (r = 0,89), o que promoveu aumento do R<sup>2</sup> das equações para 0,88 e 0,90, respectivamente. Assim, tanto as equações simples quanto as equações múltiplas podem ser utilizadas para estimar o conteúdo de gordura na carcaça e no corpo vazio.

As equações para estimar o conteúdo de proteína na carcaça e no corpo vazio tiveram a inclusão da variável água na SHH. A inclusão desse componente para estimar a proteína deve-se ao fato de o tecido proteico apresentar maior quantidade de água em relação aos demais tecidos corporais (Sanz Sampelayo *et al.*, 1995), mantendo correlação positiva entre si. Porém, mesmo significativas (P = 0,003), as equações para estimar o conteúdo de proteína na carcaça e no corpo vazio apresentaram baixo coeficiente de determinação (R<sup>2</sup> = 24 e R<sup>2</sup> = 23), indicando baixa precisão na estimativa desse componente.

Nas equações para estimar o conteúdo de energia houve a inclusão da variável gordura na SHH e GV. Estes componentes têm alta correlação com o conteúdo de energia na carcaça (r = 0,87) e no corpo vazio (r = 0,89), uma vez que a gordura tem alto conteúdo energético. A inclusão das variáveis, gordura na SHH, cinzas na SHH e GV, para estimar o conteúdo de energia na carcaça e no corpo vazio promoveu aumento do R<sup>2</sup> das equações

para 0,86 e 0,92, respectivamente. De forma, semelhante ao observado para estimativa do conteúdo de gordura, o conteúdo de energia na carcaça e no corpo vazio podem ser estimados usando tanto as equações simples, quanto as equações múltiplas.

Nas equações para estimar o conteúdo de cinzas na carcaça e no corpo vazio, o procedimento de *stepwise* não indicou a inclusão de outras variáveis, assim as equações são as mesmas geradas nas regressões simples.

## CONCLUSÃO

O modelo SRNS foi sensível para predizer o consumo de matéria seca (CMS) e o ganho médio diário (GMD) em cordeiros Santa Inês. O conteúdo de água, gordura e energia na carcaça e no corpo vazio foram satisfatoriamente estimados pela seção HH, porém não houve precisão na estimativa do conteúdo de proteína e cinzas. Poucos trabalhos avaliaram a adequabilidade do método da seção HH para estimativa da composição corporal em ovinos, dessa forma mais estudos são necessários para a validação dessa metodologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The Nutrient Requirements of Ruminant livestock**. CABI International, Slough, UK, 1980.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Virginia: Arlington. 1990. 1117p.

CABRAL, L. S.; NEVES, E. M. O.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA, I. S. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 529-542, 2008.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; VAN SOEST, P. J. A. Mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.

COSTA, M. R. G. F.; PEREIRA, E. S.; SILVA, A. M. A.; PAULINO, P. V. R.; MIZUBUTI, I. Y.; PIMENTEL, P. G.; PINTO, A. P.; ROCHA JUNIOR, J. N. Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. **Small Ruminant Research**, v. 114, p. 206-213, 2013.

COSTA, M. R. G. F.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; SILVA, A. M. A.; MEDEIROS, A. N.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CAMPOS, A. C. N.; GADELHA, C. R. F.; OLIVEIRA, R. L. Prediction of body chemical composition of Morada Nova ram lambs using the composition of ribs section between 9<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup>. **Semina**, v. 35, n. 4, p. 2019-2032, 2014.

HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. **Estimation of the composition of beef carcasses and**

**cuts**. Washington: United States Department of Agriculture, 1946. 20 p. (Technical Bulletin, 926).

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A. A. M.; LEME, P. R.; ALLEONI, D. F.; LANNA, D. P. D. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudis a partir da composição química e física das 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 709-718, 2003.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996.

MAIA, I. S. G.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CARNEIRO, M. S. S.; CAMPOS, A. C. N.; GADELHA, C. R. F.; ROCHA JUNIOR, J. N. Consumo, avaliação do modelo *Small Ruminant Nutrition System* e predição da composição corporal de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo diferentes níveis de energia. **Semina**, v. 35, p. 2579-2596, 2014.

MARCONDES, M. I.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 1280-1290, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th edn. National Academy Press, Washington, DC, USA, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 242 p. 2007.

NOLLER, C. H.; NASCIMENTO JUNIOR., D.; QUEIROZ, D. S. Determinando as exigências nutricionais de animais em pastejo. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13**, Piracicaba, SP, 1996. Anais... Piracicaba: FEALQ.

OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; SILVA, A. M. A.; CARNEIRO, M. S.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CAMPOS, A. C. N.; GADELHA, C. R. F. Estimates of nutritional requirements and use of Small Ruminant Nutrition System model for hair sheep in semiarid conditions. **Semina**, v. 35, p. 1985-1998, 2014.

PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; MAGALHÃES, K. A.; DETMANN, E.; PORTO, M. O.; MORAES, K. A. K. Validação das equações desenvolvidas por Hankins e Howe para predição da composição da carcaça de zebuínos e desenvolvimento de equações para estimativa da composição corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 327-339, 2005.

REGADAS FILHO, J. G. L.; PEREIRA, E. S.; VILLARROEL, A. B. S.; PIMENTEL, P. G.; FONTENELE, R. M.; COSTA, M. R. G. F.; MAIA, I. S. G.; SOMBRA, W. A. Efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance and gain and evaluation of small ruminant

nutrition system model in Santa Ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2558-2564, 2011.

SANZ SAMPELAYO, M. R.; LARA, L.; EXTREMERA, F. G. Energy utilization for maintenance and growth in preruminant kid goats and lambs. **Small Ruminant Research**, v. 17, p. 25-30, 1995.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2, p. 174-184, 2010.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE**. 1.ed. Viçosa, MG:Suprema Grafica Ltda, 2006, 142p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nostarch polyssacharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. p. 176-185 in Proc. Of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Cornell University, Ithaca, USA, 1999.