

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**MODELOS MATEMÁTICOS PARA TOMADA DE
DECISÃO NA PRODUÇÃO DE OVINOS EM AMBIENTE
PASTORIL**

Antonio Leandro Chaves Gurgel

Campo Grande, MS

2022

GURGEL, A. L. C	MODELOS MATEMÁTICOS PARA TOMADA DE DECISÃO NA PRODUÇÃO DE OVINOS EM AMBIENTE PASTORIL	2022
-----------------	--	------

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO

MODELOS MATEMÁTICOS PARA TOMADA DE DECISÃO
NA PRODUÇÃO DE OVINOS EM AMBIENTE PASTORIL

MATHEMATICAL MODELS FOR DECISION MAKING IN THE PRODUCTION OF
SHEEP UNDER PASTURE

Antonio Leandro Chaves Gurgel

Orientador: Prof. Dr. Gelson dos Santo Difante

Coorientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

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

Área de concentração: Produção Animal

CAMPO GRANDE, MS 2022



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

ANTONIO LEANDRO CHAVES GURGEL

Modelos matemáticos para tomada de decisão na produção de ovinos em ambiente pastoril

Mathematical models for decision making in the production of sheep under pasture

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 21-01-2022

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Gelson dos Santos Difante
(UFMS) – (Presidente)

Dr. Alfonso Juventino Chay-Canul
(UJAT)

Dra. Camila Celeste Brandao Ferreira Itavo
(UFMS)

Dr. João Virginio Emerenciano Neto
(UFRN)

Dr. Luis Carlos Vinhas Itavo
(UFMS)

Documento assinado eletronicamente por **Luis Carlos Vinhas Itavo**,



Professor do Magisterio Superior, em 21/01/2022, às 12:51, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante, Professor do Magisterio Superior**, em 21/01/2022, às 15:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Virgínio Emerenciano Neto, Usuário Externo**, em 24/01/2022, às 08:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alfonso Juventino Chay-Canul, Usuário Externo**, em 24/01/2022, às 08:40, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Celeste Brandao Ferreira Itavo, Professora do Magistério Superior**, em 24/01/2022, às 18:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3049839** e o código CRC **27DD843C**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33

SEI nº 3049839

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese a todas as pessoas que contribuíram para que este momento se tornasse realidade. Sobretudo, ao meu pai, Pedro Gurgel Filho, e à minha mãe, Ângela Chaves Fernandes Gurgel.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar minha vida um verdadeiro milagre, e por ser meu refúgio em todas as horas.

Aos meus pais, *Pedro Gurgel Filho* e *Ângela Chaves Fernandes Gurgel*, por toda dedicação, pela minha formação como cidadão e por abrir mão de interesses próprios em prol da minha formação.

Aos meus irmãos, *Elisângela*, *Eliano*, *Elisabete*, *Eliane* e *Eliene*, que sempre estão na torcida e apoiando minhas decisões.

Ao meu orientador e maior inspiração profissional e pessoal, Professor Dr. *Gelson dos Santos Difante*, por todo apoio, confiança, ensinamentos e amizade desde a iniciação científica.

Ao meu coorientador Professor Dr. *Luís Carlos Vinhas Ítavo*, pelos grandes ensinamentos, pela parceria em diversas publicações e carinho que sempre teve por mim.

Ao Professor Dr. *João Virgínio Emerenciano Neto*, pela parceria em publicações e pela amizade construída ao longo desses anos.

Aos professores Dra. *Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo* e Dr. *Alfonso J. Chay-Canul*, pela participação na banca de avaliação deste trabalho

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), pela oportunidade de continuar meu aperfeiçoamento profissional.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), por ceder a área para condução dos experimentos que serviram de base para elaboração desta tese.

A todos os docentes do PPGCA, que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, essencial para que este momento se tornasse realidade.

Ao Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR), pela valiosa colaboração no meu desenvolvimento profissional.

Aos funcionários da fazenda escola da UFMS *Antônio Lucas*, *Cleiber Montagna*, e *Heitor Valeriano* pela amizade construída e pelos momentos de descontração.

Aos meus amigos e colegas de pós-graduação *Anderson Ramires*, *Ângelo Arcanjo*, *Carolina Marques*, *Eduardo Assis*, *Flávio Coelho*, *Gustavo Paranhos*, *Gustavo Tonhão*,

Janaína Palermo, Jéssica Rodrigues, Jessika Rodrigues, Juliana Caroline, Marislayne Pereira e Patrick Bezerra pela convivência e valioso auxílio durante toda fase de doutoramento.

Epígrafe

“Um modelo matemático sem um adequado tratamento estatístico é como um corpo sem alma”

Luis Orlindo Tedeschi

BIOGRAFIA DO AUTOR

Antonio Leandro Chaves Gurgel, filho de Ângela Chaves Fernandes Gurgel e Pedro Gurgel Filho, nasceu em Apodi, Rio Grande do Norte, no dia 09 de maio de 1993.

Em março de 2013, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, onde obteve o título de Bacharel em Zootecnia no dia 17 de fevereiro de 2017. Por ter sido considerado o melhor concluinte do período letivo de 2016.2 do curso de Zootecnia, recebeu a medalha de mérito acadêmico (Láurea).

Em dezembro de 2016, foi selecionado em primeiro lugar para o Programa de Pós-Graduação em Produção Animal na área de Sistemas de Produção Sustentáveis no Semiárido, na linha de pesquisa: Produção, Manejo e Conservação de Forragens da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Em março de 2017, ingressou no referido programa. Desenvolveu seu projeto de dissertação na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Gado de Corte), em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, defendeu a dissertação no dia 14 de fevereiro de 2019, obtendo o título de Mestre em Produção Animal.

Em dezembro de 2018, foi selecionado em primeiro lugar para curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, na área de Produção Animal, na linha de pesquisa: Forragicultura e Pastagens da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, sob a orientação do Prof. Dr. Gelson dos Santos Difante.

Em Janeiro de 2022, Submete-se à defesa da tese “*Modelos matemáticos para tomada de decisão na produção de ovinos em ambiente pastoril*”, sendo aprovada sem correções.

RESUMO

GURGEL A. L. C. Modelos matemáticos para tomada de decisão na produção de ovinos em ambiente pastoril. 2022. 103f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2022.

O objetivo desta tese foi desenvolver e avaliar modelos matemáticos para auxiliar na tomada de decisão na produção de ovinos sob pastejo. No capítulo 1, um estudo de modelagem foi desenvolvido para testar a hipótese de que as atuais equações publicadas para predizer o consumo de matéria seca (CMS) de ovinos de corte não são aplicáveis a animais criados em pastos de clima tropical. O objetivo foi avaliar se as equações de predição do CMS para ovinos de corte são válidas para ovinos criados exclusivamente em pastos de clima tropical, e propor uma nova equação para predizer o CMS de ovinos mantidos em pastos tropicais. Os dados utilizados foram provenientes de um experimento conduzido com ovinos da raça Santa Inês mantidos em pastos de capim-massai. Observou-se que a hipótese de nulidade foi rejeitada, ou seja, as equações da literatura geraram previsões diferentes ($\beta_0 \neq 0$ e $\beta_1 \neq 1$) ao CMS observado em condições práticas de alimentação de ovinos em pastejo. Dessa forma, foi proposta a seguinte equação: $CMS (\% PV) = 7,16545 (\pm 0,76522) - 0,21799 (\pm 0,01812) \times PV + 0,00273 (\pm 0,00034) \times PV^2 - 0,00688 (\pm 0,00299) \times TP + 0,000007 (\pm 0,000002) \times TP^2 + 0,00271 (\pm 0,00108) \times OFV$, em que o PV é peso vivo (kg); TP é o tempo de pastejo (min/dia) e OFV é a oferta de forragem verde (kg de MS/100kg de PV). No capítulo 2, foi testada a hipótese que as medidas biométricas podem ser utilizadas para predizer o peso vivo de cordeiros mestiços mantidos em pastos tropicais. O objetivo foi propor um modelo matemático para predizer o peso corporal de cordeiros mantidos em pastos tropicais com base nas medidas biométricas. Para esse estudo foram utilizados dados de cordeiros, com composição genética de pelo menos 50% da raça Santa Inês. As medidas altura de anterior (AA); altura de posterior (AP); comprimento corporal (CC); largura de peito (LP); largura de garupa (LG); perímetro torácico (PT) e perímetro de barril (PB) foram utilizadas como variáveis de entrada do modelo. O modelo para predizer o PC dos cordeiros foi: $Peso (kg) = 0,4455 \times PT - 0,5794 \times PB + 0,0019 \times AP^2 + 0,0053 \times PB^2$. No capítulo 3 o objetivo foi predizer as características da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais por meio de medidas biométricas. Observou-se que as medidas AA, LP, PT, LG, PVA, CC, comprimento da perna e perímetro da coxa, explicaram a maior parte da variação do peso da

carcaça e dos cortes primários. Portanto, a modelagem é uma importante ferramenta para prever variáveis de difícil obtenção em condições experimentais e sistemas produtivos. O uso dessa ferramenta facilita o planejamento e a tomada de decisão em sistemas de produção de ovinos em ambientes pastoris.

Palavras-Chave: carcaça, equações matemáticas, medidas biométricas, predição de consumo, ovinocultura de corte, pastagem de clima tropical

ABSTRACT

GURGEL A. L. C. Mathematical models for decision making in the production of sheep under pasture. 2022. 103f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2022.

The objective of this thesis was to develop and evaluate mathematical models to assist in decision making in the production of sheep under grazing. In Chapter 1, a modeling study was developed to test the hypothesis that the current published equations to predict the dry matter intake (DMI) of beef sheep are not applicable to animals raised on pastures in a tropical climate. The objective was to evaluate whether the DMI prediction equations for beef sheep are valid for sheep raised exclusively on tropical pastures, and to propose a new equation to predict the DMI of sheep kept on tropical pastures. The data used came from an experiment conducted with Santa Inês sheep kept in Massai grass pastures. It was observed that the null hypothesis was rejected, that is, the equations in the literature generated different predictions ($\beta_0 \neq 0$ and $\beta_1 \neq 1$) for the CMS observed in practical conditions of feeding sheep on grazing. Thus, the following equation was proposed: $DMI (\% PV) = 7.16545 (\pm 0.76522) - 0.21799 (\pm 0.01812) \times LW + 0.00273 (\pm 0.00034) \times LW^2 - 0.00688 (\pm 0.00299) \times GT + 0.000007 (\pm 0.000002) \times GT^2 + 0.00271 (\pm 0.00108) \times FFA$, where LW is live weight (kg); GT is the grazing time (min/day) and FFA is fresh forage allowance (kg DM/100kg BW). In chapter 2, the hypothesis that biometric measurements can be used to predict the live weight of crossbred lambs kept in tropical pastures was tested. The objective was to propose a mathematical model to predict the body weight of lambs kept in tropical pastures based on biometric measurements. For this study, data from lambs with a genetic composition of at least 50% of the Santa Inês breed were used. The measurements of withers height (WH), rump height (RH), body length (BL), chest width (CW), rump width (RW), heart girth (HG) and abdominal circumference (AC) were used as input variables in the model. The model to predict the BW of lambs was: $Weight (kg) = 0.4455 \times HG - 0.5794 \times AC + 0.0019 \times RH^2 + 0.0053 \times AC^2$. In chapter 3 was aimed at predicting the carcass traits of Santa Inês lambs finished on tropical pastures through biometric measurements. The measurements of WH, CW, HG, RW, BL, leg circumference, leg length and slaughter weight explained most of the variation in carcass weight and major cuts. Therefore, modeling is an important tool to predict

variables that are difficult to obtain in experimental conditions and production systems. The use of this tool facilitates planning and decision making.

Keywords: Biometric measurements, carcass, intake prediction, mathematical equations, beef sheep farming, tropical climate pasture

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão de literatura.....	25
Figura 1 – Esquematização dos conceitos precisão e acurácia (Adaptado de Tedeschi, 2006)	29
Figura 2 – Representação esquemática do comportamento ingestivo de animais em pastejo (Adaptado de Hodgson, 1990)	33
Figura 3 – Principais medições biométricas realizadas em ovinos. Altura de anterior (1); altura de posterior (2); comprimento corporal (3); largura de peito (4); largura de garupa (5); perímetro torácico (6); perímetro de barril (7); comprimento da perna (8); perímetro do pernil (9) - Elaborado pelo autor.....	37
Capítulo 1 - Predição do consumo de matéria seca por ovinos de corte em pastos de clima tropical.....	53
Figura 1 – Comparações entre o CMS predito e observado por ovinos de corte em pastos de clima tropical. A – valores preditos por NRC (2007); B – valores preditos por Cabral et al. (2008); C - valores preditos por Vieira et al. (2013); D - valores preditos por Oliveira et al. (2014); E – valores preditos por NRC (2007) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); F - valores preditos por Cabral et al. (2008) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); G - valores preditos por Vieira et al. (2013) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); H - valores preditos por Oliveira et al. (2014) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984).....	62
Figura 2 – Comparação entre o CMS predito pela equação proposta e o observado por ovinos corte em pastos de clima tropical.....	66
Capítulo 2 - Uso da biometria na predição do peso corporal de cordeiros mestiços mantidos em pastos tropicais.....	72
Figura 1 – Relação entre o peso observado e o peso predito pelas medidas biométricas.....	77

LISTA DE TABELAS

Revisão de literatura.....	25
Tabela 1 - Equações para predição do peso corporal (PC) de ovinos por meio das medidas biométricas (cm)	38
Capítulo 1 - Predição do consumo de matéria seca por ovinos de corte em pastos de clima tropical.....	53
Tabela 1 – Avaliação da adequação dos modelos de predição do consumo de matéria seca por ovinos de corte em pastos de clima tropical.....	60
Tabela 2 - Estatística descritiva das características dos animais e do pasto utilizadas como possíveis variáveis preditoras do consumo de matéria seca por ovinos em pastejo.....	63
Tabela 3 - Comparações entre o consumo de matéria seca (CMS) predito e observado por ovinos de corte em pastos de clima tropical.....	65
Capítulo 2 - Uso da biometria na predição do peso corporal de cordeiros mestiços mantidos em pastos tropicais.....	72
Tabela 1 - Correlações lineares entre peso, comprimento corporal (CC), altura de anterior (AA), altura de posterior (AP), largura de peito (LP), largura de garupa (LG), perímetro torácico (PT) e perímetro de barril.....	75
Tabela 2 - Avaliação da adequação do modelo de predição do peso vivo de cordeiros mestiços a parti das medidas biométricas.....	76
Capítulo 3 - Predição das características da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais por meio de medidas biométricas.....	80
Tabela 1 - Estatística descritiva resumida dos parâmetros obtidos <i>in vivo</i> e na carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais.....	85
Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre medidas biométricas e características de carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais.....	87
Tabela 3 - Equações de regressão para predição das características da carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais usando medidas biométricas.....	89
Tabela 4 - Equações de regressão para predição dos pesos dos cortes primários da carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais usando medidas biométricas.....	91

Tabela 5 - Estatística média e descritiva da adequação das equações para predição das características da carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais usando medidas biométricas.....	94
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Altura de anterior
AP	Altura de posterior
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	Comprimento corporal
CCC	Coeficiente de correlação e concordância
CD	Coeficiente de determinação do modelo
CEUA	Comitê de ética do uso de animais
CF	Consumo de forragem
cm	Centímetro
CMS	Consumo de matéria seca
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COC	Circunferência do osso canhão
CON	Porcentagem de concentrado na dieta
CP	Comprimento da perna
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
CV	Coeficiente de variação
dm	Decímetro
DP	Desvio padrão
EQM	Erro do quadrado médio
EXP	Exponencial
FC	Fator de correção
FDN	Fibra em detergente neutro
g	Grama
GMD	Ganho médio diário
ha	Hectare
Imax	Ingestão potencial de alimentos
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças
Kg	Quilograma
LG	Largura de garupa
LP	Largura de peito
M	Fator de correção de correção proposto por McCall (1984)

MF	Massa de forragem
min	Minuto
MLF	Massa de lâmina foliar
MMM	Massa de material morto
MS	Matéria seca
N	Número de observações
NRC	National Research Council
NS	Nível de saciedade
OF	Oferta de forragem
OFP	Oferta de forragem dividida pela ingestão máxima
OFV	Oferta de forragem verde
PB	Perímetro de barril
PC	Peso corporal
PCF	Peso de carcaça fria
PCQ	Peso de carcaça quente
PCT	Profundidade da cavidade torácica
PIRi	Taxa de ingestão potencial
PP	Perímetro do pernil
PPR	Peso padrão de referência. Corresponde ao peso padrão de um animal adulto
PREFi	Preferência relativa determinada a partir de um submodelo de decisão de pastejo que determina como o animal distribui a ingestão entre o horizonte disponível mais alto
PREFi + 1	Preferência relativa determinada a partir de um submodelo de decisão de pastejo que determina como o animal distribui a ingestão entre o horizonte e o próximo horizonte disponível
PT	Perímetro torácico
PV	Peso vivo
PVA	Peso vivo ao abate
PVM	Peso vivo metabólico
QMEP	Quadrado médio do erro da predição
r	Raio da circunferência
R^2	Coeficiente de determinação
RMSE	Raiz quadrada do erro médio

RQMEP	Raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição
SRNS	Small Ruminant Nutrition System
Teste F	Teste de identidade dos parâmetros da regressão
TI	Taxa de ingestão
TP	Tempo de pastejo
TR	Tamanho relativo, equivalente à razão entre o peso do animal em uma determinada idade e o PPR
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Valor p	Valor de probabilidade associada ao Teste F para a identidade dos parâmetros da regressão dos dados observados pelos preditos
Variável X	Variável dependente
Variável Y	Variável dependente
Z	Tamanho relativo do animal. Razão entre o peso corporal e o peso padrão de referência (equivalente ao TR)
β_0	Intercepto
β_1	Inclinação
%	Porcentagem
π	Número PI = 3,1416

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	23
REVISÃO DE LITERATURA.....	25
Modelos matemáticos.....	25
Avaliação de modelos matemáticos.....	27
Predição do consumo de matéria seca por ovinos sob pastejo.....	31
Predição do peso corporal e características de carcaça de ovinos por meio das medidas biométricas.....	36
LITERATURA CITADA.....	41
Capítulo 1 - Predição do consumo de matéria seca por ovinos de corte em pastos de clima tropical.....	53
RESUMO.....	54
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÃO.....	66
AGRADECIMENTOS.....	67
REFERÊNCIAS.....	67
Capítulo 2 - Uso da biometria na predição do peso corporal de cordeiros mestiços mantidos em pastos tropicais.....	72
RESUMO.....	73
AGRADECIMENTOS.....	77
REFERÊNCIAS.....	78
Capítulo 3 - predição das características da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais por meio de medidas biométricas.....	80
RESUMO.....	81
INTRODUÇÃO.....	81
MATERIAL E MÉTODOS.....	83
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
CONCLUSÃO.....	95
AGRADECIMENTOS.....	95
REFERÊNCIAS.....	95

Implicações e considerações finais.....	100
Anexos.....	101
Anexo I – Artigo publicado (Capítulo 1) no periódico científico <i>Tropical Animal Health and Production</i> (ISSN: 0049-4747)	101
Anexo II – Artigo publicado (Capítulo 2) no periódico científico <i>Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia</i> (ISSN: 1678-4162)	102
Anexo III – Artigo publicado (Capítulo 3) no periódico científico <i>Animals</i> (ISSN: 2076-2615)	103

INTRODUÇÃO GERAL

A criação de ovinos destinada à produção de carne tem expandido na última década no Brasil, principalmente em razão do aumento da demanda por carne ovina no mercado, com isso tem-se buscado caminhos para o estabelecimento de sistemas de produção capazes de produzir, de forma eficiente, carne de qualidade a baixo custo (Trindade et al., 2018; Gurgel et al., 2020; Araújo et al., 2021; Silva et al., 2021). No entanto, a produtividade desses animais no Brasil ainda é incipiente, em razão das deficiências no manejo genético e nutricional, financiamento, sistemas de manejo inadequados para as várias fases da criação e baixa capacidade de organização da cadeia produtiva (Hermuche et al., 2013). Outro fato relevante é que mais de 50% da produção de ovinos é praticada em pastagens naturais sem nenhum manejo (Hermuche et al., 2013). Essas particularidades tornam o processo de tomada de decisão nos sistemas de produção de ovinos repleto de riscos e incertezas.

O risco (probabilidade de ocorrência de um evento), apesar de ser uma característica inerente aos sistemas de produção animal, pode ser minimizado com a adoção de ferramentas que auxiliam a tomada de decisão (Nadal-Roig et al., 2020). Nesse sentido, a falta de conhecimento resulta na impossibilidade da estimativa do risco (incerteza). Algumas informações dentro e fora do sistema produtivo são essenciais para reduzir as incertezas associadas a tomada de decisão (Calvano et al., 2021). Fora do sistema produtivo, o produtor tem pouco controle nas ações que impactam a rentabilidade da produção, em contrapartida, os atos dentro da fazenda impactam diretamente no sucesso da atividade.

Nesse contexto, uma adequada metodologia de análise de tomada de decisão requer informações exatas sobre o problema e eficiência na manipulação do sistema para que se possa atingir as metas planejadas (Calvano et al., 2019). A modelagem é uma ferramenta que pode auxiliar no processo de tomada de decisão, uma vez que permite avaliar o comportamento das variáveis e suas inter-relações, além de usar informações anteriores ou correlatas para prever resultados e simular diferentes cenários (Tedeschi e Mendez, 2020).

A utilização de modelos matemáticos permite estimar algumas informações importantes de difícil obtenção em termos práticos, como o consumo de matéria seca por meio de variáveis correlacionadas (Gurgel et al., 2021a). A modelagem também possibilita realizar o monitoramento do desenvolvimento ponderal do animal e identificar o melhor momento para sua comercialização (Silva et al., 2011; Souza et al., 2021). Além disso, é possível estimar o peso da carcaça e de cortes comerciais antes do abate (Shehata, 2013;

Costa et al., 2020). Todas essas informações estão diretamente associadas com a rentabilidade e o sucesso da atividade produtiva.

Assim, em função das diversas aplicações dos modelos matemáticos nos sistemas de produção, esse trabalho teve por objetivos:

- 1) Avaliar se as equações de predição do consumo de matéria seca para ovinos de corte são aplicáveis para animais criados exclusivamente em pastos de clima tropical;
- 2) Propor uma nova equação para prever o consumo de matéria seca de ovinos mantidos em pastos tropicais;
- 3) Propor um modelo matemático para prever o peso corporal de cordeiros mantidos em pastos tropicais com base nas medidas biométricas;
- 4) Prever as características da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais por meio das medidas biométricas.

REVISÃO DE LITERATURA

Modelos matemáticos

A utilização de modelos matemáticos passou a ser uma ferramenta indispensável para formuladores de políticas públicas e científicas (Hamilton, 1991). Pool (1989) sugeriu que o ato de modelar, conhecido como *modelagem*, cresceria em um terceiro domínio da ciência, igual aos domínios tradicionais da teoria e da experimentação. Decisões importantes de cunho político, como: efeito do aquecimento Global na biologia terrestre (IPCC, 2013; Devi e Mishra, 2020; Mandal et al., 2022), saúde pública e enfrentamento a pandemias (Dover et al., 2016) passaram a depender fortemente dos estudos de modelagem. Além disso, a modelagem passou a ser utilizada nos mais diversos ramos da ciência, tais como: medicina (Waters et al., 2021), economia (Brandt, 2010), física (Madadelahi et al., 2020), química (Yu e Craciun, 2018), engenharia (Shamsi et al., 2019), direito (Eriksson, 2012), zootecnia (Tedeschi et al., 2005; Tedeschi, 2006; Zanetti et al., 2019) e muitos outros.

Existem diversos conceitos para modelos matemáticos, Hamilton (1991) definiu como sendo a expressão da teoria e que fornece uma possibilidade da teoria ser comparada aos dados obtidos no ambiente físico. Para Tedeschi (2006) os modelos são representações matemáticas de mecanismos que governam fenômenos naturais que não são totalmente conhecidos, controlados ou compreendidos. Mais recentemente, Tedeschi e Mendez (2020) postularam que os modelos matemáticos são representações aritméticas do comportamento de dispositivos reais e processos da vida. Todos esses autores também consideraram que os modelos são uma abstração e uma representação da realidade.

O uso ou não da matemática define se o modelo é preditivo ou descritivo, respectivamente. Os modelos descritivos abordam de maneira teórica o comportamento das variáveis e suas inter-relações. Os modelos preditivos, por outro lado, têm por finalidade usar informações anteriores para prever resultados ou simular cenários diferentes (Tedeschi e Mendez, 2020). Tedeschi e Mendez (2020), categorizaram os modelos matemáticos (preditivos) em três classes principais: em um contexto temporal, os modelos podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos; em contexto natural, os modelos podem ser classificados como empíricos ou mecanicistas; e, em um contexto comportamental, os modelos podem ser classificados como determinísticos e estocásticos.

Os modelos dinâmicos são aqueles que descrevem as mudanças ocorridas e as respostas obtidas em função do tempo. Os modelos não lineares utilizados para descrever o crescimento animal apresentam caráter dinâmico (Richards, 1959; Fernandes et al., 2012). Os modelos estáticos são os que geram uma resposta para um instante fixo, ou seja, não incluem o tempo como variável (Tedeschi e Mendez, 2020). No entanto, Tedeschi e Mendez (2020) alertam que o conceito de estático *versus* dinâmico é relativo e depende da escala temporal utilizada, pois um fenômeno biológico pode ser melhor representado por um modelo dinâmico quando ocorrem mudanças diárias, mas quando os anos são usados como variante de tempo, um modelo estático pode funcionar melhor do que um modelo dinâmico, tendo em vista que mudanças diárias são irrelevantes para a variável de interesse.

Modelos empíricos são obtidos a partir de dados observacionais. Esses modelos são aplicados em estudos experimentais que avaliam relações dose-resposta: *e.g.*, efeito de doses de nitrogênio no teor de proteína bruta da planta forrageira. Assim, é possível estimar a concentração de proteína bruta (variável Y) em um nível qualquer de nitrogênio (variável X), por meio de um ajuste regressão polinomial (Leite et al., 2021).

Os modelos mecanísticos consideram os mecanismos conceituais subjacentes e a combinação de elementos de diferentes níveis hierárquicos. O principal objetivo desses modelos é explicar como um elemento em um nível mais alto se comporta ou responde a uma gama de elementos em níveis inferiores. Esse tipo de modelo pode ser melhor exemplificado na modelagem da dinâmica do acúmulo de forragem de uma determinada planta forrageira (Brunetti et al., 2021). Neste caso, o modelo mecanístico busca explicar a sequência de ações dos fatores abióticos em nível de moléculas, células, tecidos, órgãos, perfilhos, plantas, touceiras e no dossel forrageiro.

Os modelos estocásticos são aqueles que associam um risco ou probabilidade à decisão. A estocasticidade está associada com a falta de compreensão do fenômeno biológico, de forma que quanto maior a compreensão do fenômeno menor será a estocasticidade do modelo. Um exemplo de modelo estocástico foi desenvolvido por Nadal-Roig et al. (2020) para abordar as decisões táticas, planejar a produção, aumentar a flexibilidade, melhorar a coordenação e a produção geral de suínos sob a incerteza associada ao preço da venda dos animais. Os autores concluíram que o modelo estocástico foi eficiente para prever o melhor cenário do sistema produtivo, além disso, em função da incerteza mercadológica do preço de venda dos suínos, a versão estocástica levou a resultados mais precisos e realistas do que a versão determinística.

Em contrapartida, os modelos determinísticos, não associam nenhuma probabilidade a uma determinada estimativa (Tedeschi e Mendez, 2020). Assim, sempre que o modelo é rodado sem alterar as variáveis de entrada, serão obtidas as mesmas informações de saída. Um exemplo de utilização deste tipo de modelo foi proposto pelo NRC (2007) para estimativa de consumo de matéria seca por ovinos. Segundo o NRC (2007), o consumo de matéria seca (kg/dia) de ovinos é determinado pelas variáveis de entrada: peso corporal adulto (kg), peso corporal e o peso padrão de referência, sendo, este último, o peso que corresponde a um animal adulto e se for fêmea deve ser considerada não gestante e não lactante, com escore corporal 2,5 na escala de 1 a 5 e que já teve o crescimento esquelético completo. Dessa forma, toda vez que o modelo for rodado utilizando as mesmas informações de entrada, o consumo predito será o mesmo. No entanto, o modelo não associa nenhuma probabilidade de que aquele consumo predito seja de fato observado na prática.

Independentemente do tipo do modelo, a sua estrutura básica é composta por variáveis, parâmetros e constantes, ressalta-se que nem todos os modelos apresentam esses três componentes simultaneamente. As variáveis, dependentes ou independentes, são alteradas de acordo com o indivíduo; os parâmetros variam em função do modelo; e as constantes não variam em situação alguma. Nesse sentido, dois processos para a criação dos modelos são comumente usados: 1) estabelecer ideias e conceitos através do estudo profundo da literatura, e então criar parâmetros para as variáveis do modelo, ou 2) analisar dados experimentais que explicam um fenômeno biológico e, em seguida, combiná-los em uma equação (Tedeschi et al., 2006). Em ambas as situações, a análise estatística adequada para avaliar o ajuste dos modelos é uma etapa indispensável.

Avaliação de modelos matemáticos

Existem divergências conceituais para os termos validação, verificação e avaliação de modelos matemáticos (Hamilton, 1991; Tedeschi, 2006). No entanto, o termo validação de modelos foi bastante questionado por pesquisadores (Oreskes et al., 1994; Tedeschi, 2006), uma vez que os modelos são considerados uma abstração da realidade e uma aproximação do sistema real (Hamilton, 1991; Tedeschi, 2006; Tedeschi e Mendez, 2020), é impossível provar que todos os componentes dos modelos irão prever de forma verdadeira o comportamento de um sistema biológico. Tedeschi (2006) propôs que os termos avaliação ou teste sejam utilizados para indicar o grau de robustez do modelo com base em critérios pré-estabelecidos.

O autor ressaltou ainda que modelos matemáticos não podem ser comprovados como válidos, apenas se são apropriados para o fim a que se destinam, em determinadas condições.

Nos estudos de modelagem há a necessidade de seguir um protocolo para definição do melhor modelo de predição para o objetivo estabelecido. Assim, para a execução do processo, primeiramente, deve-se fazer uma extensa revisão na literatura do assunto abordado. Após a compreensão teórica do fenômeno a ser modelado, o próximo passo é ajustar, avaliar e comparar os modelos definidos e, por fim, interpretar os resultados e fazer inferências sobre a aplicação dos modelos selecionados. Nota-se, portanto, que a avaliação é uma etapa fundamental no ajuste de modelos de predição (Tedeschi, 2006), pois essa etapa define se o modelo é apropriado para o fim a que se destina. De acordo com Hamilton (1991), a avaliação de modelos é uma comparação dos dados preditos sobre os dados observados, a qual utiliza ferramentas estatísticas para suportar as conclusões.

Acurácia e precisão são dois conceitos importantes durante a avaliação dos modelos matemáticos. A acurácia mostra a proximidade dos valores médios preditos com os valores médios observados. Ao passo que a precisão é a capacidade do modelo de predizer valores de forma consistente (Tedeschi, 2006). Portanto, um modelo acurado, porém impreciso (situação 1 na Figura 1), estima um valor médio próximo ao valor médio real, mas com um elevado desvio padrão. Em contraste, um modelo com baixa acurácia e alta precisão (situação 4 na Figura 1) prevê uma média diferente da média observada, porém denota um baixo desvio padrão nas predições. Nas situações 2 e 4 (Figura 1) os modelos são igualmente precisos, entretanto, apenas o modelo 2 apresenta as características de acurácia e precisão, pois os pontos estão distribuídos de forma compacta no centro do alvo.

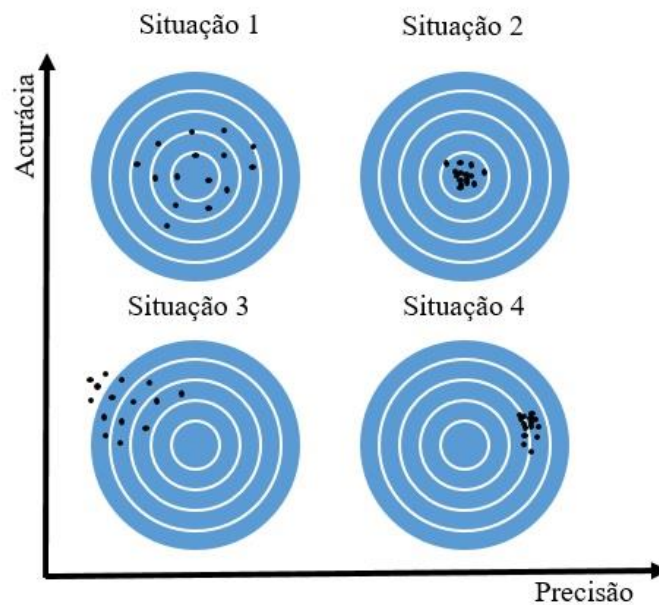


Figura 1. Esquematização dos conceitos precisão e acurácia (Adaptado de Tedeschi, 2006)

A primeira e mais simples avaliação da qualidade do ajuste de modelos (precisão e acurácia) é a análise de momento dos dados preditos e observados. Nesse tipo de avaliação, espera-se que um bom modelo estime valores médios, máximos e mínimos, bem como variância e desvio padrão dos dados próximos dos valores observados (Neter et al., 1996). O valor do coeficiente de correlação de Spearman também tem sido utilizado em um primeiro momento para avaliar a classificação dos valores dos dados preditos e observados. Esse coeficiente avalia se o maior valor predito é também o maior valor observado, criando assim uma classificação entre todos os dados (Agresti, 2002).

Uma regressão linear entre os valores observados e preditos é comumente usada para avaliar os modelos. Por meio da regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, onde Y é o valor observado; β_0 e β_1 representam o intercepto e a inclinação da equação de regressão, respectivamente; e X é o valor predito pelas equações, testa-se a hipótese de que os dados preditos são iguais aos dados observados. Os valores preditos pelo modelo são plotados no eixo X enquanto os valores observados são plotados no eixo Y (Tedeschi, 2006). Neste formato de gráfico, os pontos de dados situados acima e abaixo da linha igualdade indicam uma superestimativa ou subestimativa pelo modelo, respectivamente (Zanetti et al., 2019).

Para testar a hipótese, $\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$, Dent e Blackie (1979) sugeriram avaliar simultaneamente se o intercepto é diferente de zero e a inclinação é diferente de um. Para tal finalidade, o teste F simultâneo para a identidade dos parâmetros da regressão dos dados

190 preditos pelos observados tem sido utilizado (Mayer et al., 1994). No entanto, Tedeschi
191 (2006) alertou que o teste F é válido apenas para modelos determinísticos não devendo ser
192 utilizado para modelos estocásticos. Além disso, em decorrência da pressuposição de que os
193 dados são independentes, o que nem sempre é observado em estudo de modelagem, o teste F
194 simultâneo pode decorrer em erros de aceitação ou rejeição da hipótese testada (Mayer et al.,
195 1994).

196 Com a obtenção da regressão linear é possível calcular o coeficiente de determinação
197 da equação (R^2). O R^2 mostra o percentual da variação de Y que é explicada por X. Portanto,
198 R^2 avalia a proximidade dos dados com a linha de regressão ajustada. Cabe ressaltar que a
199 interpretação do valor de R^2 , muitas das vezes, é equivocada (Neter et al., 1996). Essa
200 informação quando usada de maneira isolada não é um bom indicador da qualidade do
201 modelo, uma vez que o R^2 mede a precisão e não a acurácia da equação. Soma-se a isso o fato
202 de que um alto coeficiente de determinação não implica, necessariamente, que existe uma
203 relação de linearidade entre os dados preditos e observados, uma vez que a relação pode ser
204 curvilínea (Tedeschi, 2006).

205 Outra forma de avaliar a equação de regressão é por meio do erro do quadrado médio
206 (EQM), que avalia a precisão da regressão linear ajustada usando a diferença entre os valores
207 observados e os valores estimados pela regressão. Analla (1998) recomendou que ao se
208 comparar vários modelos o EQM é o melhor critério para selecionar o modelo com melhor
209 ajuste. Cabe ressaltar que apesar de vários métodos serem utilizados para avaliar a adequação
210 da equação de regressão, o seu uso pode gerar resultados ambíguos quando os dados não
211 apresentarem distribuição normal e em casos em que os erros residuais forem baixos
212 (Tedeschi, 2006). Nesse sentido, algumas avaliações adicionais são realizadas.

213 O EQM se assemelha com o quadrado médio do erro da predição (QMEP), a diferença
214 fundamental entre os dois parâmetros é que o QMEP é diferença entre os valores observados e
215 os valores preditos pelo modelo e o EQM, como visto anteriormente, é a diferença entre os
216 valores observados e os valores estimados pela regressão. Tedeschi (2006) considerou o
217 QMEP a medida mais comum e confiável para medir a acurácia preditiva de um modelo,
218 porém, o autor alertou que sua confiabilidade diminuirá conforme o número de observações
219 diminui. Além disso, o autor destacou que o QMEP não fornece nenhuma informação sobre a
220 precisão do modelo e que uma desvantagem do QMEP é que os desvios são ponderados por
221 seus valores ao quadrado, o que remove os dados negativos dando assim mais ênfase para
222 valores maiores.

Bunke e Droge (1984) propôs fazer uma decomposição do QMEP que leva em consideração a fonte de variação dos parâmetros, nesse fracionamento o QMEP é dividido em erro médio, erro sistemático e erro aleatório. Quando a maioria dos erros são atribuídos ao erro médio, significa que há uma deficiência no posicionamento da linha de igualdade, que pode ser corrigida com um fator de correção aditivo. O erro sistemático, por outro lado, indica uma falha no deslocamento da linha, que pode ser corrigido com uma correção multiplicativa.

O coeficiente de determinação do modelo (CD), que mostra a proporção da variância total dos valores observados que é explicado pelos dados preditos, por muito tempo foi utilizado para avaliar os modelos matemáticos. No entanto, o CD tem sido substituído pelo coeficiente de correlação e concordância (CCC) em estudos de variáveis contínuas (Morais et al., 2016; Bautista-Díaz et al., 2020). O CCC avalia simultaneamente a acurácia e a precisão das equações, portanto, é uma medida poderosa. O valor do CCC é obtido por uma equação de dois componentes: 1) coeficiente de correlação, o qual mede precisão; e 2) fator de correção de viés que indica a acurácia (King e Chinchilli, 2001).

Como visto, inúmeras são as técnicas estatísticas usadas para avaliar a precisão e acurácia dos modelos. No entanto, nenhuma técnica usada de forma isolada é capaz de avaliar adequadamente o desempenho dos modelos (Tedeschi, 2006). Portanto, a melhor forma de avaliar o desempenho preditivo de um modelo é associar um conjunto de métodos estatísticos. Ressalta-se que esta revisão aborda os principais métodos utilizados na avaliação de modelos para predição de características de carcaça e consumo de matéria seca por ovinos (Cabral et al., 200; Paula et al., 2013; Vieira et al., 2013; Moraes et al., 2016; Bautista-Díaz et al., 2020). Uma discussão mais aprofundada sobre a avaliação de modelos de um ponto de vista estatístico foi apresentada por Neter et al. (1996) e Tedeschi (2006).

Predição do consumo de matéria seca por ovinos sob pastejo

Em sistemas de produção com animais confinados, as características químicas e físicas dos ingredientes que compõem as dietas e suas interações tem um grande efeito sobre consumo de matéria seca (CMS) (Allen et al., 2000), em síntese, a demanda energética do animal define o consumo de dietas com alta densidade calórica (Oliveira et al., 2014a).

Em contrapartida, em sistemas de produção em pasto, quando o animal se depara com dietas de baixo valor nutritivo e baixa densidade energética, a capacidade física do trato gastrointestinal determina o potencial de CMS (Romera et al., 2010). Nesse sentido,

Mcdowell (1985) citou que o consumo de forragem é influenciado primeiramente pelo tamanho corporal, seguido da densidade energética e da taxa de digestão da dieta. Além disso, observou que o CMS está positivamente correlacionado com a digestibilidade da matéria orgânica.

O teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) da dieta ou da forragem é um parâmetro eficiente para expressar a ação desses dois mecanismos de controle de ingestão de matéria seca, por estar positivamente relacionado com o efeito do enchimento do rúmen e inversamente relacionado com a concentração energética da dieta (Mertens, 1994).

Fatores relacionados ao animal como, raça, sexo, idade, peso corporal, estágio fisiológico (crescimento, gestação ou lactação) e composição corporal influenciam as exigências e o consumo de ovinos (Oliveira et al., 2014a). Mertens (1994) sugeriu que o consumo de nutrientes depende de fatores importantes, relacionados ao manejo alimentar (disponibilidade do alimento, área linear de cocho, acessibilidade à alimentação, frequência de fornecimento, forma física e processamento dos alimentos), além das condições ambientais e bem-estar dos animais.

Com relação aos animais em pastejo, além de todos esses fatores já mencionados atuarem sob a ingestão de matéria seca, as interações complexas entre as características do animal e do pasto afetam a taxa de ingestão de nutrientes (Carvalho, 2013). O comportamento ingestivo é conhecidamente a maneira mais eficiente de demonstrar as interações existentes entre a estrutura do pasto e o consumo de forragem (Baumont et al., 2004).

Segundo uma visão mecanicista, o CMS diário por ovinos em pastejo é resultante do tempo gasto pelo animal na busca e apreensão da forragem e da taxa de ingestão durante esse período (Baumont et al., 2004) que, por sua vez, é o produto da taxa de bocado e a massa do bocado. A taxa e massa do bocado sofrem modificações quando a quantidade de forragem por bocado (volume do bocado) é alterada. Sendo que, o volume do bocado é sensível as oscilações na profundidade do bocado e na densidade volumétrica da forragem, que é determinada pela altura do dossel e a massa de forragem (Figura 2). A estrutura do pasto (massa de forragem, altura, densidade, relação folha:colmo) também altera o tempo gasto pelo animal na atividade de pastejo (Bremm et al., 2016; Gonçalves et al., 2018).

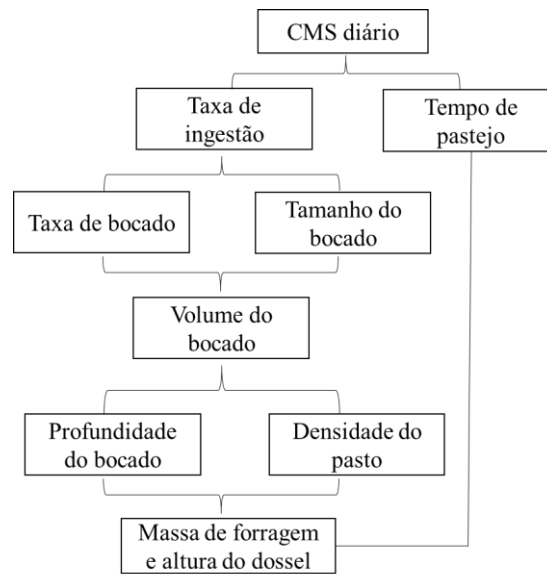


Figura 2. Representação esquemática do comportamento ingestivo de animais em pastejo (Adaptado de Hodgson, 1990)

Para exemplificar a relação entre a estrutura do pasto, o comportamento ingestivo e o consumo, basta imaginar uma situação com limitações na oferta de forragem. Nessa circunstância, ocorre uma redução no tamanho do bocado e aumento no tempo de pastejo e na taxa de bocado (Gonçalves et al., 2018). Portanto, até certo ponto, é possível obter um consumo de forragem constante em pastos com dosséis distintos, porém, se a oferta de forragem for demasiadamente baixa, o aumento no tempo de pastejo não será capaz de manter o consumo devido à redução na taxa de ingestão (Guzatti et al., 2017).

A existência desses fatores que influenciam o CMS por ovinos em pastejo, tornam a modelagem desse parâmetro muito complexa, razão pela qual, a maioria dos modelos de predição do CMS por ovinos são obtidos a partir de experimentos conduzidos em condições de confinamento (NRC, 2007; Cabral et al., 2008; Vieira et al., 2013; Oliveira et al., 2014a). Esse fato pode gerar inconsistências se utilizado para predição do CMS de ovinos em pastejo, pois não consideram as características do pasto e as interações entre o animal e a planta forrageira.

A maioria dos modelos para predizer o consumo de matéria por animais em pastejo são mecanicistas, focados no processo digestivo e na seletividade da ingestão em condições de pastejo, e consideram principalmente a altura do pasto ou a quantidade de forragem removida (Baumont et al., 2004; Gregorini et al. 2013). Pittroff e Kothmann (2001) realizaram uma análise comparativa dos modelos quantitativos de predição de consumo para

ovinos, e observaram que cerca 55% das equações levaram em consideração alguma característica do pasto, com predominância para a disponibilidade de forragem, e concluíram que existe uma base conceitual fraca na elaboração dos modelos.

Entre os modelos apresentados na revisão de Pittroff e Kothmann (2001), o modelo desenvolvido por Freer et al. (1997) deu um maior enfoque as características do pasto. A equação prediz o consumo por ovinos como o produto da ingestão potencial de alimentos (Imax) e a proporção desse potencial (ingestão relativa) que o animal pode obter a partir da quantidade disponível de alimentos. A Imax, foi definida como a quantidade ingerida (kg/dia de MS) quando é permitido acesso irrestrito a um alimento com uma digestibilidade da MS de pelo menos 80%, e depende do peso padrão de um animal adulto (peso padrão de referência) e da razão entre o peso corporal e o peso padrão de referência (Equação 1).

$$(1) \text{ Imax} = 0,04 \times \text{PPR} \times Z \times (1,7 - Z)$$

Em que: PPR = peso padrão de referência; Z: tamanho relativo do animal, razão entre o peso corporal e o peso padrão de referência.

Já ingestão relativa foi descrita como sendo o produto de dois atributos do alimento: disponibilidade relativa e ingestibilidade relativa. Para animais em pastejo, a disponibilidade relativa é predita principalmente a partir da massa de forragem, e a ingestibilidade relativa é predita a partir da digestibilidade do pasto coletado por pastejo simulado (Freer et al., 1997).

Para simular a dinâmica do consumo de ruminantes durante o pastejo, Baumont et al. (2004) desenvolveram um modelo teórico de taxa de consumo que combina a estrutura do pasto e as decisões do animal em pastejar ou realizar outras atividades. Os autores definiram o consumo matéria seca como sendo a soma das taxas instantâneas de ingestão que, por sua vez, é determinada em função das taxas de ingestão potencial nos horizontes de pastejo, das preferências que determinam as proporções selecionadas nos dois horizontes do pasto e do nível de saciedade do animal (equação 2).

$$(2) \text{ TI} = (\text{PREFi} \times \text{PIRi}) + (\text{PREFi} + 1 \times \text{PIR} + 1) / \text{NS}$$

Onde: TI = taxa de ingestão (g MS/min); PREFi e PREFi + 1 = preferência relativa determinada a partir de um submodelo de decisão de pastejo que determina como o animal distribui a ingestão entre o horizonte disponível mais alto, i; e o próximo horizonte disponível,

$i + 1$, de acordo com as preferências relativas $PREF_i$ e $PREF_{i+1}$; NS = nível de saciedade; PIR_i = taxa de ingestão potencial (g MS/min) obtida a partir do tempo despendido pelo animal para realizar o bocado e a massa de desse bocado no horizonte disponível mais alto, i ; e o próximo horizonte disponível.

McCall (1984) propôs um modelo para estimar o consumo de forragem em pastos que possuem como espécie forrageira predominante o azevém perene. O autor modelou o CMS real de ovinos em pastos como sendo função da ingestão máxima multiplicada pelo fator de correção (Equação 3). O fator de correção é obtido pela oferta de forragem e o consumo potencial do animal (Equações 4 e 5).

$$(3) CF = I_{max} \times M$$

$$(4) M = A \times \exp(-1,016 \times \exp(1,0308 \times OFP))$$

$$(5) A = 1 - 1,42 \times (-0,00198 \times MF)$$

Onde: CF = consumo de forragem (kg/dia); I_{max} = ingestão máxima de forragem (kg/dia); M = fator de correção; EXP = exponencial (2,7182); OFP = oferta de forragem dividida pela ingestão máxima; MF = massa de forragem descontado o material morto (kg/ha).

Medeiros (2003) utilizou o modelo proposto por McCall (1984) para estimar o consumo de ovinos em pastos de *Cynodon spp.* submetidos a diferentes intensidades de pastejo sob lotação contínua e concluiu que o modelo de McCall (1984) superestimou o consumo dos animais. O autor sugeriu que a oferta de forragem verde (folha + colmo) fosse substituída na equação pela oferta de folhas verdes, só então o consumo estimado foi estatisticamente igual ao observado.

Modelos para predição do CMS em pastos tropicais com o uso do fator de ajuste proposto McCall (1984) também foram avaliados por Gurgel et al. (2021a), que concluíram que as equações não predizem com acurácia o CMS de ovinos de corte e que os valores são superestimados em pastos de clima tropical. Os autores propuseram que a estimativa do CMS para cordeiros em pastos tropicais deve considerar o seguinte modelo (equação 6):

$$(6) CMS (\% PV) = 7,16545 - 0,21799 \times PV + 0,00273 \times PV^2 - 0,00688 \times TP + 0,000007 \times TP^2 + 0,00271 \times OFV$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (% do PV); PV = peso vivo (kg); TP = tempo de pastejo (mín/dia) e OFV = oferta de forragem verde (kg de MS/100kg de PV), a qual equivale a oferta de forragem descontado o material morto.

Esses estudos demonstram claramente que os modelos propostos para clima temperado não estimam corretamente o consumo de forragem por ovinos em pastos tropicais. Estudos para estimativas do consumo por ovinos em regiões tropicais são necessários, sobretudo em sistemas que adotam o pasto como fonte primária de nutrientes, pois estas informações são de fundamental importância para o planejamento nutricional dos animais.

Predição do peso corporal e características de carcaça de ovinos por meio das medidas biométricas

O peso corporal é uma das principais variáveis que auxilia na tomada de decisão em sistemas de produção, devido a relação direta com as exigências nutricionais dos animais (NRC, 2007). Além disso, o acompanhamento da curva de crescimento de ruminantes possibilita identificar as fases em que o animal apresenta maior capacidade de converter o alimento consumido em tecido corpóreo e o melhor momento para sua comercialização (Silva et al., 2011; Gurgel et al., 2021b; Souza et al., 2021).

A avaliação do crescimento do animal é realizada por meio de equipamentos de medição direta, como as balanças pecuárias. No entanto, devido às condições em que operam os sistemas tradicionais de produção de ovinos (Hermuche et al., 2013), a obtenção direta do peso corporal dos animais muitas vezes representa um desafio para os produtores devido alto custo de aquisição e manutenção das balanças (Conrado et al., 2015; Chay-Canul et al., 2019; Canul-Solís et al., 2020; Salazar-Cuytun et al., 2021), motivo pelo qual, na maioria das vezes, a comercialização dos animais aconteça com base em escores visuais, isso acarreta em erros na estimativa do peso corporal e afeta a lucratividade dos sistemas de produção (Málková et al., 2021).

A estimativa do peso corporal por métodos indiretos pode ser uma alternativa de baixo custo e de fácil adoção. Nesse sentido, as medidas biométricas constituem-se uma opção viável para prever o peso corporal devido à correlação existente entre essas características e o peso corporal dos animais (Chay-Canul et al., 2019; Gurgel et al., 2021c). Este método consiste em desenvolver modelos matemáticos que permitem estimar o peso corporal utilizando algumas medidas biométricas (Figura 3) a partir de análises de regressão linear e

múltipla. Essas medidas corporais podem ser obtidas com auxílio de hipômetro e fita métrica (Costa et al., 2020; Bautista-Díaz et al., 2020), equipamentos de fácil manipulação, baratos e que não requerem manutenções periódicas sofisticadas.

As principais medidas biométricas (Figura 3) avaliadas em ovinos são: altura de anterior (AA) – do ponto mais alto da cernelha até o solo (1); altura de posterior (AP) – distância vertical do ponto mais alto da garupa até o solo (2); comprimento corporal (CC) – da articulação escápula-umeral até a extremidade caudal isquiática (3); largura de peito (LP) – medida compreendida entre as pontas das escápulas (4); largura de garupa (LG) – distância entre as tuberosidades isquiáticas (5); perímetro torácico (PT) – tomada ao redor da cavidade torácica (6); perímetro de barril (PB) – tomada ao redor da cavidade abdominal (7); comprimento da perna (CP) – tomada da tuberosidade isquiática até o solo (8); perímetro do pernil (PP) – tomada ao redor da porção média da coxa (9) (Oliveira et al., 2014b).

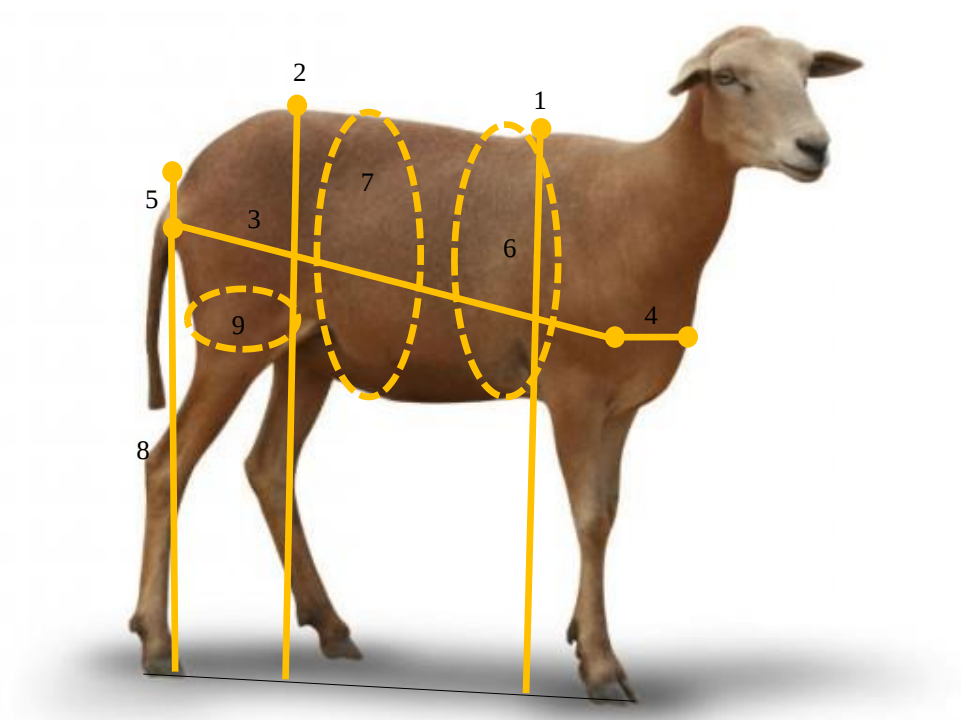


Figura 3. Principais medições biométricas realizadas em ovinos. Altura de anterior (1); altura de posterior (2); comprimento corporal (3); largura de peito (4); largura de garupa (5); perímetro torácico (6); perímetro de barril (7); comprimento da perna (8); perímetro do pernil (9) - Elaborado pelo autor.

Alguns estudos foram realizados com o objetivo de desenvolver equações lineares e múltiplas para estimar o peso corporal de ovinos por meio das medidas biométricas (Kumar et al., 2018; Chay-Canul et al., 2019; Huma e Iqbal, 2019; Worku, 2019; Canul-Solís et al.,

2020). Os autores, Kumar et al. (2018) e Chay -Canul et al. (2019), concluíram que o PT é a medida biométrica mais importante para predição do peso corporal dos animais (Tabela 1). Por outro lado, Canul-Solís et al. (2020) utilizaram a LG na estimativa do peso corporal de ovinos Pelibuey. Porém, quando mais de uma medida é usada eleva-se a capacidade preditiva das equações (Grandis et al., 2018; Worku, 2019; Málková et al., 2021).

Tabela 1. Equações para predição do peso corporal (PC) de ovinos por meio das medidas biométricas (cm).

Autor	Raça	Equação	R ²
Grandis et al. (2018)	Texel	PC = (kg) -107,16 + 1,40 × PT + 0,60 × AA	0,88
Kumar et al. (2018)	Harnali	PC (kg) = -63.72 + 1.23 × PT	0,87
Chay -Canul et al. (2019)	Pelibuey	PC (kg) = -47,97 + 1,07 × PT	0,86
Worku (2019)	Kebeles; Arsi-Bale	PC (kg) = -39,51 + 0,91 × PT	0,71
Worku (2019)	Kebeles; Arsi-Bale	PC (kg) = 45,77 + 0,59 × PT + 1,99 × COC + 0,30 × PCT + 0,5 × AP	0,81
Canul-Solís et al. (2020)	Pelibuey	PC = (kg) = - 19,17 + 3,46 × LG	0,96
Málková et al. (2021)	Charollais; Kent; mestiços	PC = (kg) = -3,997 + 0,225 × PT	0,78
Málková et al. (2021)	Charollais; Kent; mestiços	PC (kg) = -4,672 + 0,243 × COC + 0,198 × PT	0,80

COC: circunferência do osso canhão; PCT: profundidade da cavidade torácica; PT: perímetro torácico.

Outra forma de utilização das medidas biométricas para predição do peso corporal de ovinos é a partir do volume corporal, obtido por meio da fórmula de cálculo do volume de um cilindro, incluindo as medidas de PT e CC (Paputungan et al., 2018):

$$\text{Raio (cm)} = \text{PT} / 2\pi,$$

$$\text{Volume corporal (dm}^3\text{)} = (\pi \times r^2 \times \text{CC}) / 1000,$$

Onde: r = raio da circunferência (cm); $\pi = 3,1416$; PT = perímetro torácico (cm); e CC = comprimento corporal (cm).

Salazar-Cuytun et al. (2021) realizaram a comparação de três equações (linear, quadrática e exponencial) para avaliar a relação entre volume corporal e o peso de cordeiras e ovelhas Pelibuey. Os autores observaram um coeficiente de correlação entre o volume corporal e o peso de 0,89, além disso, observou-se que o modelo quadrático foi o que teve o melhor desempenho, de acordo com a avaliação de adequação.

Além de serem eficientes para estimar o peso corporal, as medidas biométricas são utilizadas para predição das características da carcaça de ovinos (Costa et al., 2020; Bautista-Díaz et al., 2020; Gomes et al., 2021). A obtenção do rendimento de carcaça ou dos cortes comerciais antes do abate é uma informação valiosa para os sistemas de produção, pois permite que o produtor possa fazer uma estimativa da receita bruta da propriedade. Nesse aspecto, o uso das medições biométricas mensuradas antes do abate é de maior interesse em condições de produção comercial devido ao baixo custo adicional para os produtores (Bautista-Díaz et al., 2017; Alves et al., 2019; Bautista-Díaz et al., 2020).

O peso da carcaça, por estar diretamente relacionado com a remuneração do produtor, tem sido a variável mais predita pelas medidas biométricas, sendo que o peso ao abate explica de 47,0% a 99,0% da variação no peso da carcaça de ruminantes (Castilhos et al., 2018). Entretanto, quando as medidas biométricas são usadas em associação com o peso corporal em equações lineares e múltiplas para predição do peso da carcaça observa-se um aumento no coeficiente de determinação (Bautista-Díaz et al., 2020).

Nesse sentido, Gurgel et al. (2021d) mostraram que as medidas LP, PP e LG, juntamente com peso corporal, explicam 91,0% da variação no peso da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais. Para cordeiros Pelibuey, Bautista-Díaz et al. (2017), recomendaram uma equação para estimar o peso da carcaça que associou as medidas CC, PT, PB e largura do abdômen ($R^2 = 0,89$). Na predição do peso da carcaça quente de cordeiros Morada Nova, Costa et al. (2020), recomendaram uma equação sem utilizar o peso corporal como variável independente. De acordo com os autores, as medidas CC, AA, LP, PB e escore de condição corporal são as mais importantes na predição do peso da carcaça dos ovinos estudados ($R^2 = 0,80$).

A venda da carne ovina é feita na sua maioria na forma de meias carcaças ou carcaça inteira, no entanto uma forma de agregar valor à carne é sua comercialização por cortes

obtidos pelo seccionamento da carcaça (Costa et al., 2019). Dessa forma, a carcaça é dividida inicialmente em cortes primários, paleta, pescoço, lombo, pernil e costela, que são menores, facilitam a comercialização, conservação em nível doméstico e preparo para consumo (Oliveira et al., 2018; Costa et al., 2019; Araújo et al., 2021).

As medidas biométricas apresentam altas correlações com os cortes primários da carcaça (Trindade et al., 2018), portanto, estudos foram desenvolvidos para testar a hipótese de que as medidas biométricas seriam eficientes na predição do rendimento desses cortes. Shehata (2013) desenvolveu modelos de regressão para prever o peso dos cortes primários da carcaça de cordeiros Barki a partir das medidas biométricas, os autores observaram que o PT explicou 67,0% da variação no peso do pernil, e quando se associa o PT com o CC esse valor passa para 72,0%. Além disso, Shehata (2013) observou que o PT e o CC estimam com precisão os pesos dos cortes lombo, paleta e carré. Abdel-Moneim (2009) indicou o CC é uma variável eficiente para prever o peso da paleta de ovinos Barki.

A aplicação das medidas biométricas não se restringe apenas na predição do peso da carcaça e cortes primários. Essas medidas quando usadas em equações estimam a quantidade de gordura interna e resíduos da carcaça, área de olho de lombo, rendimento de componentes não-carcaça, músculos, ossos e tecido adiposo (Costa et al., 2020; Bautista-Díaz et al., 2020; Gomes et al., 2021). Dessa forma, o acompanhamento das medidas biométricas é um manejo que pode auxiliar os sistemas produtivos a aumentar a receita e encurtar o tempo necessário para que os animais atinjam o peso de abate.

Cabe ressaltar que, em sua grande maioria, essas medidas são realizadas em animais terminados em confinamento e/ou em ovinos lanados, o que não representa a realidade dos sistemas de produção em regiões tropicais, uma vez que gramíneas forrageiras tropicais são a base alimentar dos pequenos e grandes ruminantes e são responsáveis pela maior parte da carne produzida nos trópicos. Portanto, é importante desenvolver estudos de modelagem para estimar o peso e as características da carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais por meio das medidas biométricas, levando em consideração que o genótipo, sexo, idade, sistema de criação e sanidade podem alterar as características e composição da carcaça (Ekiz et al., 2012; Hopkins e Mortimer, 2014).

Para atender essa lacuna de estudos de modelagem em pastagens tropicais serão apresentados três artigos intitulados: (1) Predição do consumo de matéria seca por ovinos de corte em pastos de clima tropical; (2) Uso da biometria na predição do peso corporal de cordeiros mestiços mantidos em pastos tropicais; (3) Predição das características da carcaça

512 de cordeiros santa Inês terminados em pastos tropicais por meio de medidas biométricas.
513 Essas informações são de difícil obtenção em condições praticas, entretanto, estão diretamente
514 associadas com a rentabilidade e o sucesso da atividade produtiva.
515

LITERATURA CITADA

- ABDEL-MONEIM, A. Y. Body and carcass characteristics of Ossimi, Barki and Rahmani ram lambs raised under intensive production system. **Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences**, v. 4, 1-16, 2009.
- AGRESTI, A. **Categorical data analysis**. John Wiley & Sons. 2002.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598-1624, 2000.
- ALVES, A. A. C.; PINZON, A. C.; DA COSTA, R. M.; SILVA, M. S. S.; VIEIRA, E. H. M.; MENDONÇA, I. B.; VIANA, V. S. S.; LÔBO, R. N. B. Multiple regression and machine learning based methods for carcass traits and saleable meat cuts prediction using non-invasive *in vivo* measurements in commercial lambs. **Small Ruminant Research**, v. 171, p. 49-56, 2019.
- ANALLA, M. Model validation through the linear regression fit to actual versus predicted values. **Agricultural Systems**, v. 57, p. 115-119, 1998.
- ARAÚJO, C. G. F.; COSTA, M. G.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; ARAÚJO, I. M. M.; SILVA, G. T.; MEDEIROS, M. C. Carcass characteristics, meat quality and composition of lambs finished in cultivated pastures. **Food Science and Technology**, v. Ahead of Print, p. 1-6, 2021.
- BAUMONT, R.; COHEN-SALMÃO, D.; PRACHE, S.; SAUVANT, D. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, p. 5-28, 2004.
- BAUTISTA-DÍAZ, E.; MEZO-SOLIS, J. A.; HERRERA-CAMACHO, J.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; GOMEZ-VAZQUEZ, A.; TEDESCHI, L. O.; LEE-RANGEL, H. A.; BELLO-PÉREZ, E.V.; CHAY-CANUL, A. J. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. **Animals**, v.10, p. e1276, 2020.

BAUTISTA-DÍAZ, E.; SALAZAR-CUYTUN, R.; CHAY-CANUL, A. J.; HERRERA, R. A. G.; PIÑEIRO-VÁZQUEZ, Á. T.; MONFORTE, J. G. M.; TEDESCHI, L. O.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; GÓMEZ-VÁZQUEZ, A. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. **Small Ruminant Research**, v. 147, p. 115-119, 2017.

BRANDT, A. R. Review of mathematical models of future oil supply: Historical overview and synthesizing critique. **Energy**, v. 35, p. 3958-3974, 2010.

BREMM, C.; CARVALHO, P. C.; FONSECA, L.; AMARAL, G. A.; MEZZALIRA, J. C.; PEREZ, N. B.; NABINGER, C.; LACA, E. A. Diet switching by mammalian herbivores in response to exotic grass invasion. **Plos one**, v. 11, p. e0150167, 2016.

BRUNETTI, H. B.; BOOTE, K. J.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEDREIRA, C. G. S.; LARA, M. A. S.; MORENO, L. S. B.; HOOGENBOOM, G. Improving the CROPGRO Perennial Forage Model for simulating growth and biomass partitioning of guineagrass. **Agronomy Journal**, v. 113, p. 1-16, 2021.

BUNKE, O.; DROGE, B. Estimators of the mean squared error of prediction in linear regression. **Technometrics**, v. 26, p. 145-155, 1984.

CABRAL, Í. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; PINA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; FERNANDES, H. J.; ALMEIDA, F. M.; SOUZA, L. L.; LIMA, R. F.; CIRNE, L. G. A. Evaluation of models utilized in *in vitro* gas production from tropical feedstuffs. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, p. 443-456, 2019.

CABRAL, L. S.; NEVES, E. M. O.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA, I. S. Nutrients requirements estimative for sheep in Brazilian conditions. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, p. 529-542, 2008.

CALVANO, M. P. C. A.; BRUMATTI, R. C.; BARROS, J. C.; GARCIA, M. V.; MARTINS, K. R.; ANDREOTTI, R. Bioeconomic simulation of *Rhipicephalus microplus* infestation in

different beef cattle production systems in the Brazilian Cerrado. **Agricultural Systems**, v. 194, p. e103247, 2021.

CALVANO, M. P. C. A.; BRUMATTI, R. C.; GARCIA, M. V.; BARROS, J. C.; ANDREOTTI, A. Economic efficiency of *Rhipicephalus microplus* control and effect on beef cattle performance in the Brazilian Cerrado. **Experimental and Applied Acarology**, v. 79, p. 459-471, 2019.

CANUL-SOLIS, J.; ANGELES-HERNÁNDEZ, J. C.; GARCÍA-HERRERA, R. A.; RAZO-RODRÍGUEZ, D.; LEE-RANGLE, H. A.; PIÑEIRO-VÁZQUEZ, A. T.; CASANOVA-LUGO, F.; ROSALES-NIETO, C. A.; CHAY-CANUL, A. J. Estimation of body weight in hair ewes using an indirect measurement method. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 2341-2347, 2020.

CARVALHO, P. C. F. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 1, p. 137-155, 2013.

CASTILHOS, A. M.; FRANCISCO, C. L.; BRANCO, R. H.; BONILHA, S. F. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; MEIRELLES, P. R. L.; PARIZ, C. M.; JORGE, A. M. In vivo ultrasound and biometric measurements predict the empty body chemical composition in Nellore. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 1678-1687, 2018.

CHAY-CANUL, A. J.; GARCÍA-HERRERA, R. A.; SALAZAR-CUYTÚN, R.; OJEDA-ROBERTOS, N. F.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; FONSECA, M. A. CANUL-SOLÍS, J. R. Development and evaluation of equations to predict body weight of Pelibuey ewes using heart girth. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 10, p. 767-777, 2019.

CONRADO, V. D. C.; ARANDAS, J. K. G.; RIBEIRO, M. N. Modelos de regressão para predição do peso da raça Canindé através de medidas morfométricas. **Archivos de Zootecnia**, v. 64, p. 277-280, 2015.

COSTA, R. G.; LIMA, A. G. V. D. O.; RIBEIRO, N. L.; MEDEIROS, A. N. D.; MEDEIROS, G. R. D.; GONZAGA NETO, S.; OLIVEIRA, R. L. Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. e20190179, 2020.

COSTA, R. G.; RIBEIRO, N. L.; CAVALCANTE, I. T. R.; ROBERTO, F. F. S.; LIMA, P. R. Carne de caprinos e ovinos do Nordeste: Diferenciação e agregação de valor. **Revista Científica De Produção Animal**, v. 21, p. 25-33, 2019.

DENT, J. B.; BLACKIE, M. J. Systems Simulation in Agriculture. **Applied Science**, 1979.

DEVI, S.; MISHRA, R. P. A mathematical model to see the effects of increasing environmental temperature on plant–pollinator interactions. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 6, p. 1315-1329, 2020.

EKIZ, B.; YILMAZ, A.; OZCAN, M.; KOCAK, O. Effect of production system on carcass measurements and meat quality of Kivircik lambs. **Meat science**, v. 90, p. 465-471, 2012.

ERIKSSON, K. The accuracy of mathematical models of justice evaluations. **The Journal of Mathematical Sociology**, v. 36, p. 125-135, 2012.

FERNANDES, H. J.; TEDESCHI, L. O.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; PAIVA, L. S.; VALADARES, S. C.; SILVA, A. G.; AZEVÊDO, J. A. G. Evaluation of mathematical models to describe growth of grazing young bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 367-373, 2012.

FREER M.; MOORE, A. D.; DONNELLY, J. R. GRAZPLAN: GRAZPLAN: Decision support systems for Australian grazing enterprises—II. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrazFeed DSS. **Agricultural Systems**, v. 54, p. 77-126, 1997.

GOMES, M. B.; NEVES, M. L. M. W.; BARRETO, L. M. G.; FERREIRA, M. A.; MONNERAT, J. P. I. S.; CARONE, G. M.; MORAIS, J. S. A. S. C. Prediction of carcass

composition through measurements in vivo and measurements of the carcass of growing Santa Inês sheep. **Plos One**, v. 16, p. 1-17, 2021.

GONÇALVES, R. P.; BREMM, C.; MOOJEN, F. G.; MARCHI, D.; ZUBRICKI, G.; CAETANO, L. A. M.; BARTH NETO, L.; CARVALHO, P. C. F. Grazing down process: The implications of sheep's ingestive behavior for sward management. **Livestock Science**, v. 214, p. 202-208, 2018.

GRANDIS, F. A.; FERNANDES JUNIOR, F.; CUNHA, L. F. C.; DIAS, C. B. A.; RIBEIRO, E. L. A.; CONSTANTINO, C.; KORITIAKI, N. A.; CESTARI, A. A. Relação entre medidas biométricas e peso corporal em ovinos da raça Texel. **Veterinária e Zootecnia**, v. 25, p. 1-8, 2018.

GREGORINI, P.; BEUKES, P. C.; ROMERA, A. J.; G.; HANIGAN, M. D. A model of diurnal grazing patterns and herbage intake of a dairy cow, MINDY: **Model description. Ecological Modelling**, v. 270, p. 11-29, 2013.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ARAUJO, C. G. F.; COSTA, M. G.; ITAVO, L. C. V.; ARAUJO, I. M. M.; COSTA, C. M.; SANTANA, J. C. S.; ITAVO, C. C. B. F.; FERNANDES, P. B. Prediction of carcass traits of Santa Inês lambs finished in tropical pastures through biometric measurements. **Animals**, v. 11, p. 2329, 2021d.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; COSTA, M. G.; DANTAS, J. L. S.; ITAVO, L. C. V.; ITAVO, C. C. B. F.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES, J. G.; OLIVEIRA, I. L. S.; BEZERRA, J. I. G. Supplementation of lamb ewes with different protein sources in deferred marandu palisadegrass (*Brachiaria brizantha* cv. marandu) pasture. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, p. 1901-1910, 2020.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; FERNANDES, H. J.; ITAVO, L. C. V.; ITAVO, C. C. B. F.; FERNANDES, P. B.; BRIXNER, B. M.; BEZERRA,

J. I. G.; RIBEIRO, P. H. C. Evaluation of mathematical models to describe lamb growth during the pre-weaning phase. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 42, p. 2119-2126, 2021b.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SANTANA, J. C. S.; FERNANDES, P. B.; SANTOS, G. T.; ITAVO, L. C. V.; ITAVO, C. C. B. F.; MEDEIROS, H. R. Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. e479, 2021a.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SANTANA, J. C. S.; DANTAS, J. L. S.; ROBERTO, F. F. S.; CAMPOS, N. R. F.; COSTA, A. B. G. Use of biometrics in the prediction of body weight in crossbred lambs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, p. 261-264, 2021c.

GUZATTI, G. C.; DUCHINI, P. G.; SBRISSIA, A. F.; MEZZALIRA, J. C.; ALMEIDA, J. G. R.; CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N. Changes in the short-term intake rate of herbage by heifers grazing annual grasses throughout the growing season. **Grassland Science**, v. 63, p. 255-264, 2017.

HAMILTON, M. A. Model validation: an annotated bibliography. **Communications in Statistics: Theory & Methods**, v. 20, p. 2207-2266, 1991.

HODGSON, J. **Grazing management. Science into practice.** Longman Group UK Ltd., 1990.

HOPKINS, D. L.; MORTIMER, S. I. Effect of genotype, gender and age on sheep meat quality and a case study illustrating integration of knowledge. **Meat science**, v. 98, p. 544-555, 2014.

HUMA, Z. E.; IQBAL, F. Predicting the body weight of Balochi sheep using a machine learning approach. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.43, p.500-506, 2019.

INERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 2013. **Climate change 2013: the physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC fifth assessment report.** Cambridge University Press, Cambridge.

KING, T. S.; CHINCHILLI, V. M. A generalized concordance correlation coefficient for continuous and categorical data. **Statistics in Medicine**, v. 20, p. 2131-2147, 2001.

KUMAR, S.; DAHIYA, S. P.; MALIK, Z. S.; PATIL, C. S. Prediction of body weight from linear body measurements in sheep. **Indian Journal of Animal Research**, v. 52, p. 1263-1266, 2018.

LEITE, R. G.; CARDOSO, A. S.; FONSECA, N. V. B.; SILVA, M. L. C.; TEDESCHI, L. O.; DELEVATTI, L. M.; RUGIERE, A. C.; REIS, R. A. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. **Scientific Reports**, v. 11, p. e14786, 2021.

MADADELAHI, M.; ACOSTA-SOTO, L. F.; HOSSEINI, S.; MARTINEZ-CHAPA, S. O.; MADOU, M. J. Mathematical modeling and computational analysis of centrifugal microfluidic platforms: a review. **Lab on a Chip**, v. 20, p. 1318-1357, 2020.

MÁLKOVÁ, A.; PTÁČEK, M.; CHAY-CANUL A.; STÁDNÍK L. Statistical models for estimating lamb birth weight using body measurements. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, 1063-1068, 2021.

MANDAL, S.; ISLAM, M. S.; BISWAS, M. H. A.; AKTER, S. A mathematical model applied to investigate the potential impact of global warming on marine ecosystems. **Applied Mathematical Modelling**, v. 101, p. 19-37, 2022.

MAYER, D. G.; STUART, M. A.; SWAIN, A. J. Regression of real-world data on model output: an appropriate overall test of validity. **Agricultural Systems**, v. 45, p. 93-104, 1994.

McCALL, D. G. **A systems approach to research planning to North Island hill country.** 1984. 261p. Tese (Doutorado) - Massey University.

McDOWELL, L. R. **Nutrient requirements of ruminants**. In: McDOWELL, L. R. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press, p. 21-36, 1985.

MEDEIROS, H. R. **Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens**. 2003. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, Universidade de São Paulo.

MERTENS, D. R. **Regulation of forage intake**. In: FAHEY JUNIOR, G. C. Forage quality, evaluation and utilization. American Society of Agronomy, p. 450-492, 1994.

MORAIS, M. G.; MENEZES, B. B.; RIBEIRO, C. B.; WALKER, C. C.; FERNANDES, H. J.; SOUZA, A. R. D. L.; ÍTAVO, C. C. B. F.; FEIJÓ, G. L. D. Models predict the proportion of bone, muscle, and fat in ewe lamb carcasses from in vivo measurements of the 9th to 11th rib section and of the 12th rib. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, p. 1081-1090, 2016.

NADAL-ROIGA, E.; PLÀ-ARAGONÈSA, E. M.; PAGÈS-BERNAUSA, A. ALBORNOZ, V. M. A two-stage stochastic model for pig production planning in vertically integrated production systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 176, p. e105615, 2021.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids**. National Academy Press, Washington, DC, USA.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. **Applied Linear Statistical Models**. McGraw-Hill Publishing Co., 1996.

OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; SILVA, A. M. A.; CARNEIRO, M. S. S.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CAMPOS, A. C. N.; GADELHA, C. R. F. Estimativas dos requisitos nutricionais e utilização do modelo Small Ruminant Nutrition System para ovinos deslanados em condições semiáridas. **Semina: Ciência Agrária**, v. 35, p. 1985-1998, 2014.

- OLIVEIRA, D. P.; OLIVEIRA, C. A. L.; MARTINS, E. N. M.; VARGAS JUNIOR, F. M.; BARBOSA-FERREIRA, M.; SENO, L. O.; OLIVEIRA, J. C. K.; SASA, A. Morphostructural characterization of female and young male of naturalized Sul-mato-grossenses “Pantaneiros” sheep. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 973-986, 2014b.
- OLIVEIRA, J. P. F.; FERREIRA, M. A.; ALVES, A. M. S. V.; MELO, A. C. C.; ANDRADE, I. B.; URBANO, S. A.; SUASSUNA, J. M. A.; BARROS, L. J. A.; MELO, T. T. B. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, p. 529-536, 2018.
- ORESQUES, N.; SHRADER-FRECHETTE, K.; BELITZ, K. Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences. **Science**, v. 263, p. 641-646, 1994.
- PAULA, N. F.; TEDESCHI, L. O.; PAULINO, M. F.; FERNANDES, H. J.; FONSECA, M. A. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3341-3351, 2013.
- PAPUTUNGAN, U.; HENDRIK, M.J.; UTIAH, W. Predicting live weight of Indonesian Local-Bali cattle using body volume formula. **Livestock Research for Rural Development**, v. 30, 2018.
- PITTROFF, W.; KOTHMANN, M. M. Quantitative prediction of feed intake in ruminants: I. Conceptual and mathematical analysis of models for sheep. **Livestock Production Science**, v. 71, p. 131-150, 2001.
- POOL, R. Is it real, or is it Cray?. **Science**, v. 244, p. 1438-1440, 1989.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, p. 290-301, 1959.
- ROMERA, A. J.; GREGORINI, P.; BEUKES, P. C. Technical note: a simple model to estimate changes in dietary composition of strip-grazed cattle during progressive pasture defoliation. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3074-3078, 2010.

SALAZAR-CUYTUN, R.; GARCIA-HERRERA, R. A.; MUNOZ-BENITEZ, A. L.; PTACEK, M.; PORTILLO-SALGADO, R.; BELLO-PEREZ, E. V.; CHAY-CANUL, A. J. Relationship between body volume and body weight in Pelibuey ewes. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 24, p. 125, 2021.

SHAMSI, M.; MOHAMMADI, A.; MANSHADIA, M. K. D.; SANATI-NEZHAD, A. Mathematical and computational modeling of nano-engineered drug delivery systems. **Journal of Controlled Release**, v. 307, p. 150-165, 2019.

SHEHATA, M. F. Prediction of live body weight and carcass traits by some live body measurements in Barki lambs. **Egyptian Journal of Animal Production**, v. 50, p. 69-75, 2013.

SILVA, F. L.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; PACKER, I. U.; MOURÃO, G. B. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 262-271, 2011.

SILVA, M. G. T.; COSTA, M. G.; MEDEIROS, M. C.; DIFANTE, G. S.; AZEVEDO, P. S.; GURGEL, A. L. C.; EMERENCIANO NETO, J. V.; VERAS, E. L. L.; ÍTAVO, L. C. V. Use of spineless cactus associated with legume hay in the feedlot-finishing of lambs in semi-arid regions. **Plos One**, v. 16, p. e0261554, 2021.

SOUSA, J. E. R.; FAÇANHA, D. A. E.; BERMEJO, L. A.; FERREIRA, J. B.; PAIVA, R. D. M.; NUNES, S. F.; SOUZA, M. S. M. Evaluation of non-linear models for growth curve in Brazilian tropical goats. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 198, 2021.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, p. 225-247, 2006.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; SAINZ, R. D.; BARIONI, L. G.; MEDEIROS, S. R.; BOIN, C. Mathematical models in ruminant nutrition. **Scientia Agricola**, v.62, p.76-91, 2005.

TEDESCHI, L. O.; MENENDEZ, H. M. **Mathematical modeling in animal production**. In: BAZER, F. W.; LAMB, G. C.; WU, G. *Animal Agriculture Sustainability, Challenges and Innovations*. Academic Press, p. 431-453, 2020.

TRINDADE, T. F. M.; DIFANTE, G. S.; NETO, J. V. E.; FERNANDES, L. S.; ARAÚJO, I. M. M.; VÉRAS, E. L. L.; COSTA, M. G.; MEDEIROS, M. C. Biometry and carcass characteristics of lambs Supplemented in tropical grass pastures during the dry Season. **Bioscience Journal**, v. 34, p. 172-179, 2018.

VIEIRA, P. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; NEVES, A. L. A.; CHIZZOTTI, M. L.; SANTOS, R. D.; ARAÚJO, G. G. L.; MISTURA, C.; CHAVES, A. V. Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. **Small Ruminant Research**, v. 122, p. 78-84, 2013.

WATERS, S. L.; SCHUMACHER, L. J.; HAJ, A. J. E. Regenerative medicine meets mathematical modelling: developing symbiotic relationships. **Regenerative Medicine**, v. 6, p. e24, 2021.

WORKU, A. Body weight had highest correlation coefficient with heart girth around the chest under the same farmers feeding conditions for Arsi Bale sheep. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, v. 5, p. 6-12, 2019.

YU, P. Y.; CRACIUN, G. **Mathematical analysis of chemical reaction systems**. *Israel Journal of Chemistry*, v. 58, p. 733-741, 2018.

ZANETTI, D.; PRADOS, L. F.; MENEZES, A. C. B.; SILVA, B. C.; PACHECO, M. V. C.; SILVA, F. A. Z.; SILVA, L. F. C.; DETMANN, E.; TERRY, T. E.; VALADARES FILHO, S. C. Prediction of water intake to *Bos indicus* beef cattle raised under tropical conditions. **Journal of Animal Science**, v. 97, p. 1364-1374, 2019.

**CAPÍTULO 1 - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA POR
OVINOS DE CORTE EM PASTOS DE CLIMA TROPICAL**

O artigo a seguir foi publicado no periódico científico *Tropical Animal Health and Production* (Anexo I).

PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA POR OVINOS DE CORTE EM PASTOS DE CLIMA TROPICAL

RESUMO

O objetivo foi avaliar se as equações de predição do consumo de matéria seca (CMS) para ovinos de corte são aplicáveis para animais criados exclusivamente em pastos de clima tropical e propor uma nova equação para predizer o CMS de ovinos mantidos em pastos tropicais. A predição do CMS a partir das equações publicadas foi avaliada pela regressão dos valores preditos e observados, pelo teste F, para a identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) da regressão dos dados preditos pelos observados. Se a hipótese nula não for rejeitada, concluiu-se que a equação testada estima com precisão o CMS. A equação proposta foi avaliada da mesma forma das equações publicadas. Os dados utilizados de desempenho animal, estrutura e composição química do pasto foram provenientes de experimento conduzido com 32 ovinos da raça Santa Inês mantidos em pastos tropicais. Na análise de adequação dos modelos, a hipótese de nulidade foi rejeitada ($P < 0,001$), as equações geraram predições diferentes ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) ao CMS observado em condições práticas de alimentação de ovinos em pastejo. A equação proposta, $CMS (\% PV) = 7,16545 (\pm 0,76522) - 0,21799 (\pm 0,01812) \times PV + 0,00273 (\pm 0,00034) \times PV^2 - 0,00688 (\pm 0,00299) \times TP + 0,000007 (\pm 0,000002) \times TP^2 + 0,00271 (\pm 0,00108) \times OFV$, em que o PV é peso vivo (kg); TP é o tempo de pastejo (min/dia) e OFV é a oferta de forragem verde (kg de MS/100kg de PV), deve ser usada para predizer com mais precisão o CMS de ovinos em pastejo.

Palavras-chave: equações matemáticas, estimativas de consumo, ingestão de forragem, ovinocultura, pastagem

INTRODUÇÃO

O consumo de matéria seca (CMS) é um dos fatores que mais influência no ganho de peso dos animais (Vieira et al., 2013; Euclides et al., 2015), pois a quantidade de nutrientes necessária para atendimento das exigências nutricionais é resultante da ingestão de matéria seca (Vieira et al., 2013; Oliveira et al., 2018). Além disso, o conhecimento acerca do CMS dos animais é fundamental para reduzir os custos com alimentação, pois permite o planejamento pelos produtores das demandas de alimento para os animais ao longo do ano.

A estimativa de CMS pelos animais em pastejo é complexa (Baumont et al., 2004; Carvalho, 2013; Neill et al., 2014) e envolve fatores, como raça, sexo, idade, peso corporal, estágio fisiológico (crescimento, gestação ou lactação), composição corporal (NRC, 2007; Oliveira et al., 2014) e as interações entre as características do animal e do pasto (Romera et al., 2010; Carvalho, 2013). O comportamento ingestivo é reconhecido como a forma mais eficiente de demonstrar as interações existentes entre a estrutura do pasto e o consumo de forragem (Baumont et al., 2004).

Inúmeros métodos são utilizados para estimar o CMS: *e.g.*, pesagem dos animais durante a alimentação, ou antes e depois do pastejo; mensuração da massa de forragem no pré e no pós-pastejo e avaliação do comportamento ingestivo dos animais através de variáveis como tempo de pastejo, número e tamanho do bocado (Guzatti et al., 2017). No entanto, a técnica mais utilizada para estimar o CMS de animais em pasto é pela relação entre produção fecal e a digestibilidade *in vitro* do alimento ingerido (Costa et al., 2018). Porém, essa metodologia demanda tempo e é mais onerosa financeiramente devido ao elevado número de amostras e análises laboratoriais para determinação dos indicadores de digestibilidade e de indigestibilidade das dietas.

Os modelos matemáticos são ferramentas capazes de predizer com alta precisão o CMS (Romera et al., 2010; Neill et al., 2014). Entretanto, não foi encontrada uma equação desenvolvida para predizer o CMS de ovinos de corte criados exclusivamente em pastos de clima tropical. Portanto, a hipótese foi de que as atuais equações publicadas para predizer o CMS de ovinos de corte não são aplicáveis a animais criados em pastos de clima tropical. O objetivo foi avaliar se as equações de predição do CMS para ovinos de corte são válidas para ovinos criados exclusivamente em pastos de clima tropical, e propor uma nova equação para predizer o CMS de ovinos mantidos em pastos tropicais.

MATERIAL E MÉTODOS

Equações para predição do CMS

As equações desenvolvidas por comitês de pesquisas internacionais são as mais utilizadas em trabalhos científicos com ovinos no Brasil, sobretudo as equações de predição de CMS relatadas pelo *National Research Council* (NRC). Dessa forma, o sistema americano em sua última versão (NRC, 2007), propôs equações para estimativa de consumo de ovinos em crescimento tendo como base as recomendadas pelo CSIRO (1990). Na equação proposta

(1), o CMS (kg/dia) é uma função do peso padrão de referência (Kg) e do tamanho relativo do animal:

$$(1) \quad \text{CMS} = 0,04 \times \text{PPR} \times \text{TR} \times (1,7 - \text{TR})$$

Em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); PPR = peso padrão de referência (kg), sendo o peso que corresponde a um animal adulto e se for fêmea deve ser considerada não gestante e não lactante, com escore corporal 2,5 na escala de 1 a 5 e que já teve o crescimento esquelético completo; TR = tamanho relativo, equivalente à razão entre o peso do animal em uma determinada idade e o PPR.

No entanto, a equação 1 é válida apenas quando a digestibilidade da matéria seca da dieta for igual ou superior a 80%. O NRC sugeriu um fator de correção (FC) do consumo, quando a digestibilidade é menor que este valor (Equação 2).

$$(2) \quad \text{FC} = 1 - 1,7 (0,8 - \text{Digestibilidade})$$

Os modelos de predição de consumo pelos comitês internacionais são obtidos, na sua maioria, em países de clima temperado. Portanto, elaborados especificamente para suas próprias características ambientais, raças e composições alimentares que são muito contrastantes com a realidade encontrada nas regiões tropicais. Em função disso, pesquisas desenvolvidas no Brasil procuram propor modelos matemáticos para predizer o CMS de ovinos em condições tropicais. Cabral et al. (2008) propuseram um modelo para predição de CMS de ovinos deslanados, para a elaboração do modelo foi realizada uma busca na literatura onde foram considerados apenas os dados obtidos com animais que recebiam no mínimo 30% de concentrado na dieta (Equação 3).

$$(3) \quad \text{CMS} = 0,311 + 0,0197 \times \text{PV} + 0,682 \times \text{GMD}$$

Em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); PV = peso vivo (kg); GMD = Ganho médio diário (kg/dia).

Por meio de estudo metanalítico, Vieira et al. (2013) compilaram dados de teses e artigos com ovinos da raça Santa Inês confinados, inteiros, em fases de crescimento e terminação com o objetivo de desenvolver equações de predição de CMS para ovinos mantidos em confinamento (Equação 4).

$$(4) \quad \text{CMS} = 238,74 + 31,3574 \times \text{PVM} + 1,2623 \times \text{GMD} - 5,1837 \times \text{CON}$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (g/dia); PVM = peso vivo metabólico (kg); GMD = ganho médio diário (kg/dia); CON = porcentagem de concentrado na dieta.

Oliveira et al. (2014) realizaram um estudo com 35 cordeiros da raça Santa Inês em fase de terminação e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia metabolizável para avaliar o modelo *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) para prever o CMS de ovinos. Os autores estimaram o CMS a partir de uma equação de regressão linear múltipla em função do ganho médio diário (GMD) e do peso vivo metabólico ($\text{PV}^{0,75}$) dos animais experimentais (Equação 5).

$$(5) \quad \text{CMS} = 227,8674 + 1,3513 \times \text{GMD} - 0,0008 \times \text{GMD}^2 + 25,5070 \times \text{PVM}$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (g/dia); GMD = ganho médio diário (kg/dia); PVM = peso vivo metabólico.

Todos os modelos apresentados foram desenvolvidos para prever o CMS de ovinos em condições de confinamento, o que pode gerar inconsistências se utilizados para predição do CMS de ovinos em pastejo, pois, não consideram as características do pasto e as interações entre o animal e a planta forrageira. Dessa forma, McCall (1984) propôs um modelo para estimar o consumo de forragem em pastos que possuem como espécie forrageira predominante o azevém perene. O autor modelou o CMS real de ovinos em pastos como sendo função da ingestão máxima multiplicada pelo fator de correção (Equação 6). O fator de correção é obtido pela oferta de forragem e o consumo potencial do animal (Equações 7 e 8).

$$(6) \quad \text{CF} = \text{Imax} \times \text{M}$$

$$(7) \quad \text{M} = \text{A} \times \text{EXP}(-1,016 \times \text{EXP}(1,0308 \times \text{OFP}))$$

$$(8) \quad \text{A} = 1 - 1,42 \times (-0,00198 \times \text{MF})$$

Onde: CF = consumo de forragem (kg/dia); Imax = ingestão máxima de forragem (kg/dia) obtida pelas equações de predição de consumo apresentadas anteriormente; M = fator de correção; OFP = oferta de forragem dividida pela ingestão máxima; MF = massa de forragem descontado o material morto (kg/ha).

Medição do CMS

Os dados utilizados foram oriundos de um experimento conduzido no período de 09/09/2013 a 05/11/2014 na Universidade Federal do Rio Grande do Norte localizada em Macaíba, RN - Brasil (5° 53' 34'' S 35° 21' 50'' W), com 32 ovinos da raça Santa Inês, machos e castrados, com peso vivo médio inicial de 18,2±2,6 kg a partir do desmame (Emerenciano Neto et al., 2017 e 2018).

Os ovinos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de oito animais alocados em pastos de *Panicum maximum* cv. Massai manejados sob quatro alturas do dossel no pré-pastejo: 35, 40, 45 e 50 cm. O método de pastejo utilizado foi com lotação intermitente e taxa de lotação variável, com o objetivo de manter as metas de altura de pré-pastejo de cada tratamento e de pós-pastejo de 15 cm para todos os pastos. Os animais foram mantidos no pasto durante o dia (das 7 às 16 horas) e abrigados em galpão com baias coletivas durante a noite, com acesso à água e sal mineral *ad libitum*. Detalhes da área experimental, dos métodos de coleta, avaliações dos pastos e dos animais podem ser encontrados em Emerenciano Neto et al. (2017 e 2018).

O CMS foi determinado em dois períodos que iniciaram nos dias 01/05/2014 e 06/09/2014, por meio da seguinte fórmula: CMS = Produção fecal / (1 – Digestibilidade da MS em %) de acordo com (Penning e Johnson, 1983). Onde a digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi determinada conforme metodologia de Tilley e Terry (1963). A produção fecal diária foi estimada de acordo com a metodologia descrita por Saliba et al. (2015). Onde se utilizou o indicador Lipe®, sendo suas cápsulas de 250 mg introduzidas na boca dos animais durante sete dias consecutivos. A coleta das fezes foi iniciada no terceiro dia de uso do indicador sendo este procedimento executado por cinco dias decorrentes. As fezes foram congeladas, e após todas as coletas foi feito um *pool* das cinco coletas de fezes para cada animal e desidratadas em estufa de circulação forçada a 55 °C até peso constante, após secas, as amostras foram moídas a 1 mm e encaminhadas para o Laboratório Simões e Saliba, em Belo Horizonte, MG – Brasil, para determinação da concentração do Lipe® nas fezes através de Espectroscopia no Infravermelho.

Os dados de CMS estimados pelas equações propostas na literatura (Equações 1 a 5), com e sem o ajuste (Equação 6), proposto por McCALL (1984), foram comparados com os valores reais de CMS coletados, por meio do modelo de regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, onde Y foi o valor observado; β_0 e β_1 representam o intercepto e a inclinação da equação de regressão, respectivamente; e X foi o valor predito pelas equações. Os critérios para avaliar a adequação dos modelos foram: coeficiente de determinação (R^2); teste F, para a identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) da regressão dos dados preditos pelos observados; o

coeficiente de correlação e concordância (CCC); a raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição (RQMEP); e a decomposição do quadrado médio do erro da predição (QMEP) em erro médio, vício sistemático e erro aleatório (Tedeschi, 2006), utilizando-se o programa *Model Evaluation System* versão 3.2.2.

Variáveis preditoras e predição do CMS a partir de dados coletados em pastos de clima tropical

Todas as variáveis usadas nas equações (Equações 1 a 8) para predizer o CMS foram adotadas como possíveis variáveis preditoras na equação proposta. As variáveis tempo de pastejo (min/dia), taxa de bocado (bocados/min), fibra em detergente neutro (% da MS), fibra em detergente ácido (% da MS) e proteína bruta (% da MS) também foram consideradas como possíveis variáveis preditoras. A correlação entre as variáveis e o CMS foi usada para determinar se a variável deveria ser considerada.

Os ajustes do modelo e a seleção de variáveis foram realizadas pelo procedimento REG, uma análise de estatística descritiva das variáveis foi realizada por meio do PROC SUMMARY do pacote estatístico do SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os outliers foram testados pela avaliação dos resíduos estudantizados em relação aos valores preditos pelo modelo. Os resíduos que ficaram fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. Os critérios para avaliar a adequação do modelo foram os mesmos descritos anteriormente usando o programa MES (*Model Evaluation System*, versão 3.2.2). Adotou-se o nível de 5% de significância em todas as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das equações de predição do CMS de ovinos

Na análise de adequação dos modelos, a hipótese de nulidade foi rejeitada ($P < 0,001$), ou seja, as equações geraram predições diferentes ao CMS observado em condições práticas de alimentação de ovinos em pastejo (Tabela 1). O CMS foi superestimado (Tabela 1, Figura 1) pelas equações publicadas (Equações de 1 a 5) quando comparado ao CMS real observado. Provavelmente, esses resultados ocorreram porque a maioria dessas equações (Equações 1 a 5) foram geradas a partir de dados com animais confinados e, em razão disso, não adotam nenhum parâmetro do pasto ou das interações planta-herbívoro. Apenas algumas delas levam em consideração as características qualitativas da dieta.

1092 Tabela 1. Avaliação da adequação dos modelos de predição do consumo de matéria seca por ovinos de corte em pastos de clima tropical

Itens	Observado	Modelos ¹							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Média (%PV)	1,92	2,57	3,29	2,34	2,03	2,56	3,19	2,33	2,03
Desvio padrão	0,43	0,12	0,24	0,27	0,25	0,13	0,26	0,28	0,26
Mínimo (%PV)	1,26	2,31	2,93	1,90	1,63	2,29	2,87	1,89	1,63
Máximo (%PV)	3,29	2,86	4,20	3,28	2,91	2,85	4,20	3,28	2,91
Valor P	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R ²	-	0,91	0,92	0,97	0,97	0,84	0,92	0,96	0,96
CCC	-	0,15	0,09	0,53	0,82	0,17	0,10	0,55	0,83
RQMEP	-	0,73	1,38	0,45	0,22	0,71	1,37	0,44	0,21
Erro médio (%)	-	81,70	97,80	87,2	29,40	81,80	98,0	87,5	27,4
Erro sistemático (%)	-	15,10	1,70	10,00	58,20	13,50	1,00	9,20	57,70
Erro aleatório (%)	-	3,20	0,50	2,80	12,40	4,70	1,00	3,30	14,90

1093 1: A – valores preditos por NRC (2007); B – valores preditos por Cabral et al. (2008); C - valores preditos por Vieira et al. (2013); D - valores
1094 preditos por Oliveira et al. (2014); E – valores preditos por NRC (2007) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); F -
1095 valores preditos por Cabral et al. (2008) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); G - valores preditos por Vieira et al.
1096 (2013) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); H - valores preditos por Oliveira et al. (2014) multiplicado pelo fator
1097 de correção proposto por McCALL (1984). PV = peso vivo; CCC = coeficiente de concordância de correlação; RQMEP = raiz quadrada do
1098 quadrado médio do erro de predição.

Além disso, o CMS de animais em pastejo sem uso de suplementação tende a ser superestimado por essas equações (Carnevali et al., 2001; Oliveira et al., 2016), devido a limitação física que ocorre com a ingestão de altos níveis de fibra, o que promove redução na taxa de passagem (Figueiredo et al., 2013).

Na equação de Oliveira et al. (2014) não tem nenhuma variável relacionada à qualidade da dieta. Já o NRC (2007) considerou as características de digestibilidade da dieta como um fator de correção importante para a predição do CMS de ovinos, esse fator de correção (Equação 2) também foi adotado na avaliação das equações, pois a digestibilidade da lâmina foliar do capim-massai foi de 48% (Emerenciano Neto et al. 2018), mesmo assim, não houve melhoria na predição do CMS pelas equações.

Na equação de Vieira et al. (2013) a qualidade da dieta foi incluída no modelo apenas de forma indireta, através da relação volumoso: concentrado, critério esse não aplicável para animais que tem o pasto com fonte única de alimento. Cabral et al. (2008) propuseram um modelo para predição do CMS de ovinos em que foi estimado pelo peso vivo e ganho médio diário. Entretanto, a equação de Cabral et al. (2008) se restringe a dietas com no mínimo 30% de concentrado.

Todos os valores estimados pelas equações (Equações 1 a 5) foram corrigidos pelo fator de correção proposto por McCall (1984), fator que engloba a oferta e a massa de forragem e varia de 0 a 1. Mesmo assim, o CMS foi superestimado por essas equações (Tabela 1, Figura 1). O modelo de McCall (1984) foi proposto para estimar o consumo de forragem por animais em pastos que possuem como espécie predominante o azevém perene. (*Lolium multiflorum*), que apresenta alta participação de folhas na massa de forragem e elevada digestibilidade (Tonato et al., 2014), realidade contrastante a dos pastos de clima tropical, que tem como características maior participação de componentes estruturais e baixa digestibilidade da matéria seca (Euclides et al., 2015).

Segundo a equação de McCall (1984), só haverá uma redução significativa no CMS real em relação à ingestão máxima, se a oferta de forragem for limitante, o que não foi observado por Emerenciano Neto et al. (2018), por isso o fator de correção calculado foi próximo de 1.

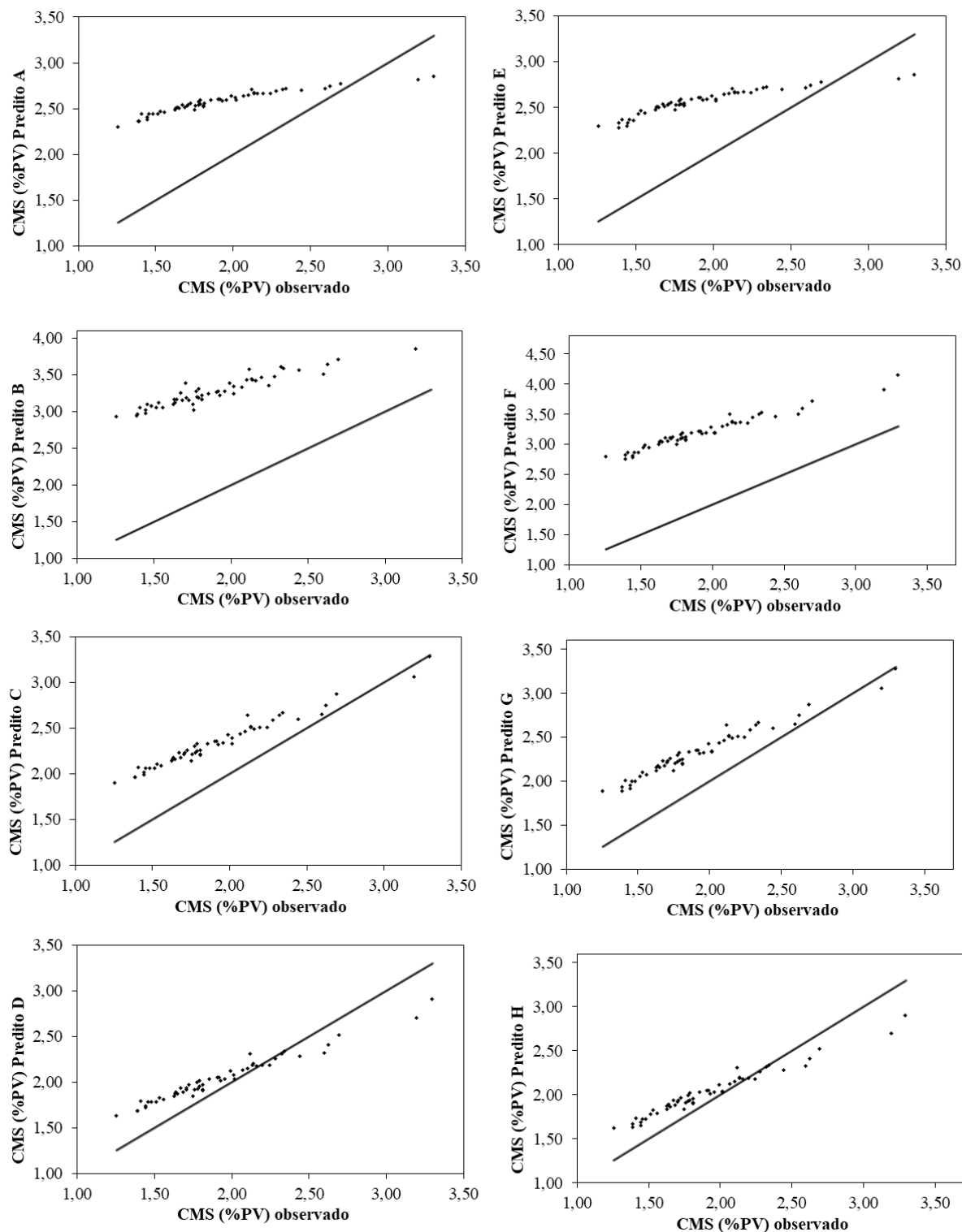


Figura 1. Comparações entre o CMS predito e observado por ovinos de corte em pastos de clima tropical. A – valores preditos por NRC (2007); B – valores preditos por Cabral et al. (2008); C - valores preditos por Vieira et al. (2013); D - valores preditos por Oliveira et al. (2014); E – valores preditos por NRC (2007) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); F - valores preditos por Cabral et al. (2008) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); G - valores preditos por Vieira et al. (2013) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984); H - valores preditos por Oliveira et al. (2014) multiplicado pelo fator de correção proposto por McCALL (1984).

Predição do CMS

Os valores de desvio padrão foram elevados para maioria das variáveis (Tabela 2). Esse resultado pode ser justificado pelas diferentes estratégias de manejo do pasto, que resultaram em respostas distintas na produção primária e secundária (Emerenciano Neto et al., 2017 e 2018), porém, o banco de dados diversificado promove maior robustez ao modelo.

Tabela 2. Estatística descritiva das características dos animais e do pasto utilizadas como possíveis variáveis preditoras do consumo de matéria seca por ovinos em pastejo

Variáveis	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Consumo de matéria seca (%PV)	1,92	0,42	1,26	3,29
Peso vivo (kg)	26,31	5,04	14,30	37,80
Peso vivo metabólico (kg ^{0,75})	11,58	1,68	7,35	15,24
Ganho médio diário (g/dia)	35,42	24,51	-21,36	128,16
Tempo de pastejo (min/dia)	506,41	43,94	400,00	580,00
Taxa de bocados (bocados/min)	30,45	6,70	23,30	65,00
Massa de forragem (kg/ha de MS)	7012,00	1141,00	5307,00	9413,00
MLF (kg/ha de MS)	2953,00	841,30	1356,00	3989,00
Massa de colmo (kg/ha de MS)	1211,00	217,67	827,38	1556,00
MMM (kg/ha de MS)	2884,59	953,31	1561,39	4821,04
OF (kg de MS/100kg de PV)	58,78	16,13	44,22	92,16
OFV (kg de MS/100kg de PV)	34,20	7,33	25,84	45,30
Proteína Bruta (%)	7,07	0,73	5,72	7,97
Fibra em detergente neutro (%)	71,48	2,06	68,86	73,87
Fibra em detergente ácido (%)	44,90	8,91	34,58	56,02

Número de observações = 54; PV = peso vivo; MS = matéria seca; MLF = massa de lâmina foliar; MMM = massa de material morto OF = oferta de forragem; OFV = oferta de forragem verde (lâmina foliar + colmo).

As variáveis peso vivo, tempo de pastejo e oferta de forragem verde apresentaram maior correlação com o CMS (Tabela 2), e foram selecionadas ($P < 0,05$) para prever CMS de ovinos em pastejo. O valor quadrático destas variáveis foi testado e foi significativo para o TP ($P = 0,015$) e PV ($P < 0,0001$) elevado ao quadrado, o que promoveu melhorias no modelo.

A equação para prever o CMS de ovinos em pastos tropicais foi:

$$(9) \quad \text{CMS (\% PV)} = 7,16545 (\pm 0,76522) - 0,21799 (\pm 0,01812) \times \text{PV} + 0,00273 (\pm 0,00034) \times \text{PV}^2 - 0,00688 (\pm 0,00299) \times \text{TP} + 0,000007 (\pm 0,000002) \times \text{TP}^2 + 0,00271 (\pm 0,00108) \times \text{OFV}$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (% do PV); PV = peso vivo (kg); TP = tempo de pastejo (mín/dia) e OFV = oferta de forragem verde (kg de MS/100kg de PV), a qual equivale a oferta de forragem descontado o material morto. A correlação entre CMS e PV, TP e OFV foram -0,95 (P<0,001), 0,39 (P=0,001) e 0,38 (P=0,003), respectivamente.

A correlação negativa entre o PV e o CMS expresso em porcentagem do PV ocorre devido aos animais de menor tamanho corporal terem maior exigência de manutenção por kg de PV, em função da maior superfície corporal relativa, soma-se a isso o fato que animais menores apresentam maior proporção de tecidos com elevada atividade metabólica (Cabral et al., 2008).

O coeficiente negativo para as variáveis PV e TP (Equação 9) indica que o CMS alcança um platô. Possivelmente, esse fato está associado com a inflexão da curva de crescimento do animal, atingida após a maturidade sexual (Kopuzlu et al., 2013), quando ocorre redução na deposição de proteína no corpo vazio. Já, o enchimento do rúmen explica o comportamento da variável TP, ou seja, o CMS é aumentado com a elevação do TP até o trato gastrointestinal atingir sua máxima capacidade física (Gonçalves et al., 2018).

As estimativas do CMS médio e do desvio padrão do consumo estimado foram iguais (P=0,99) aos dados reais (Tabela 3 e Figura 2). A decomposição do quadrado médio do erro da predição mostrou que 99% do erro da equação tem uma origem aleatória. Esses resultados, aliados com valores de R² ajustado e de CCC acima de 0,98 indicam que o modelo (Equação 9) apresenta capacidade preditiva e alta acurácia e precisão (Tedeschi, 2006; Zanetti et al. 2019). Por fim, a RQMEP apontou que o modelo demonstra boa capacidade em prever o CMS exato dos animais, com RQMEP de 0,04% do PV.

1187 Tabela 3. Avaliação da adequação do modelo de predição do consumo de matéria seca por
 1188 ovinos em pastejo

Itens	Observado	Estimado
Média (%PV)	1,85	1,85
Desvio padrão	0,32	0,31
Mínimo (%PV)	1,39	1,38
Máximo (%PV)	2,69	2,72
Valor P	-	0,99
Coeficiente de determinação ajustado (R^2)	-	0,98
Coeficiente de concordância de correlação	-	0,99
Raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição	-	0,04
Erro médio	-	0,00 (0,0%)
Erro sistemático	-	0,00001 (0,46%)
Erro aleatório	-	0,0018 (99,54%)

1189
$$\text{CMS (\% PV)} = 7,16545 (\pm 0,76522) - 0,21799 (\pm 0,01812) \times \text{PV} + 0,00273 (\pm 0,00034) \times \text{PV}^2$$

 1190
$$- 0,00688 (\pm 0,00299) \times \text{TP} + 0,000007 (\pm 0,000002) \times \text{TP}^2 + 0,00271 (\pm 0,00108) \times \text{OFV}.$$

1191

1192 O efeito do PV sobre o CMS é bem relatado na literatura. Todas as equações de
 1193 predição do CMS publicadas usam o PV e/ou PVM como preditor (NRC, 2007; Cabral et al.,
 1194 2008; Vieira et al., 2013; Oliveira et al., 2014). Essa relação entre o peso do animal e o CMS
 1195 baseia-se no aumento das exigências do animal em decorrência do incremento no peso vivo
 1196 (Oliveira et al., 2018).

1197 A variável TP, não foi considerada em nenhum modelo para estimar o CMS em função
 1198 da maioria dessas equações terem sido geradas a partir de dados de animais confinados. No
 1199 entanto, o CMS diário por ovinos em pastejo é resultante do tempo gasto pelo animal na
 1200 busca e apreensão da forragem (TP) e da taxa de ingestão durante esse período (Baumont et
 1201 al., 2004; Carvalho, 2013). Para exemplificar a relação do TP e o CMS, basta imaginar uma
 1202 situação com limitações na oferta de forragem, nessa circunstância, ocorre uma redução na
 1203 taxa de ingestão e aumento no tempo de pastejo (Gonçalves et al., 2018), portanto, o animal
 1204 altera o TP na tentativa de manter os mesmos níveis de consumo.

1205

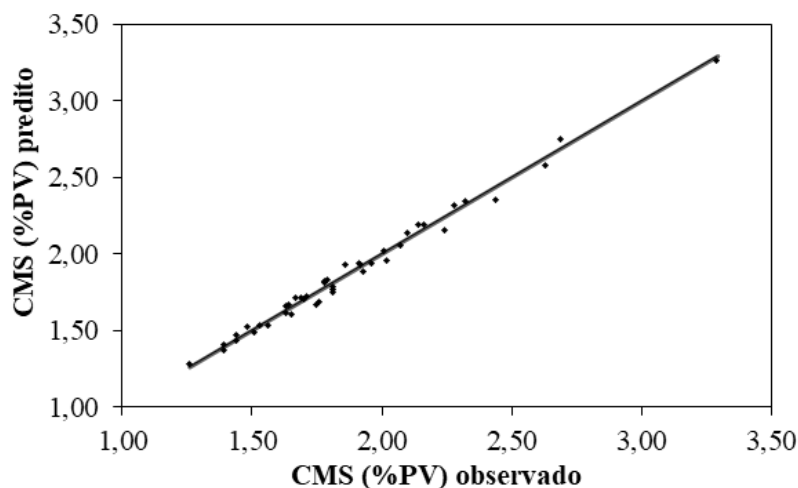


Figura 2. Comparação entre o CMS predito pela equação proposta e o observado por ovinos corte em pastos de clima tropical.

Entre as variáveis relacionadas com o pasto, a OFV (folha + colmo) foi incluída na equação, já a OF (folha + colmo + material morto) não foi selecionada, devido às características dos pastos tropicais que apresentam elevada proporção de material morto na massa de forragem (Gurgel et al., 2017), que atuam como uma das principais barreiras físicas para obtenção de bocados mais profundos (Difante et al., 2010), o que pode limitar o CMS.

McCall (1984) ao propor um fator de correção para estimar consumo de forragem em pastos de Azevém perene (*Lolium multiflorum*), também observou que OFV é uma característica que deve ser considerada na estimativa do consumo de forragem. Como descrito anteriormente, o animal pode alterar o TP na tentativa de manter o CMS. Porém, se a oferta de forragem for demasiadamente baixa, o aumento no tempo de pastejo não será capaz de manter o consumo devido à redução drástica na taxa de ingestão (Guzatti et al., 2017; Ison et al., 2020).

Os trabalhos futuros com ovinos em pastos tropicais devem ter como objetivo avaliar o CMS para adicionar os resultados ao banco de dados e avaliar a precisão dessa equação em diferentes cenários.

CONCLUSÕES

As equações publicadas não predizem com precisão o CMS de ovinos de corte, os valores são superestimados em pastos de clima tropical. A equação proposta $CMS (\% PV) = 7,16545 (\pm 0,76522) - 0,21799 (\pm 0,01812) \times PV + 0,00273 (\pm 0,00034) \times PV^2 - 0,00688$

$(\pm 0,00299) \times TP + 0,000007 (\pm 0,000002) \times TP^2 + 0,00271 (\pm 0,00108) \times OFV$, deve ser usada para prever com mais precisão o CMS de ovinos mantidos em pastos de clima tropical.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. O apoio do CNPq, Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

BAUMONT, R.; COHEN-SALMÃO, D.; PRACHE, S.; SAUVANT, D. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, v.112, p. 5-28, 2004.

CABRAL, L. S.; NEVES, E. M. O.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA, I. S. Nutrients requirements estimative for sheep in Brazilian conditions. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, p. 529-542, 2008.

CARNEVALLI, R. A.; SILVA, S. C.; FAGUNDES, J. L.; SBRISSIA, A. F.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M.; PEDREIRA, C. G. S. Pasture and sheep performance on Tifton 85 (*Cynodon* spp.) Pastures under continuous stocking. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 7-15, 2001.

CARVALHO, P. C. F. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 1, p. 137-155, 2013.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION – (CSIRO) - 1990. **Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. Melbourne, Australia.**

- 1263 COSTA, M. M. C.; ÍTAVO.; L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M.; PETIT, H. V.;
 1264 REIS, F. A.; GOMES, R. C.; LEAL, E. S.; NIWA, M. V. G.; MORAES, G. J. Evaluation of
 1265 internal and external markers to estimate faecal output and feed intake in sheep fed fresh
 1266 forage. **Animal Production Science**, v. 59, p. 741-748, 2018.
- 1267
- 1268 DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.;
 1269 BARBOSA, R. A.; TORRES JÚNIOR, R. A. A. Performance and feed conversion of beef
 1270 cattle steers on Tanzania guineagrass under two grazing intensities and rotational stocking.
 1271 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 33-41, 2010.
- 1272
- 1273 EMERENCIANO NETO, J. V.; DIFANTE, G. S.; LANA, Â. M. Q.; CAMPOS, N. R. F.;
 1274 VERAS, E. L. L.; MORAES, J. D. Sward structure and herbage accumulation of Massai
 1275 Guineagrass pastures managed according to pre-grazing heights, in the Northeast of Brazil.
 1276 **Journal of Agricultural Science**, v. 9, p. 155-163, 2017.
- 1277
- 1278 EMERENCIANO NETO, J. V.; DIFANTE, G. S.; LANA, Â. M. Q.; MEDEIROS, H. R.;
 1279 AGUIAR, E. M.; MONTAGNER, D. B.; SOUZA, J. S. Forage quality and performance of
 1280 sheep in Massai grass pastures managed at pre-grazing canopy heights. **South African**
 1281 **Journal of Animal Science**, v. 48, p. 1073-1081, 2018.
- 1282
- 1283 EUCLIDES, V. P. B.; LOPES, F. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SILVA, S. C.;
 1284 DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R.A. Steer performance on *Panicum maximum* (cv. Mombaça)
 1285 pastures under two grazing intensities. **Animal Production Science**, v. 56, p. 1849-1856,
 1286 2015.
- 1287
- 1288 FIGUEIREDO, M. R. P.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; REBOUÇAS, G. M. N.; SILVA,
 1289 F. A.; SÁ, H. C. M. Ingestive behavior of sheep fed with different sources of fiber. **Arquivo**
 1290 **Brasileiro de Medicina Veterinária**, v. 65, p. 485-48, 2013.
- 1291
- 1292 GONÇALVES, R. P.; BREMM, C.; MOOJEN, F. G.; MARCHI, D.; ZUBRICKI, G.;
 1293 CAETANO, L. A. M.; BARTH NETO, L.; CARVALHO, P. C. F. Grazing down process:
 1294 The implications of sheep's ingestive behavior for sward management. **Livestock Science**, v.
 1295 214, p. 202-208, 2018.

- 1296 GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SOUZA, J. S.;
 1297 VERAS, E. L. L.; COSTA, A. B. G.; NETTO, R. T. C.; FERNANDES, L. S.; CUNHA, J. C.;
 1298 ROBERTO, F. F. S. Estrutura do pasto e desempenho de ovinos em capim-massai na época
 1299 seca em resposta ao manejo do período das águas. **Boletim de Industria Animal**, v. 74, p.
 1300 86-95, 2017.
- 1301
- 1302 GUZATTI, G. C.; DUCHINI, P. G.; SBRISSIA, A. F.; MEZZALIRA, J. C.; ALMEIDA, J.
 1303 G. R.; CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N. Changes in the short-term intake
 1304 rate of herbage by heifers grazing annual grasses throughout the growing season. **Grassland**
 1305 **Science**, v. 63, p. 255-264, 2017.
- 1306
- 1307 ISON, K. A. D.; BENVENUTTI, M. A.; MAYER, D. G.; QUIGLEY, S.; BARBER, D. G.
 1308 Maximizing Lucerne (*Medicago sativa*) pasture intake of Dairy Cows: 1-the effect of pre-
 1309 grazing pasture height and mixed ration level. **Animals**, v. 10, p. 115, 2020.
- 1310
- 1311 KOPUZLU, S.; SEZGIN, E.; ESENBUGA, N.; BILGIN, O. C. Estimation of growth curve
 1312 characteristics of Hemsin male and female sheep. **Journal of Applied Animal Research**, v.
 1313 42, p. 228-232, 2014.
- 1314
- 1315 McCALL, D. G. A systems approach to research planning to North Island hill country.
 1316 1984. 261p. Tese (Doutorado) - Massey University.
- 1317
- 1318 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 2007. **Nutrient requirements of small**
 1319 **ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids**. National Academy Press,
 1320 Washington, DC, USA.
- 1321
- 1322 NEILL, B. F. O.; RUELLE, E.; DONOVAN, M. O.; SHALLOO, L.; MULLIGAN, F. J.;
 1323 BOLAND, T. M.; DELABY, L.; DELAGARDE, L. Adaptation and evaluation of the GrazeIn
 1324 model of grass dry matter intake and milk yield prediction for grazing dairy cows. **Animal**, v.
 1325 8, p. 596-609, 2014.
- 1326
- 1327 OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. S.; BIFFANI, S.; MEDEIROS, A. N.; SILVA, A. M. A.;
 1328 OLIVEIRA, R. L.; MARCONDES, M. I. Meta-analysis of the energy and protein

requirements of hair sheep raised in the tropical region of Brazil. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, p. 52-60, 2018.

OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; SILVA, A. M. A.; CARNEIRO, M. S. S.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CAMPOS, A. C. N.; GADELHA, C. R. F. Estimativas dos requisitos nutricionais e utilização do modelo Small Ruminant Nutrition System para ovinos deslanados em condições semiáridas. **Semina: Ciência Agrária**, v. 35, p. 1985-1998, 2014.

OLIVEIRA, R. G.; VOLTOLINI, T. V.; MISTURA, C.; MORAES, A. S.; SOUZA, R. A.; SANTOS, B. R. C. Productive performance and carcass characteristics of lambs grazing on pastures of two cultivars of buffel grass and three forage allowance. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 374-384, 2016.

PENNING, P. D.; JOHNSON, R. H. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake: 2. Indigestible acid detergent fibre. **The Journal of Agricultural Science**, v. 100, p. 133-138, 1983.

ROMERA, A. J.; GREGORINI, P.; BEUKES, P. C. Technical note: a simple model to estimate changes in dietary composition of strip-grazed cattle during progressive pasture defoliation. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 3074-3078, 2010.

SALIBA, E. O. S.; FARIA, E. P.; RODRIGUEZ, N. M.; MOREIRA, G. R.; SAMPAIO, I. B. M.; SALIBA, J. S.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C. Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. **International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics**, v. 4, p. 1-10, 2015.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, p. 225-247, 2006.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass and Forage Science**, v. 18, p. 104-111, 1963.

- 1362 TONATO, F.; PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; PEQUENO, D. N. L. Black oats and
1363 annual ryegrass harvested by light interception or fixed rest interval in integrated crop-
1364 livestock systems in São Paulo State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 44, p. 104-110, 2014.
1365
- 1366 VIEIRA, P. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; NEVES, A. L. A.;
1367 CHIZZOTTI, M. L.; SANTOS, R. D.; ARAÚJO, G. G. L.; MISTURA, C.; CHAVES, A. V.
1368 Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams.
1369 **Small Ruminant Research**, v. 122, p. 78-84, 2013.
1370
- 1371 ZANETTI, D.; PRADOS, L. F.; MENEZES, A. C. B.; SILVA, B. C.; PACHECO, M. V. C.;
1372 SILVA, F. A. Z.; SILVA, L. F. C.; DETMANN, E.; TERRY, T. E.; VALADARES FILHO,
1373 S. C. Prediction of water intake to Bos indicus beef cattle raised under tropical conditions.
1374 **Journal of Animal**, v. 97, p. 1364-1374, 2019.
1375

**CAPÍTULO 2 – USO DA BIOMETRIA NA PREDIÇÃO DO PESO
CORPORAL DE CORDEIROS MISTIÇOS MANTIDOS EM PASTOS
TROPICAIS**

O artigo a seguir foi publicado no formato de
comunicação de pesquisa no periódico
científico *Arquivo Brasileiro de Medicina
Veterinária e Zootecnia* (Anexo II).

USO DA BIOMETRIA NA PREDIÇÃO DO PESO CORPORAL DE CORDEIROS MISTIÇOS MANTIDOS EM PASTOS TROPICAIS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi propor um modelo matemático para predição do peso corporal de cordeiros com base nas medidas biométricas. Foram utilizados dados de 51 cordeiros, com composição genética de pelo menos 50% da raça Santa Inês. O peso corporal (PC) dos animais foi acompanhado durante 91 dias por meio de pesagens semanais. Após as pesagens, foram tomadas as medidas: altura anterior (AA); altura posterior (AP); comprimento corporal (CC); largura de peito (LP); largura de garupa (LG); perímetro torácico (PT) e perímetro de barril (PB). Essas medidas foram utilizadas como variáveis de entrada do modelo. Foi observado correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre todas as variáveis biométricas com o PC. No entanto, o PC apresentou uma alta correlação com o PT (0,836), seguido do PB (0,818) e AP (0,740). Dessa forma, essas três medidas foram significativas para estimativa do PC. Portanto, o modelo para prever o PC dos cordeiros foi: $\text{Peso (kg)} = 0,4455 \times \text{PT} - 0,5794 \times \text{PB} + 0,0053 \times \text{PB}^2 + 0,0019 \times \text{AP}^2$. O perímetro torácico, perímetro de barril e altura de posterior podem ser utilizados como variáveis preditoras do peso corporal em ovinos mestiços, independente do sexo.

Palavras-chave: altura de posterior, modelagem, ovinos, perímetro de barril, perímetro torácico

No Semiárido nordestino, a maioria dos empreendimentos de produção de ovinos são de caráter familiar com produtores de baixa instrução formal e tamanho médio das fazendas de 13 ha, com rebanhos de cerca de 25 cabeças (Hermuche et al., 2013). Nesse cenário, com uso limitado de tecnologias e com baixo investimento em infraestrutura, é comum a não realização de pesagens periódicas dos animais, o que dificulta o controle ponderal e a comercialização dos animais baseada no peso vivo (Conrado et al., 2015).

As medidas corporais podem constituir uma alternativa viável para estimar o peso corporal devido à correlação existente entre essas características e o peso vivo dos animais (Grandis et al., 2018; Souza et al., 2019). Dessa forma, os modelos matemáticos surgem como

importante ferramenta para predizer o peso vivo de ovinos a partir das medidas corporais dos animais (Souza et al., 2019).

Portanto, a hipótese foi de que as medidas biométricas podem ser utilizadas para predizer o peso vivo de cordeiros mestiços. O objetivo desse trabalho foi propor um modelo matemático para predizer o peso corporal de cordeiros com base nas medidas biométricas.

O experimento foi conduzido de acordo com as regras do Comitê de Ética do Uso de Animais - CEUA / UFRN (protocolo 055/2016).

Foram utilizados dados oriundos de 51 cordeiros, sendo 26 machos e 25 fêmeas, todos com composição genética de pelo menos 50% da raça Santa Inês, provenientes de uma estação de monta do rebanho de matrizes do Grupo de Estudos em Forragicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (5° 53' 34'' S 35° 21' 50'' W). Logo após o parto, as matrizes e suas crias foram alocadas em um piquete maternidade onde passaram sete dias juntos. Posteriormente, os cordeiros foram separados das mães, sendo manejados no sistema de mamada controlada. Durante o dia (das 7 às 16 horas) os cordeiros eram mantidos em pastos de *Panicum maximum* cv. Massai e durante a noite abrigados em galpão com baias coletivas. Os cordeiros recebiam concentrado composto por 66,0% de milho moído, 29,5% de farelo de soja, 3,0% de sal mineral e 1,5% de óleo de soja, com consumo ad libitum, com sobras mantidas em torno de 10%.

O peso dos animais foi acompanhado durante toda fase de cria (do dia 7 ao dia 91 de idade dos animais) por meio de pesagem semanal em balança própria para ovinos. Após as pesagens, com auxílio de uma fita métrica e um hipômetro, foram tomadas as medidas: altura anterior (AA) – do ponto mais alto da cernelha até o solo; altura posterior (AP) – da tuberosidade coxal ao solo; comprimento corporal (CC) – do acrômio da escápula à extremidade do ísquio; largura de peito (LP) – distância entres os acrômios escapular; largura de garupa (LG) – distância entre as tuberosidades isquiáticas; perímetro torácico (PT) – tomada ao redor da cavidade torácica e perímetro de barril (PB) – tomada ao redor da cavidade abdominal. As medidas biométricas foram utilizadas como variáveis de entrada do modelo para estimar o peso dos cordeiros.

Os ajustes do modelo e a seleção de variáveis foram realizadas usando o procedimento REG e uma análise de correlação entre variáveis usando o PROC CORR do pacote estatístico do SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os outliers foram testados pela avaliação dos resíduos estudantizados em relação aos valores preditos pelo modelo. Os resíduos fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. Os critérios para avaliar

a adequação do modelo foram: coeficiente de determinação (R^2); teste F, para a identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) da regressão dos dados preditos pelos observados; coeficiente de correlação e concordância (CCC); a raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição (RQMEP); e, a decomposição do quadrado médio do erro da predição (QMEP) em erro médio, vício sistemático e erro aleatório (Tedeschi, 2006), utilizando-se o programa Model Evaluation System versão 3.2.2.

Uma vez proposto o modelo, foi realizada uma comparação entre os gêneros utilizando-se uma variável ‘*Dummy*’, conforme sugestão de Regazzi (2003). Adotou-se o nível de 5% de significância em todas as análises estatísticas.

Foi observado correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre todas as variáveis biométricas com o peso corporal (Tabela 1). No entanto, o peso corporal apresentou alta correlação com o PT, seguido do PB e AP. Para estimativa do peso corporal foram utilizadas apenas essas três medidas biométrica (PT, PB e AP), uma vez que nenhuma outra medida atingiu o nível de significância para entrada no modelo. Foi testado o valor quadrático destas variáveis, sendo observado que a AP e o PB, quando elevadas ao quadrado, promoveram melhores ajustes no modelo. O intercepto não foi significativo ($P > 0,05$), sendo excluído da equação.

Dessa forma, a equação para predizer o peso corporal dos cordeiros foi: $\text{Peso (kg)} = 0,4455 \times \text{PT} - 0,5794 \times \text{PB} + 0,0053 \times \text{PB}^2 + 0,0019 \times \text{AP}^2$.

Onde: PT = perímetro torácico (cm); PB = Perímetro de barril (cm); AP = Altura de posterior (cm).

Tabela 1. Correlações lineares entre peso, comprimento corporal (CC), altura de anterior (AA), altura de posterior (AP), largura de peito (LP), largura de garupa (LG), perímetro torácico (PT) e perímetro de barril (PB).

	Peso	CC	AA	AP	LP	LG	PT	PB
Peso	1,000	-	-	-	-	-	-	-
CC	0,606*	1,000	-	-	-	-	-	-
AA	0,665*	0,617*	1,000	-	-	-	-	-
AP	0,740*	0,576*	0,848*	1,000	-	-	-	-
LP	0,535*	0,374*	0,652*	0,589*	1,000	-	-	-
LG	0,314*	0,316*	0,506*	0,405*	0,715*	1,000	-	-
PT	0,836*	0,541*	0,571*	0,633*	0,559*	0,341*	1,000	-
PB	0,818*	0,568*	0,668*	0,682*	0,515*	0,418*	0,729*	1,000

* $P < 0,05$.

Os perímetros torácico e de barril são medidas altamente relacionadas com capacidade digestiva e respiratória dos animais (Conrado et al., 2015), sendo importantes indicadores de desempenho. Trabalhos com ruminantes de diferentes espécies, raças, sexos e com ampla variação de peso e idade, também observaram que o perímetro torácico foi a melhor medida para estimar o peso vivo (Reis et al., 2008; Mahieu et al., 2011; Grandis et al., 2018). O coeficiente negativo para a variável perímetro de barril indica que o peso vivo alcança um platô. Possivelmente, esse fato está associado com a inflexão da curva de crescimento do animal, atingida após a maturidade sexual (Kopuzlu et al., 2014)

As estimativas do peso vivo médio e do desvio padrão do peso estimado foram iguais ($P=0,99$) aos dados reais (Tabela 2 e Figura 1). Na análise de adequação do modelo, a hipótese de nulidade foi aceita ($P=0,99$), ou seja, as medidas biométricas permitiram gerar previsões semelhantes ($\beta_0 = e \beta_1 = 1$) aos pesos observados (Tabela 2 e Figura 1). A decomposição do quadrado médio do erro da predição mostrou que 100% do erro da equação tem uma origem aleatória. Esses achados, aliados com valores de R^2 ajustado de 0,82 e CCC de 0,94 indicam que o modelo apresenta boa capacidade preditiva e alta acurácia e precisão (Tedeschi, 2006; Zanetti et al., 2019).

Tabela 2. Avaliação da adequação do modelo de predição do peso vivo de cordeiros mestiços a parti das medidas biométricas.

Itens	Observado	Estimado ¹
Média (kg)	18,05	18,05
Desvio padrão	3,69	3,46
Mínimo (kg)	10,30	10,17
Máximo (kg)	26,90	27,62
Valor P	-	0,99
Coeficiente de determinação ajustado (R^2)	-	0,88
Coeficiente de correlação e concordância	-	0,93
Raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição	-	1,25
Erro médio	-	0,00 (0,00%)
Erro sistemático	-	0,00 (0,00%)
Erro aleatório	-	1,56 (100,00%)

¹Peso (kg) = $\text{Peso (kg)} = 0,4455 \times \text{PT} - 0,5794 \times \text{PB} + 0,0053 \times \text{PB}^2 + 0,0019 \times \text{AP}^2$.

Por fim, a RQMEP apontou que o modelo demonstra boa capacidade para prever o valor exato do peso dos animais, com RQMEP de 1,25 kg. Este valor de RQMEP aponta para um erro de apenas 6,9% em média nas previsões do peso corporal.

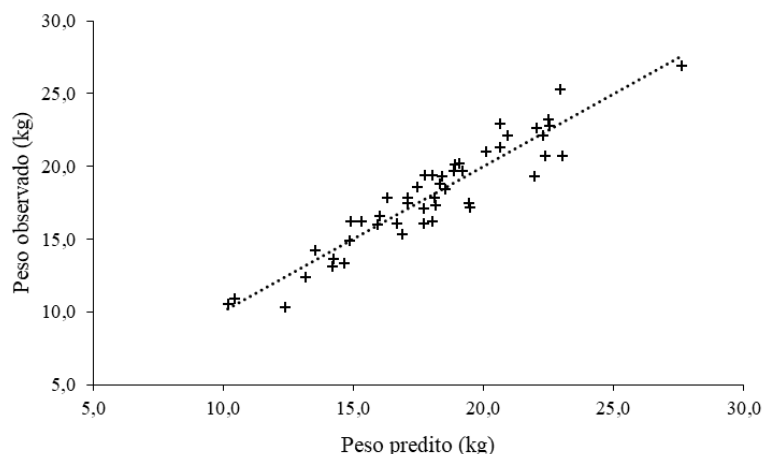


Figura 1. Relação entre o peso observado e o peso predito pelas medidas biométricas.

Não houve efeito do gênero ($P>0,05$), assim, a equação pode ser utilizada na predição do peso de machos e fêmeas. Embora exista o efeito da testosterona nos machos (Reddy et al., 2015), fazendo com que apresentem uma maior capacidade de converter o alimento consumido em tecido corpóreo (Pires et al., 2011). Este efeito é mais pronunciado após os animais atingirem a maturidade sexual em idades maiores que as aqui avaliadas.

Conclui-se, que perímetro torácico, perímetro de barril e altura de posterior apresentaram alta correlação com o peso corporal e podem ser utilizadas como variáveis preditoras do peso corporal em ovinos mestiços. Portanto, a equação proposta, $\text{Peso (kg)} = 0,4455 \times \text{PT} - 0,5794 \times \text{PB} + 0,0053 \times \text{PB}^2 + 0,0019 \times \text{AP}^2$, pode ser utilizada para estimar o peso vivo de cordeiros mestiços independente do sexo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001. Agradecem também à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao CNPq e à Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- CONRADO, V. D. C.; ARANDAS, J. K. G.; RIBEIRO, M. N. Modelos de regressão para predição do peso da raça Canindé através de medidas morfométricas. **Archivos de Zootecnia**, v. 64, p. 277-280, 2015.
- GRANDIS, F. A.; FERNANDES JUNIOR, F.; CUNHA, L. F. C.; DIAS, C. B. A.; RIBEIRO, E. L. A.; CONSTANTINO, C.; KORITIAKI, N. A.; CESTARI, A. A. Relação entre medidas biométricas e peso corporal em ovinos da raça Texel. **Veterinária e Zootecnia**, v. 25, p. 1-8, 2018.
- HERMUCHE, P. M.; MARANHÃO R. L. A.; GUIMARÃES, R. F.; Carvalho Júnior, O. A.; Gomes, R. A. T.; Paiva, S. R.; McManus, C. Dynamics of sheep production in Brazil. **International Journal of Geoinformatics**, v. 2, p. 665-679, 2013.
- KOPUZLU, S.; SEZGIN, E.; ESENBUGA, N.; BILGIN, O. C. Estimation of growth curve characteristics of Hemsin male and female sheep. **Journal of Applied Animal Research**, v. 42, p. 228-232, 2014.
- MAHIEU, M.; NAVÈS, M.; ARQUET, R. Predicting the body mass of goats from body measurements. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, p. 1-15, 2011.
- PIRES, C. C.; MÜLLER, L.; TONETTO, C. J.; CARVALHO, S. Effect of birth type and sex on performance and carcass characteristics of Ile de France x Texel crossbred lambs. **Revista Ceres**, v. 58, p. 432-437, 2011.
- REDDY, R. C.; AMODEI, R.; ESTILL, C. T. STORMSHAK, F.; MEAKER, M.; ROSELLI, C. E. Effect of testosterone on neuronal morphology and neuritic growth of fetal lamb hypothalamus-preoptic area and cerebral cortex in primary culture. **Plos One**, v. 10, p. e0129521, 2015.
- REGAZZI, A. J.; Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, p. 9-26, 2003.

1575

1576 REIS, G. L.; ALBUQUERQUE, F. H. M. A. R.; VALENTE, B. D.; MARTINS, G. A.;
1577 TEODORO, R. L.; FERREIRA, M. B. D.; MONTEIRO, N. J. B.; SILVA, M. A.;
1578 MADALENA, F. E. Predição do peso vivo a partir de medidas corporais em animais mestiços
1579 Holandês/Gir. **Ciência Rural**, v. 38, p.778-83, 2008.

1580

1581 SOUZA, J. S.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; LANA, Â. M. Q.;
1582 ROBERTO, F. F. S.; RIBEIRO, P. H. C. Biometric measurements of Santa Inês meat sheep
1583 reared on *Brachiaria brizantha* pastures in Northeast Brazil. **Plos One**, v. 14, p. e0219343,
1584 2019.

1585

1586 TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural**
1587 **Systems**, v. 89, p. 225-247, 2006.

1588

1589 ZANETTI, D.; PRADOS, L. F.; MENEZES, A. C. B.; SILVA, B. C.; PACHECO, M. V. C.;
1590 SILVA, F. A. Z.; SILVA, L. F. C.; DETMANN, E.; TERRY, T. E.; VALADARES FILHO,
1591 S. C. Prediction of water intake to *Bos indicus* beef cattle raised under tropical conditions.
1592 **Journal of Animal Science**, v. 97, p. 1364-1374, 2019.

**CAPÍTULO 3 - PREDIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA CARÇA
DE CORDEIROS SANTA INÊS TERMINADOS EM PASTOS
TROPICAIS POR MEIO DE MEDIDAS BIOMÉTRICAS**

O artigo a seguir foi publicado no periódico científico *Animals* (Anexo III).

**PREDIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA CARÇA DE CORDEIROS SANTA
INÊS TERMINADOS EM PASTOS TROPICAIS POR MEIO DE MEDIDAS
BIOMÉTRICAS**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi prever as características da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais por meio de medidas biométricas. Foram utilizados dados de dois experimentos, totalizando 56 cordeiros (32 no experimento I e 24 no experimento II), terminados em pastos de *Panicum maximum* e *Brachiaria brizantha*, sendo o experimento I conduzido na estação chuvosa e o experimento II na estação seca. As medidas biométricas registradas antes do abate foram: comprimento corporal (CC), altura de anterior (AA), altura de posterior (AP), largura do tórax (LT), largura da garupa (LG), largura de peito (LP), perímetro torácico (PT), perímetro do pernil (PP), perímetro da garupa (PG) e comprimento da perna (CP), além do peso vivo ao abate (PVA). Depois do abate foram registrados os pesos de carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCF) e peso dos cortes primários (paleta, pescoço, lombo, pernil e costela). As equações obtidas para prever PVA, PCQ e PCF tiveram um R^2 com variação de 0,58 a 0,91, nessas equações as medidas AA, PP, LP, PT, LG e LG foram as mais relevantes. Para a predição do peso dos cortes primários as equações tiveram um R^2 variando de 0,26 a 0,99; nesses modelos, o PVA, CC, LP, PP, CP e PT explicaram a maior parte da variação do peso dos cortes primários. As medidas biométricas podem ser utilizadas de forma acurada e precisa na predição do PCQ, PCF e dos cortes primários da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastos tropicais.

Palavras-chave: cortes primários, equações matemáticas, forragem, ovinos deslanados, peso da carcaça

INTRODUÇÃO

As características da carcaça de animais ruminantes têm sido determinadas por diferentes métodos (Scholz et al., 2015; Morais et al., 2016; Chay-Canul et al., 2019) Sant'Ana et al., 2021), os quais demandam tempo e são onerosos devido ao elevado número de amostras e análises laboratoriais necessárias, além de promoverem um desperdício em

função do descarte da metade da carcaça após as avaliações (Ribeiro et al., 2011). Nesse cenário, o uso de medidas biométricas pode ser uma alternativa não invasiva e viável para estimar características de carcaça em ovinos, pois tem pouco ou nenhum custo adicional para os produtores (Barba et al., 2018; Bautista-Díaz et al., 2020; Costa et al., 2020).

As medidas biométricas têm sido utilizadas para estimar a composição e o rendimento de cortes de carcaças de ovelhas (Nigm, 1995; Abdel-Moneim, 2009; Shehata, 2013). Recentemente, Gomes et al. (2021) relataram que medidas morfométricas podem ser utilizadas em conjunto com o peso do animal para aumentar a precisão das equações preditivas para as características de carcaças de ovinos Santa Inês. Da mesma forma, Costa et al. (2020) e Bautista-Díaz et al. (2020) mostraram que medidas biométricas podem ser usadas para prever as características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento. No entanto, em sua grande maioria, essas medidas são realizadas em animais terminados em confinamento e/ou em ovinos lanados (Bautista-Díaz et al., 2017), o que não representa a realidade dos sistemas de produção em regiões tropicais, uma vez que gramíneas forrageiras tropicais são a base alimentar dos pequenos e grandes ruminantes e são responsáveis pela maior parte da carne produzida nos trópicos (Hermuche et al., 2013).

A raça Santa Inês foi formada na região Nordeste do Brasil por cruzamentos acidentais entre as raças Bergamácia, Morada Nova, Somális e animais sem padrão racial definido (Ribeiro e Garcia, 2016). É um animal de médio a grande porte, com elevada habilidade materna e, apesar de possuir maior produção de leite que as demais raças deslanadas nativas, apresenta aptidão para produção de carne e pele (Ribeiro et al., 2016). Por ser adaptada a ambientes com altas temperaturas e períodos prolongados de seca é recomendada para sistemas de produção mais extensivos.

Devido à pouca adoção das medidas biométricas para estimar as características da carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais, a hipótese deste estudo foi que as medidas biométricas podem ser utilizadas como variáveis preditoras do peso da carcaça e dos cortes primários da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastos tropicais. Assim, o objetivo foi prever as características da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastos tropicais através da utilização de medidas biométricas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para predição foram oriundos de dois experimentos conduzidos na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada em Macaíba, RN - Brasil (5° 53' 34'' S 35° 21' 50'' W, 50 metros acima do nível do mar). No experimento I, conduzido de abril a setembro de 2011 (Emerenciano Neto et al., 2013; Araújo et al., 2021), 32 ovinos Santa Inês, machos castrados, com 90 dias de idade e peso vivo médio de $23,8 \pm 1,6$ kg, foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de oito animais e alocados em quatro gramíneas tropicais, sendo duas cultivares de *Panicum maximum*: Aruana e Massai; e duas de *Brachiaria brizantha*: Marandu e Piatã. Os pastos foram manejados sob lotação intermitente com meta de altura de 50 cm para o pré-pastejo e de 25 cm para o pós-pastejo.

No experimento II, conduzido de outubro de 2011 a janeiro de 2012 (Trindade et al., 2018), 24 ovinos Santa Inês, machos castrados, com 90 dias de idade e peso vivo médio de $23,8 \pm 2,0$ kg, foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de seis animais e alocados nas mesmas gramíneas tropicais utilizadas no experimento I. Os pastos foram manejados em lotação intermitente com sete dias de ocupação e 35 dias de descanso. Em função do experimento ter sido conduzido na época seca do ano, os animais receberam suplementação concentrada (39,1% milho em grão moído, 30,0% torta de algodão, 25,1% farelo de soja, 3,0% suplemento mineral e 2,8% ureia pecuária) na quantidade de 1,38% do peso vivo. Em ambos os experimentos, os animais foram mantidos no pasto durante o dia (das 7 às 16 horas) e abrigados em galpão com baias coletivas durante a noite, onde tiveram acesso à água e sal mineral *ad libitum*.

As seguintes medidas biométricas foram registradas para cada animal, 24 horas antes do abate: comprimento corporal (CC), altura de anterior (AA), altura de posterior (AP), largura do tórax (LT), largura da garupa (LG), largura de peito (LP), perímetro torácico (PT), perímetro do pernil (PP), perímetro da garupa (PG) e comprimento da perna (CP) de acordo com César e Sousa (2007). Para obtenção das medidas biométricas foi utilizada uma fita métrica e um hipômetro.

O critério de abate foi o peso em ambos os experimentos, quando os cordeiros atingiram aproximadamente 32 kg de peso vivo, foram mantidos em jejum por 16 horas para registro do peso vivo ao abate (PVA). No momento do abate, os animais foram insensibilizados por atordoamento na região atlanto-occipital, seguido de sangria pela seção da

carótida e jugular. Após a esfola e evisceração, foi retirada a cabeça (secção na articulação atlanto-occipital) e extremidades (secção nas articulações metacarpianas e metatarsianas).

As carcaças foram pesadas para obtenção do peso da carcaça quente (PCQ), então foram transferidas para câmara frigorífica a 5 °C, onde foram mantidas por 24 horas, pendurada pelos tendões em ganchos apropriados para manutenção de distância de 17 cm entre as articulações tarso metatarsianas. Posteriormente, as carcaças foram novamente pesadas obtendo-se o peso da carcaça fria (PCF).

Em seguida, as carcaças foram seccionadas ao meio e a metade esquerda foi pesada e subdividida em cinco regiões anatômicas e pesadas individualmente, segundo metodologia adaptada de Osório et al. (1999), originando os cortes cárneos primários: paleta, pescoço, lombo, pernil e costela.

Uma análise de estatística descritiva foi realizada usando o procedimento PROC SUMMARY no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis foram estimados pelo procedimento PROC CORR no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os ajustes dos modelos e a seleção de variáveis foram realizadas usando o PROC REG no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). A opção STEPWISE e o Cp de Mallow foram usadas para selecionar as variáveis incluídas nas equações. Os *outliers* foram testados pela avaliação dos resíduos estudentizados em relação aos valores preditos pelas equações. Os resíduos fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. A qualidade de ajuste das equações desenvolvidas foi avaliada pelos coeficientes de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio (RMSE).

Os dados estimados pelas equações que obtiveram os melhores ajustes foram comparados com os valores reais, por meio do modelo de regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, onde Y foi o valor observado; β_0 e β_1 representam o intercepto e a inclinação da equação de regressão, respectivamente; e X foi o valor predito pelas equações. Os critérios para avaliar a adequação das equações foram: coeficiente de determinação (R^2); teste F para a identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) da regressão dos dados preditos pelos observados; o coeficiente de correlação e concordância (CCC); a raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição (RQMEP); e a decomposição do quadrado médio do erro da predição (QMEP) em erro médio, vício sistemático e erro aleatório (Tedeschi, 2006), utilizando-se o programa *Model Evaluation System* versão 3.2.2. Adotou-se o nível de 5% de significância em todas as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os PVA apresentaram coeficiente de variação (CV) de 8,17%. Em consequência, os PCQ e PCF oscilaram de 9,92 kg a 16,14 kg, com CV em torno de 10,6% para ambos os parâmetros (Tabela 1). Entre os cortes primários da carcaça, o pescoço e o lombo foram os que demonstraram maiores coeficientes de variação (18,31% e 17,11%, respectivamente). Com exceção da LG, que teve um elevado CV (24,96%), as demais medidas biométricas apresentaram variações de baixa à moderada (5,62–12,25%). A baixa variabilidade no conjunto de dados pode estar associada com o comportamento do PVA dos animais. Mesmo sendo um banco de dados oriundo de dois experimentos com condições experimentais distintas, os animais foram abatidos com uma média de $32,72 \pm 2,82$ kg e $33,69 \pm 0,49$ kg (Emerenciano Neto et al., 2013; Trindade et al., 2018; Araújo et al., 2021) para o experimento I e II, respectivamente.

Tabela 1. Estatística descritiva resumida dos parâmetros obtidos *in vivo* e na carcaça de ovinos deslançados terminados em pastos tropicais

Variáveis	Descrição	N	Média $\pm$ DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
PVA (kg)	Peso vivo ao abate	56	$32,13 \pm 1,89$	28,00	36,60	8,17
PCQ (kg)	Peso da carcaça quente	56	$12,86 \pm 1,37$	10,50	16,14	10,65
PCF (kg)	Peso da carcaça fria	56	$12,28 \pm 1,30$	9,92	15,28	10,59
Paleta (kg)	Peso da paleta	56	$1,12 \pm 0,13$	0,90	1,48	11,61
Pescoço (kg)	Peso do pescoço	56	$0,71 \pm 0,13$	0,43	1,16	18,31
Lombo (kg)	Peso do lombo	56	$0,76 \pm 0,13$	0,54	1,12	17,11
Pernil (kg)	Peso do pernil	56	$1,99 \pm 0,22$	1,62	2,48	11,05
Costela (kg)	Peso da costela	56	$1,53 \pm 0,22$	1,18	2,10	14,38
CC (cm)	Comprimento corporal	56	$60,58 \pm 5,21$	52,00	69,00	8,60
AA (cm)	Altura de anterior	56	$66,65 \pm 4,38$	56,00	74,00	6,57
AP (cm)	Altura de posterior	56	$70,36 \pm 5,11$	61,00	79,00	7,26
LT (cm)	Largura do tórax	56	$27,27 \pm 2,77$	21,00	32,00	10,16
LG (cm)	Largura da garupa	56	$19,59 \pm 4,89$	14,00	30,00	24,96
LP (cm)	Largura de peito	56	$17,52 \pm 1,15$	16,00	20,00	6,56
PT (cm)	Perímetro torácico	56	$87,26 \pm 8,47$	71,00	97,50	9,70
PP (cm)	Perímetro do pernil	56	$37,21 \pm 4,56$	30,00	51,00	12,25

PG (cm)	Perímetro da garupa	56	84,70 ± 4,88	67,00	94,00	5,76
CP (cm)	Comprimento da perna	56	33,79 ± 1,90	28,00	37,00	5,62

1764 N = número de observações; DP = desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

1765 O PVA se correlacionou positivamente com o CC, AA, LP e PP (Tabela 2). Dessa
 1766 forma, para a predição do PVA foram obtidas três equações, com variação no R^2 de 0,58 a
 1767 0,76 (Tabela 3); nesses modelos, a AA, PP e PT foram incluídas ($P < 0,05$). O valor quadrático
 1768 destas variáveis foi testado e revelou que, quando elevado ao quadrado o PT proporcionou um
 1769 aumento no R^2 e redução na RMSE (Equação 3). Estudos com ruminantes de diferentes
 1770 espécies, raças, sexos, com amplas variações de peso e idade também mostraram que o
 1771 perímetro torácico é uma medida eficiente para estimar o peso vivo (Bautista-Díaz et al.,
 1772 2020; Mahieu et al., 2011; Gurgel et al., 2021).

1773

1774 Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre medidas biométricas e características de carcaça de ovinos deslanados terminados em
1775 pastos tropicais

	PVA	PCQ	PCF	Paleta	Pescoço	Lombo	Pernil	Costela	CC	AA	AP	LT	LG	LP	PT	PP	PG	CP
PVA	1,00	0,82*	0,82*	0,62*	0,05	0,74*	0,75*	0,67*	0,42*	0,55*	0,40	0,23	0,23	0,48*	0,38	0,49*	0,36	0,31
PCQ		1,00	0,99*	0,85*	0,12	0,81*	0,90*	0,75*	0,43*	0,39	0,32	0,12	0,39	0,73*	0,32	0,45*	0,20	0,02
PCF			1,00	0,86*	0,17	0,81*	0,91*	0,73*	0,43*	0,38	0,28	0,11	0,42*	0,74*	0,29	0,46*	0,22	-0,03
Paleta				1,00	0,19	0,59*	0,82*	0,42*	0,17	0,26	0,24	0,05	0,19	0,75*	0,10	0,45*	0,26	-0,04
Pescoço					1,00	-0,04	0,24	-0,07	0,25	-0,02	0,24	0,06	0,16	0,20	-0,16	0,10	-0,03	-0,36
Lombo						1,00	0,63*	0,69*	0,53*	0,40*	0,38	0,04	0,47*	0,50*	0,45*	0,30	0,15	0,20
Pernil							1,00	0,64*	0,43*	0,35*	0,24	0,24	0,36	0,69*	0,20	0,41*	0,24	-0,01
Costela								1,00	0,48*	0,42*	0,40*	0,34	0,36	0,37	0,67*	0,11	0,11	0,18
CC									1,00	0,34	0,34	0,37	0,40	0,17	0,35	-0,07	0,11	0,19
AA										1,00	0,71*	0,37	0,05	0,01	0,36	-0,06	0,58*	0,38
AP											1,00	0,13	0,05	0,02	0,26	-0,13	0,38	0,60*
LT												1,00	0,13	-0,11	0,61*	-0,21	0,28	0,37
LG													1,00	0,27	0,13	0,29	0,02	-0,05
LP														1,00	-0,17	0,76*	-0,10	-0,36
PT															1,00	-0,27	0,13	0,55*
PP																1,00	0,01	-0,28
PG																	1,00	0,23
CP																		1,00

1776 Correlações seguidas de nenhum sobrescrito indicam não significância; * $P < 0,05$.

Os pesos de carcaça (PCQ e PCF) foram correlacionados com o CC, LG, LP e PP, e suas equações de predição tiveram um R^2 que variou de 0,68 a 0,91 para o PCQ, e 0,67 a 0,95 para PCF, nesses modelos, o PVA, LP, LG, PP, CC e CP foram incluídos (Tabela 3). O PVA foi responsável por uma alta proporção da variação nos PCQ e PCF (Tabela 3), vários autores afirmam que o PVA é o principal responsável pelas variações nas demais medidas da carcaça (Morais et al., 2016; Oliveira et al., 2018; Silva et al., 2018; Bautista-Díaz et al., 2020). No entanto, a inclusão das medidas biométricas nas equações de predição elevou o R^2 e reduziu o RMSE (Tabela 3). Portanto, os melhores modelos foram obtidos quando as medidas biométricas foram incluídas.

1786 Tabela 3. Equações de regressão para predição das características da carcaça de ovinos deslançados terminados em pastos tropicais usando medidas biométricas

Nº da equação	Equação	RMSE	R ²	Valor P
Peso vivo ao abate (PVA)				
1	$PVA (kg) = -17,51 (\pm 9,30^*) + 0,49 (\pm 0,12^*) \times AA + 0,54 (\pm 0,14^*) \times PP$	1,49	0,58	<0,0001
2	$PVA (kg) = -21,72 (\pm 8,15^*) + 0,38 (\pm 0,11^*) \times AA + 0,10 (\pm 0,03^*) \times PT + 0,64 (\pm 0,13^*) \times PP$	1,28	0,71	<0,0001
3	$PVA (kg) = -101,62 (\pm 27,36^*) + 0,32 (\pm 0,10) \times AA + 0,60 (\pm 0,12^*) \times PP + 2,14 (\pm 0,94^*) \times PT - 0,01 (\pm 0,005^*) \times PT^2$	1,17	0,76	<0,0001
Peso da carcaça quente (PCQ)				
4	$PCQ (kg) = -3,09 (\pm 2,48^*) + 0,51 (\pm 0,08^*) \times PVA$	0,80	0,68	<0,0001
5	$PCQ (kg) = -7,22 (\pm 2,19^*) + 0,38 (\pm 0,07^*) \times PVA + 0,48 (\pm 0,12^*) \times LP$	0,62	0,81	<0,0001
6	$PCQ (kg) = -7,52 (\pm 2,05^*) + 0,41 (\pm 0,05^*) \times PVA + 0,28 (\pm 0,11^*) \times LG + 0,77 (\pm 0,12^*) \times LP - 0,28 (\pm 0,17^*) \times PP$	0,45	0,91	<0,0001
7	$PCQ (kg) = -3,58 (\pm 1,48^*) + 0,41 (\pm 0,05^*) \times PVA + 0,02 (\pm 0,003^*) \times LP^2 - 0,004 (\pm 0,0009^*) \times PP^2 + 0,009 (\pm 0,004^*) \times LG^2$	0,45	0,91	<0,0001
Peso da carcaça fria (PCF)				
8	$PCF (kg) = -2,36 (\pm 2,31^*) + 0,47 (\pm 0,07^*) \times PVA$	0,75	0,67	<0,0001
9	$PCF (kg) = -4,04 (\pm 1,72^*) + 0,38 (\pm 0,05^*) \times PVA + 0,76 (\pm 0,12^*) \times LP - 0,24 (\pm 0,07^*) \times PP$	0,45	0,89	<0,0001
10	$PCF (kg) = -1,23 (\pm 2,84^*) + 0,48 (\pm 0,05^*) \times PVA - 0,05 (\pm 0,03^*) \times CC + 0,37 (\pm 0,09^*) \times LG + 0,68 (\pm 0,01^*) \times LP - 0,33 (\pm 0,06^*) \times PC - 0,12 (\pm 0,05^*) \times CP$	0,32	0,95	<0,0001

1787 Os valores entre parênteses são os erros-padrão das estimativas dos parâmetros. *: P <0,05. AA: altura de anterior (cm); PP: perímetro do pernil (cm); PT: perímetro torácico
1788 (cm); LP: largura de peito (cm); LG: largura de garupa (cm); CC: comprimento corporal (cm); CP: comprimento da perna (cm); RMSE: raiz
1789 quadrada média do erro; R²: coeficiente de determinação.

Em concordância com esses resultados, outros autores (Alsheikh et al., 2007; Shaker et al., 2008) mostraram que as medidas CC, LP e LG podem ser usadas na predição do PCQ de cordeiros lanados. Costa et al. (2020) constataram que o CC e LP são variáveis importantes na predição dos PCQ e PCF em ovinos Morada Nova. Shehata (2013) relatou que o CC prevê 79% da variação dos PCQ e PCF. Pinheiro e Jorge (2010) recomendaram a LP e LG para estimar com maior precisão o peso da carcaça de ovelhas Santa Inês.

O peso da paleta se correlacionou positivamente com a LP e o PP (Tabela 2). Dessa forma, obteve-se quatro equações de predição com R^2 variando de 0,56 a 0,99 (Tabela 4). As medidas biométricas mais relevantes na formulação das equações foram CC, AA, LP, PP e PG, além do PVA. O valor quadrático destas variáveis não promoveu melhorias na equação. O intercepto passou a não ser significativo ($P>0,05$) durante o processo de seleção das variáveis e foi excluído da equação final. Os resultados são similares aos relatados por Abdel-Moneim (2009) e Shehata (2013), que indicaram que o CC, LP, AA e o PVA são variáveis significativas e entram nos modelos de predição do peso da paleta de ovinos lanados.

Nenhuma medida biométrica se correlacionou com peso do pescoço ($P>0,05$). O que pode ser explicado, em parte, pelo fato de nenhuma medida biométrica ser mensurada nessa região anatômica (Bautista-Díaz et al., 2017). Nesse sentido, foram geradas apenas duas equações com R^2 de 0,23 a 0,99, as variáveis PVA, CC e PP foram selecionadas (Tabela 4). Em ovinos, não foram encontrados estudos que utilizaram medidas biométricas para predição do peso do pescoço, no entanto, as variáveis incluídas na equação condizem com os coeficientes de correlação observados (Tabela 2).

1811 Tabela 4. Equações de regressão para predição dos pesos dos cortes primários da carcaça de ovinos deslanados terminados em pastos tropicais usando medidas biométricas

Nº da equação	Equação	RMSE	R ²	Valor P
Peso da Paleta				
11	Paleta (kg) = -0,49 (±0,31*) + 0,09 (±0,02*) × LP	0,10	0,56	<0,0001
12	Paleta (kg) = -1,14 (±0,42 ^{ns}) + 0,13 (±0,02*) × LP - 0,03 (±0,01*) × PP + 0,01 (±0,003*) × PG	0,09	0,72	<0,0001
13	Paleta (kg) = 0,04 (±0,01*) × PVA - 0,01 (±0,005*) × CC + 0,12 (±0,02*) × AA + 0,13 (±0,02*) × LP - 0,05 (±0,01*) × PP + 0,009 (±0,004) × PG	0,08	0,99	<0,0001
14	Paleta (kg) = 0,12 (±0,02*) × LP - 0,03 (±0,01*) × PP + 0,0006 (±0,0001*) × PVA ² - 0,0001 (±0,00005*) × CC ²	0,08	0,99	<0,0001
Peso do Pescoço				
15	Pescoço (kg) = 0,54 (±0,33 ^{ns}) + 0,02 (±0,005*) × CC - 0,02 (±0,008*) × CP	0,07	0,23	0,0583
16	Pescoço (kg) = 0,014 (±0,0008*) × PVA + 0,02 (±0,004*) × CC - 0,018 (±0,007*) × CP	0,07	0,99	<0,0001
Peso do Lombo				
17	Lombo (kg) = - 0,62 (±0,26*) + 0,04 (±0,009*) × PVA	0,09	0,55	<0,0001
18	Lombo (kg) = - 1,02 (±0,36*) + 0,04 (±0,009*) × PVA + 0,01 (±0,006*) × CC	0,09	0,60	<0,0001
19	Lombo (kg) = - 0,88 (±0,34*) + 0,02 (±0,009*) × PVA + 0,01 (±0,005*) × CC - 0,04 (±0,01*) × LT + 0,04 (±0,01*) × LP + 0,008 (±0,002*) × PT	0,06	0,81	<0,0001
Peso do Pernil				
20	Pernil (kg) = - 0,77 (±0,41 ^{ns}) + 0,05 (±0,01*) × PVA + 0,07 (±0,02*) × LP	0,11	0,69	<0,0001
21	Pernil (kg) = 0,05 (±0,01*) × PVA + 0,12 (±0,02*) × LP - 0,05 (±0,01*) × PP	0,10	0,99	<0,0001
22	Pernil (kg) = 0,05 (±0,006*) × PVA + 0,003 (±0,0007*) × LP ² - 0,0005 (±0,0002*) × PP ²	0,10	0,99	<0,0001
Peso da Costela				
23	Costela (kg) = - 1,17 (±0,45*) + 0,08 (±0,02*) × LP + 0,02 (±0,003*) × PT	0,12	0,70	<0,0001
24	Costela (kg) = - 2,15 (±0,68*) + 0,02 (±0,009*) × AP + 0,08 (±0,02*) × LP + 0,02 (±0,003*) × PT	0,11	0,74	<0,0001
25	Costela (kg) = 0,41 (±0,36 ^{ns}) + 0,08 (±0,003*) × PT + 0,003 (±0,0007*) × LP ²	0,14	0,58	<0,0001
26	Costela (kg) = 0,13 (±0,001*) × PT + 0,002 (±0,0004*) × LP ²	0,10	0,99	<0,0001

1812 Os valores entre parênteses são os erros-padrão das estimativas dos parâmetros. *: $P < 0,05$. LP: largura do peito (cm); PP: perímetro do pernil (cm); PG: perímetro da garupa
1813 (cm); PVA: peso vivo ao abate (kg); CC: comprimento corporal (cm); LP: largura de peito (cm); AA: altura de anterior (cm); PT: perímetro torácico (cm); LP: largura de
1814 peito (cm); LP: largura de peito (cm); LG: largura de garupa (cm); CC: comprimento corporal (cm); CP: comprimento da perna (cm); RMSE: raiz quadrada média do erro; R^2 :
1815 coeficiente de determinação.

Para a predição do peso do lombo, as equações tiveram um R^2 de 0,55 a 0,81; nesses modelos, o PVA, CC, LT, LP e PT foram incluídas (Tabela 4). O lombo, por ser um corte cárneo obtido a partir do músculo *Longissimus dorsi*, que percorre todo o dorso do animal, apresenta correlação com o CC e com todas as medições associadas com a deposição muscular (Tabela 4). Dessa forma, quando as medidas biométricas foram inseridas nos modelos houve uma elevação de 0,26 no R^2 . O PT e o CC podem explicar 45 e 50%, respectivamente, da variação do peso do lombo em ovinos (Shehata, 2013).

Foram obtidas três equações para predição do peso do pernil, neste caso, o PVA associado com a LP e PP foram selecionadas ($P < 0,05$) como variáveis preditoras. O pernil, que entre os cortes primários da carcaça é o mais importante (Silva et al., 2016), é composto principalmente pelos músculos que envolvem o fêmur (Oliveira et al., 2018), sendo que nessa região é tomada a medida do PP, o que justifica a relação direta com o peso do pernil (Tabela 1).

As equações para predizer o peso da costela foram ajustadas usando as medidas PT e LP, o que é condizente com a posição anatômica das costelas nas carcaças ovinas. Pois o PT é uma medida tomada ao redor da cavidade torácica e a LP consiste na distância entre os acrômios escapulares (Bautista-Díaz et al., 2017). Nigm et al. (1995) também concluíram que o PT foi a melhor medida para predizer o peso da costela de ovinos da raça Merino. Além disso, em bezerros bubalinos, Rashad et al. (2019) constataram que o PT teve uma alta correlação com todas as características da carcaça.

No que se refere à avaliação das equações selecionadas (Tabela 5), todas elas apresentaram R^2 superior a 0,85, exceto a equação 16. Além disso, excetuando-se a equação 16, as demais tiveram concordância com os dados observados ($CCC > 0,85$). A RQMEP apontou que os modelos demonstram boa capacidade em predizer peso exato das variáveis. As estimativas das características da carcaça foram iguais ($P > 0,05$) aos dados observados ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$). Finalmente, a decomposição do quadrado médio do erro da predição mostrou que mais de 98% do erro das equações tem origem aleatória.

1844 Tabela 5. Estatística média e descritiva da adequação das equações para predição das características da carcaça de ovinos deslanados terminados
 1845 em pastos tropicais usando medidas biométricas

Variáveis	Equação							
	(3)	Equação (6)	Equação (9)	Equação (13)	Equação (16)	Equação (19)	Equação (22)	Equação (26)
	PVA	PCQ	PCF	Paleta	Pescoço	Lombo	Pernil	Costela
Média	32,73	13,68	13,07	1,15	0,73	0,84	2,07	1,65
Desvio padrão	1,92	1,31	1,24	0,14	0,07	0,12	0,17	0,13
Mínimo	28,57	11,46	10,81	0,94	0,64	0,58	1,75	1,43
Máximo	35,97	16,35	15,34	1,52	0,90	1,07	2,42	1,90
CCC	0,87	0,95	0,98	0,89	0,66	0,90	0,86	0,79
RQMEP	3,12	2,92	2,08	5,75	8,42	6,77	4,65	6,11
R ²	0,87	0,95	0,98	0,90	0,68	0,90	0,87	0,92
Análise da regressão								
Intercepto (β_0)	-0,00008	-0,004	0,00002	-0,10	0,09	0,00006	-0,04	-0,30
Inclinação (β_1)	1,00	1,00	1,00	1,01	0,88	0,99	1,02	1,18
Valor P ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$)	1,00	0,99	1,00	0,99	0,84	1,00	0,98	0,56
Decomposição do QMEP (%)								
Erro médio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
Erro sistemático	0,00	0,00	0,00	0,04	1,64	0,00	0,10	5,34
Erro aleatório	100,00	99,99	100,00	99,96	98,35	100,00	99,90	94,62

1846 PVA: peso vivo ao abate (kg); PCQ: peso da carcaça quente (kg); PCF: peso da carcaça fria (kg); CCC = coeficiente de concordância de correlação; RQMEP;
 1847 raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição; R²: coeficiente de determinação; QMEP: quadrado médio do erro de predição.

Portanto, a hipótese de que as medidas biométricas podem ser utilizadas como variáveis preditoras do PCQ, PCF e dos cortes primários da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastos tropicais é confirmada pelos resultados obtidos. No entanto, para futuras pesquisas é importante que sejam tomadas medidas biométricas na região do pescoço para que melhores modelos sejam ajustados para predição desse corte.

CONCLUSÕES

As medidas biométricas obtidas no momento do abate podem ser utilizadas com variáveis preditoras do PCQ, PCF e dos cortes primários da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastos tropicais. As equações de predição são precisas e acuradas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. O apoio do CNPq, Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MONEIM, A. Y. Body and carcass characteristics of Ossimi, Barki and Rahmani ram lambs raised under intensive production system. **Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences**, v. 4, 1-16, 2009.
- ALSHEIKH, S. M.; HAMMAM, A. H.; MOKHTAR, M.M. Prediction of some carcass components of fattened Barki lambs using principal components techniques. **Egyptian Journal of Animal Production**, v. 44, p. 63-70, 2007.
- ARAÚJO, C. G. F.; COSTA, M. G.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; ARAÚJO, I. M. M.; SILVA, G. T.; MEDEIROS, M. C. Carcass characteristics, meat quality and composition of lambs finished in cultivated pastures. **Food Science and Technology**, v. Ahead of Print, p. 1-6, 2021.

BARBA, L.; SÁNCHEZ-MACÍAS, D.; BARBA, I.; RODRÍGUEZ, N. The potential of non-invasive pre-and post-mortem carcass measurements to predict the contribution of carcass components to slaughter yield of guinea pigs. **Meat science**, v. 140, p. 59–65, 2018.

BAUTISTA-DÍAZ, E.; MEZO-SOLIS, J. A.; HERRERA-CAMACHO, J.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; GOMEZ-VAZQUEZ, A.; TEDESCHI, L. O.; LEE-RANGEL, H. A.; BELLO-PÉREZ, E.V.; CHAY-CANUL, A. J. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. **Animals**, v.10, p. e1276, 2020.

BAUTISTA-DÍAZ, E.; SALAZAR-CUYTUN, R.; CHAY-CANUL, A. J.; HERRERA, R. A. G.; PIÑEIRO-VÁZQUEZ, Á. T.; MONFORTE, J. G. M.; TEDESCHI, L. O.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; GÓMEZ-VÁZQUEZ, A. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. **Small Ruminant Research**, v. 147, p. 115-119, 2017.

CEZAR, M. F.; SOUSA, W. D. **Carcaças Ovinas e Caprinas: Obtenção, Avaliação e Classificação**, Agropecuária Tropical, 2007, 147p.

CHAY-CANUL, A. J.; SARMIENTO-FRANCO, L. A.; SALAZAR-CUYTUN, E. R.; TEDESCHI, L. O.; MOO-HUCHIN, V.; SOLIS, J. R. C.; PIÑEIRO-VAZQUEZ, A. T. Evaluation of equations to estimate fat content in soft tissues of carcasses and viscera in sheep based on carbon and nitrogen content. **Small Ruminant Research**, v. 178, p. 106-110, 2019.

COSTA, R. G.; LIMA, A. G. V. D. O.; RIBEIRO, N. L.; MEDEIROS, A. N. D.; MEDEIROS, G. R. D.; GONZAGA NETO, S.; OLIVEIRA, R. L. Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. e20190179, 2020.

EMERENCIANO NETO, J. V.; DIFANTE, G. S.; MONTAGNER, D. B.; BEZERRA, M. G. S.; GALVÃO, R. C. P.; VASCONCELOS, R. I. G. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 962-973, 2013.

- 1912 GOMES, M. B.; NEVES, M. L. M. W.; BARRETO, L. M. G.; FERREIRA, M. A.;
 1913 MONNERAT, J. P. I. S.; CARONE, G. M.; MORAIS, J. S. A. S. C. Prediction of carcass
 1914 composition through measurements in vivo and measurements of the carcass of growing
 1915 Santa Inês sheep. **Plos One**, v. 16, p. 1-17, 2021.
- 1916
- 1917 GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SANTANA, J. C. S.;
 1918 DANTAS, J. L. S.; ROBERTO, F. F. S.; CAMPOS, N. R. F.; COSTA, A. B. G. Use of
 1919 biometrics in the prediction of body weight in crossbred lambs. **Arquivo Brasileiro de**
 1920 **Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, p. 261-264, 2021.
- 1921
- 1922 HERMUCHE, P. M.; MARANHÃO R. L. A.; GUIMARÃES, R. F.; Carvalho Júnior, O. A.;
 1923 Gomes, R. A. T.; Paiva, S. R.; McManus, C. Dynamics of sheep production in Brazil.
 1924 **International Journal of Geoinformatics**, v. 2, p. 665-679, 2013.
- 1925
- 1926 MAHIEU, M.; NAVÈS, M.; ARQUET, R. Predicting the body mass of goats from body
 1927 measurements. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, p. 1-15, 2011.
- 1928
- 1929 MORAIS, M. G.; MENEZES, B. B.; RIBEIRO, C. B.; WALKER, C. C.; FERNANDES, H.
 1930 J.; SOUZA, A. R. D. L.; ÍTAVO, C. C. B. F.; FEIJÓ, G. L. D. Models predict the proportion
 1931 of bone, muscle, and fat in ewe lamb carcasses from *in vivo* measurements of the 9th to 11th
 1932 rib section and of the 12th rib. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, p. 1081-1090, 2016.
- 1933
- 1934 NIGM, A. A.; ABDALLA, O. M.; ABOUL-ELA, M. B.; KAMEL, H. M.; AHMED, M. A.
 1935 Meat characteristics of sheep and goat breeds commonly consumed in UAE. 2. Use of body
 1936 dimensions for predicting body and carcass weights. **Emirates Journal of Food and**
 1937 **Agriculture**, v. 7, p. 39-54, 1995.
- 1938
- 1939 OLIVEIRA, J. P. F.; FERREIRA, M. A.; ALVES, A. M. S. V.; MELO, A. C. C.;
 1940 ANDRADE, I. B.; URBANO, S. A.; SUASSUNA, J. M. A.; BARROS, L. J. A.; MELO, T.
 1941 T. B. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane.
 1942 **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, p. 529-536, 2018.

- 1943 OLIVEIRA, J. P. O.; FERREIRA, M. A.; FREITAS, A. P. D.; URBANO, S. A.; SILVA, A.
 1944 E. M. Carcass characteristics in Santa Inês sheep fed with mazoferm as a substitution for
 1945 soybean meal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 708-715, 2017.
- 1946
- 1947 OSÓRIO, J. C. S.; JARDIM, P. O. C.; PIMENTEL, M. A.; POUEY, J.; OSÓRIO, M. T. M.;
 1948 LÜDER, W. E.; BORBA, M. F. Meat production between castrated and non-castrated lambs.
 1949 1. Crossbred Hampshire Down x Corriedale. **Ciência Rural**, v. 29, p. 135-138, 1999.
- 1950
- 1951 PINHEIRO, R. S. B.; JORGE, A. M. Medidas biométricas obtidas *in vivo* e na carcaça de
 1952 ovelhas de descarte em diferentes estágios fisiológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.
 1953 39, p. 440-445, 2010.
- 1954
- 1955 RASHAD, A. M. A.; EL-HEDAINY, D. K.; MAHDY, A.E.; BADRAN, A. E.; EL-
 1956 BARBARY, A. S. A. Utilization of live body weight, measurements, and eye muscle
 1957 components to predict carcass performance of fattened Egyptian male buffalo calves.
 1958 **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 2405-2412, 2019.
- 1959
- 1960 RIBEIRO, E. L. A.; GARCÍA, E. G. Indigenous sheep breeds in Brazil: Potential role for
 1961 contributing to the sustainability of production systems. **Tropical Animal Health and**
 1962 **Production**, v. 48, p. 1305-1313, 2016.
- 1963
- 1964 RIBEIRO, F. R. B.; TEDESCHI, L. O.; RHOADES, R. D.; SMITH, S. B.; MARTIN, S. E.;
 1965 CROUSE, S. F. Evaluating the application of dual X-ray energy absorptiometry to assess
 1966 dissectible and chemical fat and muscle from the 9th-to-11th rib section of beef cattle. **The**
 1967 **Professional Animal Scientist**, v. 27, p. 472-476, 2011.
- 1968
- 1969 SANT'ANA, D. A.; PACHE, M. C. B.; MARTINS, J.; SOARES, W. P. S.; MELO, S. L. N.;
 1970 GARCIA, V.; WEBER, V. A. M.; HEIMBACH, N. S.; MATEUS, R. G.; PISTORI, H.
 1971 Weighing live sheep using computer vision techniques and regression machine learning.
 1972 **Machine Learning Applied**, v. 5, p. e100076, 2021
- 1973
- 1974 SCHOLZ, A. M.; BÜNGER, L.; KONGSRO, J.; BAULAIN, U.; MITCHELL, A. D. Non-
 1975 invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: Dual-

- 1976 energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and
1977 ultrasound: Invited review. **Animal**, v. 9, p. 12507-1264, 2015.
- 1978
- 1979 SHAKER, Y. M.; HAMMAM, A. A. Using some body measurements and physiological
1980 responses as predictors for live body, hot carcass and lung weights and lung volume of male
1981 Barki sheep. **Journal of Agriculture Sciences Mansoura University**, v. 33, p. 6383-6391,
1982 2008.
- 1983
- 1984 SHEHATA, M. F. Prediction of live body weight and carcass traits by some live body
1985 measurements in Barki lambs. **Egyptian Journal of Animal Production**, v. 50, p. 69-75,
1986 2013.
- 1987
- 1988 SILVA, F. V.; BORGES, I.; SILVA, V. L.; LANA, A. M. Q.; BORGES, A. L. C. C.; REIS,
1989 S.T.; ARAÚJO, A. R.; MATOS, A.M . Performance and carcass characteristics of lambs fed
1990 a solution of crude glycerin during feedlot and pre-slaughter lairage. **Revista Brasileira de**
1991 **Zootecnia**, v. 47, p. 1-7, 2018.
- 1992
- 1993 SILVA, T. M.; MEDEIROS, N. A.; OLIVEIRA, R. L.; GONZAGA NETO, S.; QUEIROGA,
1994 R. C. R. E.; RIBEIRO, R. D.X.; LEÃO, A. G.; SILVA, L. B. Carcass traits and meat quality
1995 of crossbred Boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. **Journal of Animal**
1996 **Science**, v. 94, p. 2992-3002, 2016.
- 1997
- 1998 TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural**
1999 **Systems**, v. 89, p. 225-247, 2006.
- 2000
- 2001 TRINDADE, T. F. M.; DIFANTE, G. S.; NETO, J. V. E.; FERNANDES, L. S.; ARAÚJO, I.
2002 M. M.; VÉRAS, E. L. L.; COSTA, M. G.; MEDEIROS, M. C. MEDEIROS, M. C. Biometry
2003 and carcass characteristics of lambs Supplemented in tropical grass pastures during the dry
2004 Season. **Bioscience Journal**, v. 34, p. 172-179, 2018.

IMPLICAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem demonstrou elevado potencial de uso para auxiliar na tomada de decisão em sistemas de produção de ovinos em pastos tropicais. A modelagem é uma ferramenta capaz de prever com alta precisão e acurácia o consumo de matéria seca, peso corporal, peso da carcaça e dos cortes comerciais de ovinos por meio de medidas correlacionadas. Essas equações podem ser utilizadas por pesquisadores, produtores, técnicos e indústria da carne, como ferramentas para facilitar o planejamento da atividade.

O presente estudo foi o primeiro passo a ser levado em consideração sobre a predição de alguns parâmetros importantes para o planejamento da produção de ovinos sob pastejo. Entretanto, mais pesquisas devem ser realizadas com o objetivo de aumentar o banco de dados para que as equações possam ser aplicadas nos mais diversos cenários. Além disso, são necessários estudos adicionais para predição do consumo de forragem por meio de informações que sejam de mais fácil obtenção em condições práticas de produção.

2020

ANEXOS

2021

Springer Link Search Log in

Regular Articles | Published: 24 September 2021

Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures

Antonio Leandro Chaves Gurgel [✉], Gelson dos Santos Difante, João Virginio Emerenciano Neto, Juliana Caroline Santos Santana, Patrick Bezerra Fernandes, Geraldo Tadeu dos Santos, Alexandre Menezes Dias, Luis Carlos Vinhas Itavo, Camila Celeste Brandão Ferreira Itavo & Henrique Rocha de Medeiros

Tropical Animal Health and Production **53**, Article number: 479 (2021) | [Cite this article](#)

87 Accesses | 1 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

This study was undertaken to determine whether equations for prediction of dry matter intake (DMI) by meat sheep are valid for animals raised solely on tropical pastures and to propose a new equation to predict the DMI of sheep raised on tropical pastures. The DMI prediction from published equations was evaluated by regressing the predicted and observed values, using the *F* test, for the identity of the parameters ($\beta_0 = 0$ and $\beta_1 = 1$) of the regression of predicted on observed data. If the null hypothesis is not rejected, the tested equation accurately estimates DMI. The proposed equation was evaluated in the same way as the published equations. The animal performance and pasture structure and chemical composition data used originated from an experiment conducted with 32 Santa Inês sheep raised on tropical pastures. In the analysis of model adequacy, the null hypothesis was rejected ($P < 0.001$) and the equations generated predictions that differ ($\beta_0 = 0$ and $\beta_1 = 1$) from the DMI observed under practical feeding conditions for grazing sheep. The proposed equation, $DMI (\% LW) = 7.16545 (\pm 0.76522) - 0.21799 (\pm 0.01812) * LW + 0.00273 (\pm 0.00034) * LW^2 - 0.00688 (\pm 0.00299) * GT + 0.000007 (\pm 0.000002) * GT^2 + 0.00271 (\pm 0.00108) * GHA$, where LW is live weight (kg), GT is grazing time (min/day), and GHA is green herbage allowance (kg DMI/100 kg LW), should be used to more accurately predict DMI by grazing sheep.

[Download PDF](#)

Sections [Figures](#) [References](#)

[Abstract](#)

[Introduction](#)

[Material and methods](#)

[Results and discussion](#)

[Data availability](#)

[Code availability](#)

[References](#)

[Acknowledgements](#)

[Funding](#)

[Author information](#)

[Ethics declarations](#)

[Additional information](#)

[Rights and permissions](#)

[About this article](#)

Advertisement

2022

2023

2024

Anexo I – Artigo publicado (Capítulo 1) no periódico científico *Tropical Animal Health and Production* (ISSN: 0049-4747). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02916-8>

Use of biometrics in the prediction of body weight in crossbred lambs

[Uso da biometria na predição do peso corporal de cordeiros mestiços]

A.L.C. Gurgel G.S. Difante J.V. Emerenciano Neto J.C.S. Santana J.L.S. Dantas F.F.S. Roberto

N.R.F. Campos A.B.G. Costa

[ABOUT THE AUTHORS](#)

» RESUMO

» Text

» ACKNOWLEDGEMENTS

» REFERENCES

» Publication Dates

» History

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi propor um modelo matemático para predição do peso corporal de cordeiros com base nas medidas biométricas. Foram utilizados dados de 51 cordeiros, com composição genética de pelo menos 50% da raça Santa Inês. O peso corporal (PC) dos animais foi acompanhado durante 91 dias por meio de pesagens semanais. Após as pesagens, foram tomadas as medidas: altura anterior (AA); altura posterior (AP); comprimento corporal (CC); largura de peito (LP); largura de garupa (LG); perímetro torácico (PT) e perímetro de barril (PB). Essas medidas foram utilizadas como variáveis de entrada do modelo. Foi observado correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre todas as variáveis biométricas com o PC. No entanto, o PC apresentou uma alta correlação com o PT (0,836), seguido do PB (0,818) e AP (0,740). Dessa forma, essas três medidas foram significativas para estimativa do PC. Portanto, o modelo para prever o PC dos cordeiros foi: $\text{Peso (kg)} = 0,4455 * \text{PT} - 0,5794 * \text{PB} + 0,0019 * \text{AP}^2 + 0,0053 * \text{PB}^2$. O perímetro torácico, perímetro de barril e altura de posterior podem ser utilizados como variáveis preditoras do peso corporal em ovinos mestiços, independente do sexo.

Palavras-chave:

altura de posterior; modelagem; ovinos; perímetro de barril; perímetro torácico



2025
2026
2027
2028
2029

Anexo II – Artigo publicado (Capítulo 2) no periódico científico *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* (ISSN: 1678-4162). DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12087>

Journals / Animals / Volume 11 / Issue 8 / 10.3390/ani11082329



Submit to this Journal

Review for this Journal

Edit a Special Issue

Article Menu

Article Overview

- Abstract
- Open Access and Permissions
- Share and Cite
- Article Metrics
- Order Article Reprints

Article Versions

Related Info Links

More by Authors Links

Prediction of Carcass Traits of Santa Inês Lambs Finished in Tropical Pastures through Biometric Measurements

by  Antonio Leandro Chaves Gurgel ^{1,*}  Gelson dos Santos Difante ¹  João Virginio Emerenciano Neto ²  Cynthia Gabriela Fernandes de Araujo ²  Marcone Geraldo Costa ²  Luis Carlos Vinhas Itavo ¹  Itania Maria Medeiros de Araujo ¹  Carolina Marques Costa ¹  Juliana Caroline Santos Santana ¹  Camila Celeste Brandão Ferreira Itavo ¹ and  Patrick Bezerra Fernandes ¹ 

¹ Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande 79070-900, Brazil

² Academic Unit Specialized in Agricultural Sciences, Federal University of Rio Grande do Norte, Macaíba 59200-000, Brazil

* Author to whom correspondence should be addressed.

Academic Editors: Marco Nabiso, Giuseppe Maniaci, Cristina Giosuè and D'Agostino Fabio

Animals **2021**, *11*(8), 2329; <https://doi.org/10.3390/ani11082329>

Received: 15 June 2021 / **Revised:** 6 July 2021 / **Accepted:** 14 July 2021 / **Published:** 7 August 2021

(This article belongs to the Special Issue Animal Production to Valorize Autochthonous Ruminant Breeds)

[View Full-Text](#) [Download PDF](#) [Citation Export](#)

Simple Summary

Biometric measurements have been used to estimate the composition and yield of sheep carcass cuts. However, for the most part, they are carried out with animals finished in feedlots and/or with released animals, which do not represent the reality of production systems located in tropical regions because tropical forage grasses are the food base of small and large ruminants and are responsible for most of the meat produced in the tropics. Therefore, the objective was to predict the weights of the primary carcass cuts of Santa Inês lambs finished in tropical pastures through biometric measurements. Adjustments of multiple linear equations and selection of variables to predict carcass characteristics were performed using the STEPWISE option and Mallows's Cp. The biometric measurements obtained at the time of slaughter can be used as predictive variables of carcass of Santa Inês sheep finished in tropical pastures. The prediction equations are precise and accurate.

Abstract Views 908

Full-Text Views 1148

2030

2031 Anexo III – Artigo publicado (Capítulo 3) no periódico científico *Animals* (ISSN: 2076-
 2032 2615). DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11082329>