



## Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por vacas leiteiras manejadas em pastos tropicais

[NCR Model Evaluation for prediction of dry matter intake by dairy cows managed in tropical pastures]

A.M. Fernandes<sup>1</sup>, B.L.B. Mello<sup>2</sup>, L.S. Glória<sup>1</sup>, T.S. Oliveira<sup>1</sup>, M.G. Camilo<sup>3</sup>, D.F. Baffa<sup>3</sup>, S.E.E. Bernardo<sup>4</sup>, C.C. Cordeiro<sup>3</sup>

A.M. Fernandes  
<https://orcid.org/0000-0002-5583-7209>  
B.L.B. Mello  
<https://orcid.org/0000-0001-5791-5242>  
L.S. Glória  
<https://orcid.org/0000-0002-2756-5939>  
T.S. Oliveira  
<https://orcid.org/0000-0001-7703-9323>  
M.G. Camilo  
<https://orcid.org/0000-0003-1089-3589>  
D.F. Baffa  
<https://orcid.org/0000-0002-8364-9037>  
S.E.E. Bernardo  
<https://orcid.org/0000-0001-9785-6566>  
C.C. Cordeiro  
<https://orcid.org/0000-0002-8028-8520>

<sup>1</sup>Laboratório de Zootecnia - Universidade Estadual do Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>2</sup>Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Vitória, ES

<sup>3</sup>Aluno de pós-graduação - Universidade Estadual do Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>4</sup>Aluno de graduação - Universidade Estadual do Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes, RJ

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o poder preditivo do modelo do *National Research Council* (NRC) para gado leiteiro em estimar o consumo de matéria seca (CMS) por vacas mestiças, em pastagens tropicais. Foi efetuada uma análise conjunta de cinco estudos, contemplando três forrageiras. Foram avaliadas 132 estimativas individuais do CMS observado (CMS<sub>Obs</sub>), obtidas por meio do indicador externo Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O CMS também foi predito por meio do *software* do NRC (CMS<sub>Pred</sub>), que, por sua vez, foi abastecido com *inputs* referentes aos animais e ao ambiente de criação. Os valores de CMS<sub>Pred</sub> (12,7±1,6kg/d) foram semelhantes aos de CMS<sub>Obs</sub> (12,3±3,3kg/d). Foram obtidas as seguintes estimativas da avaliação do poder preditivo do modelo: viés médio (-0,419kg/d), coeficiente de determinação (0,029), coeficiente de correlação (0,17; P=,051), quadrado médio do erro de predição (11,844±20,034), fator de eficiência do modelo (-0,081), coeficiente de determinação do modelo (4,1032) e fator de correção do viés (0,767). A comparação entre CMS<sub>Obs</sub> e CMS<sub>Pred</sub> permitiu identificar a tendência de superestimação das predições se considerado o ajuste por meio de regressão robusta para o modelo linear simples sem intercepto. Nas condições avaliadas, o modelo produz predições de CMS com satisfatória exatidão, porém com baixa precisão.

Palavras-chave: avaliação empírica, ingestão, poder preditivo

### ABSTRACT

*The aim of the present study was to evaluate the predictive power of estimating the dry matter intake (DMI) of crossbred cows on tropical pastures by the National Research Council (NRC) equation for dairy cattle. A joint analysis of five studies covering three forages was performed in which 132 individual estimates of observed DMI obtained through Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as a marker. DMI was also predicted from the NRC (DMI<sub>Pred</sub>) software with inputs concerning animals and breeding environment of the studies used. Predicted DMI<sub>Pred</sub> average values (12.7±1.6kg/d) were similar to the observed DMI<sub>Obs</sub> ones (12.3±3.3kg/d). We obtained the following estimates of the evaluation of the predictive power of the model: average bias (- 0.419kg/d), coefficient of determination (0.029), Person's correlation coefficient (0.17, P= 0.051), mean square error of prediction (11,844±20,034), model efficiency factor (- 0.081), coefficient of determination (4.1032), and bias correction factor (0.767). The comparison between DMI<sub>Obs</sub> and DMI<sub>Pred</sub> values allowed the identification of the overestimating tendency of the predictions demonstrated by the robust regression fit of the simple linear no intercept model. Nevertheless, the model yields predictions with satisfactory accuracy, but with low precision.*

*Keywords: empirical evaluation, intake, predictive power*

Recebido em 10 de setembro de 2018

Aceito em 26 de março de 2019

E-mail: alberto@uenf.br

## INTRODUÇÃO

O consumo de matéria seca (CMS) é a variável mais importante que afeta o desempenho animal (Martins *et al.*, 2013), pois garante ao organismo nutrientes adequados e substratos energéticos para as reações bioquímicas que contribuem para as oscilações do metabolismo celular, especialmente em bovinos para produção de leite, tendo em vista a importância econômica e o complexo sistema digestivo com suas funções metabólicas peculiares (Forbes, 2007). Os determinantes primários da conversão de forragens a produtos animais são: o consumo de matéria seca ou de energia; a digestibilidade e as eficiências de conversão da energia digestível à energia metabolizável e desta à energia líquida. Como componente primário dessa cadeia, o consumo de matéria seca assume importante papel nos estudos de nutrição, pois estabelece a quantidade de nutrientes disponíveis para a produção e a manutenção do bem-estar animal (Branco *et al.*, 2010).

O controle do consumo de alimentos é explicado por duas teorias: a da distensão ruminal e a quimiostática. Já Mertens (1994) relatou que a ingestão de matéria seca (MS) é controlada por fatores físicos, fisiológicos e psicogênicos. Assim, a distensão física do rúmen é fator importante no controle do consumo voluntário, em particular no que tange às dietas constituídas de volumosos, principalmente por forrageiras tropicais. Porém, a regulação do consumo é um processo multifatorial, que depende da interação das características do alimento (teor e composição da fibra, tamanho de partícula, fragilidade e gravidade específica funcional), do animal (tamanho, estágio fisiológico, nível de reservas corporais e apetite) e do meio (manejo do cocho, estrutura do dossel, índice de conforto térmico, etc.) (Pulina *et al.*, 2013). Diferentes modelos de regulação do consumo têm sido desenvolvidos, variando desde modelos de regressões múltiplas empíricas até modelos mecanicistas complexos, envolvendo submodelos relativos às características do animal, do alimento e do ambiente (Elyas *et al.*, 2009).

Nesse tocante, as equações utilizadas de predição do consumo de vacas em lactação descritas no NRC (Nutrient..., 2001) e do CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*) utilizam

informações dos animais e do ambiente de criação como dados de entrada (*inputs*) para o cálculo. Contudo, a realização de um estudo comparando as estimativas de CMS obtidas por esses modelos não se justifica, pois o CNCPS utiliza como base as equações do NRC (Nutrient..., 2001) para estimar o CMS (Tylutki *et al.*, 2008).

Entretanto, esses sistemas de alimentação são norte-americanos e empregam informações de regiões de clima temperado, animais da raça Holandesa e alimentos característicos do sistema de produção norte-americano. Porém, as espécies de gramíneas temperadas são mais digestíveis do que as de clima tropical (Tambara *et al.*, 2017). Assim, percebe-se a escassez na literatura de trabalhos que tenham avaliado o poder preditivo do NRC (Nutrient..., 2001) para prever o CMS para dietas em que predominem as forrageiras tropicais sob pastejo rotacionado, com pequena ou nenhuma oferta de concentrado para as vacas. Essa importante ferramenta de predição é uma grande aliada no balanceamento de suplementos e no planejamento de projetos de produção de leite a pasto. Nesse sentido, é necessário o aprimoramento e a busca por metodologias que melhor se apliquem a essa demanda. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o poder preditivo do modelo do NRC na estimação do CMS por vacas mestiças manejadas em pastagens tropicais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma análise conjunta de dados oriundos de cinco estudos (Fukamoto, 2007; Chambela Neto, 2007; Favoreto *et al.*, 2008; Porto *et al.*, 2009; Santos, 2011) com vacas mestiças em lactação, em sistema de pastoreio rotacionado utilizando-se forrageiras tropicais, sendo estes realizados nos campos experimentais de Coronel Pacheco (município de Coronel Pacheco – MG) e de Santa Mônica (município de Valença – RJ), ambos pertencentes à Embrapa Gado de Leite. Esses estudos foram realizados em áreas apropriadamente cultivadas com três forrageiras tropicais (Tab. 1): grama estrela-africana (*Cynodon nlemfuensis* Vandyerst var. *nlemfuensis*), capim-tanzânia (*Urochloa maxima* (Jacq.) R. Webster) e capim-marandu (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster).

As observações contidas nos estudos supracitados consistem de  $n=132$  estimativas individuais do consumo de matéria seca ( $CMS_{Obs}$ , Tab. 1), obtidas por meio da metodologia do indicador externo óxido crômico ( $Cr_2O_3$ ). Essas estimativas serviram de referência para a avaliação das predições (*outputs*) do consumo de matéria seca ( $CMS_{Pred.}$ ), gerado por meio da operação do modelo de equações matemáticas do NRC (Nutrient..., 2001).

Foi utilizado, para tanto, o *software* que acompanha a referida publicação. Inicialmente, foram fornecidos os *inputs* (Tab. 1) referentes aos animais utilizados para predição do CMS (peso vivo, produção diária de leite, teor de gordura do leite e tempo em lactação). Posteriormente, também foram fornecidos ao modelo *inputs* adicionais que não são utilizados na predição do consumo, mas são necessários para a operacionalização do *software* (vacas mestiças com predominância do sangue Holandês sobre o Zebu, com idade ao primeiro parto e intervalo entre partos de 26 e 14 meses, respectivamente, não prenhes, sem sofrer alteração da massa corporal, caminhando aproximadamente 500m, em terreno plano, duas vezes por dia, até o curral de ordenha e com 4,85% de lactose no leite).

A avaliação da adequação das predições foi feita por meio da combinação de diversas análises estatísticas. Foram utilizados: coeficiente de determinação ( $r^2$ ) (Neter *et al.*, 1996), intervalos de confiança para os parâmetros (Mitchell, 1997) e teste simultâneo para o intercepto e a inclinação (Dent e Blackie, 1979; Mayer *et al.*, 1994). Técnicas adicionais também foram usadas conforme discutido por Tedeschi (2006), incluindo avaliação da acurácia do modelo, com o coeficiente de correlação de concordância (CCC); (Lin, 1989), o viés médio (Cochran e Cox, 1957) e o erro quadrático médio de predição (MSEP); (Bibby e Toutenburg, 1977). Os valores da MSEP foram expandidos em três frações, para representarem erros na tendência

central, erros devido à regressão e erros devido às perturbações (ou erros aleatórios), isto é, variância inexplicada que não pode ser esclarecida pela regressão linear (Theil, 1961).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados valores de  $CMS_{Pred}$  ( $12,7 \pm 1,6$ kg/d) pelo modelo avaliado semelhantes aos de  $CMS_{Obs}$  ( $12,3 \pm 3,3$ kg/d) obtidos com a metodologia dos indicadores para estimar o consumo de pasto. Esse fato se confirma por meio das estimativas obtidas das medidas de precisão dos modelos, entre elas o viés médio ( $MB = -0,419$ kg/d), que verifica a uniformidade da distribuição dos pontos em torno da linha de unidade  $Y = X$ . Quanto mais próximo de zero, menor o MB. Neste estudo, seu pequeno valor negativo denota comportamento geral de superestimação do  $CMS_{Pred}$  por parte do modelo do NRC. No entanto, seu valor absoluto representa apenas 3,4% do  $CMS_{Obs}$ . Contudo, o pequeno coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,029$ ) e o coeficiente de correlação  $r = 0,17$  ( $P = 0,051$ ) denotam fraca evidência de associação entre as variáveis, o que permite identificar uma baixa precisão do modelo NRC em antecipar o consumo voluntário de matéria seca, dentro do intervalo estudado.

O quadrado médio do erro de predição ( $MSEP = 11,844 \pm 20,034$ ), que corresponde à diferença entre os valores observados e os valores preditos pelo modelo, é um indicador de variabilidade dos dados e, no caso em questão, é mais uma evidência da baixa precisão das predições. O fator de eficiência do modelo ( $MEF = -0,081$ ), segundo o qual quanto mais próximo de um, melhor é o modelo, pode variar de menos infinito a um e, nesse caso, denota piores valores de predição do modelo. O fator de correção do viés ( $C_b = 0,767$ ), que pode variar de zero a um, indica o quanto a linha de regressão linear entre os valores observados e os preditos desviou-se do coeficiente angular da linha de unidade ( $Y = X$ ). Quando  $C_b = 1$ , nenhum desvio ocorre a partir da linha de unidade.

Tabela 1. Descrição dos dados de entrada utilizados para o cálculo das predições de consumo de matéria seca em cada estudo avaliado, em que N é o número de animais em cada estudo, P<sub>A</sub> foram os períodos da mesma lactação avaliados, n o número de observações fornecidas, T a temperatura média do ar, T<sub>L</sub> o tempo em lactação, CMS<sub>Obs</sub> o consumo de matéria seca total observado, PV o peso vivo, PL a produção de leite observada, G<sub>L</sub> a gordura do leite, P<sub>L</sub> a proteína do leite, ECC o escore de condição corporal, E a grama-estrela, T o capim-tanzânia e M o capim-marandu

Estudo	N <sup>o</sup>	P <sub>A</sub>	n	Forrageira	T (°C)	Idade (anos)	Lactação	T <sub>L</sub> (dias)	Concentrado (kg/dia)	CMS <sub>Obs</sub> (g/d)		PV (kg)		PL (kg/d)		G <sub>L</sub> (%)		P <sub>L</sub> (%)		ECC	
										$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
I	10	1	10	E	21,4	5	3	75	1792	10517	1390	522	42	11,8	1,1	3,4	-	3,3	0,0	3,5	-
	30	1	10	E	23,2	5 a 9	1 <sup>a</sup> 5	75	1895	8327	2867	474	77	14,3	2,7	3,4	-	3,3	0,0	3,2	0,6
II	1	10	T	M	23,2	5 a 6	3 <sup>a</sup> 4	120	1866	9839	1841	490	71	14,2	3,1	3,6	-	3,2	0,0	2,8	0,4
		10	M							8753	2140	467	56	14,0	3,0	3,6	-	3,2	0,0	2,9	0,3
III	24	1	8	T	23,8	2 a 7	1 <sup>a</sup> 5	60	1792	15546	2081	497	70	9,4	1,3	3,8	-	3,2	0,0	1,9	0,2
		1	8	E						13717	1430	492	45	9,6	1,6	3,6	-	3,1	0,0	2,1	0,2
IV	24	1	8	M	21,9			120	0	14140	1446	508	79	9,4	1,6	3,6	-	3,2	0,0	2,4	0,2
		1	8	T						17025	2105	438	46	11,2	1,6	3,6	0,3	2,8	0,2	2,4	0,3
V	20	1	8	E	23,0	5	3	60	1780	12366	1609	447	39	9,3	2,2	3,7	0,3	2,7	0,1	2,3	0,3
		1	8	M						13850	1568	443	40	11,0	3,3	3,7	0,5	2,7	0,3	2,4	0,3
V	2	8	T	M	23,0	5	3	60	1780	13505	2023	448	44	7,7	2,0	4,0	0,3	3,0	0,2	2,4	0,2
		8	E							10637	1067	454	40	7,2	2,4	4,1	0,1	2,9	0,2	2,3	0,2
V	2	10	T	M	23,0	5	3	60	1780	10913	1002	451	33	7,8	3,1	3,9	0,6	2,9	0,3	2,4	0,1
		10	T							13810	3631	486	48	15,0	1,8	3,8	0,5	3,0	0,2	2,8	0,3
										13557	4758	473	48	12,6	2,4	3,8	0,8	2,9	0,3	2,7	0,3

I - Chambela Neto (2007); II - Fukumoto (2007); III - Favoreto et al. (2008); IV - Porto et al. (2009); V-Santos (2011).

A comparação entre os valores observados (Y) e preditos (X) permitiu identificar a tendência de superestimação das predições do modelo avaliado para as condições analisadas se considerado o ajuste por meio de regressão robusta para o modelo linear simples sem intercepto (Fig. 1A). Na Fig. 1B, foi contrastada a unidade normal de desvio do erro(s), obtida segundo Drapere e Smith (1966), em função do CMS<sub>Obs</sub>. O que se pode depreender é que existe uma tendência geral de superestimação dos valores menores que 12kg/d e de subestimação de valores acima desse ponto. Há uma visível tendência de as unidades normais de desvio do erro dispersarem em função do CMS<sub>Obs</sub>. Apesar de a existência dessa tendência indicar o viés geral do modelo, aproximadamente 96% dos desvios encontram-se entre -2 e 2. No entanto, a dispersão tendenciosa é um indicador de que a dispersão dos desvios ao longo do consumo observado não segue um padrão aleatório ou uma distribuição normal conforme é recomendado

para um bom modelo de predição (Mitchell, 1997; Lee., 2015). A Fig. 1C ilustra a dispersão dos dados sobre o CMS<sub>Obs</sub> em função do CMS<sub>Pred</sub> e contém, ainda, a regressão linear robusta para a qual foram estimados o intercepto e a inclinação do modelo linear simples. Essas estimativas também são indicadores da tendenciosidade geral nos valores preditos. O desvio-padrão residual da regressão robusta foi de 3,26kg/d. O quociente entre esse desvio-padrão da regressão e o valor médio de 12,28kg/d para o CMS<sub>Obs</sub> permite que se tenha uma ideia da variabilidade ou da dispersão dos dados, i.e., 26,55%. Na Fig. 1D, pode-se depreender que, apesar da variabilidade existente (Fig. 1A e 1B), a dispersão da unidade de desvio normal do erro em função do CMS<sub>Pred</sub> não apresentou viés geral e 96% dos desvios encontram-se no intervalo entre -2 e 2. Tal critério permite verificar a existência da possível influência de outras variáveis não constantes no modelo (Drapere e Smith, 1966; Mitchell, 1997).

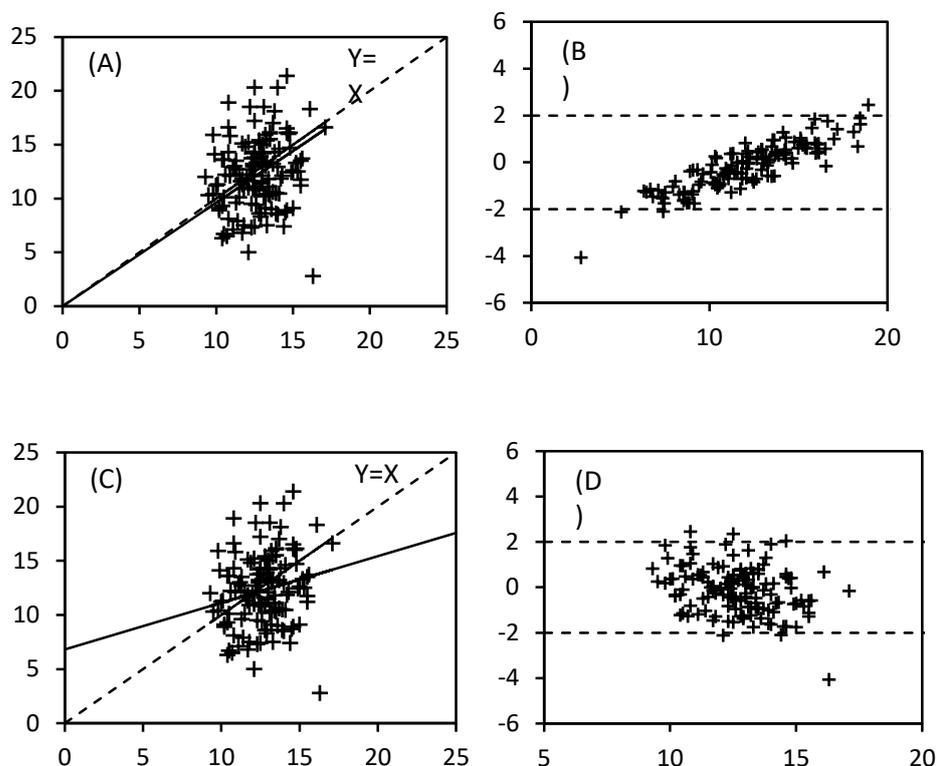


Figura 1. Comparação entre os valores observados (Y) e preditos (X), em que a linha tracejada representa a linha de unidade, e a linha sólida a estimativa de regressão robusta para o modelo sem intercepto (painel A). A estimativa robusta para o coeficiente de regressão foi de  $0,9618 \pm 0,0232$  ( $P < 0,001$ ). No painel B, pode-se observar o contraste entre a unidade normal de desvio do erro dispersa em função do  $CMS_{Obs}$ . O painel C contém a dispersão do  $CMS_{Obs}$  em função do  $CMS_{Pred}$  e, ainda, a regressão linear robusta para a qual foram estimados o intercepto e a inclinação do modelo linear. No painel D, encontra-se a dispersão da unidade normal de desvio do erro dispersa em função do  $CMS_{Pred}$ .

Conforme é possível depreender do exposto anteriormente, a partir da variabilidade das predições obtidas e da possibilidade da existência de influência de outras variáveis não constantes no modelo em operação no mundo real, ressalva-se que a equação de predição do CMS para vacas em lactação utilizada pelo NRC (Nutrient..., 2001) não considera nenhuma característica do alimento ou do ambiente de produção. Entre essas características estão os teores de umidade e de FDN dos alimentos, além da temperatura ambiente.

As condições experimentais nas quais os estudos aqui avaliados foram realizados corroboram algumas teorias referentes aos alimentos e ao ambiente de criação discutidas pelo próprio NRC (Nutrient..., 2001). Deve-se considerar que as

dietas ofertadas aos animais avaliadas pelo presente trabalho possuíam alta proporção de forragem, ou seja, o pasto (Tab. 1), cujo teor de umidade é, em geral, elevado (77 a 87%). A umidade pode ter efeito depressivo sobre o CMS dos animais (Nutrient..., 2001), pois essa publicação relata que, em alguns estudos, foi observada uma relação negativa entre o CMS e as dietas ricas em umidade, além de citar redução no CMS total de 0,02% do peso vivo para cada aumento de 1% no teor de umidade da dieta, para valores totais acima de 50%, ao serem incluídos alimentos fermentados na dieta.

Holter e Urban (1992) revisaram dados de 329 vacas lactantes alimentadas com dietas que variaram de 30 a 70% no teor de MS e constataram que o CMS não diminuía quando os

teores alimentares de MS eram inferiores a 50%. No NRC, ainda consta que, quando vacas recebem dietas idênticas em composição acrescidas de água (78 a 40% MS), observa-se aumento do CMS com o aumento da MS na dieta e que o CMS não foi afetado por imersão de misturas de grãos em água de forma que o teor de MS diminuísse de 60 para 45 ou 35% MS (Polania *et al.*, 2016). No NRC (Nutrient..., 2001), consta, ainda, que as revisões sobre a relação entre o conteúdo de MS da dieta e o CMS são conflitantes e que não há definição do teor ideal de MS da dieta que venha a maximizar o CMS.

Para a influência do teor de FDN dietético sobre o CMS, o NRC cita que Mertens (1994) sugeriu a utilização da FDN na predição do CMS e que elevadas concentrações de FDN na dieta limitam o CMS por meio da repleção ruminal, particularmente em condições de baixa concentração de energia, como foi o caso do presente estudo, no qual as dietas avaliadas possuíam elevada proporção em forragem (Tab. 1), com teores de FDN que variaram entre 64 e 72% no presente estudo. Ainda, corroborando o discutido pelo NRC, de maneira geral, observou-se declínio do CMS causado pela repleção ruminal quando ocorreu aumento da concentração de FDN na dieta, especialmente quando esse teor na dieta ultrapassou 25%. Além disso, o tamanho das partículas, a sua digestibilidade e a taxa de passagem pelo rúmen-retículo também podem afetar o CMS (Prímola *et al.*, 2012).

A utilização da FDN como uma variável em modelos de predição do CMS foi examinada em dois estudos: Rayburn e Fox (1993) concluíram que a predição do consumo foi mais precisa e menos tendenciosa quando FDN da dieta, especialmente aquela pertencente às forrageiras, foi incluída em um modelo com peso vivo, produção de leite corrigida para 4% de gordura e dias em lactação. No entanto, para a predição do CMS de vacas leiteiras alimentadas com dietas ricas em energia, contendo 25 a 42% de FDN, foram contabilizadas variações do CMS inferiores a 1%, devido à FDN (Roseler *et al.*, 1997). A dominância de um mecanismo de controle de consumo sobre o outro pode estar associada à qualidade da dieta em termos de conteúdo energético e digestibilidade, mas sua correlação com o consumo poderá ser positiva ou

negativa. Sob dietas de alta digestibilidade, o consumo será tanto menor quanto mais digestível for o alimento, pois o animal terá atendido suas exigências energéticas com menores níveis de consumo (Van Soest, 1994). Nos trópicos, onde os ruminantes são alimentados predominantemente com forragens menos digestíveis se comparadas às de clima temperado, o controle físico do consumo é ainda mais pronunciado. Portanto, são recomendadas, para as avaliações do consumo potencial de MS de plantas forrageiras, estimativas a partir da repleção física do rúmen provocada pelo volumoso estudado (Branco *et al.*, 2010). Assim, a inexistência das características dos alimentos na equação de predição do CMS para vacas em lactação pode indicar uma lacuna para uma provável carência preditiva do modelo, particularmente quando ele é empregado em condições semelhantes às avaliadas no presente estudo.

As temperaturas médias do ar nos estudos analisados que compõem o presente trabalho (Tab. 1) foram ligeiramente superiores àquelas da zona de conforto térmico para vacas leiteiras especializadas (5 a 20°C). Entretanto, ao observar a Fig. 1-3 do NRC (Nutrient..., 2001) e a amplitude de variação dos dados empregados (aproximadamente entre 2 e 16kg/d) para a avaliação empírica da equação de predição do modelo, pode-se constatar que o efeito da temperatura nos estudos que compõem o presente trabalho pode não ter influenciado de forma consistente o CMS<sub>Obs</sub>. No modelo avaliado, também não foi considerado o efeito da temperatura e/ou da umidade relativa do ar na predição do CMS de vacas em lactação, devido à insuficiência de informações no banco de dados do NRC (Nutrient..., 2001) contendo registros de animais fora da zona de conforto térmico, o que inviabilizaria a inferência das predições. Essa pode ser outra possível lacuna na qual o modelo não produz predições acuradas, o que reduz a confiabilidade das predições do modelo em situações diferentes àquelas das quais os dados de origem foram gerados e utilizados para a estimação de parâmetros do modelo. Esses fatos demonstram a necessidade de mais estudos para a avaliação das predições do CMS segundo o NRC (Nutrient..., 2001) para animais fora da zona de conforto térmico e em regime de produção de leite em pastos tropicais manejados de forma intensiva.

## CONCLUSÕES

Nas condições avaliadas neste estudo, o modelo de predição do consumo de matéria seca em uso no NRC (Nutrient..., 2001) produz predições com satisfatória exatidão, porém com baixa precisão. Existe a necessidade de realização de mais estudos visando à aplicabilidade do modelo para predição do CMS, sobretudo em condições tropicais, em que, durante o período chuvoso do ano, ocorrem temperaturas atmosféricas superiores às da zona de conforto térmico, e os animais recebem dietas com elevada proporção de forrageiras, ou seja, pasto que contenha elevados teores de umidade e fibra.

## REFERÊNCIAS

- BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. *Prediction and improved estimation in linear models*. Berlin: John Wiley & Sons, , 1977. 188p.
- BRANCO, R.H.; RODRIGUES, M.T.; SILVA, M.M.C. *et al.* Efeito dos níveis de fibra da forragem sobre o consumo, a produção e a eficiência de utilização de nutrientes em cabras lactantes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.39, p.2477-2485, 2010.
- CHAMBELA NETO, A. *Avaliação Nutricional de três gramíneas tropicais e do desempenho de vacas leiteiras sob pastejo rotativo*. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. *Experimental design*. 2.ed. New York: John Wiley e Sons, 1957. 611p.
- DENT, J.B.; BLACKIE, M.J. *Systems simulation in agriculture*. New York: Springer, 1979. 180p.
- DRAPER, N.R., SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley e Sons, 1966. 407p.
- ELYAS, A.C.W.; PAIVA, P.C.A.; LOPES, F.C.F. *et al.* Avaliação do modelo CNCPS na predição do consumo de matéria seca em vacas da raça Holandesa em pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.1096-1103, 2009.
- FAVORETO, M.G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A.M. *et al.* Avaliação nutricional da grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.319-327, 2008.
- FORBES, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutr. Res. Rev.*, v. 20, p.132-146, 2007.
- FUKUMOTO, N.M. *Desempenho produtivo de vacas holândês x zebu em pastagens de gramíneas tropicais sob lotação rotacionada*. 2007. 74f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.
- HOLTER, J.B.; URBAN, W.E. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1472-1479, 1992.
- LEE, D.K.; IN, J.; LEE, S. Standard deviation and standard error of the mean. *Korean J. Anesthesiol.*, v.68, p.220-223, 2015.
- LIN, L.I.K. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, v.45, p.255-268, 1989.
- MARTINS, C.D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; BARBOSA, R.A. *et al.* Consumo de forragem e desempenho animal em cultivares de *Urochloa humidicola* sob lotação contínua. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.48, p.1402-1409, 2013.
- MAYER, D.G.; STUART, M.A.; SWAIN, A.J. Regression of real-world data on model output: an appropriate overall test of validity. *Agricult. Syst.*, v.45, p.93-104, 1994.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G.C. (Ed.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison, WI: Am. Soc. Agron. Crop Sci. Soc. Am. Soil Sci. Soc. Am., 1994. p.450-493.
- MITCHELL, P.L. Misuse of regression for empirical validation of models. *Agricult. Syst.*, v.54, p.313-326. 1997.
- NETER, J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C.J. *et al.* *Applied linear statistical models*. 4.ed. Boston: McGraw-Hill, 1996. 1396p.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. rev. Washington: National Academy, 2001.

- POLANIA, J.A.; POSCHENRIEDER, C.; BEEDE, S. *et al.* Effective use of water and increased dry matter partitioned to grain contribute to yield of common bean improved for drought resistance. *Front. Plant Sci.*, v.7, p.1-10, 2016.
- PORTO, P.P.; DERESZ, F.; SANTOS, G.T. *et al.* Produção e composição química do leite, consumo e digestibilidade de forragens tropicais manejadas em sistema de lotação intermitente. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.1422-1431, 2009.
- PRÍMOLA, S.G.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I. *et al.* Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo e a digestibilidade em ovinos. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.13, p.137-149, 2012.
- PULINA, G.; AVONDO, M.; MOLLE, G. *et al.* Models for estimating feed intake in small ruminants. *Rev. Bras. Zootec.*, v.42, p.675-690, 2013.
- RAYBURN, E.B.; FOX, D.G. Variation in neutral detergent fiber intake of Holstein 339 cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.544-554, 1993.
- ROSELER, D.K.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; CHASE, L.E. Evaluation of alternative equations for prediction of intake for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 80, p.864-877, 1997.
- SANTOS, C.O. *Produção de leite em pasto de capim Tanzânia manejado sobre pastoreio rotacionado*. 2011. 38f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- TAMBARA, A.A.C.; SIPPERT, M.R.; JAURIS, G.C. *et al.* Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.39, p.235-241, 2017.
- TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. A review. *Agricult. Syst.*, v.89, p.225-247, 2006.
- THEIL, H. *Economic forecasts and policy*. Contributions to economic analysis. 2.ed. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1961. p.6-48.
- TYLUTKI, T.P.; FOX, D.G.; DURBAL, V.M. *et al.* Cornell Net Carbohydrate and protein system: a model for precision feeding of dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.143, p.174-202, 2008.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.