



Avaliação de sistemas energéticos para vacas leiteiras

Graciele Fatima do Nascimento BATISTA¹, Marcia Rodrigues Carvalho OLIVEIRA¹,
Daiane Caroline de MOURA¹, Jocely Gomes de SOUZA¹, Walter Bedon GALLARDO¹,
Henrique Melo da SILVA¹, Andrea Beltrano DONADIA¹, André Soares de OLIVEIRA^{1*}

¹Dairy Cattle Research Lab, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil.
(ORCID: 0000-0002-5775-4191; 0000-0001-8321-4394; 0000-0002-8276-2089; 0000-0001-6967-161X;
0000-0002-4632-4102; 0000-0002-8434-4278)

*E-mail: andresoli@ufmt.br (ORCID: 0000-0001-9287-0959)

Recebido em 28/05/2019; Aceito em 30/09/2019; Publicado em 13/04/2020.

RESUMO: Objetivou-se avaliar a qualidade da predição das exigências de energia para vacas leiteiras do sistema de Oliveira (2015) para condições tropicais, em comparação aos sistemas AFRC (1993), NRC (2001), Feed into Milk (THOMAS, 2004), INRA (2007), CSIRO (2007) e Moraes et al. (2015). Utilizou-se observações de quatro experimentos de alimentação de vacas leiteiras do tipo rotativo, totalizando 181 observações de consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) de 16 dietas experimentais. O conjunto de dados construídos apresentou uma ampla variação nas características dos animais (produção de leite entre 6,1 a 36,5 kg/dia), dieta e consumo de NDT (4,0 a 16,6 kg/dia). O sistema energético de Oliveira (2015) explicou 83% do consumo de NDT observado, superestimou o consumo de NDT em média 0,35 kg/dia e apresentou raiz quadrada do erro médio de predição (RQEMP) de 12,2% do valor observado. Os sistemas AFRC (1993), NRC (2001), Feed into Milk (THOMAS, 2014) e Moraes et al (2015) apresentaram RQEMP similares ($P > 0,05$) ao sistema de Oliveira (2015), indicando similaridade na acurácia para predizer as exigências de energia para vacas leiteiras em condições tropicais. Recomenda-se ainda investigar a adequação destes sistemas energéticos em experimentos de longa duração.

Palavras-chave: acurácia; energia; sistemas nutricionais.

Evaluation of energetics systems for dairy cows

ABSTRACT: The objective was evaluate accuracy and precision of the estimated energy requirements for lactating dairy of the Oliveira (2015) system to tropical condition, compared to AFRC (1993), NRC (2001), Feed into Milk (THOMAS, 2004), INRA (2007), CSIRO (2007) and proposed by Moraes et al. (2015). Four rotative feeding trials were used as dataset, totalizing 181 observations of total digestible nutrient (TDN) intake from 16 diets. Dataset had wide variation in animal performance (milk yield between 6.1 to 36.5 kg/day), diet and TDN intake (4.0 to 16.6 kg/day). The Oliveira (2015) system explained 83% of the observed TDN intake, over-predicted TDN intake by 0.34 kg/day and presented root mean square error of prediction (RMSPE) of the 12.2% of the observed TDN intake. AFRC (1993), NRC (2001), Feed into Milk (THOMAS, 2014) e Moraes et al (2015) systems had similar RMSPE ($P > 0.05$) to Oliveira (2015) system, indicating similar accuracy to predict energy requirement for dairy cows under tropical conditions. We recommended to investigate the adequacy these systems in long term feeding trials.

Keywords: accuracy; energy; nutritional systems.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios da humanidade será atender à crescente demanda por proteína animal, diante das restrições sociais e de recursos naturais para a expansão da produção. Como a disponibilidade de alimentos para ração animal, de terras e água para consumo dos animais têm tornado-se limitantes em várias regiões do mundo (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012), as recomendações de energia e nutrientes nas dietas dos animais precisam ser ainda mais acuradas e precisas

Os atuais sistemas nutricionais aplicados à bovinos de leite têm sido desenvolvidos por comitês científicos que fazem revisões sistemáticas de resultados experimentais AFRC 1993 (Britânico); NRC 2001 (EUA); NORFOR 2001

(Países Nórdicos); *Feed into Milk* (THOMAS, 2004; Britânico); CSIRO 2007 (Australia); INRA 2007 (França). No entanto, há diferenças nos métodos nutricionais, estatísticos e na natureza do conjunto de dados. Os comitês dos sistemas AFRC (1993), INRA (2007) e CSIRO (2007) se basearam em ensaios de metabolismo energético em jejum para recomendar as exigências de energia para vacas leiteiras, com fatores de ajustamentos para atividades. Moe et al. (1971), o comitê do *Feed into Milk* (THOMAS, 2004), Moraes et al. (2015) e Oliveira (2015) utilizaram técnicas de regressão entre consumo EM, energia no leite, energia corporal retida ou mobilizada, com animais em alimentação em nível de produção, usando técnicas calorimétricas ou ensaios de alimentação.

Há substanciais evidências que as exigências de energia líquida ou energia metabolizável (EM) para manutenção (EM_M) adotadas nos principais sistemas nutricionais para vacas leiteiras (AFRC, 1993; NRC, 2001) estão subestimadas (AGNEW et al., 2003; OLIVEIRA, 2015). As razões para isto foram atribuídas ao aumento da produtividade das vacas ao longo do tempo, o que aumentou o metabolismo visceral e consequentemente o gasto energético para manutenção. Entretanto, esses aspectos não foram atualizados em diversos sistemas nutricionais vigentes. Além disso, ensaios de metabolismo em jejum podem ter provocados subestimativa dos valores de EM para manutenção, mesmo com adoção de fatores de ajustamentos para atividades voluntárias.

O comitê do NRC (2001) utilizou os parâmetros de exigências nutricionais obtidos por Moe et al. (1971), a partir de uma análise de ensaios de balanço de energia em respirometria indireta com 350 vacas em lactação da raça holandesa. Recentemente, Moraes et al. (2015) realizaram uma atualização do sistema de Moe et al. (1971) utilizando 1038 observações de 40 ensaios de balanço de energia em respirometria indireta conduzidos entre 1963 a 1995, utilizando abordagem Bayesiana para estimar os parâmetros de exigências nutricionais de vacas leiteiras. Estes autores observaram que a exigência de EM_M aumentou 45% ao longo do tempo devido ao incremento no metabolismo corporal e a produção de calor corporal, decorrentes do aumento da produtividade das vacas. Por outro lado, a eficiência de utilização da EM para lactação (k_L) também aumentou ao longo do tempo (17%), e foi parcialmente atribuída também à mudanças na composição das dietas ao longo do tempo, em particular ao aumento de extrato etéreo, que aumenta a eficiência energética para produção de leite.

Em meta-análise recente de 60 ensaios de alimentação (752 vacas e 231 dietas experimentais) conduzidos em diversas regiões no Brasil, Oliveira (2015) propôs uma nova

abordagem conceitual para estimar os parâmetros das exigências de EM_M e k_L. Foi observado que vacas leiteiras *Bos taurus* × *Bos indicus* têm exigência de EM_M 26% menor que vacas *Bos taurus* (0.133 versus 0.179 Mcal/kg PC^{0.75}), mas k_L 19% menor (0,53 versus 0,66). Além disso, a exigência de energia EM_M para vacas leiteiras *Bos taurus* foi 45% superior ao valor observado por Moe et al. (1971).

Como o sistema de energia desenvolvido por Oliveira (2015) foi construído a partir de amplo conjunto de dados de ensaios de alimentação mais recentes e em condições brasileiras, hipotetizamos que este sistema é mais acurado e preciso para recomendar as exigências de energia para vacas leiteiras em condições tropicais que outros sistemas energéticos internacionais. Assim, objetivamos avaliar a acurácia e precisão das estimativas das exigências de energia para vacas leiteiras lactantes do desenvolvido por Oliveira (2015) em comparação com os sistemas (AFRC, 1993), NRC (2001), *Feed into Milk* (Thomas, 2004), INRA (2007), CSIRO (2007) e proposto por Moraes et al. (2015).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um conjunto de dados para avaliar os sistemas energéticos a partir da análise de 181 observações de 16 dietas experimentais, oriundas quatro ensaios de alimentação de vacas leiteiras (OLIVEIRA et al., 2007; SOUZA et al., 2017; MOURA et al., 2018; e OLIVEIRA et al., 2019). A estatística descritiva do conjunto de dados está apresentada na Tabela 1. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi adotado como variável de comparação dos sistemas, pois nos experimentos utilizados para avaliação não foram mensurados a energia metabolizável, mas apenas a energia digestível, expresso em NDT. Uma breve descrição de cada experimento é apresentado a seguir.

Tabela 1. Estatística descritiva do conjunto de dados usados para avaliar qualidade da predição dos sistemas de energia para vacas leiteiras em lactação.

Table 1. Descriptive statistics of the data set used to evaluate prediction quality of energy systems for lactating dairy cows.

Item	Média	Min.	Máx.	D.P.	n ¹
<i>Animal</i>					
Produção de leite, kg/d	18,1	6,1	36,5	7,9	185
Gordura no leite, %	3,71	1,88	6,12	0,72	189
Proteína no leite, %	3,29	2,44	4,50	0,38	185
Lactose no leite, %	4,58	3,94	5,05	0,08	185
Energia do leite, Mcal/kg leite	0,72	0,51	0,95	0,08	185
Peso corporal (PC), kg	548	334	729	96	185
Varição de PC, kg/dia	0,58	-2,49	3,40	0,75	184
<i>Dieta</i>					
Proteína bruta, % MS	15,0	10,2	18,4	2,2	188
Extrato etéreo, % MS	2,2	1,2	4,0	0,5	189
FDN % MS	40,1	19,1	54,8	7,2	189
CSDN, % MS	37,1	18,2	60,3	9,7	189
Digestibilidade da MS, %	67,1	39,0	81,2	7,0	189
Digestibilidade da matéria orgânica, %	68,0	31,5	84,7	8,3	189
NDT, % MS	68,5	43,2	87,0	8,3	181
<i>Consumo</i>					
Matéria seca, kg/d	16,2	6,2	27,1	5,0	189
Proteína bruta, kg/d	2,46	0,92	4,48	0,94	189
Extrato etéreo, kg/d	0,35	0,17	0,65	0,13	189
FDN, kg/d	6,27	2,64	10,29	1,62	189
CSDN, kg/d	6,23	1,38	14,09	2,92	189
NDT, kg/d	10,65	3,99	16,59	3,01	181

¹Observações oriundas quatro experimentos (OLIVEIRA et al., 2007; SOUZA et al., 2017; MOURA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019). Todas as vacas com estavam com menos de 190 dias de gestação.

D.P. = desvio padrão, FDN = Fibra em detergente neutro, CSDN = Carboidratos solúveis em detergente neutro, NDT = Nutrientes digestíveis totais.

Oliveira et al. (2007) avaliaram em quatro dietas experimentais, o efeito da inclusão de casca de soja ou casca de café em substituição ao milho grão em dietas contendo cana-de-açúcar como forragem e 60% de concentrado (base da matéria seca), utilizando dieta com silagem de milho (40% base da matéria seca) como controle. Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa no terço médio-final de lactação (média por tratamento entre 19 a 20 kg de leite/dia) em delineamento quadrado latino, em quatro períodos de 19 dias cada, sendo 12 dias de adaptação e sete dias para coleta de dados sobre a produção e composição do leite, peso corporal, variação de peso corporal e consumo de NDT. O peso corporal foi mensurado no início e final de cada período. O consumo de NDT foi obtido por meio de ensaio de digestão *in vivo*, utilizando a fibra em detergente ácido indigestível como marcador interno de excreção fecal.

Souza et al. (2017) avaliaram o efeito da inclusão de farelo de pinhão manso tratado com hidróxido de sódio em suplementos concentrados (0, 10, 20 e 30% base da matéria seca) em sistemas de pastejo de *Panicum maximum* cv. Mombaça. Foram utilizadas 12 vacas mestiças de Holandês x Zebu no terço médio de lactação (média por tratamento entre 9 a 11 kg de leite/dia), em delineamento quadrado latino, com quatro períodos 21 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e sete dias para coleta de dados sobre a produção e composição do leite, peso corporal, variação de peso corporal e consumo de NDT. O peso corporal foi mensurado no início e final de cada período. Foram fornecidos 4 kg (matéria natural) de suplemento concentrado por vaca/dia e mensurados as sobras por vaca para mensurar o consumo de concentrado. O consumo de pasto e NDT foi mensurado utilizando dióxido de titânio como marcador de excreção fecal e a fibra em detergente neutro indigestível.

Tabela 2. Descrição das equações para estimar as exigências de energia propostos pelos sistemas nutricionais AFRC (1993) e NRC (2001) para vacas leiteiras em lactação¹.

Table 2. Description of the equations to estimate the energy requirements proposed by nutritional systems AFRC (1993) and NRC (2001) for lactating dairy cows¹.

Sistemas	Equações ²
AFRC (1993)	$NDT \text{ (kg/d)} = ED \text{ (Mcal/dia)} \div 4,408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $ED \text{ (Mcal/dia)} = EM \text{ (Mcal/dia)} / 0,835$ $EM \text{ (Mcal/dia)} = EM_M \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$ $EM_M \text{ (Mcal/dia)} = ((0,127 \times (PC/1,08)^{0,67}) + 0,00227 \times PC) \div k_m$, em que $k_m = 0,35 \times q + 0,503$, em que: $q = EM \text{ dieta} / EB \text{ dieta}$ $EM \text{ dieta (Mcal/kg MS)} = 0,003752 \times DMO \text{ (g/g)} \times 1000$ $EB \text{ dieta (Mcal/kg MS)} = 4,40$ $EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times EL \text{ do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L$, em que: $k_L = 0,35 \times q + 0,42$ $EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$: Se variação de PC (VPC; kg/dia) for $> 0 = (VPC \times 4,54) \div k_g$; Se VPC for $< 0 = (VPC \times 3,824 \times k_{gl}) / k_L$. em que: $k_g = 0,95 \times k_L$; e $k_{gl} = 0,84$
NRC (2001)	$NDT \text{ (kg/d)} = ED \text{ (Mcal/dia)} \div 4,408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $ED \text{ (Mcal/dia)} = EM \text{ (Mcal/dia)} / 0,82$ $EM \text{ (Mcal/dia)} = EM_M \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$ $EM_M \text{ (Mcal/dia)} = (0,08 \times PC^{0,75}) \div k_m$, em que $k_m = 0,65$ $EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times EL \text{ do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L$, (em que $k_L = 0,65$) $EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$: Se variação de PC (VPC; kg/dia) for $> 0 = (VPC \times EC) \div k_g$. Se VPC for $< 0 = (VPC \times EC \times k_{gl}) \div k_L$. em que: $EC \text{ (Mcal/kg PC)} = \text{Proporção gordura corporal} \times 9,4 + \text{Proporção proteína corporal} \times 5,55$; $\text{Proporção de gordura corporal} = 0,037683 \times ECC(9) + \text{Proporção proteína corporal} = 0,20 - 0,0066762 \times ECC(9)$; $ECC(9) = ((ECC(5) - 1) \times 2 \times ECC(9))$; $k_g = 0,75$ e $k_{gl} = 0,82$

¹Com duração da gestação menor que 190 dias. Assim, como as exigências de gestação são quantificadas somente a partir de 190 dias de gestação (Bell et al., 1995), as exigências de gestação não foram consideradas.

²NDT = nutrientes digestíveis totais; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EM_M = energia metabolizável para manutenção; EM_{Lac} = energia metabolizável para lactação; EM_{Res} = energia metabolizável para ganho ou mobilização de reserva corporal; EL = energia líquida; PC = peso corporal (kg); DMO = digestibilidade da matéria orgânica da dieta; EC = energia corporal; ECC(9) = escore de condição corporal, escala 1 até 9; ECC(5) = escore de condição corporal, escala 1 até 5; k_m = eficiência de utilização da EM para manutenção; k_L = eficiência de utilização da EM para lactação; k_g = eficiência de utilização da EM para ganho de reserva corporal; k_{gl} = eficiência de utilização da energia corporal mobilizada para produção de leite.

Moura et al. (2018) avaliou o efeito da inclusão de farelo de crambe de uma dieta total parcial (0, 4,5, 9 e 13,5%, base da matéria seca), utilizando 70% de silagem de milho como forragem. As vacas recebiam a dieta total parcial à vontade das 6:00 às 19:00 horas, ajustando as sobras para 5 a 10% do ofertado. Entre 19:00 horas e 6:00 horas as vacas permaneciam numa área de pastagem de capim Mombaça de 3 ha, sem divisão, com acesso à água e sal mineral. Foram

utilizadas 12 vacas mestiças de Holandês x Zebu no terço médio de lactação, delineamento em quadrado latino, com quatro períodos 21 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e sete dias para coleta de dados sobre a produção e composição do leite, peso corporal, variação de peso corporal e consumo de NDT.

O peso corporal foi mensurado no início e final de cada período. O consumo de NDT foi obtido por meio de ensaio

de digestão *in vivo*, utilizando a fibra em detergente neutro indigestível como marcador interno de excreção fecal.

Oliveira et al. (2019) avaliaram em quatro dietas experimentais, o efeito da inclusão de farelo de girassol (0,7,14 e 21% base de matéria seca) em dietas contendo 55% de silagem de milho e 45% de concentrado (base da matéria seca). Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa no terço médio de lactação (média por tratamento entre 27 a 30 kg de

leite/dia) em delineamento quadrado latino, em quatro períodos 21 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e sete dias para coleta de dados sobre a produção e composição do leite, peso corporal, variação de peso corporal e consumo de NDT. O peso corporal foi mensurado no início e final de cada período. O consumo de NDT foi obtido por meio de ensaio de digestão *in vivo*, utilizando a fibra em detergente neutro indigestível como marcador interno de excreção fecal.

Tabela 3. Descrição das equações para estimar as exigências de energia propostos pelos sistemas nutricionais *Feed into Milk* e INRA (2007) para vacas leiteiras em lactação¹.

Table 3. Description of the equations to estimate the energy requirements proposed by nutritional systems *Feed into Milk* and INRA (2007) for lactating dairy cows¹.

Sistemas	Equações ²
<i>Feed into Milk</i> (THOMAS, 2004)	$\text{NDT (kg/d)} = \text{ED (Mcal/dia)} \div 4.408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $\text{ED (Mcal/dia)} = \text{EM (Mcal/dia)} / 0.835$ $\text{EM (Mcal/dia)} = \text{EM}_M \text{ (Mcal/dia)} + \text{EM}_{\text{I.ac}} \text{ (Mcal/dia)} + \text{EM}_{\text{Res}} \text{ (Mcal/dia)}$ $\text{EM}_M \text{ (Mcal/dia)} = 0.155 \times \text{PC}^{0.75}$ $\text{EM}_{\text{I.ac}} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times \text{EL do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L,$ <p style="text-align: center;">em que $k_L = 0,605$</p> $\text{EM}_{\text{Res}} \text{ (Mcal/dia): Se variação de PC (VPC; kg/dia) for } > 0 = (\text{VPC} \times 4,61) \div k_g,$ <p style="text-align: center;">Se VPC for $< 0 = (\text{VPC} \times 4,61 \times k_{g_L}) / k_L$</p> <p style="text-align: center;">em que: $k_g = 0,65$ e $k_{g_L} = 0,78$</p>
INRA	$\text{NDT (kg/d)} = \text{ED (Mcal/dia)} \div 4,408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $\text{ED (Mcal/dia)} = \text{EM (Mcal/dia)} / 0,835$ $\text{EM (Mcal/dia)} = \text{EM}_M \text{ (Mcal/dia)} + \text{EM}_{\text{I.ac}} \text{ (Mcal/dia)} + \text{EM}_{\text{Res}} \text{ (Mcal/dia)}$ $\text{EM}_M \text{ (Mcal/dia)} = (0,089 \times \text{PC}^{0,75}) \div k_m, \text{ em que } k_m = 0,554 + 0,287 \times (q - 0,57);$ <p style="text-align: center;">$q = \text{EM dieta} / \text{EB dieta (AFRC, 1993)}$</p> $\text{EM dieta (Mcal/kg MS)} = 0,003752 \times \text{DMO (g/g)} \times 1000 \text{ (AFRC, 1993)}$ $\text{EB dieta (Mcal/kg MS)} = 4,40 \text{ (AFRC, 1993)}$ $\text{EM}_{\text{I.ac}} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times \text{EL do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L,$ <p style="text-align: center;">em que: $k_L = 0,60 + 0,24 \times (q - 0,57)$</p> $\text{EM}_{\text{Res}} \text{ (Mcal/dia): Se variação de PC (VPC; kg/dia) for } > 0 = (\text{VPC} \times 4,54) \div k_g,$ <p style="text-align: center;">Se VPC for $< 0 = (\text{VPC} \times 3,824 \times k_{g_L}) / k_L$</p> <p style="text-align: center;">em que: $k_g = 0,95 \times k_L$; e $k_{g_L} = 0,84$ (AFRC, 1993)</p>

¹Com duração da gestação menor que 190 dias. Assim, como as exigências de gestação são quantificadas somente a partir de 190 dias de gestação (Bell et al., 1995), as exigências de gestação não foram consideradas.

²NDT = nutrientes digestíveis totais; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EM_M = energia metabolizável para manutenção; $\text{EM}_{\text{I.ac}}$ = energia metabolizável para lactação; EM_{Res} = energia metabolizável para ganho ou mobilização de reserva corporal; EL = energia líquida; PC = peso corporal (kg); k_m = eficiência de utilização da EM para manutenção; k_L = eficiência de utilização da EM para lactação; k_g = eficiência de utilização da EM para ganho de reserva corporal; k_{g_L} = eficiência de utilização da energia corporal mobilizada para produção de leite.

O consumo de NDT observado foi comparado com os valores preditos pelos sistemas nutricionais AFRC (1993), NRC (2001), *Feed into Milk* (THOMAS, 2004), INRA (2007), CSIRO (2007), proposto por Moraes et al. (2015), e o sistema desenvolvido por Oliveira (2015). As descrições das equações dos sistemas para estimar as exigências de energia estão nas Tabelas 2, 3, 4 e 5. Somente nos sistemas AFRC (1993), NRC (2001) e de Oliveira (2015) apresentam equações de exigências de energia líquida, metabolizável e digestível. Os demais sistemas as exigências são para energia líquida e metabolizável, mas não específica para energia digestível. Assim, como as exigências de NDT são calculadas a partir das exigências de energia digestível (assumindo 4,408 Mcal/kg de NDT), foi necessário assumir um valor de conversão de energia metabolizável digestível para os sistemas *Feed into Milk* (THOMAS, 2004), INRA (2007), CSIRO (2007) e de Moraes et al. (2015). Adotou-se então valor de 1/0,835 para conversão da energia metabolizável para energia digestível para os sistemas *Feed into Milk* (THOMAS, 2004), INRA (2007), CSIRO (2007), o que significa que em média, 83,5% da energia digestível é convertida em energia metabolizável. Este valor refere-se à média entre 81 a 86% reportado pelo AFRC (1993). Como o

sistema de Moraes et al. (2015) é uma atualização dos parâmetros obtidos por Moe et al. (1971) e que foi adotado pelo NRC (2001), considerou-se o mesmo fator de conversão da energia metabolizável para energia digestível do NRC (2001) para o modelo de Moraes et al. (2015), de 1/0,82. Adicionalmente, salienta-se que como Moraes et al. (2015) não apresentou equação para predição da energia corporal retida, o qual é necessária para predizer as exigências para ganho ou mobilização de reserva corporal, adotou-se excepcionalmente para este sistema a mesma equação proposta pelo NRC (2001).

A avaliação da acurácia e precisão dos sistemas de energia foi realizada por meio da análise de regressão linear simples dos valores preditos (Y) com aqueles observado (X) de consumo de NDT. O intercepto e coeficiente de inclinação da regressão foram testados se foram diferentes de zero e um, respectivamente, utilizando-se 5% de probabilidade para erro tipo I. A precisão dos sistemas foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (r^2) da regressão linear, que varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1 maior é a precisão da predição. A acurácia dos modelos foi mensurada por meio do erro médio de predição (valor predito menos observado) e pela raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição

(RQMEP) (BIBBY; TOUTENBURG, 1977). A raiz quadrada quadrado médio do erro de predição foi expressa em kg de NDT/dia e em % do consumo de NDT observado, e foi considerado o principal indicador de acurácia. Quanto menor o valor RQMEP maior é a acurácia de predição. Para comparar estatisticamente a acurácia de predição dos

sistemas, calculou-se o intervalo de confiança da RQMEP, considerando erro tipo I de 5% (Vieira, 2017). Concluiu-se que a acurácia dos modelos foi semelhante ($P > 0,05$), somente em caso de sobreposição dos intervalos de confiança para RQMEP.

Tabela 4. Descrição das equações para estimar as exigências de energia propostos pelos sistemas nutricionais do CSIRO (2007) e proposto por Moraes et al. (2015) para vacas leiteiras em lactação¹.

Table 4. Description of the equations to estimate the energy requirements proposed by the nutritional systems of CSIRO (2007) and proposed by Moraes et al. (2015) for lactating dairy cows¹.

Sistemas	Equações ²
CSIRO (2007)	$NDT \text{ (kg/d)} = ED \text{ (Mcal/dia)} \div 4.408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $ED \text{ (Mcal/dia)} = EM \text{ (Mcal/dia)} / 0.835$ $EM \text{ (Mcal/dia)} = EM_M \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$ $EM_M \text{ (Mcal/dia)} = 0.132 \times PC^{0.75}$ $EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times EL \text{ do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L$, em que $k_L = 0,02 \times M/D + 0,40$ $M/D = 0,134 \times DMS \text{ (\%)} + 0,235 \times EE \text{ (\% MS)} + 1,23$; $EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$: Se variação de PC (VPC; kg/dia) for $> 0 = (VPC \times 6.21) \div k_g$; Se VPC for $< 0 = (VPC \times 6,21 \times k_{gl}) / k_L$ em que: $k_g = 0,60$ e $k_{gl} = 0.84$
Moraes et al. (2015)	$NDT \text{ (kg/d)} = ED \text{ (Mcal/dia)} \div 4.408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $ED \text{ (Mcal/dia)} = EM \text{ (Mcal/dia)} / 0,82$ $EM \text{ (Mcal/dia)} = EM_M \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$ $EM_M \text{ (Mcal/dia)} = (0.086 \times PC^{0.75}) \div k_m$, em que $k_m = k_L$ $EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times EL \text{ do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L$, em que $k_L = 0,63$ $EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$: Se variação de PC (VPC; kg/dia) for $> 0 = (VPC \times EC) \div k_g$; Se VPC for $< 0 = (VPC \times EC \times k_{gl}) \div k_L$ em que: $EC \text{ (Mcal/kg PC)} = \text{Proporção gordura corporal} \times 9,4 + \text{Proporção proteína corporal} \times 5,55$; $\text{Proporção de gordura corporal} = 0,037683 \times ECC(9)$ e $\text{Proporção proteína corporal} = 0,20 - 0,0066762 \times ECC(9)$; $ECC(9) = (ECC(5) - 1) \times 2 \times ECC(9)$; $k_g = 0,70$ e $k_{gl} = 0,89$

¹Exigências de gestação não incluídas pois considerou gestação menor que 190 dias.

²NDT = nutrientes digestíveis totais; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EM_M = energia metabolizável para manutenção; EM_{Lac} = energia metabolizável para lactação; DMD = digestibilidade da matéria seca da dieta (%); EE = teor de extrato etéreo da dieta (% da MS); EM_{Res} = energia metabolizável para ganho ou mobilização de reserva corporal; EL = energia líquida; PC = peso corporal (kg); EC = energia corporal; $ECC(9)$ = escore de condição corporal, escala 1 até 9; $ECC(5)$ = escore de condição corporal, escala 1 até 5; k_m = eficiência de utilização da EM para manutenção; k_L = eficiência de utilização da EM para lactação; k_g = eficiência de utilização da EM para ganho de reserva corporal; k_{gl} = eficiência de utilização da energia corporal mobilizada para produção de leite.

Tabela 5. Descrição das equações para estimar as exigências de energia propostos pelo modelo de Oliveira (2015) para vacas leiteiras em lactação¹.

Table 5. Description of the equations to estimate the energy requirements proposed by the Oliveira model (2015) for lactating dairy cows¹.

Sistemas	Equações ²
Oliveira (2015)	$NDT \text{ (kg/d)} = ED \text{ (Mcal/dia)} \div 4,408 \text{ (Mcal/kg NDT)}$ $ED \text{ (Mcal/dia)} = EM \text{ (Mcal/dia)} / FC$, em que $FC = EM \text{ dieta} / ED \text{ dieta}$; $EM \text{ dieta (Mcal/kg MS)} = EM \text{ (Mcal/dia)} \div CMS \text{ (kg/dia)}$ $ED \text{ dieta (Mcal/kg MS)} = (EM \text{ dieta (Mcal/kg MS)} + 0,983) \div 0.947$ $EM \text{ (Mcal/dia)} = EM_M \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} + EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$ $EM_M \text{ (Mcal/dia)} = 0,179 \times PC^{0.75}$ para raças <i>Bos Taurus</i> ou $0,133 \times PC^{0.75}$ para raças <i>Bos Taurus</i> x <i>Bos Indicus</i> $EM_{Lac} \text{ (Mcal/dia)} = (\text{Produção de leite (kg/dia)} \times EL \text{ do leite (Mcal/kg leite)}) \div k_L$, em que: $k_L = 0,63$ para raças <i>Bos Taurus</i> e $0,53$ para raças <i>Bos Taurus</i> x <i>Bos Indicus</i> $EM_{Res} \text{ (Mcal/dia)}$: Se variação de PC (VPC; kg/dia) for $> 0 = (VPC \times EC) \div k_g$; Se VPC for $< 0 = (VPC \times EC \times k_{gl}) \div k_L$ em que: $EC \text{ (Mcal/kg PC)} = \text{Proporção gordura corporal} \times 9,4 + \text{Proporção proteína corporal} \times 5,55$; $\text{Proporção de gordura corporal} = 0,037683 \times ECC(9)$ e $\text{Proporção de proteína corporal} = 0,20 - 0,0066762 \times ECC(9)$; $ECC(9) = (ECC(5) - 1) \times 2 \times ECC(9)$; $k_g = 0,79$ e $k_{gl} = 0,78$ (OLIVEIRA, 2014)

¹Exigências de gestação não incluídas pois considerou gestação menor que 190 dias.

² NDT = nutrientes digestíveis totais; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EM_M = energia metabolizável para manutenção; EM_{Lac} = energia metabolizável para lactação; EM_{Res} = energia metabolizável para ganho ou mobilização de reserva corporal; EL = energia líquida; PC = peso corporal (kg); EC = energia corporal; $ECC(9)$ = escore de condição corporal, escala 1 até 9; $ECC(5)$ = escore de condição corporal, escala 1 até 5; k_L = eficiência de utilização da EM para lactação; k_g = eficiência de utilização da EM para ganho de reserva corporal; k_{gl} = eficiência de utilização da energia corporal mobilizada para produção de leite.

3. RESULTADOS

O conjunto de dados construído apresentou uma ampla variação nas características dos animais (produção de leite entre 6,1 a 36,5 kg/dia), dieta e consumo de NDT (4,0 a 16,6 kg/dia) (Tabela 1).

O sistema AFRC (1993) explicou 76% ($r^2 = 0,76$) do consumo de NDT observado, subestimou o consumo de NDT em apenas 0,09 kg/dia e apresentou RQMEP de 14,5% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto entre o consumo de NDT predito e observado foi

diferente de zero ($P < 0,05$) mas o coeficiente de inclinação não foi diferente de 1 ($P > 0,05$) (Figura 1). O sistema energético de Moe et al. (1971) e adotado pelo NRC (2001) explicou 83% ($r^2 = 0,83$) do consumo de NDT observado, subestimou o consumo de NDT em 0,43 kg/dia e teve RQMEP de 13,1% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto não foi diferente de zero ($P > 0,05$), mas o coeficiente de inclinação foi diferente de 1 ($P < 0,05$) (Figura 1).

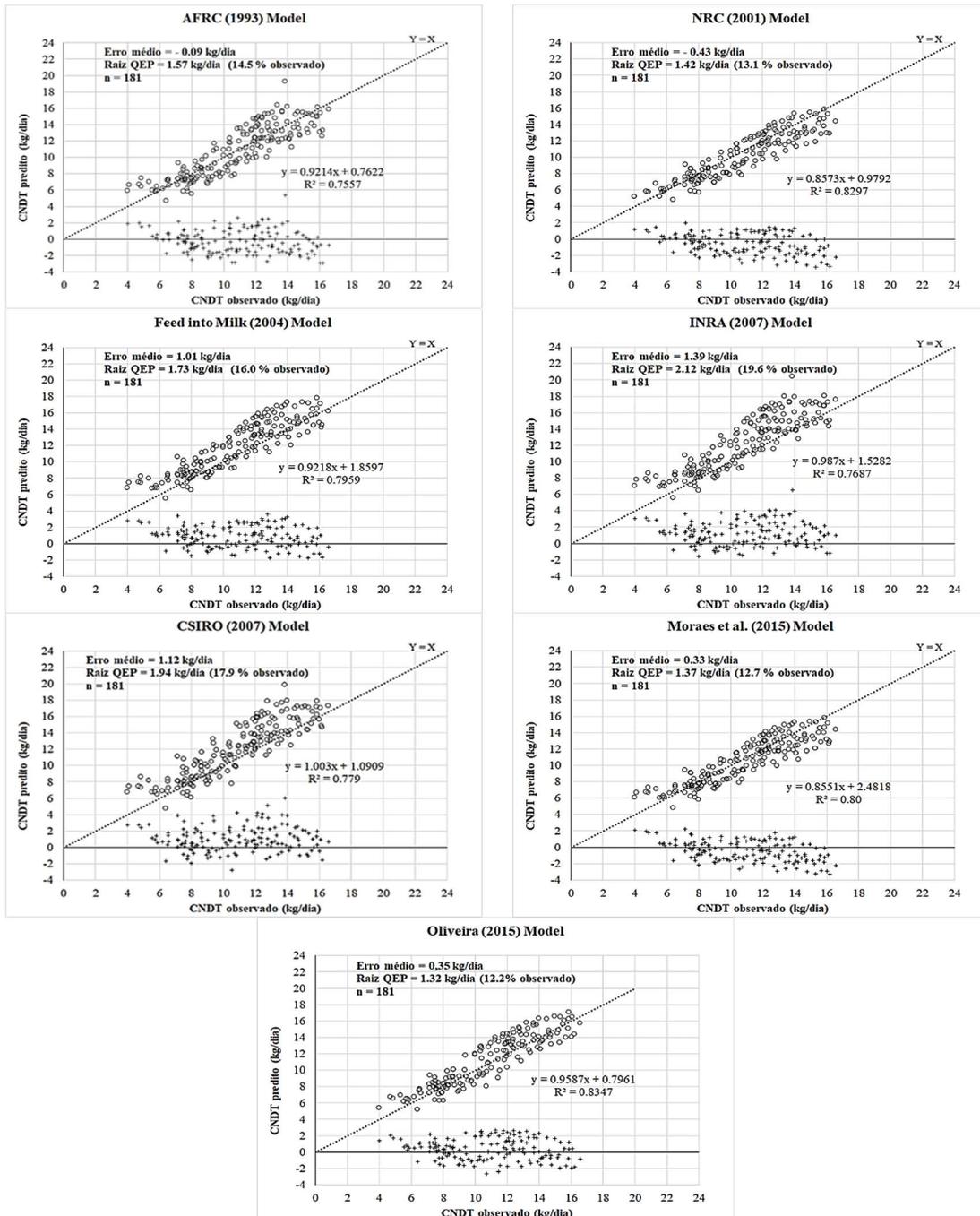


Figura 1. Relação entre o consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) preditos (círculos) e erro de predição (predito - observado; +) do sistema de energia adotado pelo AFRC (1993), NRC (2001), Feed into Milk (2004), INRA (2007), CSIRO (2007), sistema proposto por Moraes et al. (2015) e pelo sistema de energia desenvolvido por Oliveira (2015).
 Figure 1. Relation between total digestible nutrient intakes (TDNI) predicted (circles) and error prediction (predicted - observed; +) of the energy system adopted by AFRC (1993), NRC (2001), Feed into Milk (2004), INRA (2007), CSIRO (2007), system proposed by Moraes et al. (2015) and energy system developed by Oliveira (2015).

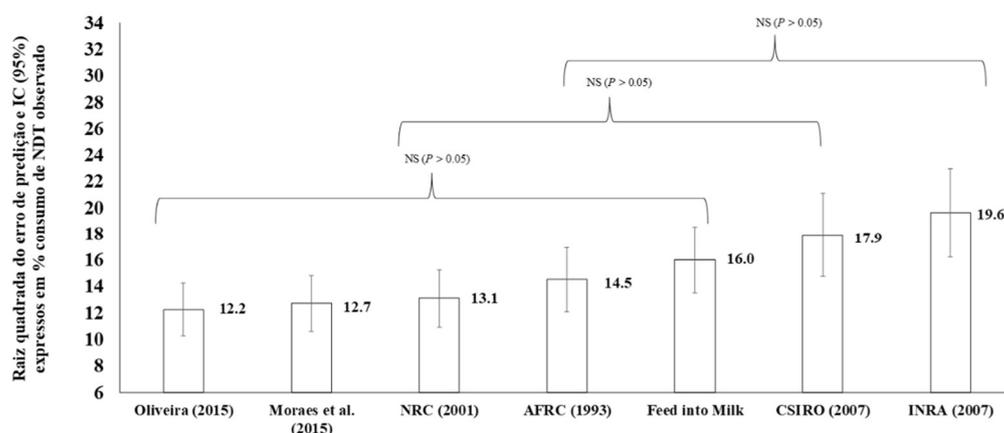


Figura 2. Valores de raiz quadrada do erro de predição e seu intervalo de confiança (95%) para o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) preditos pelos sistemas de energia de Oliveira (2015), Moraes et al. (2015), NRC (2001), AFRC (1993); Feed into Milk (THOMAS, 2004); CSIRO (2007) e INRA (2007). NS = não significativo.

Figure 2. Root mean square prediction error values and their confidence interval (95%) for intake the of total distible nutrients (TDN) predicted by energy systems the Oliveira (2015), Moraes et al. (2015), NRC (2001), AFRC (1993); Feed into Milk (THOMAS, 2004); CSIRO (2007) e INRA (2007). NS = not significant.

O sistema *Feed into Milk* (THOMAS, 2004) explicou 80% ($r^2 = 0,80$) do consumo de NDT observado, superestimou o consumo de NDT em 1,01 kg/dia e apresentou RQMEP de 16,0% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto entre o consumo de NDT predito e observado foi diferente de zero ($P < 0,05$) mas o coeficiente de inclinação não foi diferente de 1 ($P > 0,05$) (Figura 1). O sistema do INRA (2007) explicou 77% ($r^2 = 0,77$) do consumo de NDT observado, superestimou o consumo de NDT em 1,39 kg/dia, com RQMEP de 19,6% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto foi diferente de zero ($P > 0,05$), mas o coeficiente de inclinação não foi diferente de 1 ($P > 0,05$) (Figura 1).

O sistema do CSIRO (2007) explicou 78% ($r^2 = 0,78$) do consumo de NDT observado, superestimou o consumo de NDT em 1,12 kg/dia e apresentou RQMEP de 17,9% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto entre o consumo de NDT predito e observado não foi diferente de zero ($P > 0,05$) e o coeficiente de inclinação não foi diferente de 1 ($P > 0,05$) (Figura 1). O sistema de Moraes et al. (2015) explicou 80% ($r^2 = 0,80$) do consumo de NDT observado, superestimou o consumo de NDT em 0,33 kg/dia, com RQMEP de 12,7% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto foi diferente de zero ($P < 0,05$), e o coeficiente de inclinação foi diferente de 1 ($P < 0,05$) (Figura 1).

O sistema proposto por Oliveira (2014, 2015) explicou 83% ($r^2 = 0,83$) do consumo de NDT observado, superestimou o consumo de NDT em 0,35 kg/dia e apresentou RQMEP de 12,2% do consumo de NDT observado (Figura 1). O valor do intercepto não foi diferente de zero ($P > 0,05$), e o coeficiente de inclinação não foi diferente de 1 ($P > 0,05$) (Figura 1). O sistema proposto por Oliveira (2015) e NRC (2001) predizeram as exigências de NDT com maior precisão, enquanto o AFRC (1993) e INRA (2007) apresentaram as menores precisões.

Os valores de RQMEP e seu intervalo de confiança (95%) para o consumo de NDT preditos pelos sistemas de energia estão apresentados na Figura 2. Observou-se que a RQMEP

do sistema Oliveira (2015) não foi diferente ($P > 0,05$) aos dos sistemas de Moraes et al. (2015), NRC (2001) AFRC (1993) e *Feed into Milk* (THOMAS, 2004), mas foi menor que aos dos sistemas CSIRO (2007) e INRA (2007). Assim, a acurácia da predição das exigências de energia do sistema Oliveira (2015) foi similar aos sistemas de Moraes et al. (2015), NRC (2001) AFRC (1993) e *Feed into Milk* (THOMAS, 2004).

4. DISCUSSÃO

O conjunto de dados utilizado apresentou uma ampla variação nas características dos animais (produção de leite entre 6,1 a 36,5 kg/dia), dieta e consumo de NDT (4,0 a 16,6 kg/dia) (Tabela 1). Segundo Stock et al. (2007), fazendas de gado de leite com produtividade acima de quatro litros de leite por total de vacas/dia embora responderam por apenas 11% das fazendas leiteiras, contribuíram com 81% do leite produzido no Brasil. Assim, o conjunto de dados apresentou características que podem representar a maior parcela dos sistemas que produzem leite comercialmente no Brasil.

Nossa hipótese que o sistema de energia desenvolvido por Oliveira (2015) seja mais acurado para recomendar as exigências de energia para vacas leiteiras nos trópicos não foi confirmada. Embora o sistema de energia desenvolvido por Oliveira (2015) foi construído a partir de amplo conjunto de dados de ensaios de alimentação em condições tropicais, além de ajustar os parâmetros da EM_M e k_L de acordo com o grupo genético, parece que isto não foi suficiente para melhorar a qualidade da predição em relação aos sistemas AFRC (1993), NRC (2001) e Feed into Milk (THOMAS, 2004). O sistema Oliveira (2015) apresentou melhor qualidade de predição na exigência de energia em relação aos sistemas CSIRO (2007) e INRA (2007).

As exigências de EM_M e lactação são os principais parâmetros para calcular as exigências totais de energia metabolizável para vacas leiteiras. A exigência de EM para lactação é calculada pela razão entre a energia líquida para lactação e k_L . Assim, embora existam diferenças entre as exigências de EM_M e k_L entre os sistemas nutricionais, a

similaridade na qualidade de predição do CNDT entre os sistemas, pode ter ocorrido um efeito de compensação provocado pelo maior valor de EM_M e menor valor de k_L do Sistema Oliveira (2015), em relação dos demais.

As exigências de EM_M do sistema Oliveira (2015) para vacas *Bos taurus* (0,179 Mcal/kg $PC^{0.75}$) são maiores que os valores usados pelo AFRC (1993), NRC (2001) de 0,127 Mcal/kg $PC^{0.75}$, Moraes et al. (2015) de 0,127 Mcal/kg $PC^{0.75}$ e *Feed into Milk* (THOMAS, 2004) de 0,155 Mcal/kg $PC^{0.75}$. Para vacas *Bos taurus* \times *Bos indicus* as exigências de EM_M de 0,133 Mcal/kg $PC^{0.75}$ do sistema Oliveira (2015) são semelhantes a aqueles propostos pelos demais sistemas citados. Porém, o comportamento se inverte para os valores de k_L . A eficiência de uso da EM para lactação do sistema Oliveira (2015) vacas *Bos taurus* de 0,63 é semelhante aos valores usados pelo AFRC (1993) de 0,62 (média, mas não é fixo), NRC (2001) de 0,65, Moraes et al. (2015) de 0,63 e *Feed into Milk* de 0,605.

Todavia, o valor de k_L para vacas *Bos taurus* \times *Bos indicus* do sistema Oliveira (2015) de 0,53 é menor que os valores dos outros sistemas citados acima, os quais não ajustam o valor de k_L para grupo genético. Assim, as maiores exigências de EM_M e menor k_L do sistema Oliveira (2015) podem ter tornado as exigências totais de EM e energia digestível semelhantes aos sistemas AFRC (1993), NRC (2001), *Feed into Milk* (THOMAS, 2004) e o proposto por Moraes et al. (2015).

Contudo, salienta-se que o conjunto de dados usados na presente avaliação foi composto somente por experimentos do tipo rotativo (exemplo quadrado latino), com períodos curtos (menos de 21 dias). Desta forma, a avaliação do balanço de energia pode não ter sido completa devido aos efeitos homeorréticos e homeostáticos da lactação (BAUMAN; CURRIE, 1980), os quais são mais difíceis de serem detectados em experimentos de curta duração. Assim, recomendamos em futuras investigações testar novamente a nossa hipótese, mas com experimento de longa duração e que abrangem início, meio e final da lactação.

5. CONCLUSÕES

O sistema de energia desenvolvido por Oliveira (2015) apresentou acurácia semelhante aos sistemas NRC (2001), AFRC (1993), *Feed into Milk* (THOMAS, 2004) e proposto por Moraes et al. (2015), e maior acurácia que os sistemas CSIRO (2007) e INRA (2007) para prever as exigências de energia para vacas leiteiras em ensaios rotativos. Recomendamos em futuras investigações testar novamente a nossa hipótese, mas com experimento de longa duração.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (207300/2014-3), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (483724/2011) pelo suporte financeiro à pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

AFRC_AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford: CAB Int, 1993. 159 p.

AGNEW, R. E.; YAN, T.; MURPHY, J. J.; FERRIS, C. P.; GORDON, F. J. Development of maintenance energy requirement and energetic efficiency for lactation from production data of dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 82, n. 2-3, p. 151–162, 2003. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00014-9](https://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00014-9)

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **Agricultural Development Economics Division**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Agriculture Towards 2030/2015. The 2012 Revision. (ESA Working Paper No. 12-03).

BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 9, p. 1514–1529, 1980. DOI: [https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83111-0](https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0)

BIBBY, J. D.; TOUTENBURG, H. **Prediction and improved estimation in linear models**. Berlin: John Wiley & Sons, 1977. 201 p.

CSIRO_COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Feeding Standards for Australian Livestock**. Ruminants. Melbourne: CSIRO Publishing, 2007. 266 p.

INRA_INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. **Alimentation des Bovins, Ovins, et Caprins**. Paris: Quae, 2007. 307 p.

MOE, P. W.; TYRRELL, H. F.; FLATT, W. P. Energetics of body tissue mobilization. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 54, n. 4, p. 548-553, 1971. DOI: [https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(71\)85886-1](https://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)85886-1)

MORAES, L. E.; KEBREAB, E.; STRATHE, A. B.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; CASPER, D. P.; FADEL, J. G. Multivariate and univariate analysis of energy balance data from lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 6, p. 4012–4029, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8995>.

MOURA, D. C.; VIEIRA, F. J. G.; MIRANDA, R. M.; CORDEIRO, P. O.; MOLOSSI, L.; SOUZA, D. S.; ZAMPIERI, V. H.; SOARES, S. R.; VIANA, F. N.; ALESSI, K. C.; OLIVEIRA, A. S. Crambe meal can completely replace soybean meal in diets for dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 101, Suplemento 2, p. 309-309, 2018.

NRC_NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381 p.

NorFor_NORDIC FEED EVALUATION SYSTEM. **The Nordic feed evaluation system**. 30. ed. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2011. 130 p.

OLIVEIRA, A. S. Energy requirement system for dairy cows under tropical condition. **Proceedings Australian Society of Animal Production**, v. 30, p. 182, 2014.

OLIVEIRA, A. S. Meta-analysis of feeding trials to estimate energy requirements of dairy cows under tropical condition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 210, p. 94-103, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.006>

OLIVEIRA, A. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J. D. U.; TEIXEIRA, R. M. A. U.; VALADARES, R. F. D.; OLIVEIRA, G. S. D. U. Substituição do milho por casca de café ou de soja em

- dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1172-1182, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000500026>.
- OLIVEIRA, A. S.; CAMPOS, J. M. S.; OGUNADE, I. M.; CAIXEITA, D. S.; VIANA, E. P.; ALESSI, K. C. Performance and utilization of nutrients in dairy cows fed with sunflower meal. **The Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 156, p. 1233-1240, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859619000091>
- SOUZA, J. G.; OLINI, L. M. G.; ARAUJO, C. V. MENDONÇA, S.; ZERVOUDAKIS, J. T.; CABRAL, L. S.; OLIVEIRA, A. S. Performance, hepatic function and efficiency of nutrient utilization of grazing dairy cows supplemented with alkaline-treated *Jatropha Curcas* L. meal. **Animal Production Science**, v. 58, n. 12, p. 2280-2287, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.1071/AN16717>. 2017
- STOCK, L. A.; CARNEIRO, A. V.; CARVALHO, G. R. ZOCCAL, R.; MARTINS, P. C.; YAMAGUCHI, L. C. T. **Brazilian milk production systems and its representativeness**. 2007. p. 1-6. Disponível em: <http://www.cileite.com.br/sites/default/files/sistemas_de_producao_e_sua_representatividade_na_producao_de leite_no_brasil.pdf>. Acessado em: 26 de Setembro de 2019.
- THOMAS, C. **Feed into milk: A new applied feeding system for dairy cows: An advisory manual**. Nottingham: Nottingham University Press, 2004. 68 p.
- VIEIRA, F. J. G. **Fatores que afetam o consumo de matéria seca de vacas leiteiras**. 2017. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2017.