



AVALIAÇÃO DE EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR BOVINOS DE DIFERENTES CATEGORIAS EM CONDIÇÕES BRASILEIRAS

Carlos Daniel Pereira dos Santos (Bolsista/Apresentador)¹ – Unifesspa
carlosdaniel@unifesspa.edu.br

João Paulo Pacheco Rodrigues (Coordenador do Projeto)² - Unifesspa
joao.rodrigues@unifesspa.edu.br

Agência Financiadora: CNPq

Eixo Temático/Área de Conhecimento: Zootecnia

1. INTRODUÇÃO

A predição da emissão de CH₄ por bovinos é realizada de diversas formas, sendo que o consumo de matéria seca (CMS) e a composição das dietas dos animais combinadas em regressões lineares múltiplas são formas comumente utilizadas (IPCC, 2006). Modelos de predição já foram desenvolvidos para países e regiões como os Estados Unidos, Europa e Austrália (Charmley et al., 2016). Considerando que o Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, a precisa e exata estimativa de balanço de carbono dos sistemas de produção e da contribuição do país no aquecimento global é essencial, tanto para o desenvolvimento de políticas de mitigação, quanto para a efetiva quantificação do papel da pecuária Brasileira no aquecimento global. Além disso, destaca-se como um dos países com maior capacidade de mitigação da emissão de metano entérico por ruminantes (Caro et al., 2016). No entanto, não se tem modelos nacionais para a predição da emissão de metano entérico por ruminantes. Dessa forma, a avaliação de equações de predição da emissão de CH₄ utilizadas em outras regiões, pode identificar equações que possuam aplicabilidade no contexto nacional.

Objetivou-se avaliar a precisão e exatidão de equações de predição da emissão de CH₄ entérico por vacas em lactação ou animais em crescimento e vacas secas em condições Brasileiras.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Todos os dados utilizados nesse estudo foram coletados seguindo padrões de ética no uso de animais em pesquisa, aprovados e registrados nos comitês de suas respectivas instituições.

Um banco de dados de CMS, composição das dietas e emissão de CH₄ de experimentos realizados no Brasil foi organizado, seguindo os seguintes critérios: somente dados oriundos de estudos *in vivo*, com mensurações realizadas por respirometria, técnica do gás SF₆ ou sistema GreenFeed® foram utilizados. Os dados foram compostos por: 1) Observações individuais de câmaras respirométricas de circuito aberto (EMBRAPA; 21°33'20"S, 43°15'44"O; n = 178; 7 experimentos) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG; 19°52'15"S, 43°58'14"O; n = 252; 10 experimentos); 2). Observações individuais usando o gás SF₆ como indicador na EMBRAPA (n = 29; 1 experimento), Universidade Federal de Viçosa (UFV; 20°46'01"S, 42°51'32"O; n = 34; 1 experimento) Universidade Estadual de São Paulo (UNESP; 21°14'22"S, 48°17'45"O; n = 97; 4 experimentos); 3) Observações individuais usando o sistema GreenFeed® na UFV (n = 87; 4 experimentos); e 4) 40 médias de tratamentos de 11 experimentos publicados na literatura. Ao final o banco de dados foi composto por observações individuais (n = 677; 27 experimentos) e médias de tratamentos (n = 40, de 394 animais e 11 experimentos). Para a avaliação das categorias de forma separada, após organização dos dados, os mesmos foram separados entre vacas em lactação (VL) e animais em crescimento e vacas secas

¹Graduando em Medicina Veterinária - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

²Doutor em Zootecnia – Professor Adjunto da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (IETU/Unifesspa).

(CVS). As emissões de CH₄ foram em MJ/dia. Considerando-se diferenças entre as unidades de cada uma das equações, os fatores de conversão 1g = 1.394 L = 0.0555 MJ foram utilizados para todos os dados de CH₄.

Cinquenta e quatro equações publicadas na literatura foram selecionadas por utilizarem variáveis preditoras presentes no banco de dados coletado. O desempenho das equações foi medido pela raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição como porcentagem do CH₄ médio predito (RMSPE%). O coeficiente de correlação e concordância (CCC) foi calculado e decomposto em exatidão (C_b) e precisão (r_c ; equivalente ao coeficiente de correlação linear dos valores observados e preditos). O quadrado médio do erro de predição foi decomposto entre erro por viés médio (ECT%) e erro por desvio de inclinação (ER%). Todos os cálculos e interpretações foram realizadas como descrito por Tedeschi et al. (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão das variáveis componentes do banco de dados utilizado na avaliação das equações pode ser visto na Tabela 1. Pode-se considerar que o banco de dados coletado para VL e CVS é representativo de sistemas de produção de bovinos no Brasil, pela amplitude de produção de leite (de 4,1 a 33,2 kg/dia) e de ganho de peso diário (de -0,1 a 1,82 kg/dia), ou seja, abrangendo níveis de desempenho de baixas até altas produtividades. O grupo de vacas em lactação e animais em crescimento foi separado, tendo em vista a representativa diferença de taxa de passagem das dietas entre essas categorias (Ramin e Huhtanen, 2013). Para o caso de vacas secas, esse grupo foi incluído juntamente com animais em crescimento pois usualmente, em sistemas de produção de leite no Brasil, essa categoria animal é alimentada com dietas de baixos níveis de concentrado.

Tabela 1. Características dos animais, dietas e produção de metano (CH₄) do banco de dados utilizado.

Item ¹	n	Mean	SD	Min.	Max	n	Mean	SD	Min.	Max
Vacas em lactação (VL)						Crescimento e vacas secas (CVS)				
Peso vivo, kg	284(5)	532	75,2	338	841	433(35)	398	116,2	150	799
Produção de leite, kg/dia	284(5)	16,3	5,94	4,1	33,2	-	-	-	-	-
Ganho de peso, kg/dia	107(0)	0,02	0,50	-1,64	1,11	236(27)	0,93	0,48	-0,1	1,82
Composição da dieta, g/kg de matéria seca										
Matéria orgânica	284(5)	931	16,5	900	954	433(35)	936	26,8	797	993
Proteína bruta	284(5)	162	20,5	136	202	433(35)	143	21,4	76	209
Fibra em detergente	284(5)	372	59,0	232	507	433(35)	427	127,9	236	780
neutro										
Extrato etéreo	284(5)	30,1	7,23	14,0	51,9	433(35)	33,1	15,32	9,5	82,0
Carboidratos não fibrosos	284(5)	366	53,2	203	480	433(35)	335	125,5	29	555
Energia bruta (EB), MJ/kg	284(5)	264	65,2	123	434	433(35)	18,0	1,63	11,8	21,7
Nível de concentrado, g/kg MS	284(5)	394	79,2	182	562	433(35)	367	197,7	0	827
Consumo, kg/d										
Matéria seca (CMS)	284(5)	14,3	3,7	5,9	24,3	433(35)	7,3	2,24	1,9	13,4
Matéria seca, g/kg de peso vivo	284(5)	26,9	6,2	10,0	44,9	433(35)	18,9	5,69	7,5	40,1
Emissão de CH ₄										
g/d	284(5)	292	75,9	128	499	433(35)	144	51,0	38	319
g/kg de CMS	284(5)	20,9	3,97	10,4	31,8	433(35)	20,2	5,33	6,6	38,7
MJ/d	284(5)	16,2	4,21	7,1	27,7	433(35)	8,0	2,83	2,1	17,7
kJ/MJ de EB	284(5)	62,1	11,06	32,2	94,4	433(35)	62,7	16,61	21,4	113,3

*Números de observações entre parêntesis remetem a médias de tratamentos.

Os parâmetros das equações mais bem avaliadas, bem com as estatísticas de avaliação de desempenho das mesmas podem ser observadas na Tabela 2. Dentre todas as equações avaliadas, a superestimação das emissões de CH₄ é predominante, com valores relevantes de 0,6 e 0,5 para as estimativas do IPCC (2006), indicando que a pegada de carbono estimada para pecuária brasileira pelo sistema pode ser superestimada.



Para VL, destaca-se a equação RHI(2), a qual apesar de também superestimar as emissões de metano, possui valor de ER% e RMSPE% baixos, indicando que a mesma possui boa capacidade de predição, independentemente dos níveis estimados. No entanto, pela significativa superestimação, um fator de correção constante poderia ser aplicado para estimativa em condições brasileiras. No entanto, fica evidente que todas as equações avaliadas têm limitações de exatidão e/ou precisão. Para CVS, a equação MO(7) demonstra um destaque pelos valores de ECT% e ER% próximos de zero, no entanto, o baixo valor do desvio padrão dos valores preditos, em relação aos observados (1,94 versus 2,83) indica que o modelo não produz variâncias similares aos valores reais, havendo um relativo adensamento dos valores preditos em relação à média. Apesar disso, o modelo possui capacidade preditora destacável pela quase totalidade de erros aleatórios associados aos valores preditos.

Tabela 2. Equações de “melhor ajuste”¹ para a predição da emissão de metano (CH₄; MJ/d) por bovinos em condições brasileiras.

Equação	Média	DP	Erro médio	r_c	C_b	CCC	RMSPE%	ECT%	ER%
Vacas em lactação (VL)									
Observado (MJ/d)	16,2	4,21							
CH(1)	16,4	4,23	-0,2	0,726	0,999	0,725	19,3	0,4	14,0
RHI(1)	16,7	3,66	-0,5	0,725	0,983	0,713	18,5	2,5	4,1
RHI(2)	16,8	3,16	-0,6	0,728	0,948	0,690	18,2	4,4	0,1
IPCC	16,8	4,23	-0,6	0,710	0,989	0,702	20,2	3,6	14,4
Crescimento e vacas secas (CVS)									
Observado (MJ/d)	8,0	2,83							
CH(2)	8,3	2,46	-0,3	0,679	0,984	0,668	27,2	1,8	6,2
MO(6)	8,6	2,55	-0,6	0,678	0,971	0,658	27,8	7,0	7,9
MO(7)	8,1	1,94	-0,1	0,675	0,931	0,628	26,3	0,4	0,0
IPCC	8,5	2,52	-0,5	0,678	0,976	0,662	28,2	5,1	7,4
Cód/unidade	Equação ²							Referência	
CH(1) (g/d)	$20,7 \times \text{CMS}$							Charmley et al. (2016)	
RHI(1) (L/d)	$62 + 25 \times \text{CMS}$							Ramin e Huhtanen (2013)	
RHI(2) (L/d)	$20 + 35,8 \times \text{CMS} - 0,5 \times \text{CMS}^2$							Ramin e Huhtanen (2013)	
IPCC (MJ/d)	$0,065 \times \text{CEB}$							IPCC (2006)	
CH(2) (g/d)	$-66 + 39,2 \times \text{CMS} - 0,64 \times \text{CMS}^2$							Charmley et al. (2016)	
MO(6) (MJ/d)	$1,289 + 0,051 \times \text{CEB}$							Moraes et al. (2014)	
MO(7) (MJ/d)	$-0,163 + 0,051 \times \text{CEB} + 0,038 \times \text{FDN}$							Moraes et al. (2014)	

¹Melhor ajuste foi considerado como a combinação de maiores coeficientes de concordância e correlação (CCC); menor raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição (RMSPE%); e menores ECT% e ER%. DP= desvio padrão; C_b = exatidão; r_c = precisão.

²Equação: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); FDN = fibra em detergente neutro na dieta (g/kg MS); CEB = consumo de energia bruta (MJ/dia).

De todas as equações selecionadas, apenas as de Charmley et al. (2016) podem ser consideradas como inclusivas de dados de dietas tropicais, sendo esse estudo conduzido na Austrália. No entanto, não se pode considerar como algo representativo das condições brasileiras pela já conhecida diferença na composição e degradabilidade dos componentes dos alimentos. As equações de Ramin e Huhtanen (2013), provavelmente se destacaram para VL por serem baseadas em dados temperados, de modo que o banco de dados utilizado nessa avaliação é predominantemente de vacas em sistemas de confinamento e com dietas formuladas com silagem de milho como ingrediente principal. O destaque da equação MO(7) para CVS pode estar associado à correção do modelo para o teor de fibra em detergente neutro da dieta, componente o qual está associado com a fração fibrosa das dietas e emissão de CH₄ no processo de fermentação ruminal.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que algumas das equações avaliadas apresentam potencialidade de utilização, e que há especificidade de ajuste para VL e CVS. As estimativas do IPCC são superestimadas para ambos grupos. Apesar de haver aplicabilidade, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos específicos para regiões tropicais, principalmente para VL.

REFERÊNCIAS

- CARO, D. et al. Mitigation of enteric methane emissions from global livestock systems through nutrition strategies. **Climatic Change**, v. 137, n. 3, p. 467–480, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-016-1686-1>>.
- CHARMLEY, E. et al. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. **Animal Production Science**, v. 56, n. 3, p. 169, 2016. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/?paper=AN15365>>.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change: Emissions from Livestock and Manure Management. In: EGGLESTON, S. et al. (Org.). **IPCC Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent.** Hayama, Japan: [s.n.], 2006. p. 1–84. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf>.
- MORAES, L. E. et al. Prediction of enteric methane emissions from cattle. **Global Change Biology**, v. 20, n. 7, p. 2140–2148, 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/gcb.12471>>.
- RAMIN, M.; HUHTANEN, P. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 4, p. 2476–2493, 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030213000945>>.
- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, n. 2–3, p. 225–247, set. 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X05002568>>.