

São Carlos, SP
Dezembro, 2004

Autores

Odo Primavesi,

Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luis, km 234, 13560-970, São Carlos, SP. Endereço eletrônico: odo@cnpse.embrapa.br

Márcio dos Santos Pedreira

Professor UESB/DTRA, Itapetinga, BA, Endereço eletrônico: pedreira@uesb.br

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto e Magda Aparecida de Lima

Pesquisadoras, da Embrapa Meio Ambiente. Endereço eletrônico: rosa@cnpma.embrapa.br magda@cnpma.embrapa.br

Telma T. Berchielli

Professora FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. Endereço eletrônico: ttberchi@fcav.unesp.br

Simone G. Oliveira

Mestranda em Zootecnia da FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP

Armando de Andrade Rodrigues Pedro Franklin Barbosa

Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luis, km 234, 13560-970, São Carlos, SP. Endereço eletrônico: armando@cnpse.embrapa.br pedro@cnpse.embrapa.br

Manejo alimentar de bovinos leiteiros e sua relação com produção de metano ruminal

Introdução

Com o rápido crescimento da população mundial e com a conversão não racional de áreas silvestres em áreas agrícolas, aliados à intensa atividade de urbanização da paisagem (que reduz as áreas verdes e sua função hidrotermorreguladora), ao aumento das superfícies refletoras de calor, às atividades de combustão ou liberação de energia aprisionada em materiais orgânicos e às atividades crescentes de emissão de gases que reforçam o "efeito estufa", verifica-se o fenômeno de mudanças climáticas. Essas mudanças se caracterizam por crescimento lento e gradual dos níveis de temperatura ambiente. Em 2003, esses níveis estavam em média 0,6°C acima da média de 1970, com taxa de crescimento de 0,02°C por ano. Esses dados foram coletados no posto meteorológico da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, e são coerentes com aqueles da escala global confirmados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Quando se analisou a degradação das funções ambientais de umidificação da atmosfera e de retirada de calor pelas áreas verdes, - em que se utilizou um modelo pictórico ambiental desenvolvido na

Embrapa Pecuária Sudeste para fins de Educação Ambiental, com visão dinâmica de interação das estruturas ambientais abióticas e bióticas que influem sobre um modelo padrão de estabelecimento rural -, verificou-se que, para haver produção agrícola sustentável, o manejo dos recursos deve ser de tal forma que diminua as emissões de gases de efeito estufa, aumente o armazenamento de água pluvial e reduza os picos de temperatura. A emissão de gases de efeito estufa em geral representa perda de energia ou de insumos dos ecossistemas de produção agrícola e dessa forma reduz a



Foto: Márcio dos Santos Pedreira

eficiência de insumos externos, podendo tornar inviável seu uso.

A agropecuária, no Brasil, é responsável pela emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), por meio de qualquer tipo de queimada de vegetação ou de revolvimento do solo com oxidação da matéria orgânica, em especial quando se utiliza calcário, que pode acelerar a decomposição da matéria orgânica, além de ser ele próprio fonte direta de CO_2 - carbono fóssil, cujos depósitos são maiores do que os do petróleo ou do carvão mineral -, a partir do carbonato. A eliminação de queimadas e a introdução de práticas agrícolas que revolvam menos o solo são soluções altamente benéficas ao ambiente, à produção agrícola e ao bem-estar da população. Além disso, práticas de cobertura do solo e uso de componentes arbóreos (na forma de quebra-ventos, de bosques de sombra e de umidificadores ambientais) favorecem a conservação da água no solo e promovem a atenuação térmica do solo e do ar, em benefício da produção agrícola e animal.

A agricultura e a pecuária também contribuem para as emissões antrópicas (de atividade humana) de metano (CH_4), que é 25 vezes mais potente na retenção de calor do que o CO_2 , de óxidos de carbono (CO_x), de óxido nitroso (N_2O), que é 250 vezes mais potente do que o CO_2 , e de óxidos de nitrogênio (NO_x), para a atmosfera. O CH_4 (em lugar de CO_2) e o N_2O (em lugar de NO_3) são gerados na agricultura quando ocorrem situações de anaerobiose (falta de oxigênio), como no rúmen dos animais, nos arrozais inundados e nos solos compactados ou encharcados por chuvas ou água de irrigação, em especial quando se incorporam materiais orgânicos e adubos nitrogenados sintéticos ou orgânicos.

Os países mais desenvolvidos são os principais responsáveis pela situação atual da atmosfera do planeta ao liberar enormes quantidades de carbono fóssil e promover ou estimular a destruição de florestas ao redor do mundo, no entanto, as estimativas realizadas para os países em desenvolvimento, localizados na região tropical, também os classificam como importantes emissores de

gases de efeito estufa no futuro, uma vez que as condições climáticas dessa região aumentam o potencial de emissão de gases, como o metano, que já contribui com 15% para a retenção de calor da irradiação global (Cotton & Pielke, 1995). A emissão de metano tem relação direta com a eficiência fermentativa ruminal, representa perda de carbono e conseqüentemente perda de energia, e pode resultar em menor desempenho animal. A fermentação do alimento ingerido pelos animais é um processo efetuado pela população microbiana ruminal, que converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos acético, propiônico e butírico. Nesse processo fermentativo, é dissipado calor pela superfície corporal e são produzidos CO_2 e CH_4 . A emissão de metano corresponde à perda de 4% a 9%, ou até mais, da energia bruta do alimento ingerido e em média é de 6%.

Uma vez que a emissão de metano varia de acordo com a quantidade e a qualidade do alimento digerido (USEPA, 1990a,b), as várias modalidades de sistemas de criação de animais domésticos resultam em diferentes níveis de emissão de metano. Dessa forma, as indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão ligadas ao manejo alimentar e às estratégias nutricionais (Tamminga, 1992; Holter & Young, 1992).

As emissões globais de metano, a partir dos processos entéricos, são estimadas em cerca de 85 Tg/ano (Tg = milhão de toneladas), correspondendo a 22,7% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas. As emissões provenientes de dejetos animais são estimadas em cerca de 25 Tg/ano (USEPA, 2000), correspondendo a 7% das emissões totais. No Brasil, a maior parte do efetivo da pecuária é representada por bovinos (87% correspondem ao gado de corte e 13%, ao gado de leite), compreendendo 164 milhões de animais em 1996 (IBGE, 1998), o que o torna importante

Tabela 1. Estimativa global e brasileira das médias de emissão de CH₄ por fontes naturais e antrópicas.

Fontes	Emissão média de CH ₄ (Tg/ano)	
	Estimativa individual	Estimativa total
	Global	
Naturais		160
Terras baixas, pântanos	115	
Térmitas (cupins)	20	
Oceanos	10	
Outras	15	
Antrópicas		375
Combustível fóssil total	100	(26,6%)
Carbono biosférico	275	(73,3%)
Fermentação entérica	85	22,7%
Dejetos animais	25	6,7%
Campos de arroz inundados	60	16,0%
Aterros sanitários	40	10,7%
Queima de biomassa	40	10,7%
Lodo de esgoto	25	6,7%
Total das fontes		535
	Brasileira	
Antrópicas		10,2
Fermentação entérica	9,38	92,1%
Dejetos animais	0,39	3,8%
Campos de arroz inundados	0,28	2,7%
Queima de biomassa, cana	0,13	1,3%
Queima de biomassa, algodão	0,003	0,0%

Fontes: IPCC (1995 - global); Lima et al. (2001 - Brasil).

Obs.: Tg = milhão de tonelada; Emissão antrópica total estimada de CO₂ = 55%, CH₄ = 17% e N₂O = 5%, além de 14% de ozônio troposférico, 9% de CFC e HFC, e > 1% PFC, SF₆.

contribuinte das emissões de metano por fermentação entérica, por unidade de produto gerado, carne ou leite. Grande parte do rebanho bovino é do tipo zebuino, em geral com menor capacidade produtiva por unidade de tempo, criado em sistemas predominantemente extensivos, sujeitos à estacionalidade de oferta de alimentos.

Para o Brasil, foi estimada emissão de cerca de 9,8 Tg de metano proveniente da pecuária (Lima et al., 2001), considerando-se os ruminantes e os falsos-ruminantes e a produção de dejetos, em 1995 (IBGE, 1997). Tal estimativa baseou-se em dados secundários levantados no País e em valores de referência propostos pelo International Panel on Climate Change (IPCC, 1996). Essas emissões correspondem a 96% de todo o metano gerado por fontes de origem agrícola no País, incluindo também o cultivo de arroz irrigado por inundação e a queima de resíduos agrícolas nos campos. Somente os bovinos de corte e de leite respondem por 92% das emissões de metano provenientes da fermentação entérica na pecuária do País.

Os fatores de emissão de metano variam de acordo com o sistema de produção animal e as características dos animais. No caso de bovinos de leite, por exemplo, os valores médios de emissão de metano são de 100 e 118 kg de metano/animal/ano nos países do leste europeu (550 kg de peso vivo – PV, lactação de 4.200 kg/ano e ingestão de 13,8 kg/d de matéria seca ou 2,5% do PV, com base em forragens) e na América do Norte (600 kg de PV, lactação de 6.700 kg/ano e ingestão de matéria seca de 16,2 kg/d ou 2,7% do PV, com base em concentrados), respectivamente, enquanto se estima que em países africanos e asiáticos as emissões variem de 36 a 56 kg de metano/animal/ano (IPCC, 1995), e no Brasil estejam em torno de 54 kg de metano/animal/ano utilizando pastagem (Crutzen et al., 1986).

As indicações para a redução das emissões de metano por quilograma de leite ou de carne bovinos estão ligadas à melhoria da dieta (alimentos com maior conteúdo de energia digerível, com maior conteúdo em proteína, menos fibrosa), à melhoria de pastagens (com maior oferta de forragem, mais digerível, sem interrupções ao longo do ano), à suplementação alimentar (com complementos energéticos e/ou protéicos), à melhoria genética dos animais (com maior capacidade de produção), às melhores práticas de manejo (menor exposição dos animais ao calor, com pastejo no período noturno e ruminação diurna debaixo de sombra, proximidade de fontes de água e de alimento) e a outras medidas que resultam na melhor eficiência produtiva, o que, num todo, reduz o impacto ambiental dos sistemas de produção, tornando-os mais rentáveis.

Metodologias para a medição de metano expelido pelos animais, usando câmaras fechadas (tubos de PVC), foram descritas por Lockyer (1997) e USEPA (2000). Para animais criados em regime de pastagem, Johnson & Johnson (1995) desenvolveram a técnica que emprega o gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6). Esta técnica foi adaptada no Brasil por Primavesi et al. (2004b).

Em vista da necessidade de se obter dados mais acurados sobre as quantidades de metano ruminal originadas dos sistemas de produção de bovinos no Brasil, foram realizados em São Carlos e em Jaboticabal, SP, diversos trabalhos que tiveram como objetivo verificar as taxas de emissão de metano ruminal em diferentes categorias de bovinos e em diferentes condições de oferta de alimentos.

Emissão de metano ruminal relacionada com a ingestão de forrageiras tropicais

As estimativas do International Panel on Climate Change (IPCC, 1996), baseadas em resultados obtidos na Europa, onde, em geral, a maior parte do alimento é constituído por forragens de clima temperado mais digeríveis e se utiliza menos concentrado na dieta, sugeriram que as perdas de energia ingerida na forma de metano seriam maiores nos países tropicais, por quilograma de leite e/ou carne, por conta do menor teor em proteína bruta, do maior conteúdo em fibra e lignina e da menor digestibilidade da forragem tropical. O primeiro trabalho que mediu a emissão de metano, utilizando o método do gás traçador SF_6 , em condições tropicais simuladas, quanto à qualidade do alimento e utilizando animais zebuínos (Kurihara et al., 1999), mostrou que a maior emissão de metano está associada com a maior ingestão de matéria seca pelo animal e com a menor densidade de energia digerível da dieta. Assim, esses autores identificaram, em ordem decrescente de emissão, os capins tropicais (metabolismo C4, com mais fibras e mais lignina), os capins de clima temperado (metabolismo C3, com menos fibras e menos lignina) e as dietas com certo teor de concentrados.

Numa fase inicial de procura por fatores de emissão de metano, em condições brasileiras de oferta de alimentos e de genética animal, Oliveira (2004, dados

não publicados, UNESP - Jaboticabal), utilizando novilhas mestiças jovens alimentadas com silagem de sorgo suplementada com uréia ou com concentrado energético, em condições controladas de ingestão de matéria seca, com o método do gás traçador SF₆ para estimar as perdas de energia ingerida na forma de metano, encontrou perdas pequenas de metano por dia por animal. Essas perdas aumentaram por animal com a melhoria da qualidade da dieta, porém tenderam a reduzir em relação à energia bruta ingerida (Tabela 2), por conta provavelmente da maior densidade energética da dieta proporcionada pelo concentrado.

Tabela 2. Emissão de metano por novilhas mestiças zebuínas alimentadas com silagem de sorgo suplementada com uréia ou com substituição da matéria seca por 60% de concentrado de grãos.

Tratamentos	PV		MSI		emissão de CH ₄		emissão de CH ₄		
	kg	kg/d	% do PV	g/d	kg/ano	g/d/kg de PV	% da EBI	g/kg de MSI	
Sil. + 1,2% de uréia	216 A	3,6 B	1,7 b	49 a	18 a	0,22 b	4,0 a	13 a	
Sil. + 60% de conc.	214 A	5,8 A	2,7 a	69 a	25 a	0,32 a	3,5 a	12 a	

Fonte: Oliveira (2004, dados não publicados da co-autora), UNESP, Jaboticabal, SP.

Obs.: Sil. = silagem de sorgo; conc. = concentrado energético, com 14% de proteína bruta; PV = peso vivo; MSI = matéria seca ingerida; EBI = energia bruta ingerida calculada; digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica da silagem de sorgo = 53,7%. Animais com peso de 140 a 310 kg. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si (P>0,05, Tukey).

Um pouco antes, Pedreira (2004) mediu as perdas de energia ingerida, na forma de metano ruminal, em animais geneticamente semelhantes mas com peso vivo maior, alimentados com silagem de sorgo e partes crescentes da matéria seca substituída por concentrado energético (Tabela 3) ou com cana-de-açúcar despilhada picada corrigida com 1% de uréia ou 40% de concentrado energético (Tabela 4), em experimentos realizados em condições controladas de ingestão de matéria seca. Também aqui ocorreu redução de perda de energia bruta ingerida na forma de metano à medida que houve aumento da ingestão de matéria seca com maior densidade energética e protéica, mais palatável, menos fibrosa, na forma de concentrado. Na Tabela 3, os resultados sugerem maior ingestão de matéria seca da silagem, estimulada pela presença do concentrado, com emissão crescente de metano por animal até em torno de 37% de concentrado (ponto de máxima do modelo quadrático de resposta; Figura 4a, em anexo), e tendência de redução de emissão de metano acima dessa concentração, em função do menor teor de fibra na dieta proporcionado pelo concentrado. Com referência à perda de energia bruta ingerida, ocorreu redução contínua, por conta do aumento da densidade energética, do menor teor de fibra e da maior digestibilidade da matéria seca do concentrado.

Tabela 3. Emissão de metano por novilhas mestiças zebuínas alimentadas com silagem de sorgo com substituição crescente da matéria seca por concentrado energético, em Jaboticabal, SP.

Concentrado (%)	PV (kg)	MSI		emissão de CH ₄				
		kg/d	% do PV	g/d	kg/ano	G/d/kg de PV	% da EBI	g/kg de MSI
0	467 a	5,6 c	1,2 c	125 b	46 c	0,27 b	7,3 a	22 a
30	459 a	8,0 b	1,7 b	150 a	55 a	0,33 a	6,2 b	19 b
60	456 a	8,8 a	1,9 a	140 ab	51 b	0,31 a	5,4 c	16 c

Fonte: Pedreira (2004).

Obs.: Concentrado de grãos substituiu parte da matéria seca da silagem de sorgo. Proteína bruta na dieta com 0%, 30% e 60% de concentrado foi de 5,4%, 7,5% e 9,6%, respectivamente, e fibra em detergente neutro, de 70%, 56% e 42%, respectivamente. PV = peso vivo; MSI = matéria seca ingerida; EBI = energia bruta ingerida calculada; digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica da silagem de sorgo com 0%, 30% e 60% de concentrado = 54%, 58% e 64%. Animais de 400 a 540 kg. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$, Tukey).

Tabela 4. Emissão de metano por novilhas leiteiras mestiças zebuínas alimentadas com diferentes variedades de cana-de-açúcar, suplementadas com uréia ou concentrado, em São Carlos, SP.

Cana	Trat.	PV (kg)	MSI		emissão de CH ₄				
			kg/d	% do PV	g/d	kg/ano	g/d/kg de PV	% da EBI	g/kgMSI
Variedade IAC 86-2480, com relação FDN:Pol de 2,3									
1	+ uréia	357 a	6,9 b	1,9 b	113 b	41 bc	0,32 b	5,4 ab	17 ab
1	+ conc.	372 a	10,9 a	2,9 a	166 a	61 a	0,45 a	4,9 b	15 bc
Variedade IAC 87-3184, com relação FDN:Pol de 3,0									
2	pura*	370 a	5,3 c	1,4 c	101 c	37 c	0,27 b	6,4 a	19 a
2	+ uréia	370 a	7,3 b	2,0 b	122 b	45 bc	0,33 b	5,3 ab	17 ab
2	+ conc.	399 a	11,2 a	2,8 a	140 b	51 b	0,36 b	4,4 b	13 c

Fonte: Pedreira (2004).

Obs.: Trat. = tratamento: pura* = cana picada pura, testado para medir perda de energia em condição de restrição de ingestão de matéria seca, por conta de baixo teor protéico; + uréia = com 1% de uréia; + conc. = 40% da matéria seca (MS) na forma de concentrado de grãos, com 20% de proteína bruta (PB); PB final da dieta = 10,5%. PV = Peso vivo; MSI = MS ingerida; EBI = energia bruta ingerida calculada. Pol = teor de sacarose medida em polarímetro. Digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica da cana: 1 = 64%, 2 = 55%. Fibra em detergente neutro da cana: 1 = 41%, 2 = 50%. Lignina na MS: 1 = 3,4%, 2 = 5,2%. Animais com peso de 300 a 450 kg. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$, Tukey).

A emissão de metano aumenta com a ingestão de matéria seca (Figuras 1c, 1e e 1g anexas; Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6), que aumenta com o peso vivo (PV) ou com o tamanho do animal (Figuras 1e, 1g, 2b a 2g, em anexo). A sua produtividade em leite, por exemplo (Tabelas 5, 6 e 7), é estimulada com o aumento da qualidade do alimento, quanto à fração digerível ou quanto à densidade energética (Figuras 1b, 1d, 1f e 2a em anexo). A emissão de metano decresce por conta da maior densidade energética, por exemplo, do concentrado, que apresenta menos fibras, menos lignina e maior digestibilidade. Outros efeitos associativos não considerados ou não identificados também devem ser avaliados, como é o caso do aumento da taxa de passagem ou a alteração da viscosidade do líquido ruminal, quando se aumenta a participação de concentrado na dieta.

Dessa forma, a emissão de metano aumenta com a qualidade do alimento (4c e 4e, 4b e 4d, em anexo) até certa porcentagem de componente digerível na matéria seca e depois pode reduzir (Figuras 4a, 4d e 4f, em anexo). Essa redução pode acontecer com maior concentração energética na matéria seca, como quando se usa acima de 37% de concentrados (Tabela 3, Figuras 1a ou 4a, em anexo) ou quando se usa, por exemplo, cana despalhada ou cana mais concentrado (Figuras 1c e 1f, em anexo). A cana-de-açúcar despalhada, por conta de sua grande fração digerível, constituída pela sacarose no colmo maduro, ao mesmo tempo em que a fibra desse colmo apresenta digestibilidade muito baixa, resulta em um alimento que, corrigido adequadamente, parece possuir características alimentares intermediárias entre uma boa forragem de gramínea tropical e um concentrado energético, como sugere o resultado similar de perda de energia da cana tratada com uréia (Tabela 4, CH_4 , em % da EBI) e a de silagem de sorgo com 60% de concentrado (Tabela 3), ou menor até, quando a cana é corrigida com concentrado (Tabela 4). Pedreira (2004) informou que esse aumento de emissão de metano está diretamente

relacionado com o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) contida na matéria seca e inversamente relacionado com a matéria orgânica digerível.

A emissão de metano também aumenta com o PV dos animais (Figuras 4c e 4e), até certo ponto na fase adulta, quando estabiliza (Figura 4g, em anexo), ou reduz, quando a fração digerível se torna maior (Figura 4f em relação a 4d, ou 2f em relação a 4f, ou 2a em relação a 4a, ou 5a, em anexo), sendo esse efeito bastante nítido quando se considera a emissão de metano por quilograma de PV (Figura 5g, ou 5e em relação a 5f, em anexo). Isso sugere que as emissões de metano chegam a ser máximas com animais em torno de 300 kg de PV (Figura 5f, em anexo) a 340 kg de PV (Figura 5g, em anexo), quando estiverem ingerindo alimentos com elevada fração digerível, e que reduzem a partir daí, com animais adultos, mais intensamente quando se utiliza cana-de-açúcar em lugar de silagem, no caso, de sorgo (Figura 6f com relação a 6g, em anexo).

A ingestão de matéria seca em porcentagem de PV aumenta com a qualidade do alimento (Figuras 3a, 3c e 3e, 3b, 3d e 3f, em anexo) e é maior em animais mais jovens (Figura 3g, 3e e 3f, em anexo), o que pode estar relacionado com sua maior atividade metabólica e sua maior taxa de desenvolvimento, mas a variabilidade entre os indivíduos é grande.

Um dos indicadores mais simples de bom manejo alimentar parece ser a emissão de metano em relação à matéria seca ingerida, a qual diminui com a maior qualidade do alimento (Figura 6a, 6c em relação a 6e, 6b e 6d em relação a 6f, em anexo). Ela aumenta com o desenvolvimento do animal (Figura 6g), embora, quando os animais se tornam adultos, ocorra redução quando a qualidade do alimento aumenta (Figura 6e em relação a 6f, e 6b e 6d em relação a 6f, em anexo).

Verifica-se que é necessário estudar uma faixa completa de categorias animais, com intervalo de peso vivo de 100 a 500 ou mesmo 600 kg, pois estudos com um grupo de animais jovens, com menor PV (Figura 4e), ou adultos, com maior PV, podem gerar

respostas opostas de emissão de metano, mas que, quando reunidas (Figura 4g), fornecem informação muito mais detalhada, que permite gerar curvas de resposta úteis para alimentar modelos de simulação e inventários de emissões de metano pelo rebanho bovino.

O perigo de maior uso de concentrado na dieta é a redução do pH ruminal (Figura 6h, no Anexo), que, quando se situa abaixo de 6,0, pode trazer transtornos relacionados com acidose e com a digestão da porção fibrosa dos alimentos. Isso pode sugerir que vacas em lactação em sistemas intensivos, recebendo em torno de 40% da matéria seca (MS) na forma de grãos, em vista do custo do concentrado, estão sendo estimuladas a apresentar pico de emissão de metano. Estudos futuros deverão trazer sugestões de mitigação, talvez substituindo parte do concentrado por forrageiras leguminosas e gramíneas mais digeríveis, e também adequando a composição do concentrado, pois interações entre o tipo de ingrediente e o volumoso foram identificadas em estudos de produção de metano ruminal (Beauchemin & McGinn, 2005). Existe a possibilidade de se utilizar cana-de-açúcar picada de melhor qualidade, com baixa fibra, e menor relação FDN:Pol (Pol = teor de sacarose medida em polarímetro), que parece possibilitar menores perdas de energia na forma de metano, em vista de suas características qualitativas (Tabela 4).

Os primeiros resultados sobre o potencial de emissão de metano por bovinos de leite, em condições brasileiras de campo, foram relatados por Primavesi et al. (2004a) e Pedreira (2004). Utilizaram as equações propostas pelo National Research Council (NRC, 2001), para estimar a ingestão de matéria seca. Para estimar a energia bruta ingerida (EBI), foram utilizados os valores sugeridos por Holter & Young (1992). Verificaram que, embora não significativa, há tendência de maiores taxas de emissão de metano (g/kg de MS ingerida),

aproximadamente 5%, por animais mestiços, em especial quando a ingestão de MS foi estimulada pela substituição com concentrado (aumentando a emissão de metano para aproximadamente 15%). No manejo extensivo dos animais, com pastagens não adubadas, os dados sugerem que a qualidade da forragem ingerida pelos animais foi similar à das pastagens adubadas, provavelmente por conta da possibilidade de seleção de forragem (Tabelas 5, 6 e 7), como sugerem as diferenças de digestibilidade "in vitro" e de teor de proteína bruta (PB), ou, mais provavelmente, por causa da subestimativa da ingestão de matéria seca pelas equações utilizadas e que deveriam ser ajustadas para nossas condições de qualidade de forrageiras.

A diferença, em termos de matéria seca ingerida (kg/d), entre categorias animais, ocorre quando se comparam vacas secas e vacas em lactação com novilhas (Tabela 7). Houve diferença na qualidade da dieta, quando se considerou pasto sem adubo (novilhas em sistema extensivo) e adubado com fornecimento de concentrado (novilhas em sistema intensivo). Não ocorreu diferença entre o verão e o outono, provavelmente em razão da manutenção da qualidade da forragem em pastagem adubada, e na pastagem não adubada pode ter ocorrido seleção de pastejo, de modo que a oferta de energia digerível não variou muito na dieta. Os valores de emissão de metano mais baixos estimados para condições tropicais, por autores que utilizaram fatores de emissão de clima temperado, como de Crutzen et al. (1986), parecem estar relacionados com a previsão de menor ingestão de forragem, apresentando pior qualidade, e até a ausência de oferta adequada de forragem no período seco do ano, por parte de animais rústicos e com menor capacidade produtiva.

Tabela 5. Emissão de metano por gado de leite, no verão, em pastagens, em São Carlos, SP.

Tratamento	PV (kg)	MSI		emissão de CH ₄				
		kg/d	% do PV	g/d	kg/ano	g/d/kg de PV	% da EBI	g/kg de MSI
Holandesa								
Vacas lactantes	572 ab	19,2 a	3,4 a	403 a	147 a	0,71 a	6,4 a	21 a
Vacas secas	605 a	15,0 b	2,5 c	278 bc	101 bc	0,46 b	5,6 a	19 a
Novilha intens.	502 ab	12,8 bc	2,6 bc	222 bc	81 bc	0,45 b	5,3 a	17 a
Novilha extens.	459 bcd	12,2 cd	2,7 bc	198 c	72 c	0,43 b	4,9 a	16 a
Mestiça								
Vacas lactantes	478 bc	13,7 bc	2,9 b	331 ab	121 ab	0,69 a	7,3 a	24 a
Vacas secas	480 bc	12,6 c	2,5 bc	295 bc	107 bc	0,62 ab	7,2 a	24 a
Novilha intens.	365 d	10,0 d	2,6 bc	227 bc	83 bc	0,62 ab	6,8 a	22 a
Novilha extens.	374 cd	10,2 d	2,7 bc	181 c	66 c	0,48 ab	5,3 a	18 a

Fonte: adaptado de Pedreira (2004) e Primavesi et al. (2004b).

Obs.: PV = peso vivo; MSI = matéria seca ingerida; % da EBI = porcentagem da energia bruta ingerida; intens. = sobre pastagem adubada com N; extens. = sobre pastagem sem uso de N. Digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica e proteína bruta, respectivamente, do *Panicum maximum* cv. Tobiata adubado com N = 54,5% e 15,4% (raça Holandesa), *Brachiaria decumbens* adubada com N = 48% e 7,2% (Mestiça) e sem N = 41% e 6,5% (novilhas em sistema extensivo); concentrado = 82%. Vacas holandesas e mestiças em lactação receberam, respectivamente, 40% e 32% da matéria seca (MS) na forma de concentrado. Vacas secas e novilhas em sistema intensivo receberam 20% da MS na forma de concentrado. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$, Tukey).

Porém, a despeito da dúvida sobre a precisão dos dados de ingestão de matéria seca, os valores de emissão de metano (g/d e g/d/kg de PV) por animais em pastejo foram bem superiores aos de animais que ingeriram silagem de sorgo ou cana-de-açúcar picada, sem ou com concentrado, sob condições controladas de ingestão de matéria seca, como mostram as Tabelas 5, 6 e 7, em comparação com as Tabelas 2, 3 e 4, e a Figura 7 em comparação com Figuras 4 e 5, em especial quando se comparam os dados das novilhas, o que sugere que a ingestão de matéria seca realmente foi próxima daquela estimada. Essa maior emissão de metano pode ser resultante da menor digestibilidade da matéria seca colhida nas pastagens (digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica – DIVMO de 41% a 54,5%), comparada com a da cana-de-açúcar (DIVMO de 55% a 64%) e da silagem de sorgo (DIVMO de 54% – Pedreira, 2004).

Verificou-se que as perdas, na forma de metano, da energia bruta ingerida, com oferta de volumoso à base de forrageiras tropicais, incluindo a cana-de-açúcar picada, ficaram em torno de 6% do total de energia bruta ingerida, o que é considerada a média nas condições normais de pastagens de clima temperado. Somente as vacas em lactação superaram o limite determinado nas condições de clima temperado, o que pode ser explicado pela participação porcentual de concentrado na dieta, em que o estímulo à ingestão de matéria seca fibrosa (forragem verde ou silagem) faz com que a ingestão seja máxima, gerando pico de emissão de metano (Figura 4h, no Anexo, Tabela 3). Nos EUA, os grãos entram com mais de 60% na

Tabela 6. Emissão de metano por gado leiteiro, no outono, em pastagens, em São Carlos, SP.

Tratamento	PV (kg)	MSI		emissão de CH ₄				
		kg/d	% do PV	g/d	kg/ano	g/d/kg de PV	% da EBI	g/kg de MSI
Holandesa								
Vacas lactantes	570 ab	17,6 a	3,1 a	382 a	139 a	0,67 a	6,6 ab	22 ab
Vacas secas	642 a	15,4 ab	2,4 b	259 bc	94 bc	0,40 c	5,1 bc	17 bc
Novilha intens.	521 abc	13,1 bc	2,5 b	244 bc	89 bc	0,47 bc	5,6 ab	19 abc
Novilha extens.	432 bc	11,6 bc	2,7 ab	157 c	57 c	0,36 c	4,1 c	14 c
Mestiça								
Vacas lactantes	474 bc	11,8 bc	2,5 b	296 ab	108 ab	0,63 ab	7,7 a	26 a
Vacas secas	522 abc	13,6 bc	2,6 b	235 bc	86 bc	0,46 bc	5,3 bc	18 bc
Novilha intens.	399 c	10,9 c	2,7 ab	192 c	70 c	0,48 bc	5,3 bc	17 bc
Novilha extens.	389 c	10,7 c	2,8 ab	180 c	66 c	0,46 bc	5,1 bc	17 bc

Fonte: adaptado de Pedreira (2004).

Obs.: PV = peso vivo; MSI = matéria seca ingerida; % da EBI = porcentagem da energia bruta ingerida; intens. = sobre pastagem adubada com N; extens. = sobre pastagem sem uso de N. Digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB), respectivamente, de *Panicum maximum* cv. Tobiata adubado com N = 55,8% e 12,5% (Holandesa), *Brachiaria decumbens* adubada com N = 52,8% e 6,2% (Mestiça) e sem adubação com N = 49,9% e 6,3% (novilhas em sistema extensivo); concentrado = 71%. Silagem de milho oferecido para vacas holandesas em lactação e silagem de sorgo oferecido para vacas mestiças em lactação apresentaram, respectivamente, DIVMO de 57,5% e 52,8%, e PB de 7,5% e 13%. Vacas holandesas e mestiças em lactação receberam, respectivamente, 40% e 30% da matéria seca na forma de concentrado e vacas secas e novilhas em sistema intensivo, 20%. Média seguidas de mesmas letras não diferem entre si (P < 0,05, Tukey).

dieta de vacas em lactação. Porém, os resultados iniciais realizados em São Carlos, SP, mostram que maior produção de leite por vaca pode diluir a proporção de metano emitido por unidade de produto, o que é desejável (Tabela 8). Uma possível alternativa, que pode diminuir esse problema, é o uso de cana-de-açúcar de elevada qualidade (Tabela 4) e de alimentos mais digeríveis, como forrageiras manejadas adequadamente, de gramíneas mais digeríveis e de leguminosas. Além disso, é recomendável utilizar animais mais produtivos, porque se sabe que animais com capacidade produtiva mais baixa, selecionados para pastagens de menor qualidade ou, por vezes, com restrição de oferta, se desenvolvem mais lentamente, pois ingerem menos alimento, embora ocorra taxa de conversão de energia bruta ingerida similar ao de animais produtivos (Cruz et al., 2003; Tullio, 2004), quando se considera o mesmo grau de acabamento de carcaça, relacionada com espessura da camada externa de gordura, em condições de confinamento. A oferta de alimento de melhor qualidade a esses animais aumentaria a ingestão de matéria seca, porém seria direcionada para maior acúmulo da energia na forma de gordura. Além disso, a oferta de alimento com teor de proteína bruta na forragem abaixo de 7% pode resultar em maior tempo de retenção no rúmen e maior emissão de metano, do que quando se oferecem alimentos com bom teor de proteína bruta e maior taxa de passagem pelo rúmen. Uma ingestão maior de alimentos por novilhas, que procuram atender seu requerimento energético para um metabolismo mais intenso, pode levar a maior taxa de emissão de metano nos animais de menor PV.

Tabela 7. Médias de emissão de metano por gado leiteiro (verão e outono), em pastagens, em São Carlos, SP.

Tratamento	PV (kg)	MSI		emissão de CH ₄				
		kg/d	% do PV	g/d	kg/ano	g/d/kg de PV	% da EBI	g/kg de MSI
Holandesa								
Vacas lactantes	571 Ab	18,4 a	3,2 a	393 a	143 a	0,69 a	6,5 Ab	21 ab
Vacas secas	623 A	15,2 b	2,4 b	268 bc	98 bc	0,43 c	5,3 Bc	18 bc
Novilha intens.	511 Bc	13,0 c	2,6 bc	233 cd	85 cd	0,46 c	5,4 Bc	18 bc
Novilha extens.	446 Cd	11,9 cd	2,7 bc	178 d	65 d	0,40 c	4,5 C	15 c
Mestiça								
Vacas lactantes	476 C	12,7 cd	2,7 bc	314 b	115 b	0,66 ab	7,5 A	25 a
Vacas secas	501 Bc	13,1 c	2,6 bc	265 bc	97 bc	0,54 bc	6,2 Ab	21 ab
Novilha intens.	382 D	10,4 d	2,7 b	209 cd	76 cd	0,55 bc	6,0 Abc	20 abc
Novilha extens.	381 D	10,5 d	2,8 b	181 d	66 d	0,47 c	5,2 Bc	17 bc

Fonte: adaptado de Pedreira (2004) e Primavesi et al. (2004b).

Obs.: PV = peso vivo; MSI = matéria seca ingerida; EBI = energia bruta ingerida calculada; intens. = intensivo, pastagem adubada + concentrado; extens. = extensivo, pastagem não adubada. Diferença entre épocas somente em MSI, percentagem do PV e CH₄ em g/d/kg de PV. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si (P>0,05, Tukey).

Tabela 8. Emissão de metano por unidade de leite produzido, por vacas em pastagens, em São Carlos, SP.

Vaca em Lactação	Produção de Leite (L/dia)	CH ₄ /L de leite (g/dia)	DIVMS da forragem (%)	Concentrado de grãos/MSI (%)	Peso vivo da vaca (kg)
Verão					
Holandesa	22,7	18,4	51	40	572
Mestiça	13,3	25,3	37	32	435
Outono					
Holandesa	21,8	23,1	54	45	570
Mestiça	8,8	35,8	50	28	475

Fonte: adaptado de Pedreira (2004) e Primavesi et al. (2004b).

DIVMS = digestibilidade "in vitro" da matéria seca. MSI = matéria seca ingerida.

Outra forma de manejo que permite reduzir as perdas de energia, canalizando-a para a produção de leite e/ou de carne, é evitar longas caminhadas dos animais para fontes de água e de alimento (ocorre em sistema extensivo de produção), o que pode ser alcançado com o aumento da oferta de forragem por unidade de área (sistema intensivo de produção sobre pastagem) e com a localização dos bebedouros próximos aos lugares de descanso. A redução da exposição dos animais mais produtivos ao calor, mediante o incentivo ao pastejo no período noturno e a de ruminação na sombra, de preferência arbórea, durante o dia, também é muito aconselhável e efetiva.

Conclusões

Os resultados até agora levantados permitem extrair as seguintes conclusões:

- 1) a emissão de metano por unidade de matéria seca ingerida é maior com alimentos de pior qualidade e de menor densidade energética;
- 2) animais jovens ingerem mais matéria seca em porcentagem do peso vivo do que animais adultos, podendo isso resultar em maior emissão de metano por peso vivo;
- 3) o uso crescente de concentrado energético em substituição ao volumoso resulta em pico de emissão de metano quando o concentrado participa com 40% da matéria seca;
- 4) a melhoria na qualidade do volumoso favorece o aumento da ingestão de matéria seca e reduz a emissão de metano por unidade de matéria seca ingerida, aumentando a eficiência de utilização da energia bruta ingerida;
- 5) os volumosos de clima tropical, quando de boa qualidade, resultam em perdas da energia bruta ingerida, na forma de metano, similares às encontradas em condições de clima temperado;
- 6) a cana-de-açúcar picada, quando adequadamente corrigida, pode melhorar a eficiência nutricional e reduzir a emissão de metano ruminal; e
- 7) nos bovinos mais produtivos a emissão de metano por quilograma de produto gerado é menor.

Recomendações

Os dados disponíveis permitem recomendar, para redução da emissão de metano ruminal por unidade de leite ou de carne bovina:

- 1) a melhoria da qualidade da ração, oferecendo forrageiras melhor manejadas, com materiais menos fibrosos e mais digeríveis, e com maior concentração energética;
- 2) o uso de cana-de-açúcar de baixa fibra e alta sacarose, corrigida com concentrado ou outro material protéico; e
- 3) o uso de animais mais produtivos.

Referências bibliográficas

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 653-661, 2005.

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288 p.

CRUTZEN, P. J.; ASELMANN, I.; SEILER, W. Methane production by domestic animals, wild ruminants and other herbivorous fauna and humans. **Tellus**, Boston, v. 38B, p. 271-274, 1986.

CRUZ, G. M.; TULLIO, R. R.; ALLEONI, G. F.; BERNDT, A.; ALENCAR, M. M.; LANNA, D. P. D. Ganho de peso e conversão alimentar de bovino jovem não-castrado de quatro grupos genéticos em confinamento em relação ao status nutricional na fase de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1CD-ROM 5p.

ESTADOS UNIDOS. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Greenhouse gas emissions from agricultural systems, v. 1, Summary Report. **WORKSHOP ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM AGRICULTURE**, 1990, Washington. **Proceedings...** Washington, DC, 1990a.

ESTADOS UNIDOS. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). Methane emissions and opportunities for control. **WORKSHOP RESULTS OF INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE**, 1990, Washington. **Proceedings...** Washington, DC, 1990b

ESTADOS UNIDOS. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs. In: **Peer review draft**. Washington, D.C, 2000. 48 p.

HOLTER, J. B.; YOUNG, A. J. Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 2165-2175, 1992.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**, v. 57. Rio de Janeiro, 1997.

IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Brasil. Rio de Janeiro, 1998.

IPCC. **Climate Change 1994**: Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: University Press, 1995. 339p.

IPCC. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**: Reference manual. Cambridge: University Press, 1996. 297p.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 81, n. 3, p. 227-234, 1999.

LIMA, M. A.; BOEIRA, R. C.; CASTRO, V. L. S. S.; LIGO, M. A.; CABRAL, O. M. R.; VIEIRA, R. F.; LUIZ, A. J. B. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G., eds., **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 169-189.

LOCKYER, D. R. Methane emissions from grazing sheep and calves. **Agricultural Ecology & Environment**, Amsterdam, v. 66, n.1, p. 11-18, 1997.

PEDREIRA, M.S. **Estimativa da produção de metano de origem ruminal por bovinos tendo como base a utilização de alimentos volumosos: utilização da metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF6)**. 2004. 136f. Tese (Doutorado, em Zootecnia) – Faculdade de Ciência Agrônômica e Veterinária – UNESP, Jaboticabal.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; BARBOSA, P. F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 277-283, mar. 2004a.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A., MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERG, H.H. **Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. CD. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004b. 76p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 39).

TAMMINGA, S. Nutritional management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, n. 1, p. 345-357, 1992.

TULLIO, R. R. Estratégias de manejo para a produção intensiva de bovinos visando a qualidade da carne. 2004. 107f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Faculdade de Ciência Agronômica e Veterinária – UNESP, Jaboticabal.

Circular Técnica, 39

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sudeste

Endereço: Rod. Washington Luis, km 234,
Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP

Fone: (16) 3361-5611

Fax: (16) 3361-5754

E-mail: sac@cppse.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2004): 300 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Alfredo Ribeiro de Freitas.

Secretário-Executivo: Edison Beno Pott.

Membros: André Luiz Monteiro Novo, Odo Primavesi,
Maria Cristina Campanelli Brito, Sônia Borges de
Alencar.

Expediente

Revisão de texto: Edison Beno Pott.

Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito.

ANEXOS

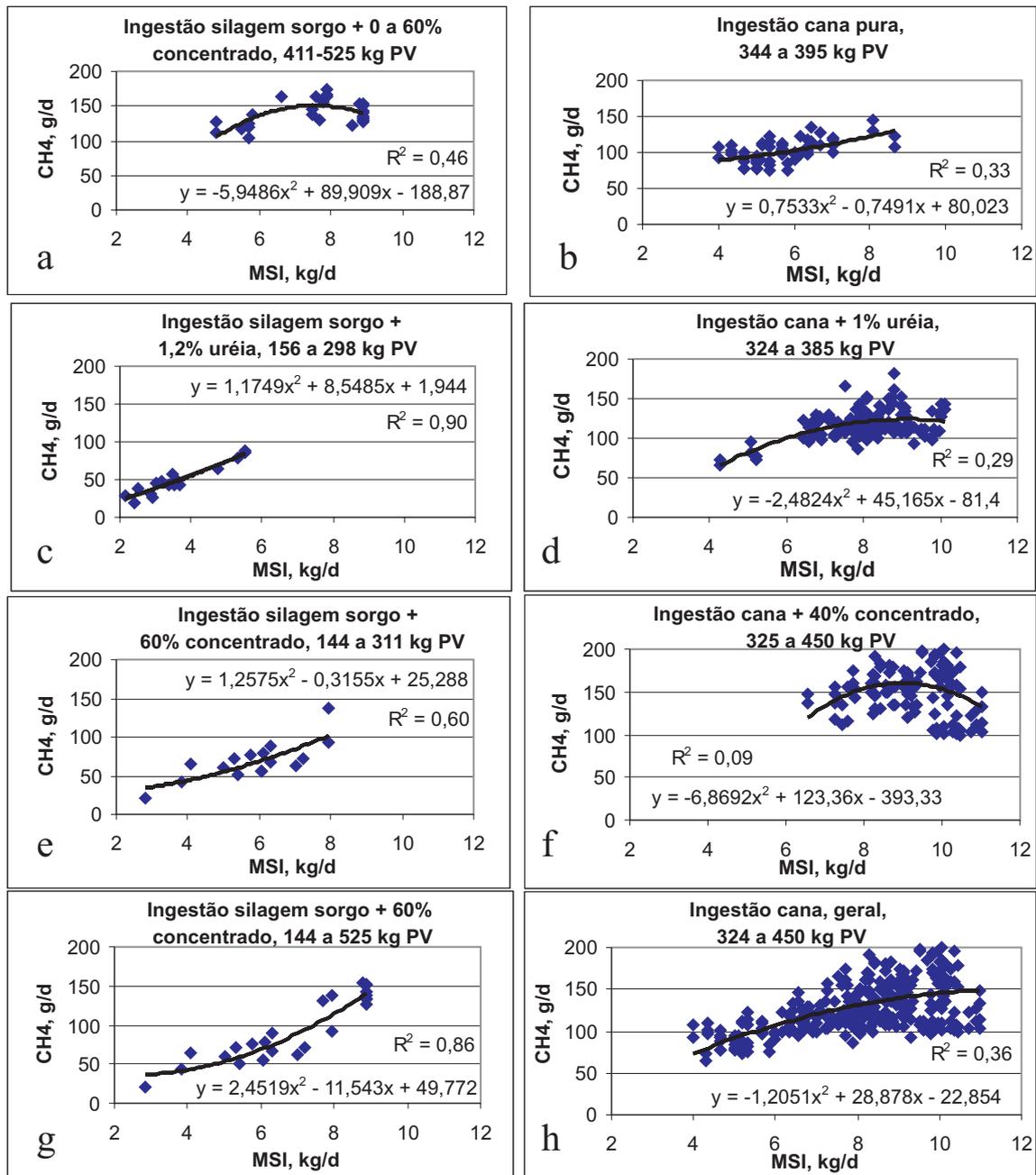


Figura 1. Emissão diária de metano ruminal, em função da matéria seca ingerida (MSI) por novilhas mestiças. a = experimento testando níveis de concentrado; c e e = experimento testando uréia e concentrado; g = conjunto dos dados de ambos os experimentos com silagem de sorgo e diferentes categorias animais; b, d, f e h = experimento com cana-de-açúcar. Fonte: adaptado de Pedreira (2004), Primavesi et al. (2004b) e Oliveira (2004).

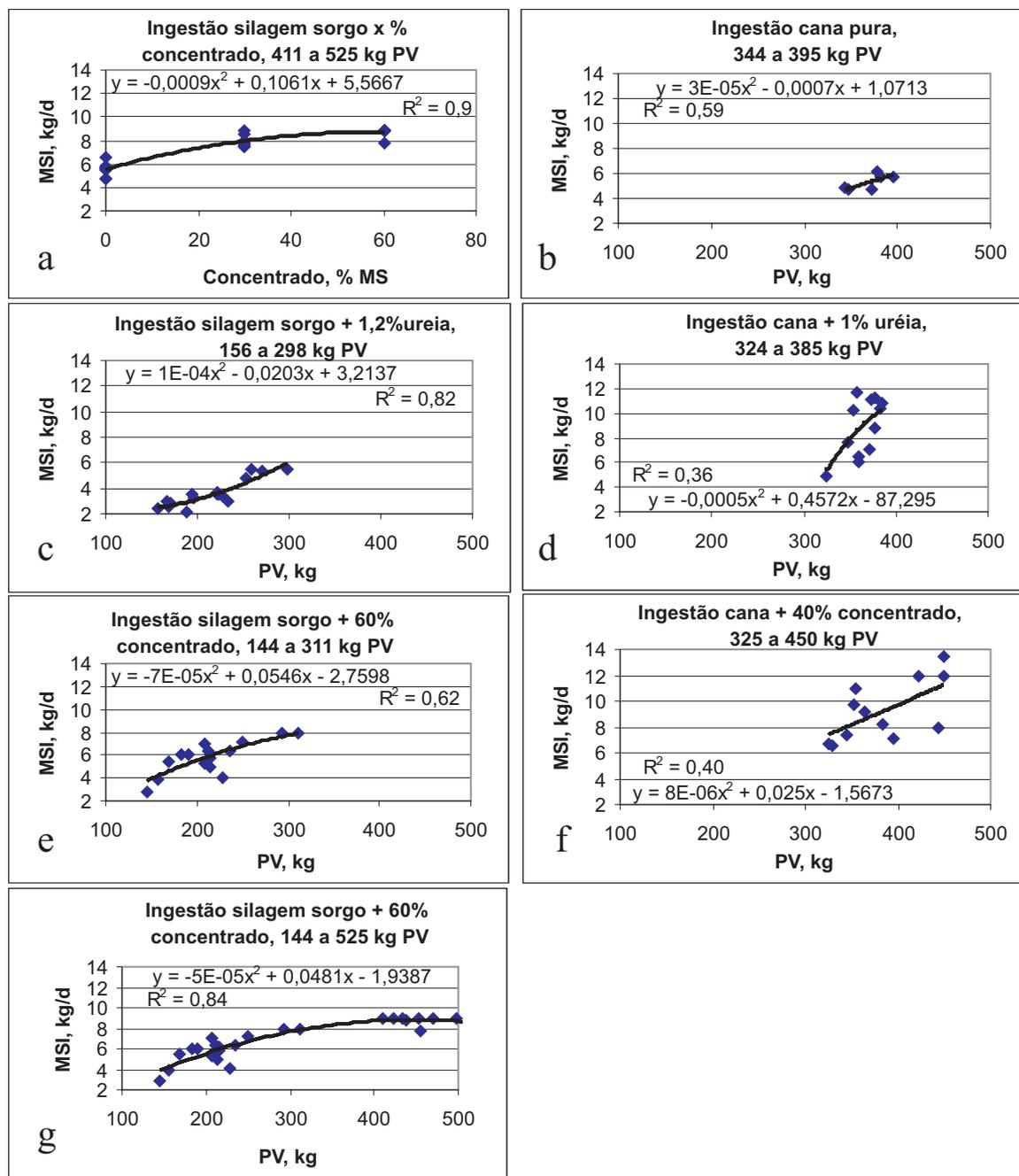


Figura 2. Matéria seca ingerida (MSI), em função do peso vivo (PV) de novilhas mestiças. a = experimento testando níveis de concentrado; c e e = experimento testando uréia e concentrado; g = conjunto dos dados de ambos os experimentos com silagem de sorgo e diferentes categorias animais; b, d e f = experimento com cana-de-açúcar. Fonte: adaptado de Pedreira (2004), Primavesi et al. (2004b) e Oliveira (2004).

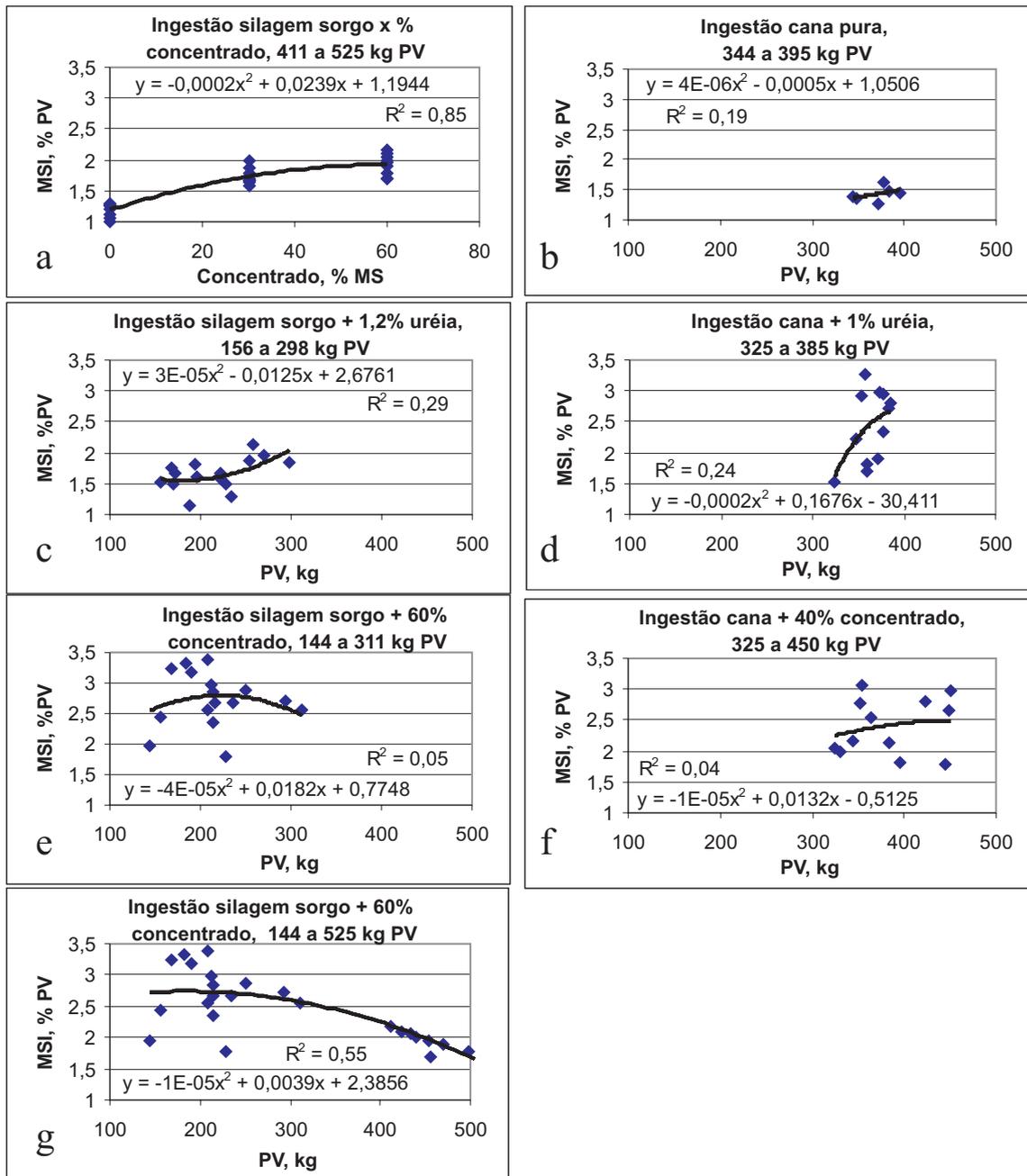


Figura 3. Matéria seca ingerida (MSI), expressa em porcentagem do peso vivo, em função do peso vivo (PV) de novilhas mestiças. a = experimento testando níveis de concentrado; c e e = experimento testando uréia e concentrado; g = conjunto dos dados de ambos os experimentos com silagem de sorgo e diferentes categorias animais; b, d e f = experimento com cana-de-açúcar. Fonte: adaptado de Pedreira (2004), Primavesi et al. (2004b) e Oliveira (2004).

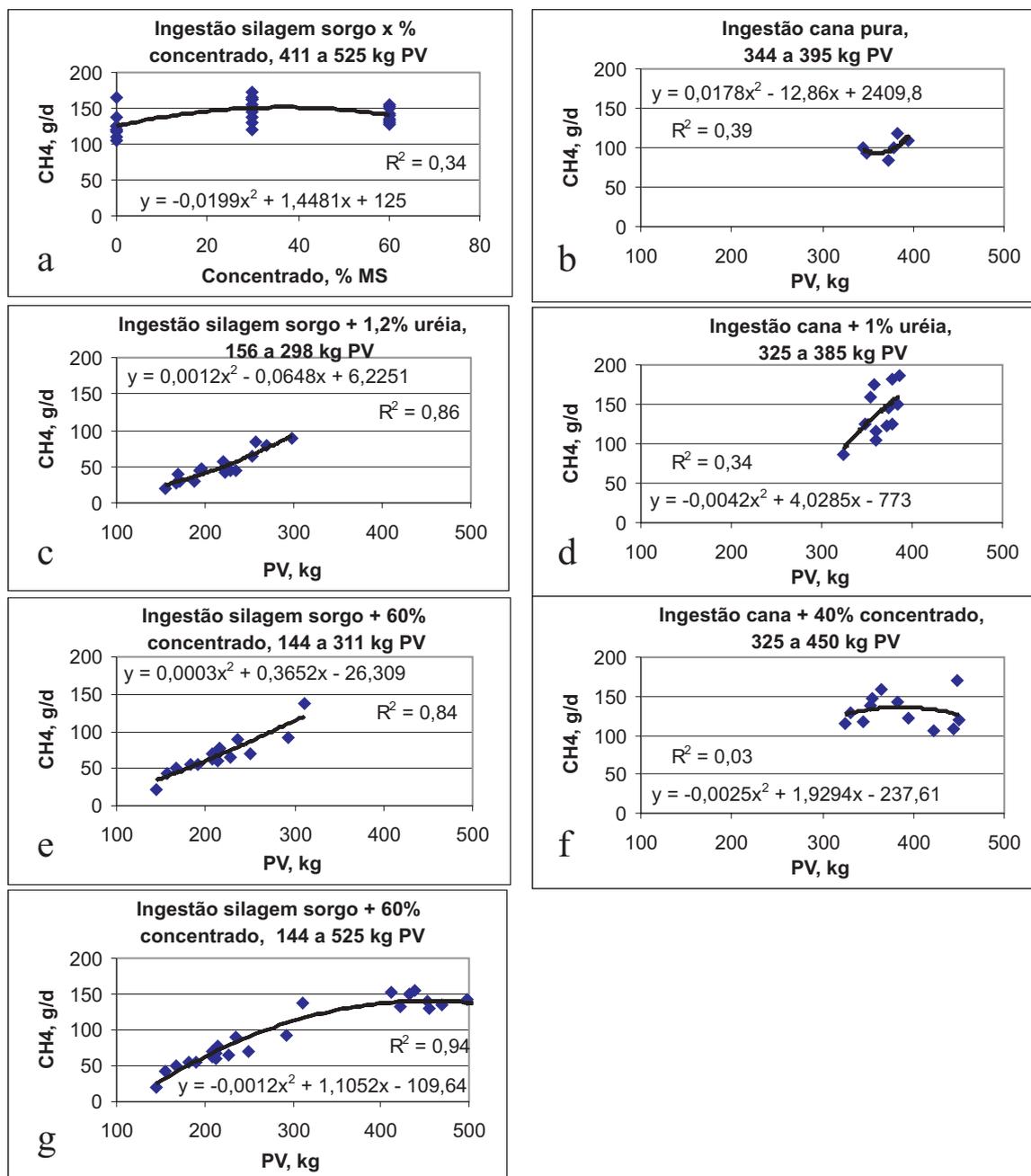


Figura 4. Emissão diária de metano (CH₄), em função do peso vivo (PV) de novilhas mestiças. a = experimento testando níveis de concentrado; c e e = experimento testando uréia e concentrado; g = conjunto dos dados de ambos os experimentos com silagem de sorgo e diferentes categorias animais; b, d e f = experimento com cana-de-açúcar. Fonte: adaptado de Pedreira (2004), Primavesi et al. (2004b) e

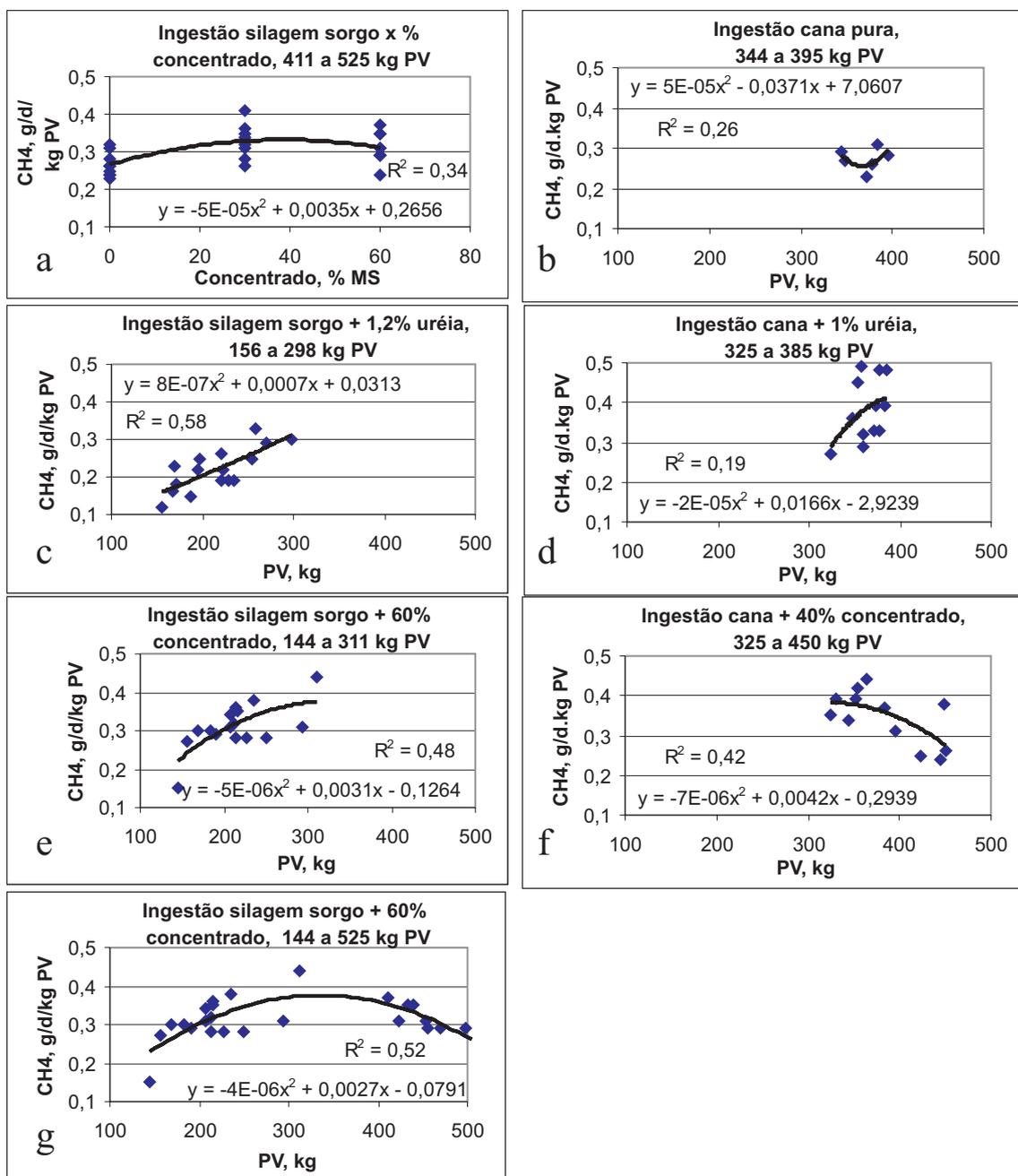


Figura 5. Emissão diária de metano (CH₄), em função do peso vivo (PV) de novilhas mestiças. a = experimento testando níveis de concentrado; c e e = experimento testando uréia e concentrado; g = conjunto dos dados de ambos os experimentos com silagem de sorgo e diferentes categorias animais; b, d e f = experimento com cana-de-açúcar. Fonte: adaptado de Pedreira (2004), Primavesi et al. (2004b) e Oliveira (2004).

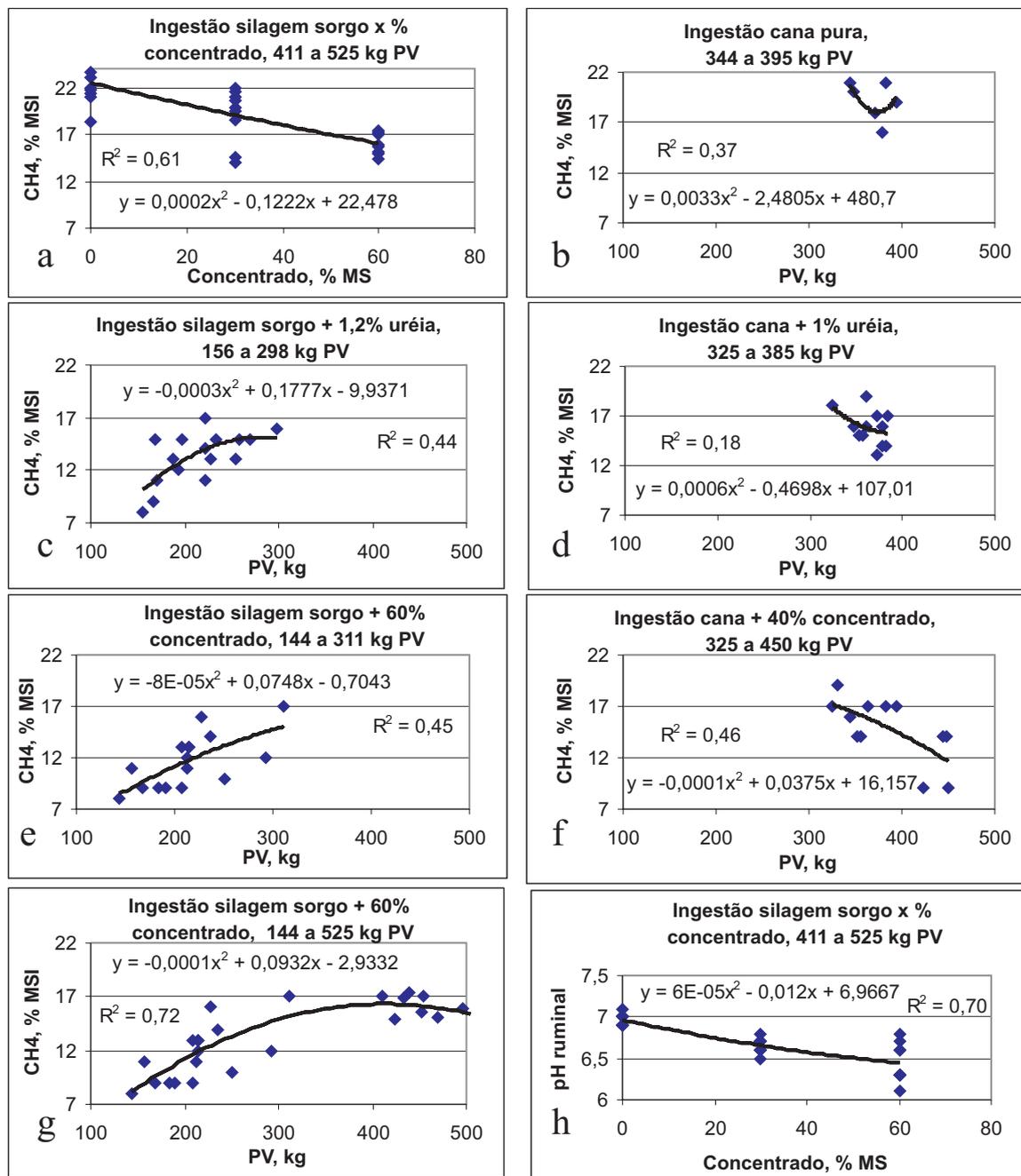


Figura 6. Emissão de metano (CH₄), expressa em porcentagem da matéria seca ingerida (MSI), em função do peso vivo (PV) de novilhas mestiças. a = experimento testando níveis de concentrado, e pH ruminal (h); c e e = experimento testando uréia e concentrado; g = conjunto dos dados de ambos os experimentos com silagem de sorgo e diferentes categorias animais; b, d e f = experimento com cana-de-açúcar. Fonte: adaptado de Pedreira (2004), Primavesi et al. (2004b) e Oliveira (2004).

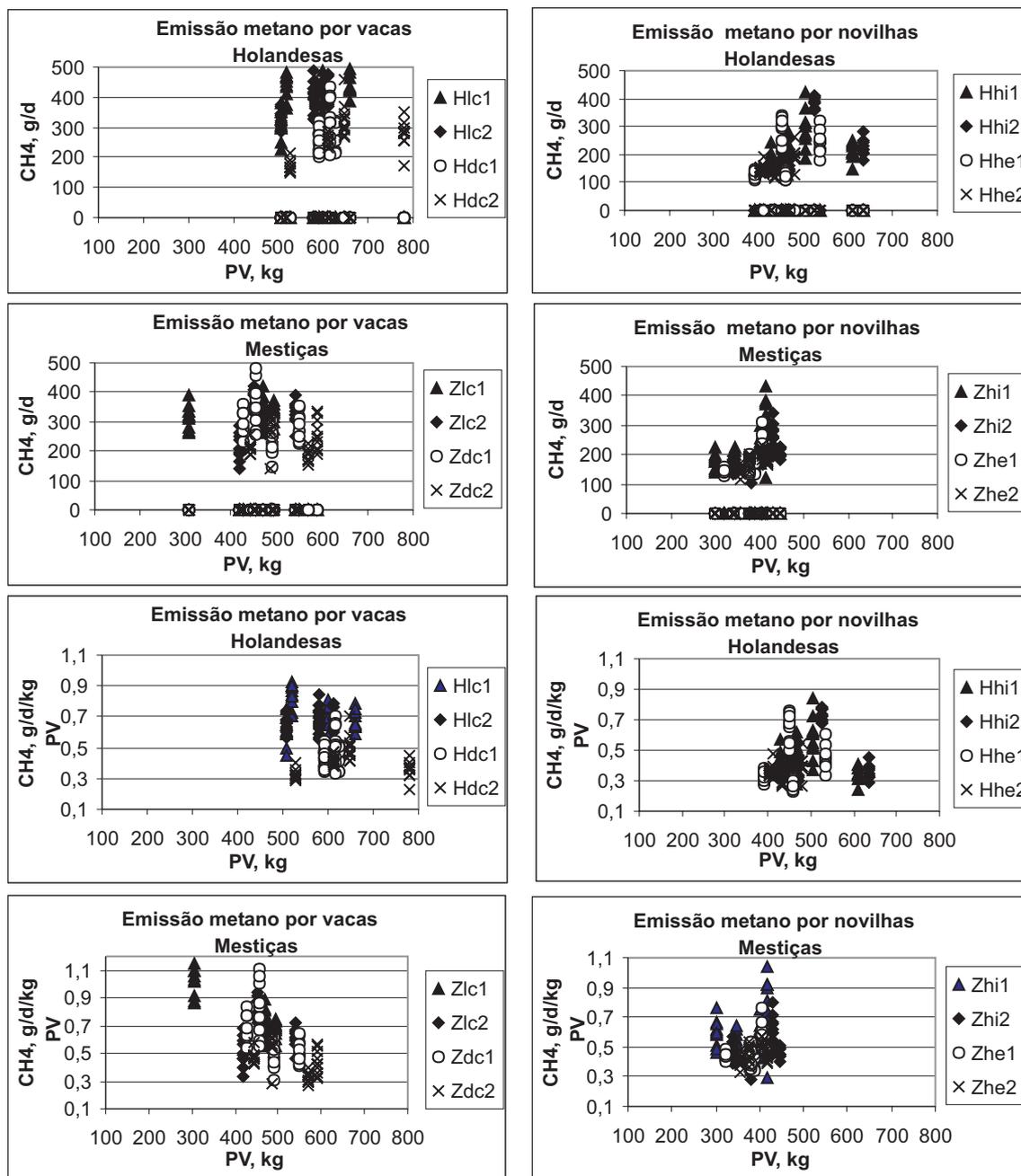


Figura 7. Emissão de metano (CH4) por diversas categorias de gado leiteiro, em função de peso vivo (PV) e qualidade de alimentos. 1 e 2 = verão e outono; Hlc1/Hlc2 e Zlc1/Zlc2 = vacas lactantes Holandesas e Mestiças; Hdc1/Hdc2 e Zdc1/Zdc2 = vacas secas Holandesas e Mestiças; Hhi1/Hhi2 e Zhi1/Zhi2 = novilhas Holandesas e Mestiças em sistema intensivo (pastagem adubada, e com concentrado); Hhe1/Hhe2 e Zhe1/Zhe2 = novilhas Holandesas e Mestiças em sistema extensivo (pastagem sem adubo e sem concentrado). Fonte: adaptado de Pedreira (2004).