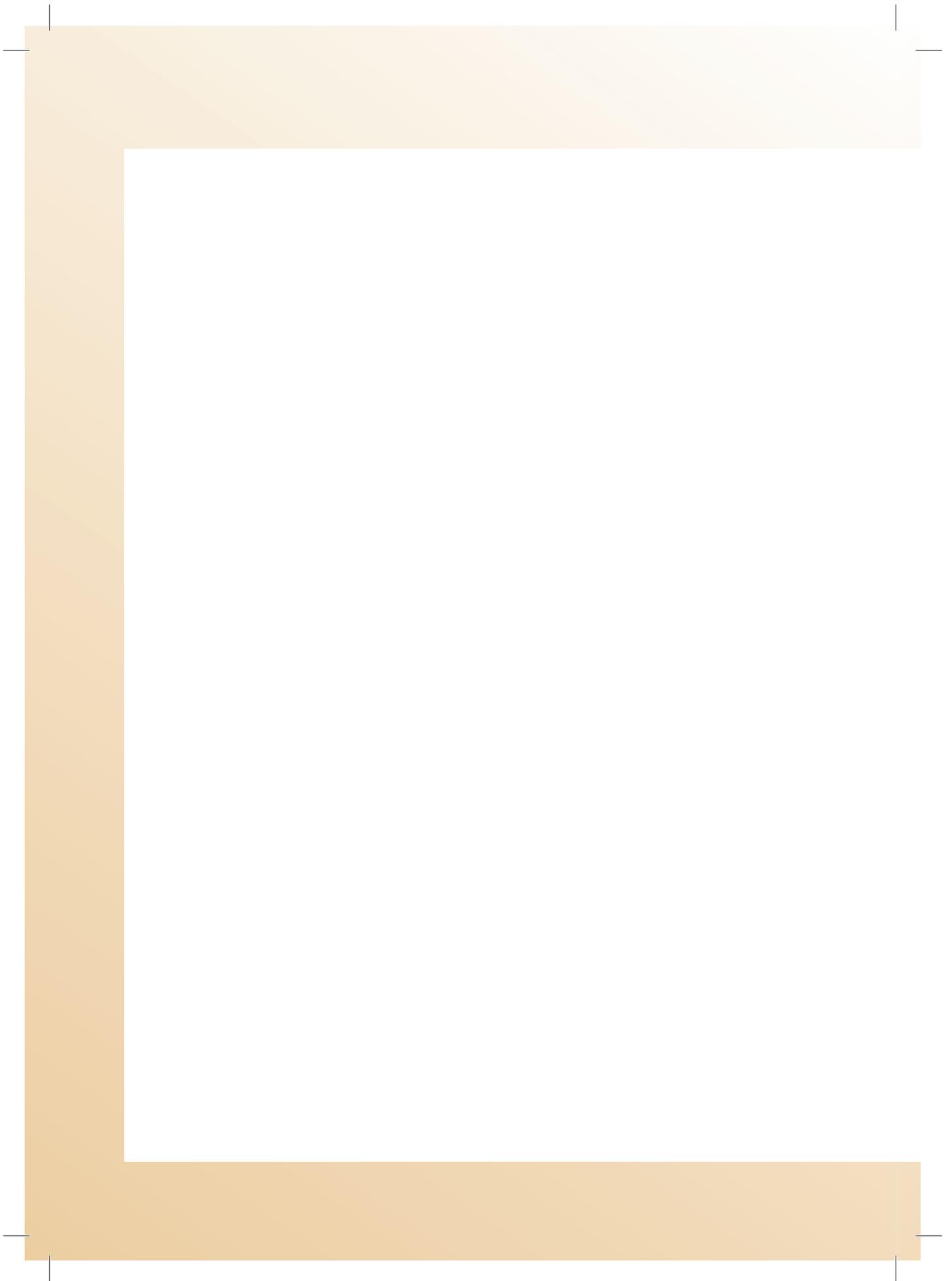


5

CAPÍTULO

Emissão de gases de efeito estufa em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

*Roberto Giolo de Almeida
Sérgio Raposo de Medeiros*



INTRODUÇÃO

No Brasil, a agropecuária contribui com cerca de 22% das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEEs), entretanto, se forem somadas as emissões provenientes do setor “mudança no uso da terra e florestas”, esse percentual sobe para cerca de 80% (Brasil, 2009) e o Brasil passa a ser o quinto maior emissor de GEEs do mundo, sendo um desafio para o desenvolvimento de mecanismos de mitigação.

A pecuária, em especial a bovinocultura de corte brasileira, destaca-se no cenário mundial por apresentar o primeiro rebanho com fins comerciais, levando o país à condição de maior exportador de carne, com amplas possibilidades de crescimento em termos de terras ainda disponíveis, de acordo com a legislação nacional, e de melhoria nos processos produtivos. Essa posição gera certo desconforto para os outros atores do mercado internacional da carne (bovina), que têm imposto barreiras não tarifárias ao produto brasileiro, ainda no início da década atual. Embargos à carne brasileira, que antigamente eram decorrentes de barreiras sanitárias, atualmente, podem considerar um contexto ambiental, incluindo a discussão sobre desmatamento, ineficiência do uso da terra por sistemas pecuários e emissão de GEEs (STEINFELD et al., 2006).

Nesse sentido, a melhoria dos fatores e processos de produção e dos produtos da pecuária influencia diretamente na mitigação da emissão de GEEs.

Corroborando com isso o estudo de Barioni et al. (2007), sobre as emissões de metano pela pecuária de corte brasileira, no período de 2007 a 2025. As projeções desses autores indicam substancial melhoria na eficiência de produção de carne, com aumentos de 7,4% no rebanho nacional e de 29,3% no número de abates, proporcionando um aumento de 25,4% na produção de carne e de apenas 2,9% na emissão de metano, refletindo em uma diminuição de 18% na emissão de metano por unidade de carne produzida.

Projeções de E. Assad e H. S. Pinto para a pecuária brasileira, compiladas por Deconto (2008), indicam que um aumento de temperatura da ordem de 3°C (aumento médio previsto pelo IPCC até 2100) pode causar a perda de até 25% da capacidade de suporte das pastagens para bovinos de corte, o que equivale a um aumento de custo de produção de 20% a 45%, e que essa perda de área deve ocorrer, principalmente, por causa do aumento de 30 a 50 dias do período sazonal de seca nas áreas hoje aptas para pastagens.

Essas projeções reforçam a necessidade de pesquisas voltadas ao estudo de sistemas pecuários adaptados aos cenários de mudanças climáticas, envolvendo: qualidade de forrageiras quanto à degradabilidade ruminal e à produção de GEEs, estratégias de suplementação animal em pastejo, manejo das pastagens, pastos consorciados, recuperação de pastagens degradadas e sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

ESTUDOS BRASILEIROS SOBRE EMISSÕES DE GEES NA PECUÁRIA

De modo geral, as estimativas de emissões de GEEs da agropecuária apresentam mais incertezas do que as dos demais setores, em decorrência da maior complexidade dos sistemas de produção, sendo que na pecuária essas incertezas são ainda maiores, por envolver o componente animal.

No Brasil, ainda existem poucos estudos realizados com animais. Na Tabela 1, ampliada de Berndt (2010), encontra-se um resumo sobre emissões de metano em gado de corte no Brasil, envolvendo estudos com animais em confinamento (BERCHIELLI et al., 2003; PEDREIRA et al., 2004; NASCIMENTO, 2007; OLIVEIRA et al., 2007; POSSENTI et al., 2008), em pastejo (DEMARCHI et al., 2003a; 2003b; CANESIN et al., 2007; 2009; FONTES et al., 2011), e em sistemas integrados (ESTEVEES et al., 2012). Alguns estudos com gado de leite também foram conduzidos no Brasil, por Primavesi et al. (2004a) e Pedreira et al. (2009).

Em um dos poucos estudos sobre a emissão de metano em sistemas integrados no Brasil, Esteves et al. (2012), avaliando bovinos de corte criados a pasto, em sistema de ILP, e terminados em confinamento, observaram média de emissão de 40,3 kg/animal/ano de metano, durante três anos de período experimental, indicando que os animais com maiores ganhos diários de peso podem emitir menores quantidades de metano.

Esses estudos, além de pioneiros, são de grande relevância por terem levantado dados divergentes dos valores de referência do IPCC (2006), contribuindo para estimativas mais realistas da pecuária brasileira. O valor de referência (*tier 1*) do IPCC (2006) para emissão de metano entérico de gado de corte, na América Latina, é de 56 kg/animal/ano, valor acima da média apresentada na Tabela 1, de 48,8 kg/animal/ano. Entretanto, o ganho de peso vivo médio das observações (0,366 kg/animal/dia) resulta em 4,5 arrobas/ha contra 3 arrobas/ha da média brasileira, sendo necessários mais estudos para avaliar os diferentes sistemas pecuários brasileiros, como por exemplo, os rebanhos de cria.

A principal fonte de metano da bovinocultura brasileira é a fermentação entérica dos animais, sendo que as emissões oriundas da decomposição das dejeções em pastagens são pequenas; essas fontes correspondem a 62,5% e a 1,6% das emissões antrópicas desse gás, respectivamente (Brasil, 2009). Estudos com ruminantes demonstram que a emissão de

► **TABELA 1.**
Resultados de emissão de metano (CH₄) obtidos com gado de corte em estudos realizados no Brasil.

	PESO VIVO (kg)	GANHO DE PESO (kg/d)	FATOR DE EMISSÃO (kg CH ₄ /ANO)	PERDA DE ENERGIA (%EBI)	TRATAMENTOS
	318	0,340	33,0	5,0	<i>B. brizantha</i> (inverno)
	333	0,410	34,0	6,3	<i>B. brizantha</i> (primavera)
	411	0,540	59,0	9,1	<i>B. brizantha</i> (verão)
	438	0,410	63,0	6,6	<i>B. brizantha</i> (outono)
Média	375	0,425	47,3	6,8	Fonte: Demarchi et al. (2003a; 2003b)
	467	0,270	46,0	7,3	100% silagem de sorgo
	459	0,330	55,0	6,2	70% silagem de sorgo + 30% concentrado
	456	0,310	51,0	5,4	40% silagem de sorgo + 60% concentrado
Média	461	0,303	50,7	6,3	Fonte: Berchielli et al. (2003); Pedreira et al. (2004)
	216	0,220	18,0	4,0	Silagem de sorgo + 1,2% ureia
	214	0,320	25,0	3,5	Silagem de sorgo + 60% concentrado
Média	215	0,270	21,5	3,8	Fonte: Oliveira et al. (2007)
	402	0,330	49,0	6,2	Feno de braquiária com 15 dias de maturação
	402	0,330	49,0	7,4	Feno de braquiária com 45 dias de maturação
	402	0,340	50,0	9,0	Feno de braquiária com 90 dias de maturação
Média	402	0,333	49,3	7,5	Fonte: Nascimento (2007)

► **TABELA 1. (continuação)**
Resultados de emissão de metano (CH₄) obtidos com gado de corte em estudos realizados no Brasil.

	PESO VIVO (kg)	GANHO DE PESO (kg/d)	FATOR DE EMISSÃO (kg CH ₄ /ANO)	PERDA DE ENERGIA (%EBI)	TRATAMENTOS
	800	0,170	51,0	5,8	Fenos (80% coast-cross + 20% leucena)
	800	0,160	48,0	5,5	Fenos (50% coast-cross + 50% leucena)
	800	0,200	57,0	6,4	Fenos (80% coast-cross + 20% leuc.) + levedura
	800	0,160	46,0	5,1	Fenos (50% coast-cross + 50% leuc.) + levedura
Média	800	0,180	50,5	5,7	Fonte: Possenti et al. (2008)
	338	0,820	82,5	10,0	<i>B. brizantha</i> + suplemento diário
	338	0,610	92,5	9,5	<i>B. brizantha</i> + suplemento em dias úteis
	338	0,580	92,2	11,8	<i>B. brizantha</i> + suplemento em dias alternados
Média	338	0,670	89,1	10,4	Fonte: Canesin et al. (2007; 2009)
	200	0,200	41,1	-	<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça
	200	0,560	42,1	-	Mombaça + suplemento proteico/energético
Média	200	0,380	41,6	-	Fonte: Fontes et al. (2011)
Média	-	-	40,3	-	ILP e confinamento. Fonte: Esteves et al. (2012)
Média geral		0,366	48,8		kg CH₄/ animal/ano

Fonte: Ampliado de Berndt (2010).

metano depende da quantidade de alimento ingerido e da qualidade da dieta, sendo que, geralmente, dietas com elevada digestibilidade proporcionam maior consumo com menor emissão de metano por unidade de alimento ingerido do que dietas de baixa qualidade (PEDREIRA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007).

Nesse sentido, o desenvolvimento de estratégias para elevar o valor nutritivo da dieta de bovinos deve ser uma demanda da pesquisa, visando à mitigação da emissão de GEEs.

No Brasil, têm sido realizados estudos aplicados envolvendo o uso de forrageiras contendo taninos em dietas para bovinos, especialmente, leguminosas e sorgo (Berchielli et al., 2003; Vitti et al., 2005; Possenti et al., 2008), e o uso de aditivos como ionóforos, probióticos, óleos e gorduras (Franco e Ribeiro, 2009), demonstrando o potencial dessas estratégias na redução da emissão de metano, melhoria no padrão de fermentação ruminal e na eficiência energética do animal. O estudo destas alternativas de modificadores ruminais é bastante válido, mas deve-se ter em mente que a redução de metano proporcionada, muitas vezes, é transitória (Bodas et al., 2012). Portanto, além de trabalhos de longa duração, seria interessante testes com rotação de princípios ativos.

Também, estudos têm demonstrado os benefícios de pastos consorciados e da suplementação alimentar na melhoria da qualidade da dieta e na produtividade animal (EUCLIDES et al., 2001; ALMEIDA et al., 2002), elevando os índices zootécnicos, como a redução na idade de abate, contribuindo para mitigação da emissão de GEEs.

Quanto ao óxido nitroso, as dejeções de bovinos em pastagens são responsáveis por 39,4% das emissões antrópicas desse GEE (Brasil, 2009), sendo que as perdas de N pela urina são maiores do que pelas fezes (FERREIRA, 1995). As emissões de óxido nitroso são influenciadas pela distribuição das dejeções, pelo manejo de fertilizantes nitrogenados e pelas características do solo (LIMA, 2006), sendo que o padrão de distribuição das dejeções nas pastagens (BRAZ et al., 2003; FERREIRA et al., 2004; MARCHESIN, 2005) dificulta a obtenção de estimativas de emissão mais precisas.

Lessa et al. (2012), em estudos preliminares, indicaram que o fator de emissão de N de excretas de bovinos em pastagens extensivas no Cerrado seria de 0,5 a 0,7% em comparação ao valor de referência do IPCC (2006), que é de 2%.

Existe um número razoável de estudos sobre ecossistemas de pastagens nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, considerando os estoques de carbono no solo em comparação à vegetação nativa, indicando que, de modo geral, solos sob pastagens bem manejadas e sob sistemas de ILP podem acumular carbono em níveis semelhantes ou superiores à vegetação nativa e que a degradação das pastagens promove perda do carbono acumulado (CERRI et al., 2006; JANTALIA et al., 2006; MACEDO et al., 2012). Além disso, Fisher et al. (2007), em revisão de estudos sobre carbono no solo em pastagens introduzidas

nas regiões savânicas de Brasil e Colômbia no período de 1998 a 2004, observaram que as taxas de deposição de liteira eram subestimadas e, conseqüentemente, a produtividade primária líquida e o potencial de mitigação da emissão de GEEs.

Em 2009, na Conferência das Partes (COP-15) sobre mudança do clima que ocorreu em Copenhague, na Dinamarca, o Brasil se destacou com avançadas propostas voluntárias de “Ações de Mitigação Nacionalmente Adequadas” (NAMAs, da sigla em inglês), com as seguintes metas para 2020, para o “setor agropecuária”: reduções de 83 a 104 Mt de CO₂eq com recuperação de pastagens, de 18 a 22 Mt de CO₂eq com integração lavoura-pecuária-floresta, de 16 a 20 Mt de CO₂eq com plantio direto e de 16 a 20 Mt de CO₂eq com fixação biológica de N (Brasil, 2010).

De acordo com estudo de Cerri et al. (2010), essas metas são passíveis de serem atingidas com as tecnologias disponíveis atualmente, sendo que investimentos governamentais são essenciais para orientar o setor. A partir disto, em 2010, o governo brasileiro instituiu o Programa para Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC), por meio do qual são destinados recursos para financiar práticas adequadas, tecnologias adaptadas e sistemas produtivos eficientes que contribuam para a mitigação da emissão de GEEs na agropecuária (Brasil, 2010).

O Brasil não possui estudos sobre o ciclo de vida da carne bovina, entretanto, a Suécia (CEDERBERG et al., 2009) e o Reino Unido (Defra, 2008) desenvolveram seus próprios estudos a respeito da pecuária brasileira.

Há carência de informações sobre emissões por fermentação entérica dos animais em pastejo e sobre o impacto potencial de estratégias de manejo.

São necessárias padronizações metodológicas para estudos referentes ao sistema solo-atmosfera (COSTA et al., 2006) e ao componente animal (PRIMAVESI et al., 2004b; BERNDT et al., 2009), em consonância com as orientações do IPCC (1996; 2006), e mais pesquisas de avaliação do balanço de carbono e de nitrogênio dos principais sistemas pecuários, por bioma.

Neste sentido, em 2011, a Embrapa e seus parceiros, nacionais e internacionais, criaram a Rede Pecus (www.cppse.embrapa.br/redepecus/), uma rede de pesquisa para estudos científicos de sistemas pecuários integrados, com melhores técnicas de manejo em relação às empregadas em sistemas convencionais, visando redução de emissões e remoção de GEEs da atmosfera, para embasar políticas governamentais voltadas ao desenvolvimento do setor, em âmbito nacional.

Entretanto, ainda são necessários esforços no levantamento de dados censitários oficiais mais abrangentes, envolvendo não só os efetivos dos rebanhos por categoria animal, como dados sobre sistemas de produção e sobre a área, as espécies e a condição das pastagens. Esses levantamentos devem ser apresentados em menor intervalo de tempo que os atuais, para melhor aproximação das estimativas de emissões de GEEs, nos próximos inventários brasileiros.

Esses conhecimentos técnico-científicos são de importância estratégica para o Brasil, pois contribuirão para um melhor entendimento e conscientização da sociedade brasileira sobre o manejo adequado dos sistemas pecuários e seus benefícios em termos ambientais, econômicos e sociais, e servirão de base para o posicionamento do país frente aos questionamentos internacionais e às possíveis iniciativas de embargos ao produto nacional.

O BRASIL NO CONTEXTO MUNDIAL DAS EMISSÕES DE GEES

Um estudo realizado por pesquisadores europeus (SCHIMDINGER e STHEFEST, 2012) serve como exemplo de concepções erradas sobre a pecuária brasileira e nosso ambiente.

Estes autores sugerem incluir na contabilidade de fluxos de GEEs da pecuária uma novidade criada por eles, a qual deram o nome de *dreno de carbono potencial perdido*. Esta nova figura nos fluxos de GEEs seria o carbono da vegetação natural que retornaria a área em que se produz carne, caso ela fosse vedada. A justificativa seria que há necessidade premente na redução da concentração de carbono na atmosfera e que isso daria uma ideia melhor aos consumidores ao fazerem suas escolhas. Segundo as estimativas destes autores, considerando os *drenos perdidos de carbono*, o índice de emissão do Brasil passaria de 59,0 kg de CO₂eq/kg carne para 335,1 kg de CO₂eq/kg carne.

Além de não considerar o impacto ao ambiente da necessidade de substituir as cerca de 57 milhões de toneladas de equivalente-carcaça produzidas atualmente, pode-se apontar também outras sérias incongruências neste estudo. Uma das mais grosseiras foi considerar que a produção média brasileira por hectare e a área destinada à pecuária permaneceria a mesma nos próximos 30 ou 100 anos. O fato de se ter aumentado a quantidade produzida de 1950 à 2006 em 535%, tendo como contrapartida apenas 47% de aumento na área de pastagem, dá uma ideia de quão errada é essa premissa. Entre 1975 e 2006, conforme dados dos Censos Agropecuários do IBGE, houve uma redução na área de pastagens de mais de 5 milhões de hectares e a perspectiva, segundo Ferraz (2008), é que a redução se acentue nos próximos anos.

Outra grave distorção foi que, ao fazerem as contas de quanto carbono se acumularia caso as pastagens fossem vedadas, afirmaram que obteriam valores de acúmulo de carbono entre 110-136 t C/ha, ou seja, quase 80% da média do que se encontra na floresta tropical, como a Floresta Amazônica (151 t C/ha). Para o Cerrado, bioma em que se concentra a maior parte do nosso rebanho, o valor médio é de 67 t C/ha, ou seja, praticamente metade do valor considerado.

Todavia, o maior erro foi penalizar nossa pecuária pelo seu maior mérito: o baixo uso de insumos, que implica em baixo impacto ambiental. Ainda assim, deve-se considerar que o trabalho foi baseado em Análises

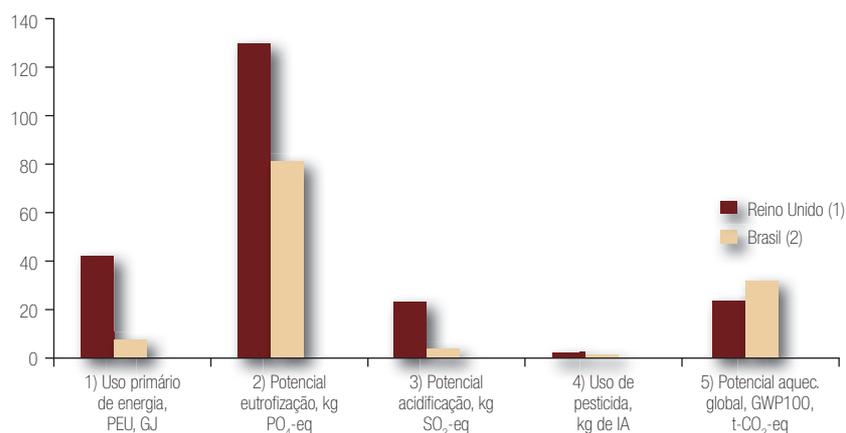
de Ciclo de Vida (ACV), que tenta levar em consideração a totalidade de geração de GEEs na cadeia de produção até o consumo (pré-porteira até pós-porteira).

Foi a partir de um estudo de ACV, comparando o impacto ambiental de 1 tonelada de carne produzida no Brasil ou no Reino Unido (Defra, 2008), que primeiro chamou a atenção de como a problemática do aquecimento global é, na verdade, uma grande oportunidade para alcançarmos um novo patamar na nossa pecuária.

Na Figura 1, pode-se observar cinco itens importantes de impacto ambiental de atividades agropecuárias, sendo desejável os menores valores possíveis em cada um deles. Nos quatro primeiros itens, a produção de carne bovina no Brasil leva imensa vantagem sobre a do Reino Unido, reflexo da menor necessidade de insumos, incluindo seis vezes menos energia primária. No último, exatamente o relacionado ao aquecimento global, o Brasil se sai pior. A razão apontada nesse relatório britânico para explicar esse resultado é que temos índices de produtividade muito baixos.

O grande problema é o metano produzido por animais com baixas taxas de ganho de peso (ou perdendo peso na seca), por vacas vazias, seja por falha na reconcepção ou pela demora das novilhas entrarem em produção, que seria uma produção em vão, sem contrapartida de produção de carne e leite. Produzimos, assim, muito metano por quilograma de carne ou de leite produzido.

Quanto maior o nível de produção, menor a porcentagem da energia que é perdida como metano. Na Tabela 1, isso fica bem claro. Basta examinar a coluna de perda de energia, em porcentagem da energia bruta ingerida (% EBI) para constatar isso. É que ocorre uma diluição, semelhante a que ocorre com a exigência de energia de manutenção, ou



► **FIGURA 1.** Índices de impacto ambiental na produção de carne bovina no Reino Unido (barras vermelhas) e no Brasil (barras amarelas). Adaptado de Defra (2008).

seja, há uma produção basal de metano, mesmo quando o animal não está ganhando peso, que é diluída à medida que se aumenta o ganho.

É consenso entre os técnicos que, apenas com a recuperação das pastagens degradadas e melhor manejo das pastagens, a produção brasileira por área poderia dobrar dos atuais 0,8-1,0 UA/ha. Um benefício adicional da recuperação de pastagens degradadas e do manejo adequado das pastagens é que há sequestro de carbono pelas pastagens no solo, em função do crescimento radicular que é um dos drenos de carbono com grande potencial no Brasil. Outras tecnologias simples, como suplementação estratégica, podem aumentar significativamente a produtividade. Enfim, com baixo impacto ambiental, temos chance de reduzir muito o potencial de aquecimento global. Portanto, bem ao contrário de reduzir nossa produção, temos que intensificá-la, apenas com o cuidado de fazer de forma mais eficiente do que hoje. Neste contexto, o uso de sistemas integrados de produção, seja na integração lavoura-pecuária (ILP), em sistemas silvipastoris ou na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), pode aumentar enormemente a eficiência na produção de carne brasileira, com menor emissão de GEEs por unidade de produto.

PRODUÇÃO ANIMAL EM SISTEMAS INTEGRADOS E A EMISSÃO DE GEES

Estudos com diversas variações de sistemas integrados demonstram que a inclusão do componente florestal propicia benefícios de ordem ambiental e socioeconômica, que refletem em melhoria na eficiência do uso da terra (CARVALHO et al., 2001a; MACEDO, 2009; ALMEIDA, 2010), entretanto, são os impactos positivos em variáveis microclimáticas e no sequestro de carbono que ampliam as possibilidades de uso desses sistemas em cenários de mudanças climáticas.

No entanto, sistemas agroflorestais (SAF's), geralmente, são entendidos como sistemas multiespécies, mais complexos e diversificados do que sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), abordados neste trabalho, que integram pelo menos dois dos três componentes nos moldes de uma agricultura mecanizada (tratorizada ou animal), com rotação de lavouras e pastagens em associação ao sistema plantio direto (MACEDO 2010).

Sistemas pastoris com 250 a 350 árvores de eucalipto/ha, para corte aos oito a doze anos de idade, são capazes de produzir 25 m³/ha/ano de madeira (OFUGI et al., 2008), o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t/ha de C ou 18 t/ha de CO₂eq. Este valor equivaleria à neutralização da emissão de GEEs de cerca de 12 bovinos adultos/ha/ano. Considerando que a taxa de lotação média das pastagens brasileiras é de 1,2 animal/ha, fica evidente a relevância desses sistemas na remoção de GEEs da atmosfera e na melhoria das condições ambientais de sistemas pecuários.

► **TABELA 2.**

Valores de proteína bruta (g/kg de MS) obtidos em coleta total (corte rente ao solo) e por simulação de pastejo, e a diferença percentual entre elas, para *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia, em quatro meses do ano.

	JANEIRO	MARÇO	JULHO	OUTUBRO
<i>Brachiaria decumbens</i>				
Coleta total (g/kg)	90	70	50	60
Pastejo simulado (g/kg)	110	90	70	110
Diferença (%)	22	29	40	83
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu				
Coleta total (g/kg)	80	60	50	60
Pastejo simulado (g/kg)	110	90	70	120
Diferença (%)	38	50	40	100
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia				
Coleta total (g/kg)	100	80	60	80
Pastejo simulado (g/kg)	130	110	80	130
Diferença (%)	30	38	33	63

Fonte: Adaptado de Euclides e Medeiros (2005).

Pastagens em sistemas integrados apresentam, pelo menos, duas características mais favoráveis do que as pastagens convencionais para a nutrição animal: maior disponibilidade de matéria seca e maior valor nutricional da forragem consumida. A principal diferença é a maior disponibilidade de forragem, uma vez que há melhor fertilidade do solo por conta do residual de adubação das lavouras. A maior disponibilidade, por sua vez, permite uma maior seleção pelos animais das partes mais nutritivas das plantas, o que explica a melhora da qualidade do alimento ingerido.

Na Tabela 2, pode-se observar o efeito da seleção do animal sobre o aumento no teor de proteína. A diferença entre o valor da coleta total, feita próxima ao solo, e o que o animal consome após seleção, pode ser de até 100% maior para a amostra selecionada pelo animal, como no caso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em outubro. Mesmo a menor diferença, para *B. decumbens*, em janeiro, ainda é de 22%. O importante é notar como a seleção das partes mais nutritivas das forrageiras

melhora o aporte de nutrientes e, portanto, ajuda na obtenção de melhores desempenhos.

Outro aspecto, que certas vezes pode ser ainda mais determinante no consumo, é a arquitetura do dossel. Assim, um animal pode apresentar maior nível de consumo em uma pastagem cuja estrutura do dossel é mais densa do que teria em outra que tenha uma estrutura espacial menos densa, mesmo que está última tenha melhor valor nutritivo. Isso ocorre, pois, a primeira facilita a apreensão da forragem pelo animal e, portanto, favorece um maior tamanho do bocado. Tamanho do bocado pequeno tem forte correlação com baixo consumo, apesar de poder ser eventualmente compensado por maior tempo de pastejo (CARVALHO et al., 2001b).

Esse aspecto de densidade do dossel pode ser uma preocupação especialmente no caso das plantas forrageiras que crescem mais tempo sob a projeção da sombra nos sistemas silvipastoris, uma vez que a resposta de qualquer planta à menor disponibilidade de luz é o estiolamento, como identificado em sistemas silvipastoris com intenso sombreamento (SOUSA et al., 2007). O fato é que qualquer alongamento do colmo reduz a densidade do dossel que é negativamente correlacionada com ingestão da forragem. O mais importante nesta questão é identificar que a eficiência de colheita da forragem pelo animal pode influir na eficiência de ganho individual, fato chave para reduzir o índice de emissão de GEEs no sistema.

Por outro lado, não se deve considerar apenas o animal individualmente, pois maiores ganhos por área podem compensar o menor ganho individual. Assim, se a lotação for alterada, de forma que a pressão de pastejo entre os dois sistemas (pecuária em sistemas integrados × pecuária convencional) seja igual, seria de esperar que o desempenho dos animais nas duas pastagens fosse semelhante. Todavia, a produção de carne por área seria maior na pastagem do sistema integrado. Com relação à produção de metano por quilograma de carne produzida, na hipótese de se considerar um fator de emissão fixo, sempre o aumento de produção por área seria mais interessante. O fato é que, quando há maior a digestibilidade da dieta, há também menor produção de metano por quilograma de matéria seca ingerida (ABBERTON et al. 2007; BERNDT, 2010). Dessa forma pode haver, teoricamente, um ponto em que há o mesmo valor de metano por quilograma de carne produzida: para uma lotação menor com maior ganho (e menor emissão por quilograma de matéria seca ingerida), e para uma lotação maior e maior produção por área (mas com maior emissão por quilograma de matéria seca ingerida). Isto é, mesmo com uma maior produção de metano por quilograma de matéria seca ingerida na situação de maior lotação, como a produção por área é maior, a produção de metano por quilograma de carne produzida seria a mesma que a da situação de menor lotação, cuja menor produção de carne por área teria anulada a vantagem da menor produção individual de metano por quilograma de matéria seca ingerida. Na verdade,

com o conhecimento atual, ainda não é possível identificar o ponto ótimo variando lotação e desempenho individual, mas, seja qual for o caso, a busca é por maior eficiência e, imperativamente, não é possível dissociar esses índices técnicos das questões econômicas. Assim, mesmo que exista um modelo que permita identificar uma lotação hipotética de 6 cabeças/ha com ganho de 0,2 kg/cabeça/dia, isso seria inviável do ponto de vista econômico, pois os animais seriam abatidos com 4 ou 5 anos. Nesse sentido, a tendência é por uma composição entre lotação que permita um bom manejo visando a longevidade da pastagem e ganhos que permitam o abate do animal com, no máximo, três anos. Esse objetivo é plenamente possível com a lotação de 1 a 2 UA/ha e suplementação estratégica na seca.

No caso de sistemas integrados com a inclusão do componente florestal (ILPF), observa-se que há melhor valor nutritivo da forragem, mas associada a uma menor taxa de acúmulo.

No que diz respeito ao valor nutritivo das gramíneas em sombreamento, aquelas entre as fileiras de árvores apresentam teores de proteína bruta 15 a 40% maiores que em pastagens em sol pleno, além de maiores valores de digestibilidade (SOUSA et al., 2007; MOREIRA et al., 2009; BEHLING NETO et al., 2012). Apesar da hipótese de que as necessidades proteicas do animal neste tipo de sistema podem ser mais facilmente atendidas pela própria pastagem e, conseqüentemente, os níveis de suplementação proteica podem ser menores, deve-se considerar que esse aumento é apenas nas plantas sombreadas e que há os efeitos de menor disponibilidade e, eventualmente, menor densidade do dossel a contrabalancear esse aumento de valor nutritivo. Assim, fica evidente a necessidade de mais dados de desempenho animal e com comparações entre os sistemas integrados e os convencionais.

Paciullo et al. (2011), comparando locais de maior e menor sombreamento por fileiras de árvores compostas principalmente de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis* relataram diferenças no número de perfilhos e na massa de forragem verde de *Brachiaria decumbens* de aproximadamente 15%. Behling Neto et al. (2012) observaram diferenças de aproximadamente 50% na disponibilidade média anual de matéria seca verde de capim-piatã entre sistemas de ILP e ILPF. Estes resultados indicam que a capacidade de suporte para determinados sistemas integrados com árvores (ILPF) é menor do que para sistemas integrados em que não há sombreamento (ILP).

Do ponto de vista econômico, entretanto, Costa et al. (2012) avaliaram dois sistemas de ILPF com eucalipto, em comparação a um sistema de ILP, e chegaram às seguintes conclusões sobre os sistemas de ILPF: (1) exigem maior investimento para implantação, o que pode ser uma barreira à adoção desses sistemas; (2) apresentam, por vezes, fluxo de caixa líquido negativo, dada a esperada queda na produção de carne em virtude do componente florestal; (3) o perfil de longo prazo desses sistemas, que inclui significativas receitas geradas pelo componente florestal, resulta em alto retorno para o capital investido.

Por fim, os sistemas silvipastoris têm como um de seus maiores trunfos o aumento do bem-estar animal, pela provisão de sombra. Além do aspecto de possibilitar ao animal a opção de se proteger (de altas e baixas temperaturas, e do vento), por aumentar o conforto, ajuda na obtenção de uma melhor produção. Quando o animal fica sujeito a temperaturas superiores a sua tolerância, a primeira resposta é a redução da ingestão de matéria seca (VAN SOEST, 1994), com consequente diminuição da produção. Evidentemente, haverá tanto maior benefício na oferta de sombra quanto mais quente for o clima do local em questão.

A sugestão de Fox et al. (2000) é que em locais com temperaturas médias superiores à 35°C a redução de consumo de matéria seca esperada seria de 40%. No caso dos ruminantes, mesmo que sob temperaturas muito altas durante o dia, havendo temperaturas amenas durante a noite, ou seja, o resfriamento noturno, estes chegam a compensar até 90% do consumo de um animal semelhante em situação de conforto térmico.

Entretanto, para locais de clima mais frio, como o Estado do Paraná, Ribaski et al. (2012) comentam que, particularmente em propriedades com pecuária de corte, o principal fator de adoção de sistemas silvipastoris está ligado aos efeitos benéficos das árvores sobre as pastagens, notadamente no inverno.

De maneira geral, percebe-se a necessidade de mais estudos para avaliação técnica e econômica do efeito de diferentes arranjos do componente florestal em sistemas integrados sobre a produtividade animal e vegetal, e o potencial de geração de serviços ambientais, inclusive mitigação da emissão de GEEs, em diferentes sistemas de produção e nos diferentes biomas brasileiros.

OUTRAS OPORTUNIDADES DE MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE GEES EM SISTEMAS INTEGRADOS

Aproveitamento de palhada e de resíduos pós-colheita

O pastejo de restos culturais é uma alternativa que pode ajudar a reduzir a emissão de GEEs, uma vez que, além de ser um aproveitamento adicional, dispensa custos com estocagem e distribuição.

Os restos culturais mais comuns para pastejo em sistemas de integração são as palhadas de milho, sorgo e milheto.

Bons resultados têm sido obtidos com a colocação de animais em áreas de lavoura logo após a colheita. Segundo Gutierrez-Ornelas e Klopfenstein (1991), os grãos residuais nas espigas após a colheita são a maior fonte de nutrientes dos restos culturais do milho. Estima-se uma proporção de 2 a 8 g de grão de milho para cada 100 g de restos culturais. Em algumas situações eles chegam a ser 100% consumidos nos primeiros 21 dias de pastejo (RUSSEL et al., 1993), dispensando a suplementação neste período.

Apesar do valor nutritivo de restos culturais ser baixo, seu uso pode ser melhorado com suplementação estratégica, sendo particularmente importante a correção dos baixos valores de proteína bruta das palhadas. O pastejo de restos culturais demanda infraestrutura como cercas e fornecimento de água. Para reduzir esses custos, pode-se usar cerca elétrica e “centros de manejo” para o fornecimento de água e suplementos.

Sistemas integrados e confinamento

A produção de culturas agrícolas na ILP oferece a oportunidade de uso de resíduos de beneficiamento dos grãos, que têm valor nutricional menor do que os grãos, mas podem ser interessantes em função do custo por unidade de nutriente. Os desafios no uso de resíduos são: (1) a grande variação quanto ao seu valor nutritivo, sendo imprescindível fazer a análise bromatológica; (2) umidade acima de 15% que facilita o desenvolvimento de microrganismos e dificulta a conservação; e (3) em função da umidade, o possível desenvolvimento de fungos e consequente produção de micotoxinas que podem resultar em queda no desempenho até a morte do animal (MEDEIROS E GOMES, 2012).

Outra atividade que pode ser incorporada, de forma mais vantajosa, ainda em sistemas integrados, é o confinamento. Dados de trabalhos recentes têm mostrado que o confinamento é uma das mais eficientes ferramentas para reduzir a emissão de metano por quilograma de carne (BERNDT, 2010; CAPPER E BAUMAN, 2013). A disponibilidade desses resíduos, desde que bem manejados, pode facilitar a viabilidade da inclusão de confinamento em sistemas integrados.

O confinamento, ao tirar os animais mais pesados do pasto, permite que os animais que fiquem na pastagem selecionem uma dieta melhor e tenham também seus desempenhos aumentados, o que significa menor emissão de metano por quilograma de carne.

Por fim, outra boa oportunidade da associação de ILP e confinamento é a possibilidade do aproveitamento do milho úmido na engorda de bovinos. O milho úmido é colhido ainda com alta umidade (30-40%). Ele é ensilado e, no processamento, a matriz proteica, que reduz o acesso das enzimas digestivas ao amido do milho, se gelatiniza, permitindo um aumento de digestibilidade. Estima-se que o milho úmido tenha até 10% mais energia que o milho convencional e, portanto, seu uso faz com que o animal possa ser até 20% mais eficiente, o que reduz o índice de metano emitido. Entretanto, ainda são escassos os estudos sobre emissões de GEEs com o uso de silagem de milho úmido em confinamento.

CONCLUSÕES

No Brasil, ainda há carência de estudos envolvendo avaliações de sistemas pecuários convencionais e integrados quanto à questão de

emissões e remoções de GEEs. Entretanto, na última década, estudos pioneiros têm demonstrado que alguns valores de referência do IPCC não são adequados para as condições brasileiras, sendo necessários mais estudos multidisciplinares e de longo prazo, nos diversos biomas do país. O governo brasileiro tem incentivado o setor agropecuário com crédito rural para desenvolver sistemas de produção melhorados, contribuindo para mitigação da emissão de GEEs e para melhoria da competitividade dos produtos pecuários brasileiros no cenário internacional.

Referências bibliográficas

- ABBERTON, M. T.; MACDUFF, J. H.; MARSHALL, A. H. et al. **The genetic improvement of forage grasses and legumes to reduce greenhouse gas emissions**. [2007]. Disponível em: http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/climatechange/papers/abberton_%20geneticimprovement.pdf Acessado em: 12 abr. 2010.
- ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7, 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, R. G.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; REGAZZI, A. J.; BRÂNCIO, P. A.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação, no Cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.852-857, 2002 (suplemento).
- BARIONI, L. G.; LIMA, M. A.; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A. C. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007. **Proceedings...** Christchurch, New Zealand, 2007. p. xxxii-xxxiii.
- BEHLING NETO, A.; ALMEIDA, R. G.; ABREU, J. G.; MACEDO, M. C. M.; SANTOS, V. A. C.; OLIVEIRA, C. C. Disponibilidade e valor nutritivo de capim-piatã em sistemas integrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49, 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012. p. 1-3. 1 CD-ROM.
- BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.; FRIGUETO, R. Determinação da produção de metano e ph ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM; SBZ, 2003. p. 1-3. 1 CD-ROM.
- BERNDT, A.; ANDRADE, F. M. E.; SANTOS, P. M.; POSSENTI, R. A.; ALLEONI, G. F.; DEMARCHI, J. J. A. A. Avaliação de cápsulas com gás traçador SF₆ utilizadas na determinação de emissão de metano entérico em bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM; SBZ, 2009. p. 1-3. 1 CD-ROM.
- BERNDT, A. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 121-148.
- BODAS, R.; PRIETO, N.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ANDRÉS, S.; GIRÁLDEZ, F.J.; LÓPEZ, S. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, p. 78-93, 2012.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares (30 de novembro de 2009). [2009]. Disponível em: http://ecen.com/eee75/eee75p/inventario_emissoes_brasil.pdf Acessado em: 12 abr. 2010.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto Nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010**. [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7390.htm Acessado em: 12 abr. 2013.
- BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.787-794, 2003.

- CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R.A.; MESSANA, J. D.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S. Efeito da frequência da suplementação na produção de metano entérico de bovinos mantidos em pastagens tropicais. In: REUNIÓN DA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 21, 2009, San Juan. **Memorias...** Porto Rico: ALPA, 2009. v. 17, p. 257-261, 2009.
- CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; REIS, R. A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 411-420, 2007.
- CAPPER, J. L.; BAUMAN, D. E. The Role of productivity in improving the environmental sustainability of ruminant production systems. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 1, n. 1 p. 469-489, 2013.
- CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001a. 414 p.
- CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001b. p. 853-871.
- CEDERBERG, C.; MEYER, D.; FLYSJÖ, A. **Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production**. Göteborg: The Swedish Institute for Food and Biotechnology, 2009. 77 p. (SIK. Report, 792).
- CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JÚNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, v.67, n.1, p.102-116, 2010.
- CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Seqüestro de carbono em áreas de pastagens. In: PEREIRA, O. G. et al. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p.73-80.
- COSTA, F. P.; ALMEIDA, R. G.; PEREIRA, M. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M. Avaliação econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta voltados para a recuperação de áreas degradadas em Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, 2012, Belém. **Anais...** Belém: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5. 1 CD-ROM.
- COSTA, F. S.; GOMES, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.693-700, 2006.
- DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa/Unicamp, 2008. 84 p.
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. **Comparative life cycle assessment of food commodities procured for UK consumption through a diversity of supply chains: FO0103**. [2008]. Disponível em: <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=15001> Acessado em: 20 mar. 2010.
- DEMARCHI, J. J. A. A.; LOURENÇO, A. J.; MANELLA, M. Q.; ALLEONI, G. F.; FRIGUETTO, R. S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A. Daily methane emission at different seasons of the year by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu: preliminary results. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9, 2003, Porto Alegre. **Contributed papers-abstracts...** Porto Alegre: WAAP; ALPA; SBZ; UFRS, 2003a. p. 19.
- DEMARCHI, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J.; ALLEONI, G. F.; FRIGHETTO, R. T. S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A. Preliminary results on methane emission by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: INTERNATIONAL METHANE & NITROUS OXIDE MITIGATION CONFERENCE, 3, 2003, Beijing, China. **Proceedings II...** Beijing: China Coal Information Institute, 2003b. p.80-82. 1 CD-ROM.
- EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F. P.; FIGUEIREDO, G. R. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.470-481, 2001.
- EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. Suplementação alimentar de bovinos em pastagens. In: CARVALHO, L. A. et al. (Org.). **Tecnologia e gestão na atividade leiteira**. 1. ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 203-240.

- FERRAZ, J. V. Uma visão do futuro: a pecuária brasileira daqui a 10 anos. In: **ANUALPEC 2008**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 22-32.
- FERREIRA, E. **A excreção de bovinos e as perdas de nitrogênio nas pastagens**. Seropédica: UFRRJ, 1995. 124 f (Dissertação de Mestrado, Agronomia).
- FERREIRA, E.; ROCHA, G. C.; BRAZ, S. P.; SOARES, J. C.; ANDRADE, F. A. A. Modelos estatísticos para o estudo da distribuição de excretas de bovinos em pastagens tropicais e sua importância na sustentabilidade desses sistemas. **Livestock Research for Rural Development**, v.16, n.9, 2004. Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd16/9/ferr16066.htm> Acessado em: 20 abr. 2010.
- FISHER, M. J.; BRAZ, S. P.; SANTOS, R. S. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Another dimension to grazing systems: soil carbon. **Tropical Grasslands**, v.41, p.65-83, 2007.
- FONTES, C. A. A.; COSTA, V. A. C.; BERNDT, A.; FRIGHETTO, R.T.S.; VALENTE, T. N. P.; PROCESSI, E. F. Emissão de metano por bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). II Emissão por Mcal de energia líquida ingerida e por kg de ganho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBZ, 2011. p.1-3. 1 CD-ROM.
- FOX, D. G.; TYLUTKI, M. E.; TEDESCHI, L. O.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E.; PELL, A. N.; OVERTON, T. R.; RUSSELL, J. B. **The net carbohydrate an protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**: CNCPS version 5.0. Cornell University, Ithaca, NY. 2000, 292 p. (Animal Science Mimeo, 213).
- FRANCO, G. L.; RIBEIRO, S. S. Redução da emissão dos gases de efeito estufa pelos ruminantes. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 6, 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2009. p.1-20. 1 CD-ROM.
- GUTIERREZ-ORNELA, E.; KLOPFENSTEIN, T. J. Changes in availability and nutritive value of different corn residues part as affected by early and late grazing seasons. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 1741-1750, 1991.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissions from livestock and manure management. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: reference manual. Paris: IPCC, v. 4, 2006. p. 10.1-10.89.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Paris: IPCC, 1996. 140 p.
- JANTALIA, C. P.; TERRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de *Brachiaria*. In: ALVES, B. J. R. et al. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas**: impactos no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.
- LESSA, A. C. R.; PAREDES, D. S.; MADARI, B. E.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R. Bovine urine and faeces deposited on pastures contribute differently to soil nitrous oxide emissions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 2, 2012, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: INRA; UFPR; UFRGS; USDA, 2012. p. 1-3.
- LIMA, M. A. Emissão de metano e óxido nitroso na produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 249-269.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009 (suplemento especial).
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa de agricultura conservacionista para os diferentes biomas brasileiros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. **Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte; UFPI, 2010. p. 1-34. 1 CD-ROM.
- MACEDO, M. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; ZATORRE, N. P.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Impact of pastures, cropping and ICL systems on soil carbon stocks in the Brazilian Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 2, 2012, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: INRA; UFPR; UFRGS; USDA, 2012. p. 1-3.
- MARCHESIN, W. A. **Dinâmica de deposição de fezes em pastagens de *Brachiaria brizantha* submetida a intensidades de pastejo**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP, 2005. 65 f. (Dissertação de Mestrado, Zootecnia).

- MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. G. Suplementação de bovinos de corte na integração lavoura-pecuária-floresta. In: Bungenstab, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 155-176.
- MOREIRA, G. R.; SALIBA, E. O. S.; MAURÍCIO, R. M.; SOUSA, L. F.; FIGUEIREDO, M. P.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 3, p.706-713, 2009.
- NASCIMENTO, C. F. M. **Emissão de metano por bovinos Nelore ingerindo *Brachiaria brizantha* em diferentes estádios de maturação**. Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/USP, 2007. 65 f. (Dissertação de Mestrado, Nutrição e Produção Animal).
- OFUGI, C.; MAGALHÃES, L. L.; MELIDO, R. C. N.; SILVEIRA, V. P. Integração lavoura-pecuária (ILPF), sistemas agroflorestais (SAFs). In: TRECENTI, R. et al. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-silvicultura: boletim técnico**. Brasília: MAPA/SDC, 2008. p.20-25.
- OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M. A. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, n.3, p. 236-248, 2007.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p.1176-1183, 2011.
- PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. Produção de metano e concentração de ácidos graxos voláteis ruminal em bovinos alimentados com diferentes relações de volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa; SBZ, 2004. p. 1-3. 1 CD-ROM.
- PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R.; OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Ruminal methane emission by dairy cattle in Southeast Brazil. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.742-750, 2009.
- POSSENTI, R. A.; FRANZOLIN, R.; SCHAMMAS, E. A.; DEMARCHI, J. J. A. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; LIMA, M. A. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1509-1516, 2008.
- 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**, v.39, n.3, p.277-283, 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. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004b. 76 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 39).
- RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, S. A. G. Potencialidade dos sistemas silvipastoris para a produção animal sustentável no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SILVOPASTOREO, 1, 2012, Medellín, Colombia. **Memórias...** Medellín: UNC, 2012. p. 1-31.
- RUSSEL, J. R.; BRASCHE, M. R.; COWEN, A. M. Effects of grazing allowance and system on the use of corn-crop residues by gestating beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 1256-1265, 1993.
- SCHIMIDINGER, K.; STHEFEST, E. Including CO₂ implications of land occupation in LCAs-method and example for livestock products. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, n. 8, p. 962-972, 2012.
- SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C.; SALIBA, E. O. S.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.1029-1037, 2007.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Rome: FAO, 2006. 375 p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of the ruminant**. 2nd.ed. Cornell University Press: Ithaca, NY, 1994. 476 p.
- VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L.; BUENO, I. C. S. et al. Do all tannins have similar nutritional effects? A comparison of three Brazilian fodder legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.345-361, 2005.