

Emissão de Gases de Efeito Estufa

Magda Aparecida de Lima
Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
magda@cpmpa.embrapa.br

Emissão de gases de efeito estufa provenientes de sistemas agrícolas no Brasil

Fotos cedidas pela autora

Aumentos recentes na concentração de gases traço na atmosfera, devido à atividade antrópica, têm levado a um impacto no balanço de entrada e saída de radiação solar do planeta, tendendo ao aquecimento da superfície da terra. A mudança na radiação líquida média no topo da troposfera, decorrente de uma alteração na radiação solar ou infravermelha, é designada *forçante radiativa*. Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa adicional são: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonos (CFCs) e ozônio (O_3). Estima-se que, se a taxa atual de aumento desses gases no planeta continuar pelo próximo século, as temperaturas médias globais subirão $0,3^\circ\text{C}$ por década, com uma incerteza de $0,2^\circ\text{C}$ a $0,5^\circ\text{C}$ por década (Cotton & Pielke, 1995), de modo que, no ano 2100, o aquecimento global estaria compreendido na faixa de $1,0$ a $3,5^\circ\text{C}$ (European Commission, 1997). A **Figura 1** mostra a contribuição relativa de gases para o aumento da forçante radiativa global, e a **Tabela 1** mostra as atividades principais responsáveis pelas emissões, tempo de permanência e taxa atual de acréscimo desses gases na atmosfera.

A agricultura é uma atividade altamente dependente de fatores climáticos, como temperatura, pluviosidade, umidade do solo e radiação solar. Os principais efeitos das alterações desses fatores na agricultura certamente incidiriam na produtividade e no ma-

nejo das culturas, assim como nos sistemas sociais, econômicos e de políticas públicas. A mudança climática pode afetar a produção agrícola de várias formas: pela mudança nos fatores climáticos, incluídos a frequência e a severidade de eventos extremos;

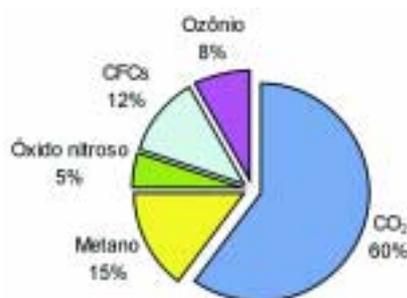


Figura 1: Contribuição relativa de gases provenientes de atividades antrópicas ao efeito estufa (baseado em Krupa, 1997)

pelo aumento da produção, devido ao efeito fertilizador do carbono por causa da maior concentração de CO_2 atmosférico; pela alteração da intensidade da colheita, devido a uma mudança no número de graus-dia de crescimento, ou devido a modificação da ocorrência e a severidade de pragas e doenças (Shaw, 1997), entre outros efeitos. Estudos baseados em modelos de circulação geral (GCM) têm mostrado que a produtividade de várias culturas tende a diminuir em algumas regiões do globo e a aumentar em outras, de tal modo que a

produção em áreas tropicais e subtropicais, principalmente na África sub-Saara, devido às grandes áreas de clima árido e semi-árido e sua dependência de agricultura, tende a ser mais afetada em relação às regiões temperadas (Jones *et al.*, 1997, CGIAR, 1998).

Ao mesmo tempo em que constitui uma atividade potencialmente influenciável pela mudança do clima, a agricultura também contribui para o efeito estufa, com emissões de gases como o metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N_2O) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Estimam-se que 20% do incremento anual da forçante radiativa global são devidos ao setor agrícola considerando-se o efeito dos gases metano, óxido nitroso e gás carbônico (baseado em IPCC, 1996a), excluía a fração correspondente às mudanças do uso da terra relacionadas com as atividades agrícolas (15%). O metano e o óxido nitroso são os principais gases emitidos pelo setor agropecuário, e contribuem com 15% e 6%, respectivamente, para a forçante radiativa global (Cotton & Pielke, 1995). As fontes agrícolas de gases de efeito estufa são o cultivo de arroz irrigado por inundação, a pecuária, dejetos animais, o uso agr rico dos solos e a queima de resíduos agrícolas. O cultivo de arroz irrigado por inundação, a pecuária doméstica e seus dejetos, assim como a queima de resíduos agrícolas promovem a liberação de metano (CH_4) na atmosfera. Estima-se que cerca de 55% das emissões antrópicas de metano prov m da agricultura

Tabela 1- Gases traço atmosféricos significantes para o aumento do efeito estufa (krupa, 1997)

	Gás Carbônico (CO ₂)	Metano (CH ₄)	Óxido Nitroso (N ₂ O)	Clorofluor-carbonetos (CFCs)	Ozônio (O ₃)	Monóxido de Carbono (CO)	Vapor d'água (H ₂ O)
Principal fonte antrópica	Combustíveis fósseis, desflorestamento	Cultivo de arroz inundado, pecuária, combustíveis fósseis, queima de biomassa	Fertilizantes, conversão do uso da terra	Refrigeradores, aerossóis, processos industriais	Hidrocarbonetos (com NO _x), queima de biomassa	Combustíveis fósseis, queima de biomassa	Conversão de uso da terra, irrigação
Tempo de vida na atmosfera	50-200 anos	10 anos	150 anos	60-100 anos	Semanas a meses	meses	dias
Taxa anual atual de aumento	0,5%	0,9%	0,3%	4%	0,5-2,0%	0,7-1,05	desconhecido
Contribuição relativa ao efeito estufa antrópico	60%	15%	5%	12%	8%	-	desconhecido

ra e da pecuária juntas (IPCC,1995). Os solos agrícolas, pelo uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio, adição de dejetos animais, incorporação de resíduos culturais, entre outros fatores, são responsáveis por significantes emissões de óxido nitroso (N₂O). A queima de resíduos agrícolas nos campos liberam, além do metano (CH₄), também óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO).

Criada em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, com a finalidade de proteger o sistema climático global para as presentes e futuras gerações, a Convenção Quadro de Mudança do Clima estabeleceu compromissos para os países signatários, a fim de que estes se responsabilizassem pela elaboração de inventários periódicos das emissões antrópicas de gases e pela formulação e implementação de programas nacionais voltados para a mitigação da mudança do clima, bem como pela promoção e cooperação para o desenvolvimento, aplicação e difusão de tecnologias, práticas e processos de redução ou prevenção das emissões de gases de efeito estufa. A seguir, são identificadas algumas opções de redução de

gases traço potencialmente aplicáveis ao setor agropecuário brasileiro. Dado que o metano constitui o principal gás produzido por atividades agrícolas no país, uma atenção especial é dada neste artigo às opções para a sua redução.

Opções e medidas para a redução das emissões de gases de efeito estufa

Campos inundados de arroz

O cultivo de arroz irrigado por inundação (**Foto 1**)   uma importante fonte de emissão de metano (CH₄), contribuindo com 16% das emissões antrópicas de metano (**Figura 2**). Estima-se em 20 a 100 teragramas¹ (média de 60 Tg) por ano a taxa de emissão desse gás nos campos de arroz irrigado (IPCC, 1995). O metano   produzido nos solos inundados, durante a decomposi o anaeróbia de substâncias orgânicas, mediante a a o de bactérias (metanog nicas). A condi o mais importante para a sua forma o   de anaerobiose (ausência de oxig nio), que ocorre no solos sob inunda o. A m teria orgânica rica em carbono presente nesses solos constitui o fator mais importante para a

produ o de metano, tendo como origem as raízes mortas de plantas de arroz, as algas e plantas aquáticas na água de inunda o, exudatos de raízes (secre es) de plantas de arroz, fertilizantes orgânicos adicionados e a m teria orgânica existente no solo. Os materiais mais facilmente degradáveis (como exudatos de raízes de plantas de arroz, adubo verde) contribuem para taxas mais elevadas de produ o de metano. Além do tipo de substrato orgânico, a composi o, a textura e, principalmente, a temperatura dos solos são fatores que influenciam a produ o de metano nos campos de arroz inundado. O metano produzido nos campos de arroz   liberado para a atmosfera por várias rotas, sendo a principal delas por transporte difusivo pelo aerênquima (tecido vascular de aera o). Segundo demonstrado por Bont et al. (1978), a presença de plantas de arroz facilita o escape de metano para a atmosfera na ordem de 7 a 10 vezes mais que solos inundados sem cultivo de arroz. A forma o de bolhas de gás na superfície da água e sua difusão na água do solo constituem outras vias de escape de metano a partir desses sistemas agrícolas.

Do total de metano gerado por essa fonte, cerca de 90% são atribuídos ao continente asiático. No Brasil,

estima-se uma contribuição de 0,3 Tg (Tg = 10¹² gramas) de metano proveniente do cultivo de arroz irrigado (Embrapa, 1998). Essa cultura representa cerca de 55% do total de arroz produzido no país, embora este seja ainda um grande importador de arroz (mais de 1/4 da produção nacional).

Desde que a produção de metano ocorre em solos sob condições de anaerobiose, regimes de inundação intermitentes, condicionados às precipitações pluviométricas, ou de múltipla aeração devem promover redução das emissões de metano. Outras opções de redução incluem:

a) melhoramento vegetal – desenvolvimento de novas cultivares, seleção e geração de plantas de arroz com baixas taxas de emissões de metano. De acordo com estudos de Minami & Neue (1994), as variações no coeficiente de difusão na transição da raiz para o aerênquima parecem desempenhar um importante papel na emissão de metano entre as variedades de arroz.

b) aceleração da decomposição de metano através da oxidação por breves interrupções da inundação. O aumento da drenagem de água (troca da lâmina d'água) e a secagem intermitente do solo ou no fim da estação de crescimento resulta na oxidação do metano retido no solo. Sabe-se, contudo, que ciclos alternativos de anaerobiose e aerobiose, que favorecem a redução das emissões de metano, aumentam a emissão de N₂O, quando comparado às condições de anaerobiose ou aerobiose permanentes.

c) modificação do manejo de fertilização, de forma que se opte pela adição de material orgânico compostado, onde a matéria orgânica facilmente mineralizável encontra-se já de-

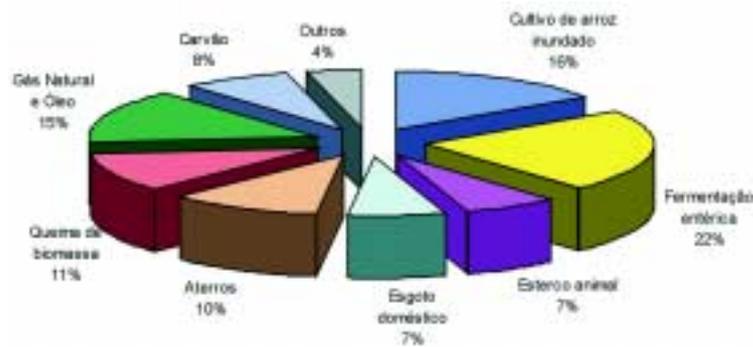


Figura 2: Fontes globais de emissão de metano proveniente de atividades antrópicas (baseado em IPCC, 1995)

composta e humificada, fornecendo menos substrato para as bactérias metanogênicas.

Queima de biomassa na agricultura

A combustão da biomassa de resíduos de colheita e de culturas agrícolas na pré-colheita (**Foto 2**), como prática agrícola, leva à produção de metano, óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO), além do dióxido de carbono (CO₂). O fogo libera carbono da biomassa durante a combustão e acentua diretamente a liberação de carbono do solo do qual a vegetação foi queimada. No Brasil é freqüente a queima de cana-de-açúcar na pré-colheita (para auxiliar a colheita manual), e, em menor escala, a queima

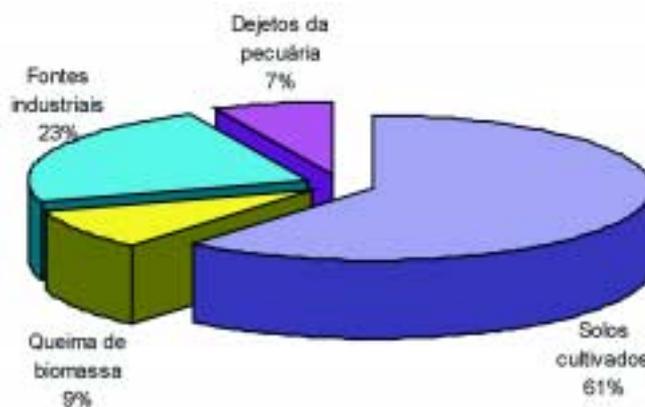


Figura 3: Principais fontes antrópicas de emissões de óxido nitroso (N₂O) para a atmosfera (baseado em IPCC, 1995)

dos resíduos da cultura do algodão, para controle fitossanitário. Embora ocorra liberação de CO₂ durante a queima da cana-de-açúcar, as emissões desse gás não são consideradas como uma emissão líquida ao longo do tempo por esses sistemas, pois, no ciclo seguinte da cultura, o CO₂ emitido é reabsorvido (IPCC, 1996b).

No Brasil estima-se que a queima de cana-de-açúcar e de resíduos de algodão herbáceo, juntos, gerem emissões de 2,8 Tg de CO, 0,1 Tg de CH₄, 0,006 Tg de N₂O e 0,2 Tg de NO_x (Embrapa, 1999a). As emissões de gases provenientes da queima de cana-de-açúcar correspondem a 97% desses totais. A cultura do algodão herbáceo, além de apresentar produções bem menores (cerca de 1,3 milhões de toneladas, em 1994, segundo IBGE (1997)), proporcionalmente à cana-de-açúcar (292 milhões de toneladas), tem empregado cada vez menos a prática de queima dos resíduos após a colheita. Entre as medidas possíveis para reduzir as emissões de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil destacam-se: a) corte mecânico da cana-de-açúcar e aproveitamento energético da biomassa, com conseqüente diminuição de desperdícios de matéria vegetal e energia; b) a redução de queimadas de culturas e de seus resíduos; c) uso de práticas agrícolas de conservação dos solos; d) aplicação e implantação de legislação relacionada com o controle de queimadas nas unidades de federação.

Pecuária

Herbívoros ruminantes, como bovinos, ovinos, bubalinos e caprinos produzem metano através da fermentação entérica, um processo digestivo que ocorre no rúmen. As emissões globais desse gás geradas a partir dos processos entéricos são estimadas em 80 milhões de toneladas anuais, correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas

(U.S.EPA, 2000) (**Figura 2**).

A produção de metano dá-se também a partir dos dejetos animais, principalmente quando manipulados na forma líquida, em condições de anaerobiose. As emissões globais de metano provenientes dessa fonte são estimadas em cerca de 25 milhões de toneladas por ano (IPCC, 1995), correspondendo a 7% das emissões totais de metano.

No Brasil, 68% da pecuária é representada por bovinos (87% de corte e 13% de leite, aproximadamente), com pouco mais de 163 milhões de animais em 1998 (IBGE, 2000), sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais. Grande parte desses animais é do tipo zebuino, criados em sistemas predominantemente extensivos, de baixo investimento de capital (**Foto 3**). O aumento da produção animal tem sido devido, em grande parte, ao elevado número de animais e não tanto da produtividade. A produtividade média anual de leite no país, como exemplo, é de pouco mais de 1.000 kg/vaca/ano, para um total de 17 milhões de vacas ordenhadas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, e, mesmo assim, a produção nacional, em 1998, totalizou cerca de 20 bilhões de litros.

Do total das emissões de metano no Brasil, a pecuária, através da fermentação entérica e dos dejetos, contribui com cerca de 96% do total, com emissões estimadas em 9,7 Tg de CH_4 , em 1994 (Embrapa, 1999b). Desse total, a pecuária bovina contribui com 96% das emissões, sendo que as outras categorias de animais (bubalinos, muares, caprinos, asininos, eqüinos, suínos), juntas, são responsáveis pelos 4% restantes das emissões de metano. As emissões provenientes de suínos são consideradas negligenciáveis (1kg CH_4 /animal/ano).

Os fatores de emissão de metano, que são obtidos a partir do consumo de alimento e da taxa de sua conversão em metano, variam em função do sistema de produção e das características dos animais. Para bovinos de leite, por exemplo, os valores médios de fatores de emissão podem variar de 81 a 118 kg de metano/animal/ano na América do Norte e em países do leste europeu, respectivamente, enquanto,

em países africanos e asiáticos, estimam-se emissões entre 36 a 56 kg de metano/animal/ano (IPCC, 1995).

A intensidade da emissão de metano depende do tipo de animal, da quantidade e grau de digestibilidade da massa digerida e do esforço ao qual o animal é submetido. Em bovinos, a taxa de conversão em metano é estimada, em média, em 6% da energia bruta do alimento ingerido. Desde que a produção de metano varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento digerido (U.S.EPA, 1990a,b), as várias modalidades e condições de sistemas de criação de animais domésticos implicam fatores di-



Foto 1: Cultivo de arroz irrigado por inundação – fonte antrópica de emissão de metano para a atmosfera

ferentes de emissão de metano.

As opções de redução das emissões de metano na atividade pecuária estão associadas ao aumento da produtividade animal, com o objetivo de se obterem maiores valores de produção animal por quantidade de metano emitido.

Ruminantes manejados extensivamente podem ter suas emissões reduzidas por meio da melhoria da digestão fermentativa no rúmen, administrando-se dietas a base de uréia e de proteínas e fornecendo nutrientes vitais. No Brasil, onde a maior parte das emissões de metano provêm de áreas extensivas de pastagem, a suplementação alimentar de gado em pasto com proteínas constitui um fator limitante para significativa parte das propriedades rurais. Devem ser, pois, investigadas alternativas alimentares, em função dos recursos naturais, condições climáticas e estrutura sócio-econômica específicas de cada região. O aumento da produtividade animal por

meio de suplementação alimentar, controle de zoonoses, melhoramento genético e de taxas de reprodução, e outras melhorias, pode contribuir para a estratégia de redução das emissões de metano por unidade de produto (Embrapa, 1999d). Com esse intuito, programas governamentais de apoio à produção animal, muitos deles atualmente em fase de implementação, são fundamentais para o alcance deste objetivo. A bioengenharia de alimentos é uma oportunidade a ser explorada no melhoramento da eficiência dos processos microbianos com vistas à otimização da digestão de fibras no rúmen e síntese microbiana. Outras possibilidades incluem o desenvolvimento de organismos que oxidam metano ou outros sumidouros de hidrogênio no rúmen, usando engenharia genética (Embrapa, 1999b).

O desenvolvimento de modernas técnicas de medição e de monitoramento das emissões de gases traço têm propiciado a avaliação das emissões de metano em pequenos e grandes ruminantes, sob diferentes sistemas de produção. Para animais mantidos em regime de pastagens, destaca-se a *técnica do traçador (interno) hexafluoreto de enxofre (SF_6)* (Johnson & Johnson (1995)). Nessa técnica, um dispositivo de permeação, que libera o SF_6 a uma taxa conhecida, é colocado no rúmen do animal, de modo que amostras de metano são coletadas nas proximidades da boca e do nariz do animal (**Foto 4- Foto do Tom Wirth, USEPA**). Assume-se nesse método que o padrão de emissão de SF_6 simule o padrão de emissão de CH_4 . As concentrações do metano e do traçador são então determinadas pela cromatografia gasosa ou outro método de quantificação. A partir da taxa conhecida de liberação do traçador no rúmen e das concentrações de metano e do traçador nas amostras de gás, calcula-se o metano produzido pelo animal (U.S.EPA, 2000). Outros métodos de medição empregados são: método de câmara fechada, (para animais confinados), método de traçador externo e método micrometeorológico.

Por meio de estimativas acuradas das taxas de emissão de metano derivada de ruminantes, bem como do seu monitoramento, com base no uso

de técnicas como as acima descritas, é possível se estabelecerem diferentes estratégias de manejo animal voltadas para a redução das emissões de meta-no por unidade de produto (leite, carne, etc.).

Solos Agrícolas

Os solos são um importante reservatório de carbono ativo, orgânico e inorgânico, e desempenham um importante papel no ciclo do carbono global. A agricultura tem sido responsável por significativas perdas de carbono pelo solo, através de práticas agrícolas de baixa sustentabilidade ambiental. Entre essas práticas, citam-se a aração excessiva, gradeação e desmatamentos, que expõem os solos a processos de erosão e compactação e, por conseguinte, à redução dos níveis de matéria orgânica no solo. Além disso, fatores como a fertilização inadequada, a queima de restos culturais e o cultivo intensivo das terras, contribuem para o aumento dessas perdas. Em contraste, práticas agrícolas que restauram a capacidade dos solos como reservatório de carbono incluem: reflorestamento, cultivo de culturas perenes (culturas extrativistas, como seringueira, cacau, castanhas, fruticultura, etc.), uso adequado de fertilizantes químicos e adubos orgânicos, pastagens bem manejadas, agrofloresta e práticas de conservação do solo (Embrapa, 1999d).

Os reflorestamentos estocam carbono e, se mantidos intactos ou se seus produtos florestais forem usados em aplicações duráveis, essa estocagem adicional pode ser significativa. A produtividade de florestas de folhosas, como o eucalipto, no Brasil, é uma das mais elevadas do mundo ($30\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$), contribuindo para a fixação de carbono em cerca de $9\text{ ton C}/\text{ha}/\text{ano}$ (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1999), o que evidencia o potencial do setor para fixar carbono atmosférico. Sistemas agroflorestais, mediante a utilização de práticas sustentáveis de manejo de florestas, podem também ser uma importante contribuição à mitigação do efeito estufa, à medida que são evitadas emissões por atividades mais predatórias (desmatamento e queima de florestas), ficando grande parte do carbono esto-

cado no sistema solo-vegetação.

A implantação de florestas (reflorestamentos) ou culturas permanentes em áreas degradadas por atividades agrícolas, além da recomposição vegetal de áreas ribeirinhas e de proteção ambiental (como as de risco de erosão, montantes de bacias de abastecimento, etc.), são oportunidades para capturar (ou *sequestrar*) carbono atmosférico, ao mesmo tempo que restauram outras propriedades ambientais e influem em indicadores econômicos. Programas de reflorestamento e recuperação de áreas de proteção ambiental vêm sendo implementadas



Foto 2: Queima de cana-de-açúcar – prática geradora de gases de efeito estufa, como monóxido de carbono (CO), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e óxidos de nitrogênio (NO_x).

Foto: Humberto Rocha

mais recentemente, em decorrência do estabelecimento de consórcios de bacias hidrográficas e de outras iniciativas governamentais e não governamentais para a restauração de áreas florestais, em diversos estados brasileiros.

Os solos agrícolas constituem também uma das mais importantes fontes de óxido nitroso (N_2O) para a atmosfera, o que se dá por meio de adições de fertilizantes nitrogenados sintéticos, da deposição de dejetos animais ricos em nitrogênio, da fixação biológica de nitrogênio aumentada, e do cultivo de solos orgânicos e minerais

através da mineralização da matéria orgânica. As emissões de N_2O dos solos ocorrem como consequência dos processos microbiológicos de desnitrificação e nitrificação, a partir de nitrogênio mineral. A desnitrificação², que é o processo mais importante nesse caso, consiste na redução microbiana do nitrato (NO_3^-) a formas intermediárias de N, e então a formas gasosas (NO , N_2O e N_2) liberadas na atmosfera (Embrapa, 1999c). As estimativas globais de emissão de N_2O indicam uma média de $5,7\text{ Tg N}/\text{ano}$ (IPCC, 1995), sendo que os solos cultivados e os dejetos da pecuária contribuem com quase 70% do total das fontes (Figura 3). No Brasil, os dejetos animais depositados nos solos constituem uma das principais fontes de emissão de óxido nitroso ($0,1\text{ Tg N}/\text{ano}$). Algumas das medidas de redução das emissões de óxido nitroso são: o uso eficiente de fertilizantes sintéticos, o tratamento de dejetos animais, manejo de nutrientes do solo, uso de inibidores de nitrificação, integração da agricultura e pecuária.

O setor agropecuário pode contribuir para a mitigação da mudança do clima pela aplicação de diferentes práticas de redução das emissões de gases de efeito e pela proteção e expansão de sumidouros e reservatórios de carbono. Os principais desafios para o alcance desse objetivo residem: a) na identificação de sinergias entre os objetivos de aumento de produtividade e o equilíbrio climático global; b) na produção de alimentos limpos e seguros para o consumo humano, com menor impacto ambiental; c) na adoção de “boas práticas” em sistemas agrícolas; d) no fomento ao desenvolvimento de pesquisa básica para compreender os processos, práticas e técnicas que influenciam as emissões de gases nos diferentes agrossistemas, desde que uma produtividade agrícola maior possa ser obtida com o conhecimento e uso de melhores técnicas.

Entre as ações e estratégias possíveis de ser empregadas como contribuição à redução de gases de efeito estufa, destacam-se: a) recuperar áreas degradadas, com o objetivo adicional de fixar carbono atmosférico; b) adotar política agrícola orientada para a conversão de terras degradadas ou

² Desnitrificação : $\text{NO}_3^- \Rightarrow \text{NO}_2 \Rightarrow 2\text{NO} \Rightarrow \text{N}_2\text{O} \Rightarrow \text{N}_2$

abandonadas para uso florestal e regeneração de florestas, assim como para propiciar meios e recursos para a adoção de boas práticas agropecuárias e tecnologias; c) incentivar atividades agroflorestais sustentáveis, como alternativa de exploração de floresta de forma não predatória e que, ao mesmo tempo, favoreçam o estoque de carbono nos solos e na vegetação; d) desenvolver tecnologias que integrem objetivos de produtividade e redução das emissões de gases; e) fomentar o desenvolvimento de pesquisa para a compreensão dos processos que influenciam o fluxo de gases entre sistemas agropecuários e a atmosfera; f) promover a melhoria de informação técnica, social e econômica, que subsidiem o delineamento das características dos sistemas de produção agrícola e animal geradores de gases traço, permitindo ações de monitoramento.

Referências bibliográficas

Bont, J.A.M. de, Lee, K.K., Bouldin, D.F. Bacterial oxidation of methane in a rice paddy. *Ecol. Bull.* Stockolm, v. 26, p. 91-96, 1978.

CGIAR. 1998. CGIAR Mid-Term Meeting 1998: preliminar end-of-meeting report.

Cotton, W.R., Pielke, R.A. Human impacts on weather and climate. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288p.

European Comission. *Climate change and agriculture in Europe - assessment of impacts and adaptations*: Summary report. Luxembourg, 1997. 37p. (EUR 17470)

Jones, J.W.; Pickering, N.B; Rosenzweig, C; Boote, K.J. 1997. *Simulated impacts of global change on crops*. Gainesville: University of Florida. p.411-434 (Technical Bulletin, n.100).

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

Bortoleto, E.E., Chabaribery, D. 1998. Leite e derivados: entraves e potencialidades na virada do século. *Infomações Econômicas*, v. 28, n. 9.

Embrapa. 1998. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil*: emissões de metano provenientes

de arroz irrigado por inundação (relatório revisado). Relatório técnico apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

Embrapa. 1999a. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil*: emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas. Relatório técnico apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

Embrapa. 1999b. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa*



Foto 3: Gado de corte em sistema de produção extensivo

provenientes de atividades agrícolas no Brasil: emissões de metano provenientes da pecuária. Relatório técnico apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

Embrapa. 1999c. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil*: emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas. Relatório técnico apresentado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

Embrapa. 1999d. *Vulnerabilidade da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas*. Relatório técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 35p.

IBGE. 1997. *Anuário estatístico do Brasil: 1997*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE. 1998. *Censo agropecuário: Brasil 1995/1996*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE. <http://www.ibge.gov.br/es->

tatística. Consulta em 2000.

IPCC. 1995. *Climate Change 1994. Radiative Forcing of Climate Change and an evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*. Cambridge: Cambridge University Press. 339p.

IPCC. 1996a. *Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change*: Scientific-Technical Analysis. Cambridge: University Press. 878p.

IPCC. 1996b. Revised 1996 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*: Reference Manual.

Krupa, 1997.S.V. Global Climate Change: processes and products – an overview. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 46, p. 73-88, 1997.

Minami, K., Neue, H.U. 1994. Rice paddies as a methane source. In: *Climate Change: significance for agriculture and forestry*. Edited by David H. White and S. Mark Howden. Reprinted from *Climate Change*. v. 27, n. 1, p. 13-26.

Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. 1999. *Indicadores da Agropecuária*, ano VIII, n.10.

Shaw, R. Linking various aspects of atmospheric change through a systems analysis of food. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 46, p. 113-133, 1997.

Leite, N.B., Garlipp, R.C.D., Fujihara, M.A. 1999. Florestas plantadas e mecanismo de desenvolvimento limpo. Oportunidades para o Brasil. Sociedade Brasileira de Silvicultura. 15p. (mimeografado).

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). 1990. Greenhouse gas emissions from agricultural systems, v. 1, Summary Report. *Proceedings of the Workshop on Greenhouse Gas Emissions from Agriculture*. Washington: U.S. EPA.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). 1990b. Methane emissions and opportunities for control. *Proceedings of the Workshop results of Intergovernmental Panel on Climate Change*.

US. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). Evaluating Ruminant livestock Efficiency Projects and Programs: Peer Review Draft, June, 2000.