

Inventário Estadual de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Setor Agropecuário

Magda Lima - Embrapa Meio Ambiente

CETESB

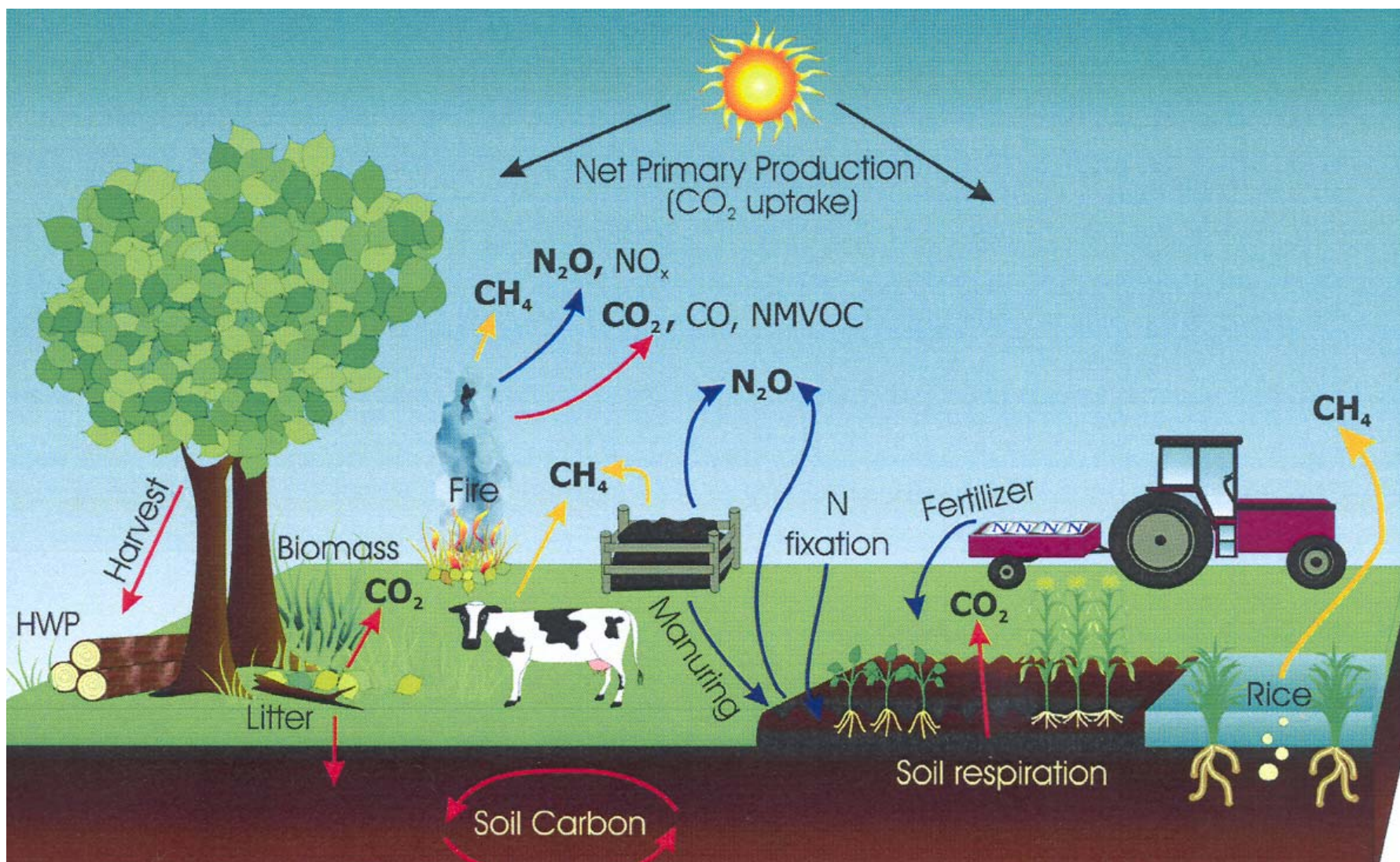
São Paulo, SP

Estimativas de fontes e sumidouros de metano (adaptado de Mosier et al., 1998)

	Tg CH ₄ . ano ⁻¹
. Fontes de metano:	
. Naturais	
Áreas úmidas (várzeas)	100-200
Térmitas	10-50
Oceanos	5-20
Água doce	1-25
Outras	0-5
. Antropogênicas	
Mineração de carvão, gás natural	70-120
Cultivo de arroz irrigado por inundação	20-150
Fermentação entérica	65-100
Dejetos animais	10-30
Tratamento de esgoto doméstico	25
Aterros	20-70
Queima de biomassa	20-80
. Sumidouros:	
Atmosférico (troposférico + estratosférico)	420-520
Remoção pelos solos	15-45
Aumento atmosférico	28-37

Tg = Teragrama = 10¹² g

Principais fontes e sumidouros de gases de efeito estufa e processos em ecossistemas manejados (IPCC, 2006)



Atividades do setor agropecuário

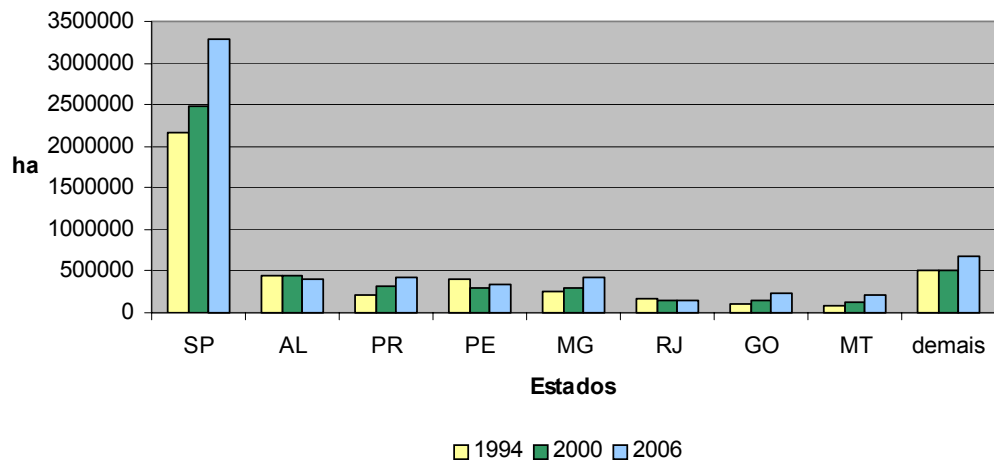
- Cultivo de arroz irrigado por inundação – CH₄
- Queima de resíduos agrícolas – CO, CH₄, N₂O e NO_x
- Fermentação entérica – CH₄
- Dejetos animais – CH₄ e N₂O
- Solos Agrícolas – N₂O

Arroz irrigado por inundação

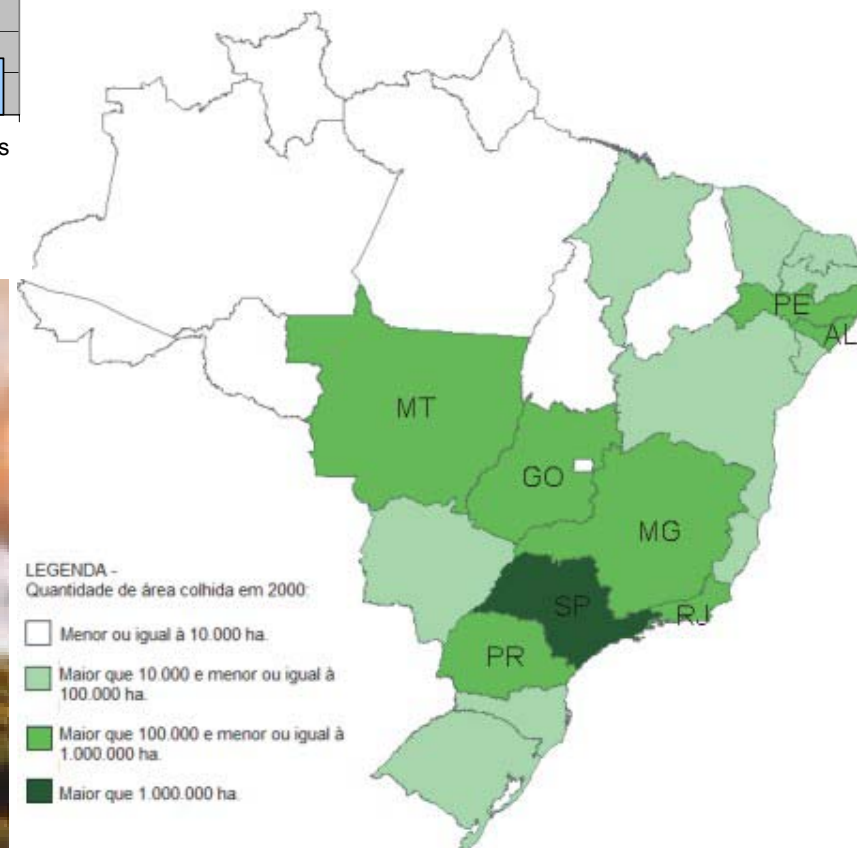


É uma planta anual, monocotiledônea, pertencente à família Gramineae, adaptada ao ambiente aquático, devido à presença de um tecido (aerênquima) no colmo da planta, que permite a circulação do ar no interior da planta e, conseqüentemente, trocas gasosas entre a atmosfera e a rizosfera.

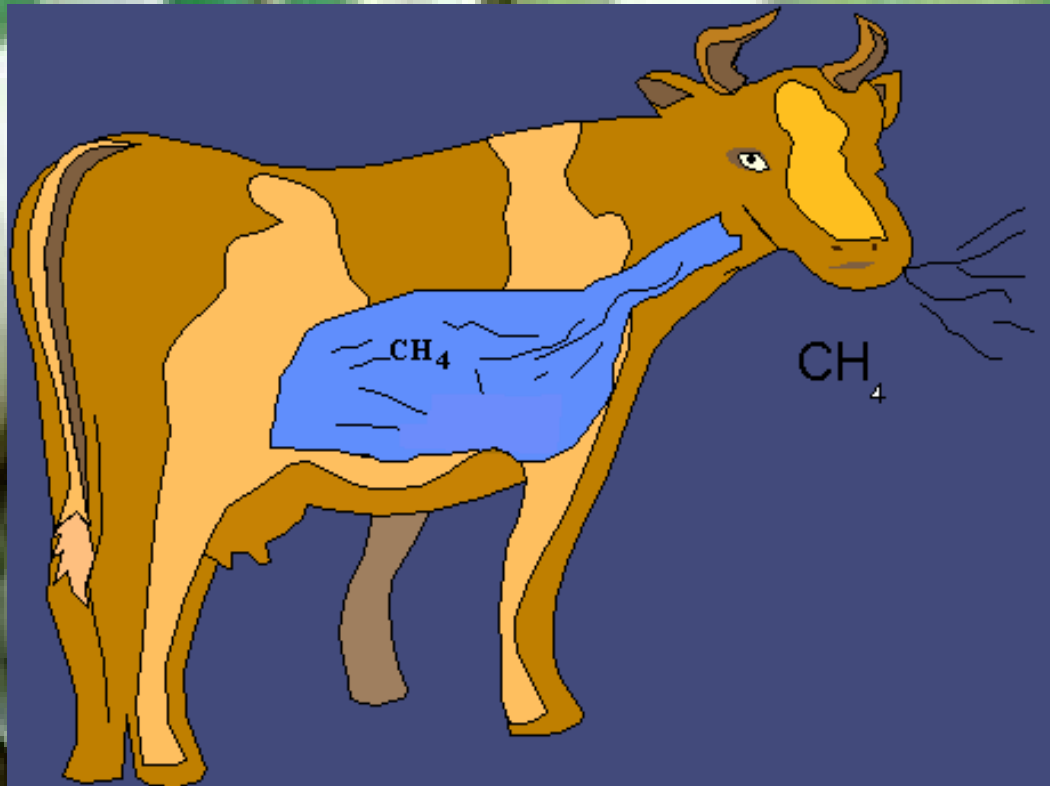
Principais estados em área colhida com cana-de-açúcar



Queima de resíduos agrícolas



Processo de fermentação entérica



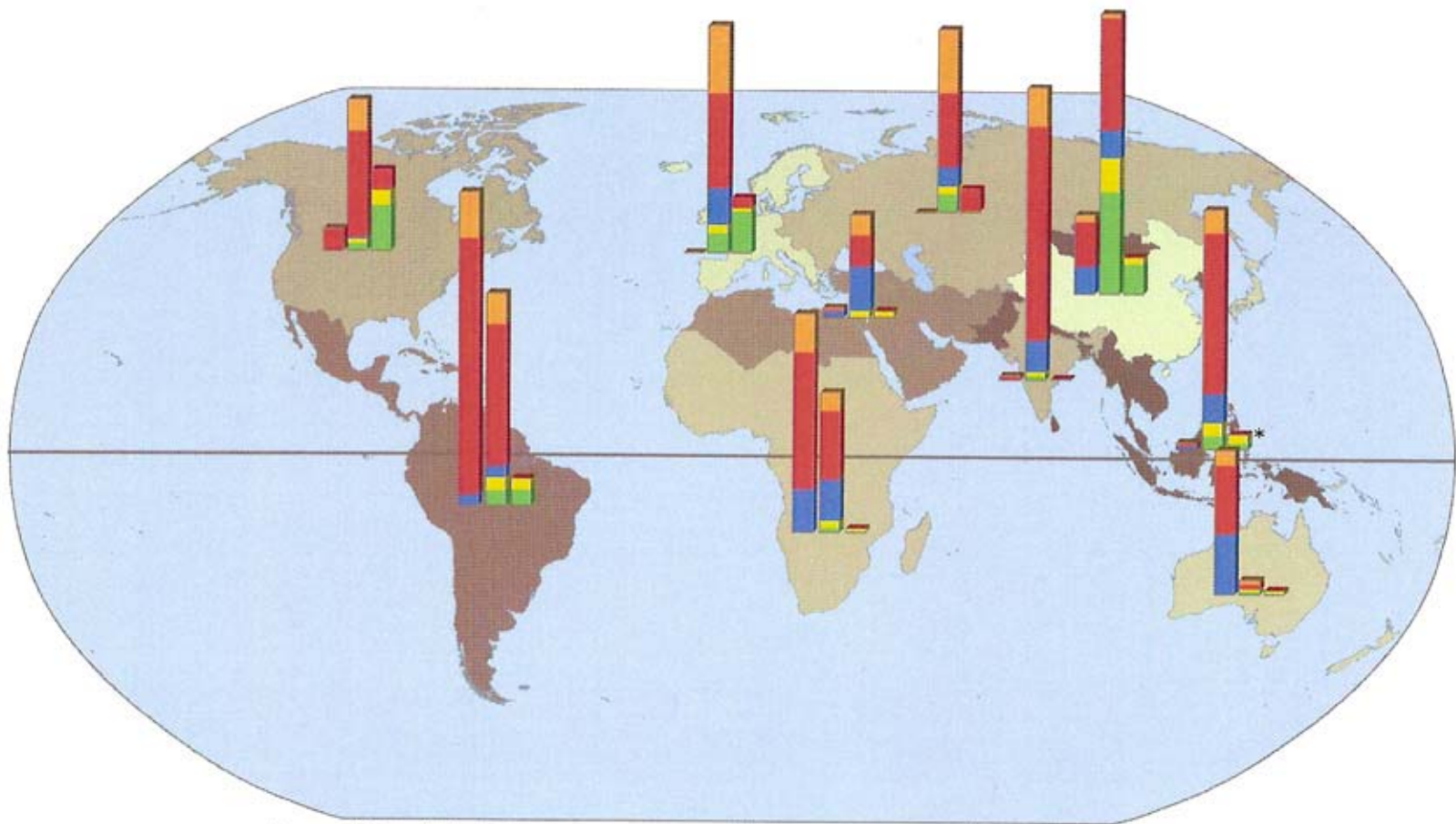
A produção de metano é produzida em herbívoros como um sub-produto da fermentação entérica, um processo digestivo pelo qual os carboidratos são decompostos por micro-organismos em moléculas simples.

A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen é um processo anaeróbico

Dejetos animais

- ⇒ A composição do dejetos animal determina sua capacidade de produção de metano.**
- ⇒ A composição do dejetos é determinada pela dieta animal.**
- ⇒ Quanto maior o conteúdo de energia e a digestibilidade do alimento, maior a capacidade de produção de metano.**

Map 30 Total greenhouse gas emissions from enteric fermentation and manure per species and main production system



Tonnes of CO₂ equivalent

Dairy cattle

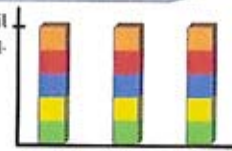
Cattle & Buffalo

Small ruminant

Poultry

Pigs

150 mil
CO₂ tonnes eq.



Grazing Mixed Industrial

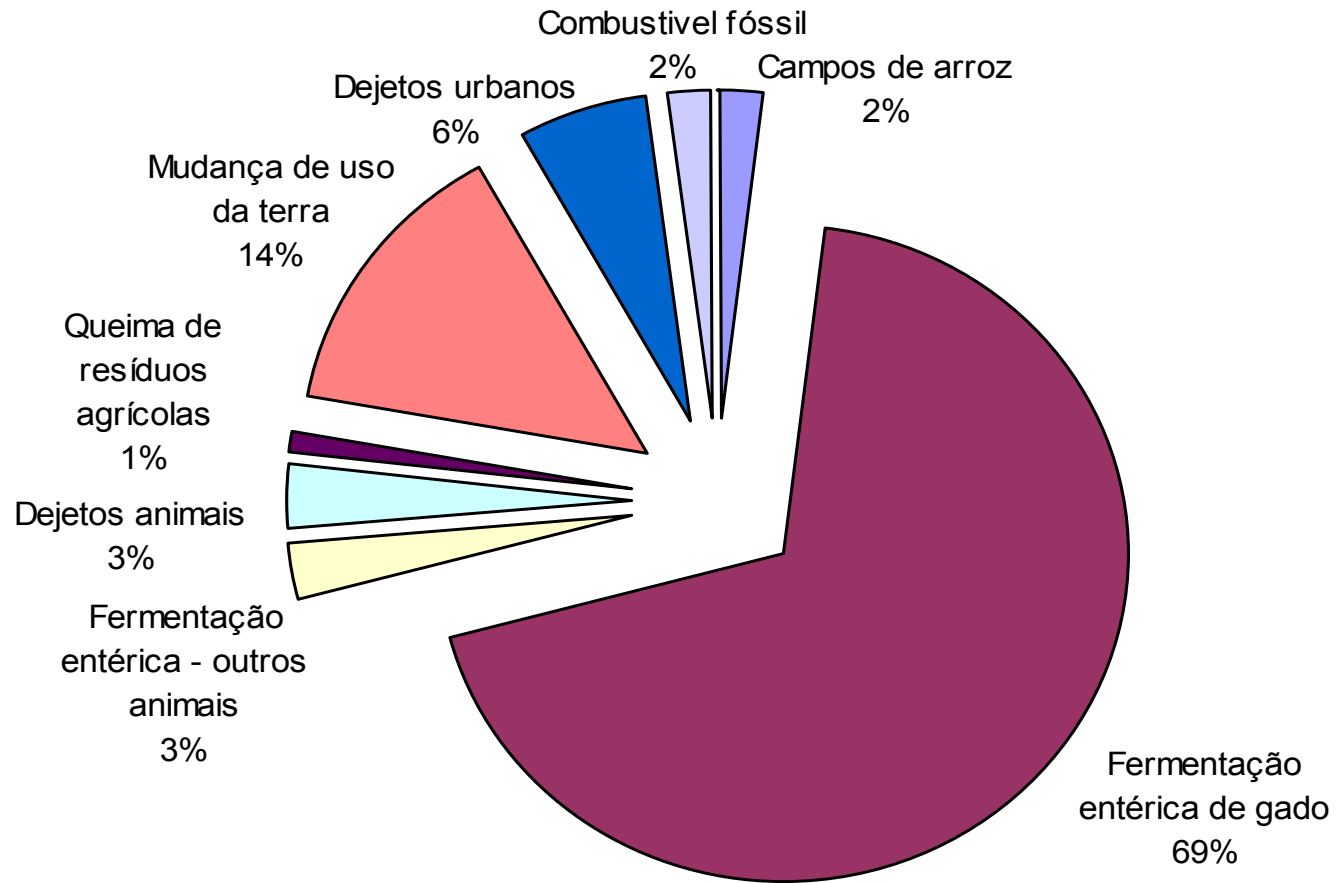
Source: LEAD. Based on region and production system specific population estimates [Groenewold, 2005] and emission factors [see Chapter 3, Box 3.4 and Annex 3.1 and 3.2].

* South and East Asia excluding China and India.

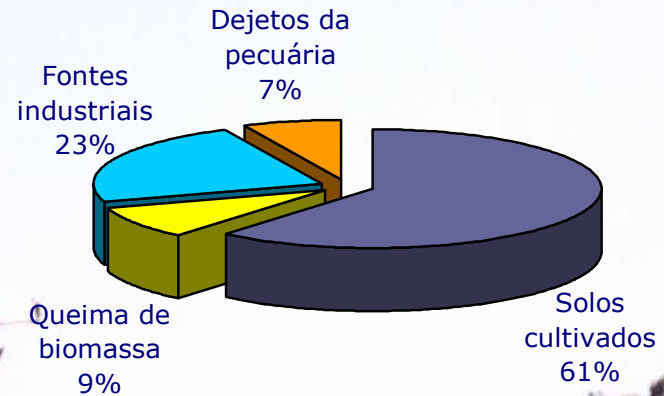
Fonte: FAO, 2006

Emissões setoriais de metano no Brasil em 1994

Fonte: Brasil-MCT (2004)



Solos Agrícolas



- 1) Fontes diretas de emissões de N_2O
- 2) Fontes diretas de emissões de N_2O proveniente da produção animal
- 3) Fontes indiretas de emissões de N_2O , a partir do nitrogênio usado na agricultura

Gases de efeito estufa por atividades agrícolas no Brasil - 1994

Anthropogenic sources	CH ₄		N ₂ O	
	Gg (1994)			
Flooded rice crops	283	(2.1%)	-	
Livestock				
Enteric fermentation	9,377	(71.2%)	-	
Animal wastes	368	(2.8%)	20	(3.7%)
Burning of agricultural residues	133	(1.0%)	7	(1.2%)
Agricultural soils	-			
Grazing animals	-		219	(39.7)
Synthetic fertilizers	-		21	(3.8)
Application of animal wastes in soils	-		13	(2.4)
N biologic fixation	-		26	(4.8)
Agricultural residues	-		43	(7.8)
Organic soils	-		23	(4.1)
Indirect emissions	-		132	(24.0)
Total of agricultural sources	10,161	(77.1%)	503	(91.5%)
Total of sources in the country	13,173	(100%)	550	(100%)

Níveis de detalhamento das estimativas do IPCC

- **Tier 1:**
 - **Caracterização básica para populações animais: valores *default***
- **Tier 2:**
 - **Caracterização mais aprofundada para populações animais, com informações mais detalhadas sobre estimativas de consumo de alimento para animais típicos em cada subcategoria, bem como sobre a qualidade da dieta, produtividade animal, digestibilidade, entre outros fatores.**
 - **Uso de taxas de excreção de N para categorias animais**
- **Tier 3:**
 - **O método Tier 3 utiliza procedimentos alternativos de estimativa com base em uma metodologia específica do país.**

Parâmetros utilizados na estimativa de emissão de metano por dejetos de suínos

- **Peso vivo:** 28 kg (*default*)
- **Taxa de digestibilidade:** 75%
- **Consumo de alimento:** 2,1 kg/cabeça/dia (*default*)
- **Consumo de energia:** multiplicação dos valores de consumo de alimento pelo fator de conversão de matéria seca para energia em MJ (18,45)
- **Produção de esterco:** 25%
- **Sólidos voláteis:** 70 a 73% (média de 72%) da produção de esterco (em matéria seca)
- **Sistema de dejetos:** levantamento entre as instituições
- **Classificação climática:** Dados de normais climatológicas (INMET, 1997) foram utilizados para a definição dos tipos climáticos de cada estado do país segundo as faixas de temperatura indicadas na metodologia de inventário do IPCC-1996, ou seja inferior a 15 °C (clima frio), entre 15 e 25°C (clima temperado) e acima de 25°C (clima quente).

Peso vivo de suínos, taxa de digestibilidade e consumo de ração

Região	Estado	Massa (peso vivo) (kg)	Digestibilidade do alimento (%)	Consumo de ração (kg/cabeça/dia)
Norte	Rondônia	35	52	1,0
	Acre	35	52	1,0
	Amazonas	35	52	1,0
	Roraima	35	52	1,0
	Pará	35	52	1,0
	Amapá	35	52	1,0
	Tocantins	35	52	1,0
Nordeste	Piauí	42	53	1,5
	Ceará	45	56	1,6
	Rio G. Norte	42	53	1,5
	Paraíba	42	53	1,5
	Pernambuco	45	56	1,6
	Alagoas	45	56	1,6
	Maranhão	42	53	1,5
	Sergipe	45	56	1,6
	Bahia	45	56	1,6
Sudeste	Minas Gerais	48	63	1,8
	Espírito Santo	50	68	1,9
	Rio de Janeiro	50	68	1,9
	São Paulo	56	75	2,1
Sul	Paraná	56	75	2,1
	Santa Catarina	56	75	2,1
	Rio G. do Sul	56	75	2,1
Centro-Oeste	Mato G. Sul	52	70	2,0
	Mato Grosso	48	63	1,8
	Goiás	52	70	2,0
	Distrito Federal	48	63	1,8

Fatores de emissão *default* e estimados para manejo de esterco animal

Categoria de animal	Sub-população	Região	Fatores de emissão "default", em kg/cabeça/ano		Fatores de emissão estimados, em kg/cabeça/ano	
			Faixa climática			
			T	Q	T	Q
Gado de corte	Fêmeas adultas	Sul	1	-	1*	-
		Demais regiões	1	1	2*	2*
	Machos adultos	Sul	1	-	2*	-
		Nordeste	1	1	2	3*
	Demais regiões	1	1	2*	2*	
	Jovens	Sul	1	-	1*	-
Demais regiões		1	1	1*	2*	
Gado de leite	Média	Sul	1	-	1*	-
		Demais regiões	1	2	3*	5*
Suínos	Média	Sul/ São Paulo/ Minas Gerais/ Mato Grosso, DF	1	2	2*	4
		Rio de Janeiro/ Espírito Santo/ Goiás / Mato Grosso do Sul	1	2	2*	3
		Nordeste			1	1*
		Norte	-	2	0	0*
Bubalinos	Média	País	1*	2*	---	---
Ovinos	Média	País	0,16*	0,21*	---	---
Caprinos	Média	País	0,17*	0,22*	---	---
Equinos	Média	País	1,60*	2,2*	---	---
Muares	Média	País	0,90*	1,2*	---	---
Asininos	Média	País	0,90*	1,2*	-	-
Aves	Média	Sul, MG, RJ, SP	0,117*	0,157*	-	-
		Demais estados	0,018*	0,023*	-	-

Sistemas de manejo de dejetos animais no Brasil (1986-1995)

	Pasto	Armazenamento sólido/dispersão "Daily spread"	"Drylot"	Lagoa anaeróbica	Armazenam. líquido	Queima como combustível
Gado de corte	X	X				
Gado de leite	X	X		X	X	
Suínos					X	
Equinos	X					
Búfalos	X					
Mulas/asnos						
Ovelhas	X					
Cabras	X					
Aves		X				

Fonte: consulta a especialistas.

Sistemas de manejo de dejetos por tipo de animal (1986-1995)

IPCC-1996

Sistema de Manejo de Dejetos (M)	Região	Categoria animal (T)					
		Gado leite	Outro gado	Suínos	Ovinos	Aves	Outros
		Fração (AWMS _(T))					
Pastagem	Brasil	0,45	0,97	0	1,00	0	0,99
Estocagem sólida	Brasil	0,20	0,03	0	0	0,20	0
Sistema líquido	Sul	0,05	0	0	0	0	0
	Brasil	0,03	0	0	0	0	0
Lagoa anaeróbica	Sul	0	0	0	0	0	0
	Brasil	0,01	0	0	0	0	0
“Daily spread”	Brasil	0,20	0	0,20	0	0,80	0
Outros sistemas	Sul	0,10	0	0,80	0	0	0,01
	Brasil	0,11	0	0,80	0	0	0,01

Sistemas de manejo de dejetos por tipo de animal

IPCC-2006

- Pastagem
- *Daily spread*
- Estocagem sólida
- *Dry lot*
- Estocagem líquida
- Lagoa anaeróbica descoberta
- Estocagem em fossas sob confinamentos animais
- Digestão anaeróbica
- Queima para combustível
- Compostagens
- Esterco de aves com litter
- Esterco de aves sem litter
- Tratamento aeróbico
- Outros

Queima de resíduos agrícolas

Estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação produção de palhiço/produção de colmos estimadas para as principais variedades de cana-de-açúcar plantadas no Estado de SP-1990

Variedade	Produção de palhiço (Biomassa seca, t/ha)	Produção de colmos (Biomassa fresca, t/ha)	Produção Palhiço/ Produção colmos (%)	Área plantada em São Paulo, em 1990 ^b (%)	Referências
SP 70-1143	11,7 ^a	73,6 ^a	15,9 ^a	28,5	^a TRIVELIN et al. (1996); ^b GHELLER (1996)
SP 70-1143	24,0	121,0	19,8	-	TRIVELIN et al. (1995)
SP 71-1406	22,3	73,67	30,2	22,1	RIPOLI et al. (1996); ^b GHELLER (1996)
NA 56-79	13,7	67,2	20,3	14,6	RIPOLI et al. (1996); ^b GHELLER (1996)
SP 71-6163	23,9	108,0	22,2	11,6	RIPOLI et al. (1996); ^b GHELLER (1996)
SP 71-6163	18,4	95,1	19,4	-	RIPOLI et al. (1996)
SP 71-6163	17,0	82,5	20,6	-	RIPOLI et al. (1996)
SP 71-1406	23,3	136,6	17,0	-	RIPOLI et al. (1996)
SP 71-1406	9,5	68,6	13,8	-	RIPOLI et al. (1996)
Média	18,2 ± 5,3	91,8 ± 23,6	19,9 ± 4,4	76,80	

Queima de resíduos agrícolas

Estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação produção de palhiço/produção de colmos estimadas para as principais variedades de cana-de-açúcar plantadas no Estado de SP-2000

Variedade	Estágio do corte	Produção de palhiço (Biomassa seca, t/ha)	Produção de colmos (Biomassa fresca, t/ha)	Produção palhiço/Produção colmos (%)	Área plantada em São Paulo, no ano 2000 (%)
SP 70-1143	-	11,7 ^a	73,6 ^a	15,9 ^a	5,8 ^b
SP 70-1143	-	24,0 ^c	121,0 ^c	19,8 ^c	-
SP 71-1406	-	22,3 ^d	73,67 ^d	30,2 ^d	0,3 ^b
NA 56-79	-	13,7 ^d	67,2 ^d	20,3 ^d	-
SP 71-6163	-	23,9 ^d	108,0 ^d	22,2 ^d	0,6 ^b
SP 71-6163	-	18,4 ^d	95,1 ^d	19,4 ^d	-
SP 71-6163	-	17,0 ^d	82,5 ^d	20,6 ^d	-
SP 71-1406	-	23,3 ^d	136,6 ^d	17,0 ^d	-
SP 71-1406	-	9,5 ^d	68,6 ^d	13,8 ^d	--
SP 79-1011	Cana planta	17,8 ^e	120 ^e	14,8 ^e	8,6 ^b
SP 79-1011	2º. Corte	15,0 ^e	92 ^e	16,3 ^e	
SP 79-1011	4º. Corte	13,7 ^e	84 ^e	16,3 ^e	
SP 80-1842	Cana planta	14,6 ^e	136 ^e	10,7 ^e	0,8 ^b
SP 80-1842	2º. Corte	12,6 ^e	101 ^e	12,5 ^e	
SP 80-1842	4º. Corte	10,5 ^e	92 ^e	11,4 ^e	
RB 72454	Cana planta	17,2 ^e	134 ^e	12,8 ^e	18,4 ^b
RB 72454	1º. Corte	14,9 ^e	100 ^e	14,9 ^e	
RB 72454	5º. Corte	13,6 ^e	78 ^e	17,4 ^e	
SP 83- 2847	5º. Corte	17,4 ^f	102 ^f	17 ^f	0,3 ^b
SP 80-1816 RB 82-5486 RB 83-5486 RB 85- 5453	Média de 5 cortes e em dois solos	13,4	90	14,8	10,8 ^d (SP 80 + RB 85 + RB 83)
Média		17,2 ± 4,7	96,7 ± 21,8	17,2 ± 4,7	

Arroz irrigado por inundação – método IPCC 1996

- Baseado em um fator de emissão integrado sazonal – média global de 20 g CH₄/m²

Fator de emissão integrado definido para vários países do mundo

País	Fator de emissão Integrado (EF) [g/m ²]	Literatura
Austrália	22,5	NGGIC, 1996
China	13 (10-22)	WASSMAN et al. 1993 a
Índia	10 (5-15)	MITRA, 1996; PARASHAR et al., 1996.
Indonésia	18 (5-44)	NUGROHO et al., 1994 a,b
Itália	36 (17-54)	SCHUTZ et al., 1989a
Japão	15	MINAMI, 1995
República da Coreia	15	SHIN et al., 1995
Filipinas	(25-30)	NEUE et al., 1994; WASSMAN et al., 1994.
Tailândia	16 (4-40)	TOWPRYAOON et al., 1993
USA (Texas)	25 (15-35)	SASS & FISHER, 1995
Média	20 (12-28)	

Estimativa de emissão – IPCC 1996

$$F_c = EF * A * 10^{-12}$$

F_c = emissão anual de metano proveniente de cultivo de arroz irrigado, sob um determinado regime de inundação, para uma determinada adição orgânica, em Tg por ano;

EF = fator de emissão de metano durante a estação integrada de cultivo, em g/m²;

A = Área colhida anual de arroz sob as condições definidas acima. É dada pela área cultivada vezes o número de estações de cultivo por ano, em m²/ano.

Arroz irrigado por inundação – método IPCC 2006

Equação 5.1 (IPCC, 2006)

$$\text{CH}_4 \text{ arroz} = \sum_{i,j,k} (\text{FE}_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

Onde:

- $\text{CH}_4 \text{ arroz}$ = emissão anual de metano para a cultura de arroz, Gg CH_4 ano-1
- $\text{FE}_{i,j,k}$ = fator de emissão diária para i, j e k condições, kg CH_4 ha-1dia-1
- $t_{i,j,k}$ = período de cultivo de arroz para i, j e k condições, dias
- $A_{i,j,k}$ = área colhida anual de arroz para i, j e k condições, ha ano-1
- i j e k = representam diferentes ecossistemas, regimes de água, tipos e quantidade de incrementos orgânicos, e outras condições em que as emissões de CH_4 para arroz podem variar.

Fatores de escala utilizados para a estimativa de emissão de metano em cultivo de arroz irrigado

Equação 5.2 – IPCC (2006)

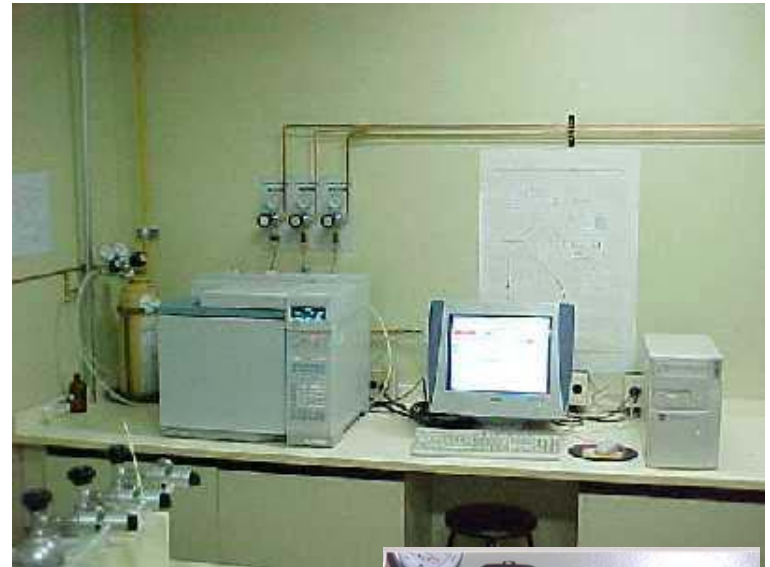
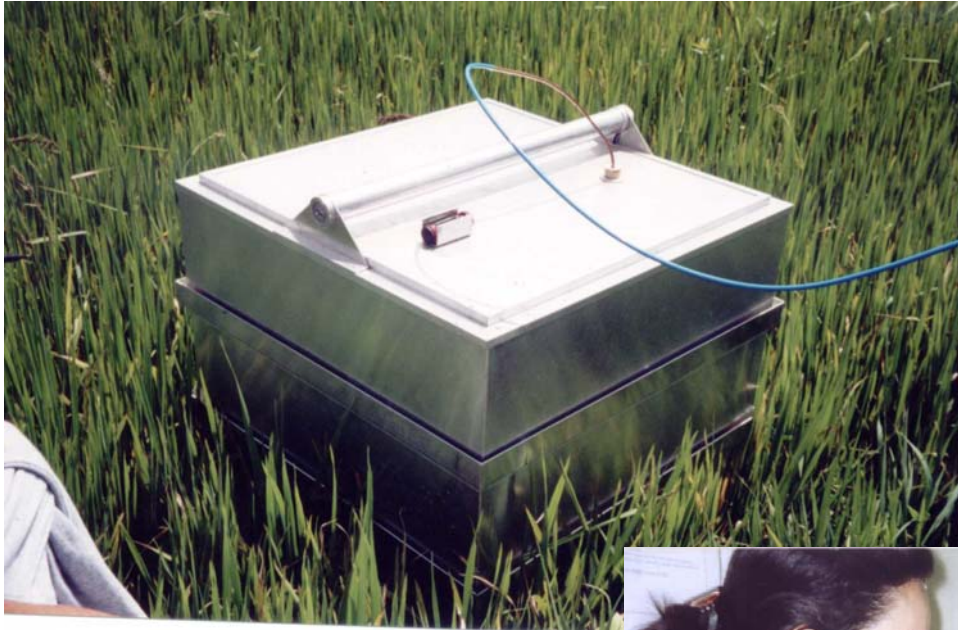
$$EF_i = EF_c * SF_w * SF_o * SF_{s,r}$$

- Onde:
- EF_i = fator de emissão diária ajustado para uma particular área colhida
- EF_c = fator de emissão linha de base para campos de arroz continuamente inundados sem adição de matéria orgânica (Tabela 5.11 do IPCC)
- SF_w = Fator de escala para considerar as diferenças no regime de água durante o período de cultivo (Tabela 5.12 do IPCC)
- SF_p = Fator de escala para considerar as diferenças no regime da água na pré-estação antes do período de cultivo (Tabela 5.13 do IPCC)
- SF_o = Fator de escala deve variar para o tipo e quantidade de material orgânico adicionado ao solo (Equação 5.3 e Tabela 5.14 do IPCC)
- $SF_{s,r}$ = Fator de escala para tipo de solo, cultivar de arroz, etc., se disponível

Fatores de emissão de gases específicos para o país

- Emissões de metano pelo cultivo de arroz irrigado por inundação
 - Emissões de metano por fermentação entérica
 - Emissões de metano associadas a sistemas de tratamento de dejetos
 - Emissões de óxido nitroso associadas a sistemas de tratamento de dejetos
 - Emissões de amônia (volatilização)
 - Outros parâmetros específicos
-
- Base de dados de fatores de emissão do IPCC (EFDB): faltam dados para regiões tropicais

Desenvolvimento de fatores de emissão de metano (CH_4) proveniente do cultivo de arroz irrigado por inundação – experimentos realizados em Pindamonhangaba e Tremembé, SP



Desenvolvimento de fatores de emissão de metano (CH_4) para gado bovino para condições tropicais



Desenvolvimento de fatores de emissão de óxido nitroso (N_2O) para gado bovino em condições tropicais

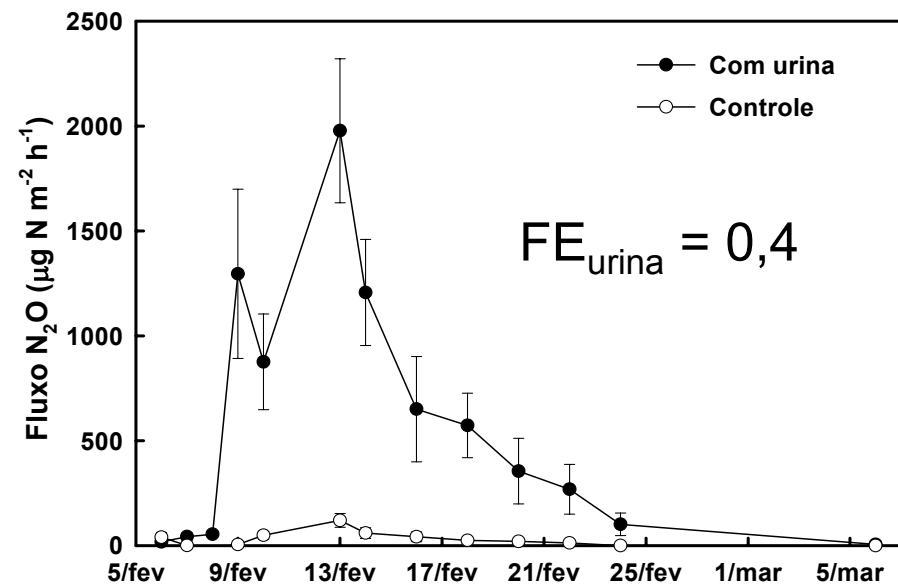
Câmara estática fechada



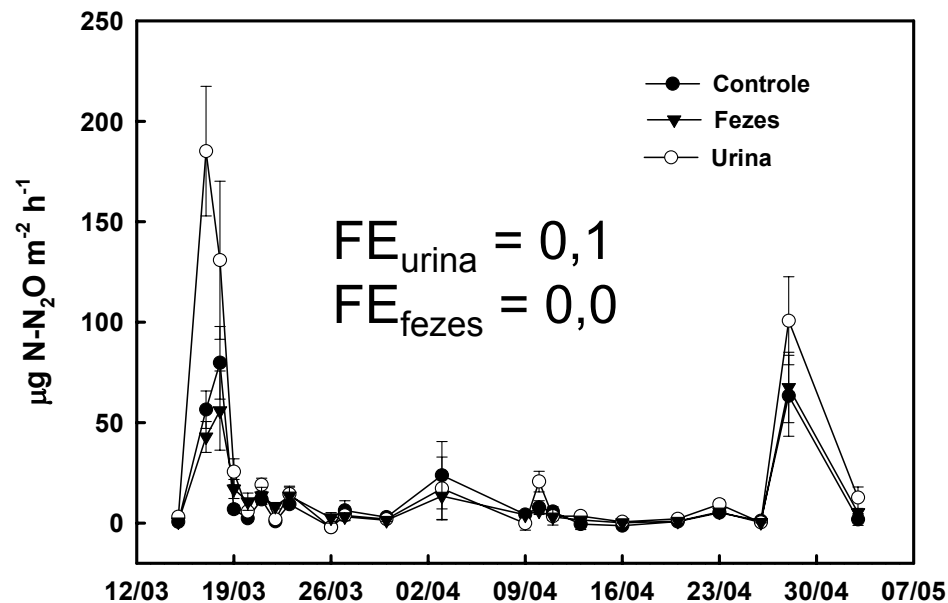
Avaliação das emissões de N₂O: estudos realizados e programados para iniciar



Emissões de N₂O a partir de pastagem e de excretas de bovinos



Urina em solo com impedimento de drenagem (Planossolo)



Fezes e urina (Argissolo)

Urina é a via mais importante de produção de N₂O

Desafios

- **Desenvolvimento e acesso às bases de dados institucionais sobre parâmetros agropecuários e ambientais (IBGE, CATI, Copersucar, etc.)**
- **Estudos vêm sendo conduzidos para o desenvolvimento de novos fatores de emissão de gases na agropecuária (CH₄ proveniente de arroz irrigado por inundação, fermentação entérica, e N₂O por solos agrícolas (fontes diretas: excretas animais). Faltam estudos sobre emissões de metano por sistemas de manejo de dejetos animais.**
- **Integração de dados com outros setores de atividades do inventário**
- **Cálculo das incertezas**

magda@cnpma.embrapa.br

19-3311-2645

Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna, SP