

Estimativas das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Estado de São Paulo:

- PT1** Hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆), clorofluorcarbonos (CFCs), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), vários setores
- PT2** Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O); e indiretos: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis não metano (NMVOC) para os setores de transporte rodoviário e aéreo

Situação Atual PT1

- Espumas (HFC-134a CFC-11, HCFC-141b)
 - 2 relatórios
 - Metodologias, levantamento de dados
 - estimativa de emissões
- Refrigeração e Ar Condicionado (, HFC-125, HFC-143a, HCFC-22, CFC-12)
 - 2 relatórios
 - Metodologias, levantamento de dados

Situação Atual PT1

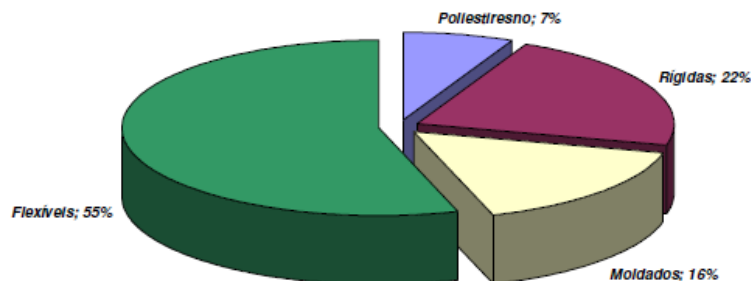
- Solventes (CFC-11, HCFC-141b)
- Aerossóis (HFC-134a, CFC-12)
- Produção de Alumínio (PFCs)
- Equipamentos Elétricos (SF_6)
 - Estabelecimento da metodologia e Levantamento de dados

Situação Atual PT2

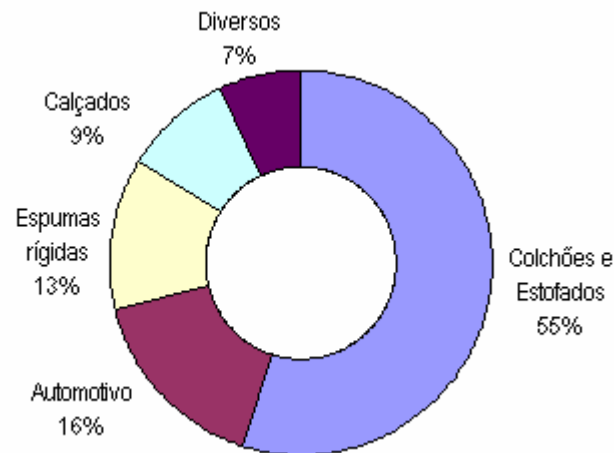
- Transporte rodoviário e aéreo (CO_2 , CH_4 , N_2O , CO , NO_x , NMVOC)
 - 4 relatórios
 - Metodologias, levantamento de dados
 - Estimativa de emissões: transporte rodoviário veículos leves e pesados

LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES E ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE CFCs, HCFCs e HFCs NO SETOR DE ESPUMAS

- A indústria de fabricação de espumas é composta de quatro sub-setores: espumas rígidas, flexíveis, moldadas e de poliestireno. Devido à grande variedade de aplicação, vários ramos da indústria utilizam-se de espumas como partes de seus produtos.



- Diversas empresas fabricam espumas rígidas, flexíveis, moldadas/pele integral em poliuretano e espumas termoplásticas, para atender os segmentos automotivo, moveleiro, construção civil, refrigeração e outros.
- Quantidade estimada em 1.000 empresas, na grande maioria pequenas empresas de estrutura familiar. Encontram-se pulverizadas por todo o país, mas há uma característica concentração em São Paulo e Rio Grande do Sul (PNUD, 2007).



- **Aplicação dos variados tipos de espuma por setor da indústria**

Segmento	Flexíveis	Moldadas	Rígidas	Poliestireno
Automobilístico		X	X	
Moveleiro	X	X		
Constr. Civil		X	X	
Refrigeração		X	X	
Embalagens				X

Uso de HFC, HCFC e CFC

- Na indústria de fabricação de espumas, os CFCs e HCFCs têm sido usados como agentes de expansão tanto para espumas rígidas quanto para espumas flexíveis. CFCs e HCFCs foram e são utilizados como agentes de expansão, pois são compostos com baixo ponto de ebulição volatilizados pelo calor desprendido durante a reação de formação da espuma.
- Com a entrada em vigor do Protocolo de Montreal, o principal agente de expansão utilizado, o CFC-11, foi substituído, basicamente, pelo HCFC-141b e pelo hidrocarboneto ciclo-pentano.
- Além do HCFC-141b, que será também eliminado futuramente pelas medidas previstas pelo Protocolo de Montreal, vários agentes de expansão alternativos estão agora em uso globalmente, incluindo, HFCs, ciclo/isopentano, cloreto de metileno, dióxido de carbono e água. Os compostos HFCs específicos, que podem ser utilizados como substitutos incluem, por exemplo: HFC-125, HFC-134a, HFC-143a e HFC-152a. (UNEP, 2006)

Estimativa de emissões de HFCs, CFCs e HCFCs

Espuma de célula aberta

- Para espumas de célula aberta, emissões de HFC ocorrem durante a fabricação e são iguais a 100% da quantidade de substância química usada como o agente de expansão. Desta forma, as emissões totais de HFC no ano t para espumas de célula aberta podem ser calculados da seguinte forma:

Emissões de HFCs ou PFCs no ano $t = 100\%$ da quantidade de HFCs comercializados para produção de espumas de célula aberta no ano t

Espuma de célula fechada

- Para espumas de célula fechada, somente cerca de 10% do agente expensor é liberado durante o processo de espumação, enquanto a substância química restante fica contida no isolamento. Esta quantidade que permanece na espuma é liberada lentamente ao longo dos 20 a 25 anos previstos para o e tempo de vida da espuma. Emissões de HFC ou PFC de espuma isolante no ano t são calculadas como:

Emissões de HFCs no ano $t = 10\%$ da quantidade total de HFC usado na fabricação de espuma isolante no ano em $t + 4,5\%$ da quantidade de HFC originalmente utilizada na espuma fabricada entre o ano t e $t - 20$

Dados

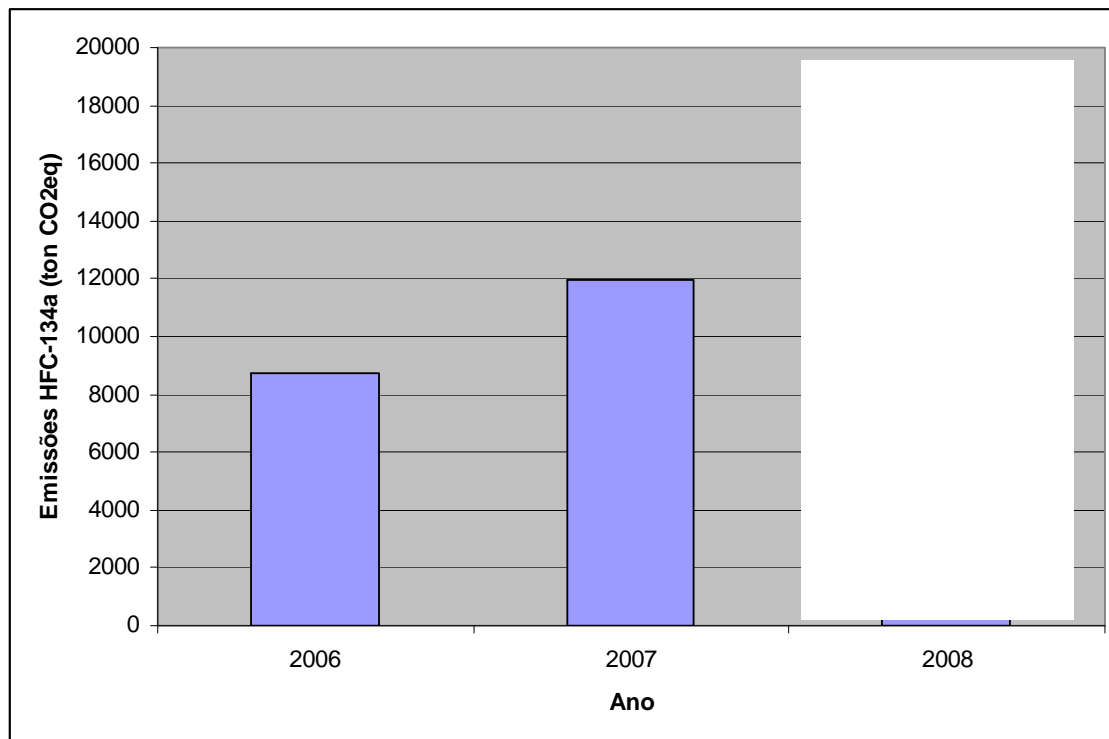
- A obtenção dos dados de atividade mencionados acima para a realização da estimativa de emissões tem-se mostrado uma atividade complexa e difícil de realizar. A questão da disponibilidade e obtenção de dados e sua confiabilidade é o ponto crucial de um inventário. Infelizmente, e isto não se restringe somente ao nosso país, dados de atividade muitas vezes não são tornados públicos por questões de sigilo, motivadas pela competição empresarial no mercado. Outras vezes não são informações que são monitoradas e contabilizadas.

Emissões de HFC-134a

- Nas pesquisas e contatos com empresas e associações do setor realizadas foi encontrado um uso muito pequeno de HFC-134a na produção de espumas em uma única empresa, Purcom, localizada no município de Barueri. Essa empresa consome 50 ton/ano desde 2006 na produção de espumas rígidas, célula fechada.

Emissões de HFC-134a

Ano	Emissões HFC-134a (ton HFC-134a)	Emissões HFC-134a (ton CO ₂ eq)*
2006	6,125	8758,75
2007	8,375	11976,25
2008	12,875	18411,25

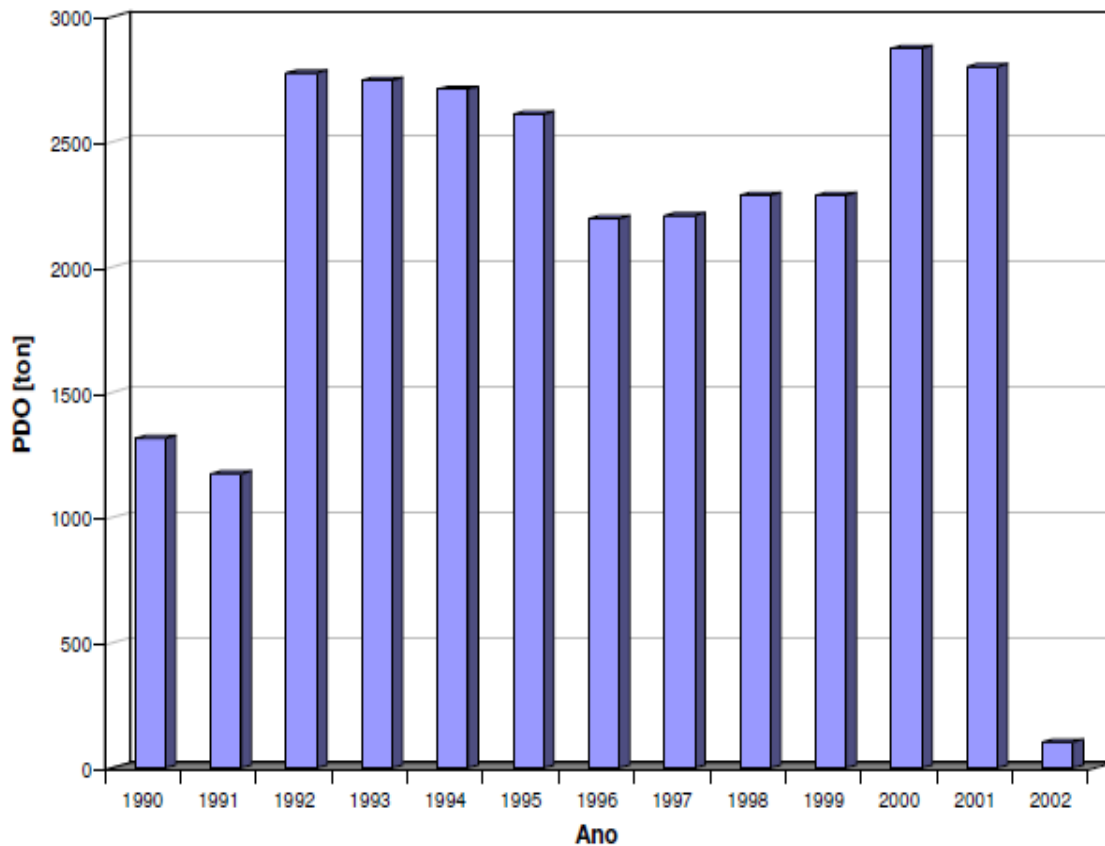


*GWP HFC 134a = 1430
IPCC AR4*

Emissões de CFC-11

- Não existem estatísticas a respeito do uso de CFC-11 no Estado de São Paulo no setor de espumas.
- A partir de contatos com empresas, associações e especialistas do setor, adotou-se a hipótese que o Estado de São Paulo seja responsável por 60% da produção nacional de espumas, e conseqüente consumo de CFC-11; e que 35% dessas espumas sejam consumidas ou utilizadas localmente.
- Esta consideração é importante para poder estimar emissões no processo de fabricação e ao longo da vida útil.
- Outras considerações adotadas a partir do levantamento realizado são: 75% do consumo de CFC-11 foi utilizado para a fabricação de espumas de células fechadas (rígidas) e 25% para fabricação de espumas de células abertas (valores médios para o período de 1990 a 2002)

Consumo Nacional de CFC-11 no Setor de Espumas

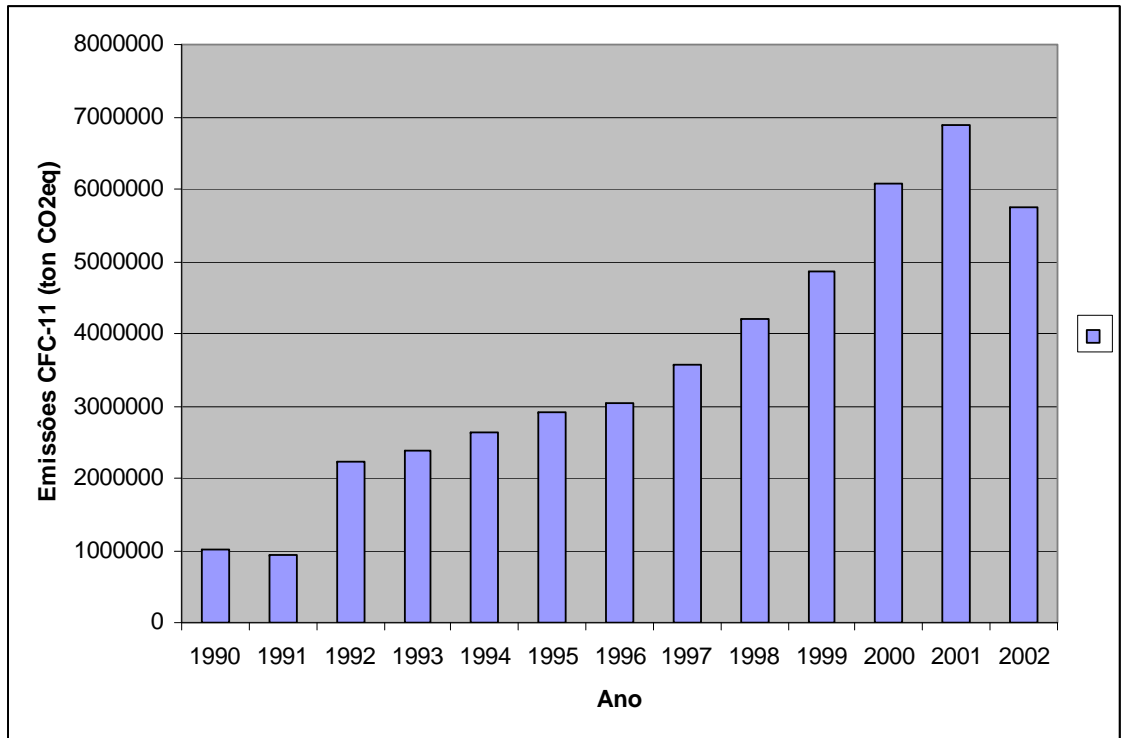


Emissões de CFC-11

Ano	Consumo CFC-11 (ton) Brasil	Consumo CFC-11 (ton) São Paulo	Consumo em espumas de cel. aberta (25%)	Consumo em espumas de cel fechada (75%)	Emissões cel aberta (ton)	Emissões cel fechada Proc. de espumação (10%) (ton)	Emissões cel fechada Tempo de vida (4,5% a.a) (35% "instalados" em SP) (ton)	Total Emissões CFC-11 (ton)
1990	1340	804	201,0	603,0	150,8	60,3	4,7	215,8
1991	1170	702	175,5	526,5	131,6	52,7	13,6	197,9
1992	2730	1638	409,5	1228,5	307,1	122,9	37,0	466,9
1993	2700	1620	405,0	1215,0	303,8	121,5	74,0	499,2
1994	2680	1608	402,0	1206,0	301,5	120,6	130,2	552,3
1995	2600	1560	390,0	1170,0	292,5	117,0	205,2	614,7
1996	2170	1302	325,5	976,5	244,1	97,7	297,4	639,2
1997	2190	1314	328,5	985,5	246,4	98,6	406,5	751,4
1998	2260	1356	339,0	1017,0	254,3	101,7	531,3	887,3
1999	2240	1344	336,0	1008,0	252,0	100,8	671,9	1024,7
2000	2850	1710	427,5	1282,5	320,6	128,3	830,5	1279,4
2001	2800	1680	420,0	1260,0	315,0	126,0	1007,0	1448,0
2002	100	60	15,0	45,0	11,3	4,5	1194,0	1209,8

Emissões de CFC-11

Ano	Emissões CFC-11 (ton CFC-11)	Emissões HFC-CFC-11 (ton CO ₂ eq)*
1990	215,799	1025045,25
1991	197,915	940096,25
1992	466,935	2217941,25
1993	499,240	2371390,00
1994	552,300	2623425,00
1995	614,700	2919825,00
1996	639,175	3036081,25
1997	751,425	3569268,75
1998	887,250	4214437,50
1999	1024,700	4867325,00
2000	1279,375	6077031,25
2001	1448,000	6878000,00
2002	1209,750	5746312,50



GWP CFC-11 = 4750
IPCC AR4

Emissões de HCFC-141b

- A eliminação do uso de CFC-11 como agente de expansão na produção de espumas foi obtida por meio da sua substituição por outra substância química halogenada o HCFC-141b que é um GEE.
- A estimativa de emissões de HCFC-141b seguiu a mesma estratégia e os mesmos parâmetros básicos adotados para o caso do CFC-11.

- Importação de HCFC-141b

Ano	Quantidade (kg)
2002	2.819.751
2003	3.211.630
2004	3.894.124
2005	3.758.525
2006	3.529.226
2007	
2008	
2009	

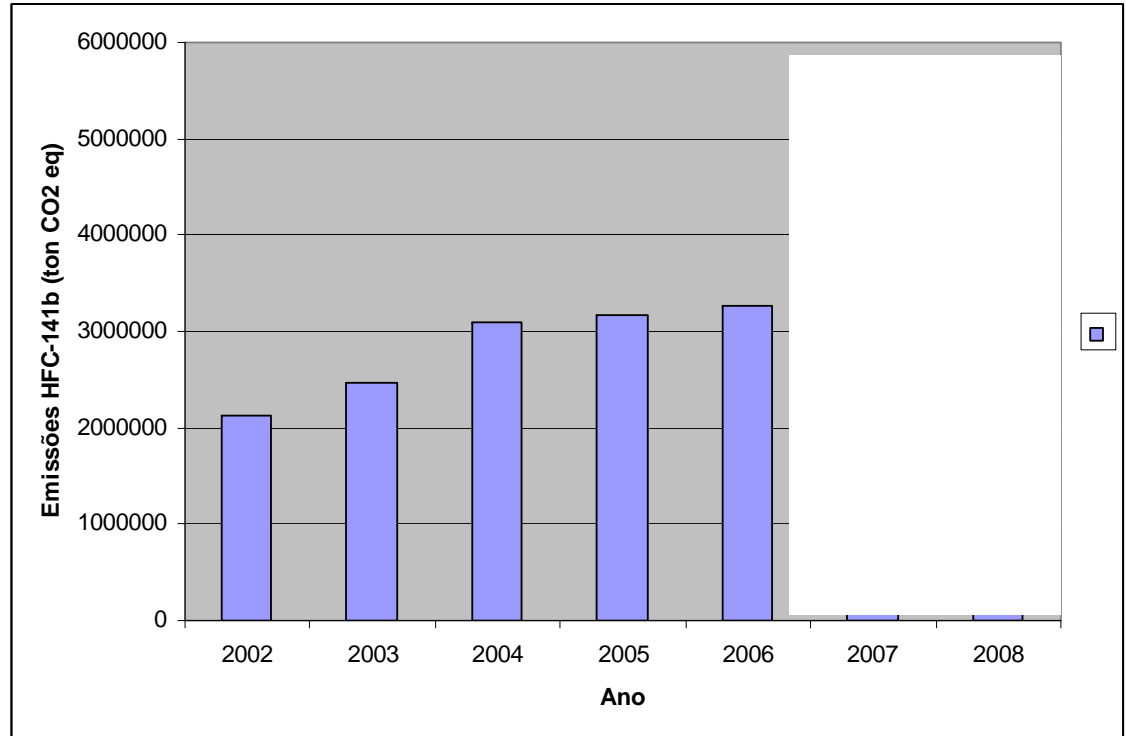
Fonte: ALICE-Web

Emissões de HCFC-141b

Ano	Consumo HFC-141b (ton) Brasil	Consumo HFC-141b (ton) São Paulo	Consumo em espumas de cel. aberta (25%)	Consumo em espumas de cel fechada (75%)	Emissões cel aberta (ton)	Emissões cel fechada Proc. de espumação (10%) (ton)	Emissões cel fechada Tempo de vida (4,5% a.a) (35% "instalados" em SP) (ton)	Total Emissões HFC-141b (ton)
2002	2820	1692	423,0	1268,9	317,2	126,9	4,7	448,9
2003	3212	1927	481,7	1445,2	361,3	144,5	13,6	519,5
2004	3894	2336	584,1	1752,4	438,1	175,2	37,0	650,3
2005								
2006								
2007								
2008								

Emissões de HCFC-141b

Ano	Emissões HFC-141b (ton HFC-141b)	Emissões HFC-141b (ton CO2 eq)*
2002	448,860	2132083,967
2003	519,471	2467490,694
2004	650,285	3088851,518
2005	665,958	3163299,016
2006		
2007		
2008		



GWP HCFC-142b = 4750
IPCC AR4

Transporte Rodoviário

	Dados necessários	Sigla	Unidade	Fonte	O já que temos	O que falta
Emissão de CO ₂	Combustível vendido	C	L	ANP	2002 a 2008 (todos os combustíveis)	Período de 1990 a 2001
	Fatores de emissão	FE	g/L	CETESB	2002 a 2008 (para gasolina, álcool e GNV)	1990 a 2001 (para gasolina, álcool e GNV) e período 1990 a 2008 (para Diesel)
Emissão outros gases	Distância média percorrida	D	km	Murgel 1987	Veículos leves e pesados	
	Fatores de emissão	FE	g/L	CETESB	2002 a 2008 (para CO e NOx)	2001 a 2008 (para CO e NOx) e 1990 a 2008 (para N ₂ O, CH ₄ e NMVOC)
	Conversão (catalisador)	-	-			Período e quantidade de veículos que possuem e não possuem (por ano e tipo de combustível)
	Emissão na partida frio	P	g			Valores de emissão na partida a frio (por ano, tipo de combustível e com ou sem conversão)

Transporte Rodoviário

Estimativa parcial da emissão de CO₂ por veículos leves:

91.559.899 toneladas, no período de 2002 a 2006.

Transporte Aéreo

	Dado necessário	Sigla	Unidade	Fonte (utilizada no inventário nacional)	O que já temos
VÔOS NACIONAIS	Número de LTO por tipo de aeronave	NLTO _i	-----		GEIPOT (1996 a 2000)
	Fator de emissão em LTO por tipo de aeronave	EFLT _{O_i}	Kg/LTO	Valores default sugeridos pelo IPCC	Valores default do IPCC
	Quantidade de combustível consumido em cruzeiro por tipo de aeronave	F _{ci}	t	Foi considerado proporcional ao nº de vôos de cada tipo de aeronave	
	Fator de emissão em cruzeiro por tipo de aeronave	EF _{ci}	Kg/t	Valores default sugeridos pelo IPCC	Valores default do IPCC
	Quantidade total de combustível consumido	F _t	t	ANP	ANP (1998 a 2007)
	Quantidade total de combustível consumido em LTO	FLTO	t		
	Número total de LTO	NLTO	-----		GEIPOT (1996 a 2000)
	Quantidade total de combustível consumido em LTO por tipo de aeronave	FLTO _i	t		
	Quantidade de combustível consumido em LTO por tipo de aeronave	CFLT _{O_i}	Kg		

Contatos em Andamento com:

ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil

INFRAERO: Infra-estrutura Aeroportuária Brasileira

EMBRAER: Empresa Brasileira de Aeronáutica

GEIPOT: Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes

Emissões Veículos Pesados

- De acordo com a Resolução Conama 18/86, veículo pesado é qualquer veículo rodoviário automotor de passageiros, de carga ou de uso misto, com capacidade para transportar mais que doze passageiros ou com massa total máxima superior a 2800 quilogramas. Conforme MCT (2006), o transporte por veículos pesados é predominante a diesel e, sendo assim, as estimativas das emissões dos gases de efeito estufa devem se restringir às emissões da combustão de óleo diesel.
- Os produtos anteriores 1, 2 e 3 apresentaram informações gerais, metodologia de cálculo e dados obtidos para estimar as emissões dos veículos leves, de acordo com IPCC (2006). Entretanto, conforme orientação da Cetesb, a metodologia deve ser baseada nas seguintes publicações do IPCC: Método Revisado, de 1996, e Guia de Boas Práticas, de 2000

Emissões de CO2

- Para estimar as emissões de CO2 deverão ser utilizados, de acordo com IPCC (2000), o método “Tier 1” ou “Tier 2” (ambos “top down”). As emissões são calculadas a partir do tipo de combustível consumido, no caso dos veículos pesados, o diesel.
- A quantidade consumida de diesel é considerada como aproximadamente igual à comercializada. Esse artifício é uma aproximação, dado que não se tem certeza que todo o combustível comercializado foi consumido.
- Para as emissões de CO2, os métodos “Tier 1” e “Tier 2” utilizam a mesma equação, qual seja:

$$ECO_2 = \sum_a [C_a \cdot FE_a]$$

Onde:

ECO2: são as emissões totais de dióxido de carbono.

a: tipo de combustível (i.e. gasolina, diesel, gás natural etc.)

C: combustível vendido.

FE: fator de emissão.

A diferença entre os métodos situa-se na utilização do fator de emissão, o “Tier 1” utiliza um valor “default” enquanto o “Tier 2” emprega os dados levantados no país.

- No “Tier 2”, o cálculo das emissões de CO₂ é feito a partir do fator de emissão obtido nos ensaios. Esse valor leva em conta o montante carbono não oxidado, ou seja, aquele que é emitido na forma de CH₄, CO e COV (não incluído o metano).

Emissões de CH₄, CO, N₂O, NO_x, NMVOC

- Para as estimativas das emissões de CH₄, N₂O, NO_x, CO e NMVOC, conforme IPCC (2000), é utilizada a mesma equação utilizada para a emissão de CO₂.

$$E_{gas} = \sum_a [C_a \cdot FE_a]$$

- Onde:

E_{gas}: emissões totais de CH₄ ou N₂O ou NO_x ou CO ou NMVOC;

a: tipo de combustível (i.e. gasolina, diesel, gás natural, etc);

C: combustível vendido;

FE: fator de emissão.

Obtenção de dados

- **Fatores de Emissão**
- A Cetesb (2008) disponibiliza fatores de emissão para monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e material particulado para veículos pesados do ciclo diesel, determinados em ensaios de bancadas e obtidos na homologação ou no controle de produção. As fases denominadas de 1, 2 e 3 já foram atendidas pelo cronograma das primeiras etapas do PROCONVE (Resolução CONAMA N° 18/86) e, atualmente, estão vigorando as fases 4 e 5, conforme Resolução CONAMA N° 315/02.
- Observa-se que os fatores de emissão são apresentados em g/kWh e, por conveniência, devem ser convertidos para g/L. Esta conversão pode ser feita usando o consumo específico médio para a frota (195 g/ kWh) e a densidade do óleo (852 g/L), como foi adotado pelo MCT (2006).

FASE	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)
PROCONVE				
1	(2)	(2)	(2)	(2)
2	1,86	0,68	10,70	0,660
3	1,62	0,54	6,55	0,318
4 (parcial)	0,85	0,29	6,16	0,120
5 (parcial)	0,84	0,17	4,68	0,079

- Volume de Combustível Vendido
- Em relação ao combustível vendido, foram obtidos, na Agência Nacional do Petróleo (2007), os volumes de diesel vendidos, para o período de 1997 a 2006.

Ano	<i>Quantidade de combustível (mil L)</i>
1997	7.835.000
1998	8.198.000
1999	8.447.000
2000	8.491.000
2001	9.227.000
2002	9.364.000
2003	8.966.000

- O cálculo das estimativas das emissões de gás carbônico será feito utilizando-se o Tier 1, já que não são disponibilizados, no país, fatores de emissão para este gás.
- Para os demais gases, as estimativas serão calculadas utilizando-se o Tier 2, pois há fatores de emissão disponibilizados pela Cetesb. Porém, deverá ser feita uma conversão da unidade, que é apresentada em g/kWh. Os dados utilizados para esta conversão serão discutidos com o Vanderlei Borsari, da Cetesb.
- Para complementar as estimativas para o período de 1990 a 2008, serão solicitados, à ANP, através de ofício, os volumes de diesel vendidos nos períodos de 1990 a 1996 e nos anos de 2007 e 2008.

Encaminhamentos

- Buscar dados faltantes
- Trabalho conjunto com a Cetesb, para definir os fatores de emissão anteriores a 2002
- Trabalho conjunto com IEMA:
 - Compatibilizar metodologia com a do Inventário Nacional (MMA e Cetesb)
 - Conciliar premissas
 - Buscar dados comuns