

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

**INVENTÁRIO DE GASES
DE EFEITO ESTUFA**

SECRETARIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
DIRETORIA DE ATERROS - Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Manoel de Almeida Junior, 345 - Pinheiros
05468-900 - SÃO PAULO - BRASIL

ARQUIVO TÉCNICO

Secretaria

SECRETARIA DE

8209
V673i
034212



25479



034212



APRESENTAÇÃO

No âmbito da vigência da Convenção sobre a Mudança do Clima, o **Estado de São Paulo**, co-responsável no cumprimento das obrigações assumidas pelo Governo Brasileiro, vem colaborando com os trabalhos da Comunicação Nacional, sob a Coordenação do Ministério de Ciência e Tecnologia. Entre outros trabalhos, está realizando o inventário das emissões antrópicas e dos sumidouros de todos os gases de efeito estufa no Estado, não controlados pelo Protocolo de Montreal.

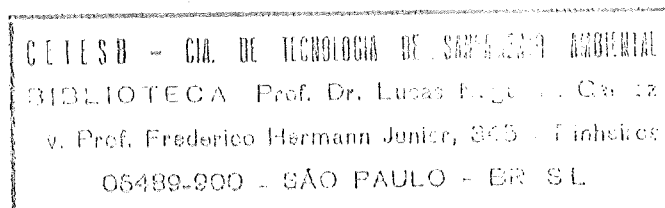
É amplamente reconhecido que a contribuição do Brasil para o efeito estufa é pouco significativa (2% das emissões globais atuais). Entretanto, não se pode negar que os requerimentos de energia e de infra-estrutura básica no País deverão crescer consideravelmente, caso se pretenda diminuir a pobreza, pois parte da população ainda não tem acesso à habitação, ao saneamento básico, ao mercado de produtos industrializados, etc. É, portanto, muito provável que as emissões de gases de efeito estufa aumentem significativamente num futuro próximo, se não forem tomadas algumas medidas.

Assim, dentro de limites viáveis, o Estado de São Paulo, que responde por aproximadamente 1/3 das emissões totais de CO₂ no País, assumiu a responsabilidade de tomar medidas que adaptem convenientemente a sua economia à questão das mudanças climáticas globais, na busca de um desenvolvimento sustentável. Com este intuito foi criado, em julho de 1995, o **Programa Estadual de Mudanças Climáticas Globais - PROCLIMA** que considera uma série de ações destinadas a mitigar as emissões de gases de efeito estufa.

A realização em março deste ano, na cidade do Rio de Janeiro, da "Conferência Rio+5", organizada pela sociedade civil com o intuito de avaliar a implementação dos acordos oriundos da Rio92, desperta expectativas e leva o Governo do Estado de São Paulo, por intermédio da **Secretarias de Estado de Energia e do Meio Ambiente**, a publicar os resultados preliminares e parciais do inventário das emissões de gases de efeito estufa no Estado, segundo a metodologia do **IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change**.

O inventário aqui apresentado, refere-se às emissões de CO₂ decorrentes do uso de energia e às emissões de CH₄ associadas ao tratamento e disposição de resíduos. Trata-se de um trabalho conjunto, realizado por técnicos da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e da Secretaria de Energia, que contou com o apoio da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - na realização do inventário das emissões de CO₂.

O objetivo desta publicação é levar ao conhecimento da comunidade envolvida com a problemática das mudanças globais alguns resultados do esforço do Estado de São Paulo na implantação dos compromissos da Convenção e dela receber toda sorte de comentários e sugestões.



CLASS	
DATE	
NUMBER	34212

B209
V6731
034212

-
1. EMISSÕES DE METANO GERADO NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO ESTADO DE SÃO PAULO NO ANO DE 1994
 2. INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CO₂ ASSOCIADAS À PRODUÇÃO E AO USO DE ENERGIA

EQUIPE TÉCNICA

Secretaria de Estado do Meio Ambiente - *Dep. Fabro Feldmann*

PROCLIMA - Programa Estadual de Mudanças Climáticas Globais

Dra. Suely Maria Machado Carvalho	Coordenadora
Dr. Fernando Rei	Secretário Executivo
Msc. André Luis Ferreira	Assessor Técnico

Secretaria de Estado de Energia

Coordenadoria de Planejamento e Política Estratégica
Dr. Armando Shalders Neto

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345
São Paulo - SP

CEP: 05489-900

Telefone: (011) 3030-6156 - 3030-6157 - 3030-6595

Fax: (011) 3030-6401

e-mail: <http://www.cetesb.br>

Química:	Sonia Maria Manso Vieira, (Dr^a)	Coord / Execução
Engenheiro:	João Wagner Silva Alves	Execução
Geógrafa:	Carmen Lúcia Vergueiro Midaglia, (Mestre)	Apoio
Aux. Lab.:	Carlos Alberto Sequeira Paiva	Apoio
Estagiária:	Kátia Sukihama Ventura	Apoio
Estagiária:	Roberta Garcia Ventura	Apoio

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Mecânica
Departamento de Energia

Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi

ÍNDICE

	Pág.
<i>Emissões de Metano Gerado no Tratamento e Disposição de Resíduos no Estado de São Paulo no Ano de 1994</i>	5
• <i>Introdução</i>	6
• <i>Metodologia</i>	7
• <i>Aplicação da Metodologia</i>	11
• <i>Resultados</i>	17
• <i>Discussão dos Resultados</i>	21
• <i>Bibliografia</i>	24
<i>Inventário de Emissões de CO2 Associadas à Produção e ao Uso de Energia</i>	25
• <i>Metodologia</i>	26
• <i>Inventário "Top Down"</i>	27
• <i>Inventário "Bottom-Up"</i>	32
• <i>Bibliografia</i>	36

Governo do Estado de São Paulo

Mário Covas

Governador

SMA - Secretaria do Meio Ambiente

Fabio Feldmann

Secretário

SE - Secretaria de Energia

David Zylbersztajn

Secretário

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Nelson Nefussi

Diretor Presidente

CETESB - Diretoria de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia

Suely Maria Machado de Carvalho

Diretora

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

José Martins Filho

Reitor

APRESENTAÇÃO

No âmbito da vigência da Convenção sobre Mudanças do Clima, o **Estado de São Paulo**, co-responsável no cumprimento das obrigações assumidas pelo Governo Brasileiro, vem colaborando com os trabalhos da Comunicação Nacional, sob a Coordenação do Ministério de Ciência e Tecnologia. Entre outros trabalhos, está realizando o Inventário das Emissões Antrópicas e dos Sumidouros de todos os gases de efeito estufa no Estado, não controlados pelo Protocolo de Montreal.

É amplamente reconhecido que a contribuição do Brasil para o efeito estufa é pouco significativa (2% das emissões globais atuais). Entretanto, não se pode negar que os requerimentos de energia e de infraestrutura básica no País deverão crescer consideravelmente, caso se pretenda diminuir a pobreza, pois parte da população ainda não tem acesso à habitação, ao saneamento básico, ao mercado de produtos industrializados, etc.. É, portanto, muito provável que as emissões de gases de efeito estufa aumentem significativamente num futuro próximo, se não forem tomadas algumas medidas.

Assim, dentro de limites viáveis, o Estado de São Paulo, que responde por aproximadamente 1/3 das emissões totais de CO₂ no País, assumiu a responsabilidade de tomar medidas que adaptem convenientemente a sua economia à questão das mudanças climáticas globais, na busca de um desenvolvimento sustentável. Com este intuito foi criado, em julho de 1995, o **Programa Estadual de Mudanças Climáticas Globais - PROCLIMA** que considera uma série de ações destinadas a mitigar as emissões de gases de efeito estufa.

A realização em março deste ano, na cidade do Rio de Janeiro, da "Conferência Rio+5", organizada pela sociedade civil com o intuito de avaliar a implementação dos acordos oriundos da Rio92, desperta expectativas e leva o Governo do Estado de São Paulo, por intermédio das **Secretarias de Estado de Energia e Meio Ambiente**, a publicar os resultados preliminares e parciais do Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Estado de São Paulo, segundo a metodologia do IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change.

Inventário aqui apresentado, refere-se às emissões de CO₂ decorrentes do uso de energia e às emissões de CH₄ associadas ao tratamento e disposição de resíduos. Trata-se de um trabalho conjunto, realizado por técnicos da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e da Secretaria de Energia, que contou com o apoio da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - na realização do Inventário das Emissões de CO₂.

O objetivo desta publicação é levar ao conhecimento da comunidade envolvida com a problemática das mudanças globais alguns resultados do esforço do Estado de São Paulo na implantação dos compromissos da Convenção e dela receber toda sorte de comentários e sugestões.

-
- 1 EMISSÕES DE METANO GERADO NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO ESTADO DE SÃO PAULO NO ANO DE 1994
 - 2 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CO₂ ASSOCIADAS À PRODUÇÃO E AO USO DE ENERGIA

EQUIPE TÉCNICA

Secretaria do Meio Ambiente - Deputado Fabio Feldmann

PROCLIMA - Programa Estadual de Mudanças Climáticas

Dra Suely Maria Machado de Carvalho	Coordenadora
Dr. Fernando Rei	Secretário Executivo
Msc. André Luis Ferreira	Assessor Técnico

Secretaria de Energia

Coordenadoria de Planejamento e Política Estratégica

Dr. Armando Shalders Neto

“Emissões de Metano Gerado no Tratamento e Disposição de Resíduos”

Equipe técnica da CETESB

Divisão de Questões Globais

Dr^a. Sonia M. M. Vieira
MsC. Marie Y V. Quaresma
Eng. João Wagner Silva Alves

Equipe de apoio

MsC, Carmen Lúcia V. Midaglia
Aux. Lab. Carlos Alberto S. Paiva
Estag. Kátia Sakihama Ventura
Estag. Roberta Garcia Ventura

“Inventário de Emissões de CO₂ Associadas à Produção e Uso da Energia”

Equipe técnica da UNICAMP

Faculdade de Engenharia Mecânica
Departamento de Energia

Prof. Dr. Gilberto Martino Jannuzzi

ÍNDICE

	<i>Página</i>
<i>Emissões de Metano Gerado no Tratamento e Disposição de Resíduos no Estado de São Paulo no Ano de 1994</i>	6
• <i>Introdução</i>	7
• <i>Metodologia</i>	9
• <i>Resultados</i>	14
• <i>Discussão dos Resultados</i>	22
• <i>Bibliografia</i>	24
 <i>Inventário de Emissões de CO2 Associadas à Produção e ao Uso de Energia</i>	25
• <i>Metodologia</i>	26
• <i>Inventário “ Top Down “</i>	27
• <i>Inventário “ Bottom-Up “</i>	32
• <i>Bibliografia</i>	36

***EMISSÕES DE METANO GERADO NO
TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE
RESÍDUOS NO ESTADO DE SÃO PAULO***

1 INTRODUÇÃO

A disposição e tratamento de resíduos municipais e industriais pode produzir emissões dos mais importantes gases de efeito estufa. Os resíduos sólidos podem ser descartados em aterro, em lixões, sofrer reciclagem ou incineração. Os resíduos líquidos podem receber várias formas de tratamento de águas residuárias.

O gás mais importante produzido no tratamento de resíduos é o metano que pode ser convertido em energia. Quantias significativas de emissões anuais de metano produzidas e liberadas à atmosfera são um produto secundário da decomposição anaeróbia de resíduos. As duas maiores fontes deste tipo de produção de metano são os aterros e o tratamento anaeróbio de águas residuárias. Em cada caso, a matéria orgânica contida nos resíduos se decompõe por ação das bactérias metanogênicas, produzindo o biogás composto principalmente de metano e gás carbônico (IPCC, 1995).

Este relatório apresenta as emissões resultantes da disposição de resíduos sólidos em aterro e do tratamento de efluentes, no Estado de São Paulo em 1994.

1.1 Emissões de metano provenientes da disposição de resíduos sólidos em aterros

O biogás pode representar um perigo para o meio ambiente a nível local, caso não sejam tomadas as devidas medidas de prevenção às emissões não sujeitas ao controle, ou às terras vizinhas. O gás pode emanar tanto lateralmente do aterro quanto pelo ar atmosférico. O gás sulfídrico (H_2S), presente em baixas concentrações no biogás, pode causar danos à vegetação e odores desagradáveis; em altas concentrações o gás metano pode provocar misturas explosivas.

O metano proveniente dos aterros contribui em proporção considerável para as emissões globais de metano ao ano. No entanto, a estimativa está sujeita a um grande grau de incerteza. As estimativas das emissões globais de metano, proveniente dos aterros, oscilam entre 20 e 70 teragramas por ano Tg/ano e as fontes antropogênicas globais emitem 360 Tg/ano, indicando que os aterros podem produzir cerca de 6 a 20 % do total de metano (IPCC, 1995).

1.2 Emissões de metano a partir do tratamento de efluentes

A produção de metano gerado no tratamento de efluentes sob condições anaeróbias varia entre 30 a 40 Tg/ano. Isto representa de 8 a 11 % do total global de emissões antropogênicas de metano, estimado em 360 Tg/ano (IPCC, 1995). O tratamento de efluentes industriais contribui com a maior parcela, estimada entre 26 a 40 Tg/ano. O tratamento de esgotos domésticos e comerciais é estimado para emitir aproximadamente 2 Tg/ano. As incertezas destas estimativas resultam da falta de dados que caracterizam as práticas de tratamento das águas residuárias, as quantidades de esgoto que são tratados anaerobiamente, dados da quantidade de metano produzido que é queimado ou utilizado de outra forma, e dados de campo das potenciais emissões de metano em lagoas de tratamento de esgoto (Thomeloe, citado no IPCC, 1995).

Os efluentes com alto teor de matéria orgânica como os esgotos domésticos e efluentes das indústrias alimentícias, de bebidas e de papel e celulose entre outras têm um alto potencial para emissão de metano. A matéria orgânica presente nesses efluentes é expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que é o principal fator determinante do potencial de geração de metano. A DBO representa a quantidade de oxigênio consumida por microorganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica (expressa em miligramas por litro - mg/l).

Efluentes com alta concentração de DBO produzem mais metano do que esgotos com concentrações relativamente baixas de DBO.

1.3 Levantamento de dados bibliográficos e estatísticos

A metodologia proposta pelo IPCC conduz ao levantamento de dados estatísticos para a definição das características populacionais e do parque industrial do Estado de São Paulo. É necessário conhecer a população total e a sua fração urbana, além das condições de saneamento. É necessário também conhecer o volume lançado de resíduos, a concentração de matéria orgânica e os recursos de saneamento empregados naquele ano.

O IPCC sugere ainda que na medida do possível, através da literatura nacional, se utilizem informações técnicas locais como a eficiência de remoção de matéria orgânica de cada sistema empregado, as características de degradação dos aterros e de sistemas de tratamento de efluentes industriais, a geração potencial de biogás e as quantidades recuperadas.

Portanto, para o cumprimento da metodologia proposta, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que serve de apoio à estimativa das emissões de metano oriundo dos resíduos no Estado de São Paulo no ano de 1994.

Os dados estatísticos oficiais de população foram obtidos da Pesquisa Nacional de Amostragem Industrial da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (FUNDAÇÃO IBGE, 1997).

Informações específicas a respeito das emissões de efluentes foram obtidas do Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 1995).

Os dados a respeito da disposição de resíduos sólidos foram obtidos da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 1989 (FUNDAÇÃO IBGE, 1992) e Programa de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares e de serviços de saúde "Pró-Lixo" (CETESB, 1992).

2 METODOLOGIA

O inventário de emissões de metano oriundo do tratamento de águas residuárias e da disposição de resíduos sólidos do ano de 1994, executado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), segue as recomendações do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Greenhouse Gas Inventory", Volumes 1, 2 e 3, respectivamente "Reporting Instructions", "Workbook", e "Reference Manual" (IPCC, 1995).

De acordo com o "Reference Manual", as emissões de metano oriundo do tratamento de águas residuárias são estimadas para resíduos sólidos e para dois tipos diferentes de efluentes líquidos, segundo a sua origem que pode ser doméstica ou comercial ou pode ser de origem industrial.

Para cada estimativa de emissão, o IPCC apresenta dois métodos: um usando tratamento de dados simplificado (método A) e outro usando tratamento de dados detalhado (método B).

Nesse trabalho são apresentadas para o Estado de São Paulo no ano de 1994 as seguintes estimativas efetuadas conforme o método A do IPCC, (IPCC, 1995):

- Emissões de metano oriundo da disposição de resíduos sólidos pelo método A em $GgCH_4/ano$,
- Emissões de metano oriundo do tratamento de resíduos líquidos de origem doméstica ou comercial pelo método A em $GgCH_4/ano$ e
- Emissões de metano oriundo do tratamento de resíduos líquidos de origem industrial pelo método A em $GgCH_4/ano$.

2.1 Metodologia para estimar emissões de metano a partir da disposição de resíduos sólidos

A metodologia aqui apresentada é a recomendada pelo IPCC para aplicação a aterros sanitários. O IPCC acredita que os lixões também deveriam ser considerados nos inventários nacionais, especialmente pelos países em desenvolvimento. Embora não sejam operados como aterros sanitários, os lixões contêm altos níveis de matéria orgânica que degradam rapidamente em um período de aproximadamente 10 anos (IPCC, 1995).

Nenhuma metodologia foi ainda desenvolvida para os lixões, que serão considerados em um trabalho futuro. Neste meio tempo, o IPCC sugere a utilização de uma versão ajustada do método padrão para aterros sanitários.

Thomeloe e outros (citados no IPCC, 1995) utilizaram o método de estimativa de emissões de aterros sanitários reduzindo em 50% para o caso dos lixões. Sugerem que especialistas nacionais façam seu próprio julgamento para saber se essa redução é uma aproximação razoável para as condições de seus países. Onde os lixões são grandes e relativamente sem perturbações, pode-se verificar que as emissões de CH_4 são similares às de um aterro sanitário. Em outros casos, lixões pequenos podem ser perturbados por animais, queimadas e outros fatores, e gerar muito pouco metano. Sugerem que emissões oriundas de lixões deveriam ser relatadas separadamente dos aterros sanitários, com documentações e métodos usados.

Metodologia de balanço de massa e produtividades teóricas de gás

Este é o método mais simples para se calcular emissões de metano de aterros sanitários. Ele é baseado em um balanço de massa aproximado e não incorpora fatores de tempo na metodologia. O cálculo assume que uma liberação instantânea de metano, a partir do resíduo, ocorre no mesmo ano em que este resíduo foi aterrado.

Metodologia padrão: usando conteúdo de carbono orgânico degradável

A um nível bastante sensível, pode-se empregar uma fórmula empírica para o lixo como ponto de partida para estimar as emissões que se despreendem dos resíduos. Considerando-se sua conversão total em carbono, hidrogênio e oxigênio, se chega a níveis muito elevados e pouco realistas de emissões de metano. Como se sabe que não ocorre decomposição total, haveria que se fazer ajustes.

Uma aproximação mais útil consiste em considerar o conteúdo de carbono orgânico degradável (COD), isto é, o carbono orgânico que é acessível à decomposição bioquímica e usar este valor para calcular a quantidade de metano liberado pelo resíduo.

Como um método simples e robusto, esta é atualmente a metodologia padrão mais acessível para calcular emissões específicas de metano de aterros para um determinado local, já que ele requer a menor quantidade de dados para realizar os cálculos e pode ser modificada e refinada a medida que a quantidade de dados disponíveis para cada local aumenta.

A porcentagem de Carbono Orgânico Degradável (COD) está baseada na composição do resíduo. A porcentagem de COD pode ser calculada a partir do peso médio do conteúdo de carbono dos vários componentes do resíduo.

Bingmer e Crutzen (citados no IPCC, 1995) coletaram dados para várias regiões.

É recomendável que para os locais onde a composição das frações do resíduo são conhecidas, que elas sejam combinadas, com o conhecimento do conteúdo de carbono destas frações, para produzir um valor específico de COD por país.

Para os países em desenvolvimento são sugeridos os seguintes valores: fração de Resíduo Sólido Doméstico (RSD) aterrado igual a 0,8, fração de Carbono Orgânico Degradável (COD) no RSD igual a 0,15 e a geração diária de lixo por habitante igual a 0,5 kg/capita.dia (IPCC, 1995).

A determinação da emissão de metano anual por país ou região pode ser calculada a partir da equação 1, a seguir:

Equação 1 Emissão de Metano (Gg/ano) = Total RSD gerado (Gg/ano) x fração do RSD aterrado x fração de COD no RSD x fração dissipada de COD x 0,5 (g C como metano/g C como biogás) x taxa de conversão (16/12) - metano recuperado (Gg/ano).
--

onde:

Total de resíduo gerado: pode ser calculado a partir da população (em 10^6 pessoas) x taxa anual de geração de resíduos (Gg/ 10^6 pessoas.ano). Em países em desenvolvimento somente a população urbana é considerada, pois considera-se que a população rural deposita seu resíduo em lixões muito pequenos, onde assume-se que não ocorra uma geração significativa de metano.

Fração do resíduo aterrado: é a fração de resíduo que é destinada à disposição em aterros sanitários.

Fração de carbono orgânico degradável (COD) no resíduo: é a fração de carbono orgânico, presente no resíduo, que sofrerá degradação.

Fração dissipada de carbono orgânico dissipado: é a fração de COD que é convertido para gás de aterro. A fração assimilada é carbono remanescente que é utilizado para formação de novas células microbianas. Até agora, estimativas de quanto carbono pode ser dissipado podem ser calculadas através de modelos teóricos que dependem somente da temperatura da zona anaeróbia do aterro:

onde T= temperatura em °C.

Nenhum desconto foi feito para alguma redução nas emissões de metano devido a oxidação do mesmo. Também foi assumido que todo resíduo foi decomposto anaerobiamente dentro do aterro preferivelmente à forma aeróbia.

Valores adotados:

% resíduo aterrado:	acima de 80%
% COD:	21%
% COD dissimilado:	77%

0,5 g C como CH_4 por g C como biogás

Conversão de C para CH₄ em razão de peso molecular

metano recuperado: 1,5 Tg/ano

Estas considerações geraram uma estimativa de $\{(235 \text{ Tg/ano} \times 0.80 \times 0.21 \text{ COD} \times 0.77 \text{ COD dissimilado} \times 0.5 \text{ kg C como CH}_4/\text{kg como biogás} \times 16/12) - 1.5 \text{ Tg/ano} = \}$ 19 Tg de metano/ano.

2.2 Metodologia para a estimativa das emissões provenientes do tratamento de águas residuárias

Águas residuárias domésticas e comerciais

Passos para o método A

Os dados necessários são:

1. Demanda Bioquímica de Oxigênio de cinco dias em Gg de DBO₅ por 1000 habitantes por ano (os valores de avaliação indireta ("default") são fornecidos pelo IPCC. A DBO₅ é a medida padronizada da DBO realizada à temperatura constante de 20°C e durante um período fixo de incubação de cinco dias).
2. População do país em milhares de habitantes (países em desenvolvimento podem estimar as emissões de tratamento de águas residuárias baseando-se somente na população urbana do país, se os resíduos produzidos nas áreas rurais se decompõem em ambiente aeróbio).
3. Estimativa da fração total de águas residuárias tratadas anaerobiamente, tais como lagoas anaeróbias, sistemas de tratamento anaeróbio e fossas sépticas. Devido a informação escassa disponível sobre a fração de águas residuárias tratada anaerobiamente em diferentes países, o IPCC (IPCC, 1995) recomenda que os mesmos providenciem suas

próprias estimativas de acordo com os dados disponíveis. Contudo, fornece os valores "default" para a fração do total de águas residuárias tratadas anaerobiamente em certas regiões; estes valores podem ser usados na falta de estimativas para países específicos. Para a América Latina é recomendado o valor máximo de 0,10 para a fração tratada anaerobiamente.

4. Estimativa do fator de emissão de CH₄. Recomenda-se o valor "default" de 0,22 Gg de CH₄ / Gg DBO₅.
5. A quantidade de metano recuperado não emitida à atmosfera. Esta quantidade incluiria todo o metano recuperado e queimado, ou usado como fonte de energia no tratamento de águas residuárias. Se não existir informações nacionais disponíveis, o valor "default" admitido é nulo.

A equação 2 resume o cálculo de emissão de metano:

Equação 2 Emissão de Metano (Gg/ano) = População (10³ habitantes) x (Gg DBO₅ / 10³ habitantes/ano) x x Fração Tratada Anaerobiamente x 0,22 (Gg CH₄ / Gg DBO₅) - - Metano Recuperado (Gg/ano)
--

Águas residuárias industriais

As emissões de metano provenientes das águas residuárias produzidas em poucas indústrias-chaves representam uma grande proporção de emissões totais procedentes do tratamento de águas residuárias (Thomeloe, citado no IPCC, 1995). O IPCC recomenda que os especialistas nacionais estimem as emissões das indústrias mais representativas quanto à geração de DBO (IPCC, 1995), em função dos dados disponíveis.

Passos para o método A. (simplificado)

1. Determinar as indústrias importantes para o país, ou seja, aquelas que produzem efluentes contendo altas concentrações de matéria orgânica. As emissões de metano provenientes do tratamento de águas residuárias industriais dependem da vazão dos efluentes classificados por indústrias.
2. Estimar os efluentes industriais. Se esses dados não estiverem disponíveis, os mesmos podem ser estimados considerando a produção por indústria e a água consumida por unidade de produto. As taxas típicas de consumo de água são fornecidas pelo IPCC (IPCC, 1995).
3. A concentração de DBO₅ de águas residuárias para cada tipo de indústria deve ser estimada. Os valores "default" de DBO são também fornecidos pelo IPCC.
4. Estimar a fração de águas residuárias, tratadas anaerobiamente, provenientes de cada indústria.
5. Estimar o fator de emissão de CH₄. O valor "default" recomendado é de 0,22 Gg de CH₄ / Gg de DBO₅.
6. Se o tratamento anaeróbio com metano recuperado for empregado, a quantidade de metano que é recuperada deve ser subtraída do total de emissões.

A equação 3 resume o cálculo das emissões correspondentes ao tratamento das águas residuárias industriais. As emissões deveriam ser estimadas por tipo de indústria; as emissões totais procedentes do tratamento de águas residuárias industriais são a soma das emissões de cada indústria.

Equação 3

Emissão de Metano (Gg / ano)

=

$$\begin{aligned} & \Sigma \text{ efluentes industriais, por tipo de indústria (MI / ano) } \times \\ & \times (\text{kg DBO}_5 / \text{l}) \times \text{Fração das Águas Residuárias Tratada Anaerobiamente } \times \\ & \times 0,22 (\text{GgCH}_4/\text{GgDBO}_5) - \text{CH}_4 \text{ Recuperado (Gg / ano)} \end{aligned}$$

3 RESULTADOS

Tabela 3.1 Emissões de metano pela disposição e tratamento de resíduos sólidos no Estado de São Paulo - 1994

Módulo	Resíduos				
Submódulo	Emissão de metano oriundo de aterros				
Tabela	3.1 (suplementar)				
Folha	1 de 1				
Estado	A População Urbana em 1994 (10 ⁶ pessoas)	B Taxa de geração de resíduos (Gg RSD / 10 ⁶ pessoas.ano)	C Resíduo gerado (Gg RSD) $C = A \times B$	D Fração aterrada %	E RSD anual aterrado (Gg RSD) $E = C \times D$
São Paulo	31,0	197,0	6.099,2	75%	4.574,4

Módulo	Resíduos										
Submódulo	Emissão de metano oriundo de aterros										
Tabela	3.1										
Folha	1 de 1										
	ETAPA 1			ETAPA 2			ETAPA 3				
Estado	A RSD Anual Aterrado (Gg RSD)	B Fração de COD	C COD Anual Aterrado (Gg) $C = A \times B$	D Fração realmente degradada	E Carbono gerado anualmente como Biogás (Gg) $E = C \times D$	F Fração para C CH ₄	G Carbono gerado anualmente como CH ₄ (Gg C) $G = E \times F$	H Taxa de Conversão (16 / 12)	I CH ₄ gerado (Gg CH ₄) $I = G \times H$	J CH ₄ recuperado (Gg CH ₄)	K Emissões Líquidas de CH ₄ (Gg CH ₄) $K = I - J$
São Paulo	4.574,4	0,15	686,2	0,77	528,3	0,5	264,2	1,33	351,3	-	351,3

Os números presentes nas tabelas acima tiveram sua apresentação de forma arredondada, porém os cálculos foram feitos utilizando-se todos os significativos de cada número.

3.1 Explicações a respeito da execução da estimativa de emissões de metano oriundo do tratamento de resíduos sólidos pelo método A em GgCH₄/ano.

A estimativa das emissões, de acordo com os passos do método A do IPCC, foi executada levando-se em conta os seguintes passos, descritos na forma das colunas de A até E na tabela 3.1 (suplementar) e de A até K na tabela 3.1:

Coluna A É a população urbana do Estado de São Paulo no ano de 1994 em 10⁶ pessoas. As amostragens demográficas do IBGE foram efetuadas para anos de 1993 e 1995. A população urbana e total do Estado de São Paulo e do País no ano de 1994 foi calculada através da seguinte equação:

$$P_{1994} = P_{1993} \times (1 + i)$$

onde:

P_{1994} é a estimativa da população residente no ano de 1994, estimada utilizando-se a seguinte equação:

i é a taxa média geométrica de incremento anual da população residente, definida utilizando-se a seguinte equação:

$$i = (P_{1995}/P_{1993})^{1/(1995-1993)} - 1,$$

onde:

P_{1993} é a população residente no ano de 1993 e

P_{1995} é a população residente no ano de 1995.

A Tabela 3.1.1 contém os dados de população residente urbana e total do Estado de São Paulo e do Brasil dos anos de 1993 e 1995, definidas na Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD) (IBGE, 1997), e estimativa de população urbana e total do Estado e do País no ano de 1994.

Tabela 3.1.1 População urbana e total no Estado de São Paulo e no Brasil nos anos de 1993, 1995, a taxa média geométrica de incremento anual da população entre esses dois anos e a estimativa da população para o ano de 1994.

	Brasil		São Paulo	
	Total	Urbana	Total	Urbana
P_{1993}	148.216.677	116.086.749	32.821.933	30.478.241
P_{1995}	152.374.603	120.350.537	33.819.754	31.450.040
$i_{(1993 - 1995)}$	1,39%	1,82%	1,51%	1,58%
P_{1994}	150.281.26	118.199.419	33.317.108	30.960.328

Fonte: FUNDAÇÃO IBGE, 1997

Coluna B Taxa de geração anual de resíduos no Estado de São Paulo, que de acordo com a CETESB é de 197 Gg/10⁶ pessoas.ano (CETESB, 1992).

Coluna C É o produto das colunas A e B, ou seja, o resíduo gerado em Gg/ano.

Coluna D A fração aterrada ao ano, segundo o PNSB, é de 0,75 (FUNDAÇÃO IBGE, 1989).

Coluna E É o produto das colunas C e D, ou seja, o RSD depositado anualmente em aterro sanitário em Gg/ano RSD.

Obs.: O valor da coluna E deve ser transportado para a coluna A da tabela 4.1, a seguir.

Na tabela 3.1, foi feito o seguinte:

Coluna A A coluna A recebe o valor da coluna E da tabela 4.1 (suplementar).

Coluna B É a estimativa do COD presente no RSD que é aterrado e que segundo o IPCC é igual a 0,15.

Coluna C É o produto das colunas A e B, ou seja, é o COD aterrado anualmente em Gg/ano.

Coluna D É a estimativa da fração que realmente se degrada no aterro e que segundo o IPCC é de 0,77.

Coluna E É o produto das colunas C e D, ou seja, é o carbono liberado como biogás em Gg/ano de C.

Coluna F É a estimativa da fração de carbono na forma de biogás liberado como metano, que segundo o IPCC é de 0,5.

Coluna G É o produto das colunas E e F, ou seja, o carbono liberado como metano em Gg C/ano.

Coluna H É a taxa de conversão de C (peso molecular 12) em metano (CH₄) (peso molecular 16) igual a 16/12

Coluna I É o produto das colunas G e H, ou seja, é o metano liberado em GgCH₄/ano.

Coluna J É a quantidade de metano recuperado ou queimado anualmente em GgCH₄/ano.

Coluna K É a diferença entre as colunas I e J, ou seja, a quantidade líquida de CH₄ emitida em GgCH₄/ano.

Tabela 3.2 Emissões de metano pelo tratamento de esgotos domésticos e comerciais no Estado de São Paulo - 1994

Submódulo	Emissão de metano oriundo do tratamento de esgotos domésticos e comerciais									
Tabela	3.2									
Folha	1 de 1									
	ETAPA 1			ETAPA 2			ETAPA 3			
Estado	A População Estimada (1000 pessoas) em 1994	B Valor da DBO ₅ do efluente (Gg DBO ₅ / 1000 pessoas / ano)	C DBO ₅ Anual (Gg DBO ₅)	D Máxima Fração de efluentes tratados anaerobialmente	E Quantidade de DBO ₅ tratado anaerobialmente dos efluentes (Gg DBO ₅)	F Fator de Emissão de Metano anaerobialmente (Gg CH ₄ / Gg DBO ₅)	G Total emitido de CH ₄ (Gg CH ₄ / ano)	H Metano Recuperado (Gg CH ₄ / ano)	I Emissões Líquidas de CH ₄ (Gg CH ₄ / ano)	
			$C = A \times B$		$E = C \times D$		$G = E \times F$		$I = G - H$	
São Paulo	30.960,3	0,018	563,5	0,1	56,4	0,22	12,4	-		12,4

Os números presentes na tabela acima tiveram sua apresentação de forma arredondada, porém os cálculos foram feitos utilizando-se todos os significativos de cada número.

3.2 Explicações a respeito da execução da estimativa de emissões de metano oriundo do tratamento de resíduos líquidos de origem doméstica ou comercial pelo método A em $GgCH_4$ /ano.

Para a estimativa das emissões, de acordo com os passos do método A do IPCC, foram dadas como necessárias algumas informações, que confrontadas com os dados da CETESB para o Estado de São Paulo, ficaram como descrito nas colunas de A até I na tabela 3.2:

Coluna A	Os dados de população residente urbana e total do Estado de São Paulo no ano de 1994 foram tomados de forma idêntica à que foi feita no item 3.1 (resíduos sólidos). A coluna A da tabela 4.2, portanto, apresenta a população urbana do Estado de São Paulo em 1994 em 10^3 pessoas.
Coluna B	De acordo com o IPCC a contribuição per capita de Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias (DBO_5) em países Latino-Americanos é estimada em 0,040 kg DBO_5 /habitante.dia ou 0,0146 Gg DBO_5 por 1000 habitantes por ano. Para o Brasil a contribuição é estimada em 0,050 kg DBO_5 /habitante.dia ou 0,0183 Gg DBO_5 por 1000 habitantes por ano (FEACHEM et al., 1983).
Coluna C	É o produto das colunas A e B, ou seja, a DBO_5 no ano de 1994 em Gg DBO_5 /ano.
Coluna D	Fração de esgotos domésticos tratada anaerobiamente em todo o Brasil, estimada pelo IPCC para populações urbanas de países Latino-Americanos, como, no máximo 0,10 (IPCC, 1995).
Coluna E	É o produto das colunas C e D, ou seja, a quantidade de DBO_5 tratada anaerobiamente dos efluentes em Gg DBO_5 /ano.
Coluna F	É o fator de emissão de metano igual a 0,22 $GgCH_4$ /Gg DBO_5 , recomendado pelo IPCC (IPCC, 1995).
Coluna G	É o produto das colunas E e F, ou seja, o total de metano emitido no ano em $GgCH_4$ /ano.
Coluna H	No Brasil não há recuperação significativa de metano nas estações de tratamento de esgotos domésticos (Vieira, 1994).
Coluna I	É a diferença entre as colunas G e H, ou seja, a quantidade líquida de metano emitido em $GgCH_4$ /ano.

Tabela 3.3 Emissões de metano pelo tratamento de efluentes industriais no Estado de São Paulo - 1994

Resíduos									
Emissão de metano oriundo do tratamento de efluentes industriais									
3.3									
1 de 2									
ETAPA 1		ETAPA 2			ETAPA 3				
A	A'	B	C	D	E	F	G		
Total DBO ₅ gerado (t DBO ₅ / dia)	Total DBO ₅ gerado (Gg DBO ₅ / ano)	Fração de Efluente Tratado Anaerobiamente (10%)	Quantidade de DBO ₅ tratada anaerobiamente dos efluentes (Gg DBO ₅) E = C x D	Fator de Emissão de Metano (Gg CH ₄ / Gg DBO ₅) (Gg)	Total de Metano gerado (Gg CH ₄) G = E x F	Metano Recuperado (Gg CH ₄)	Emissões Líquidas de Metano (Gg CH ₄) I = G - H		
				0,22 (Gg CH ₄ / Gg DBO ₅)					
Aguapeí C/L	9,2	3,4	0,3	0,22	0,1	-	0,1		
Aguapeí S/L	359,3	131,1	13,1	0,22	2,9	-	2,9		
Peixe C/L	34,1	12,4	1,2	0,22	0,3	-	0,3		
Peixe S/L	138,5	50,6	5,1	0,22	1,1	-	1,1		
Pontal do Paranapanema	6,2	2,3	0,2	0,22	0,0	-	0,0		
Alto Paranapanema	286,6	104,6	10,5	0,22	2,3	-	2,3		
Médio Paranapanema	726,9	265,3	26,5	0,22	5,8	-	5,8		
Alto Tietê	86,9	31,7	3,2	0,22	0,7	-	0,7		
Alto Tietê	-	-	-	-	-	-	-		
Bacia do Rio Tietê Alto - Zona Metropolitana	396,4	144,7	14,5	0,22	3,2	-	3,2		
Bacia do Reservatório Billings	3,1	1,1	0,1	0,22	0,0	-	0,0		
Bacia do Rio Cotia	5,3	1,9	0,2	0,22	0,0	-	0,0		
Bacia do Reservatório Guarapiranga	1,8	0,7	0,1	0,22	0,0	-	0,0		
Bacia do Rio Capivari C/L	8,0	2,9	0,3	0,22	0,1	-	0,1		
Bacia do Rio Capivari S/L	114,2	41,7	4,2	0,22	0,9	-	0,9		
Bacia do Rio Jundiaí	86,7	31,6	3,2	0,22	0,7	-	0,7		
Bacia do Rio Piracicaba C/L	156,8	57,2	5,7	0,22	1,3	-	1,3		
Bacia do Rio Piracicaba S/L	952,2	347,6	34,8	0,22	7,6	-	7,6		
Sorocaba / Médio Tietê C/L	9,3	3,4	0,3	0,22	0,1	-	0,1		
Sorocaba / Médio Tietê S/L	91,1	33,3	3,3	0,22	0,7	-	0,7		
Bacia do Rio Sorocaba C/L	151,6	55,3	5,5	0,22	1,2	-	1,2		
Bacia do Rio Sorocaba S/L	43,8	16,0	1,6	0,22	0,4	-	0,4		

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - 1994 - CETESB

C/L = com lançamento; S/L = sem lançamento

Os números presentes na tabela acima tiveram sua apresentação de forma arredondada, porém os cálculos foram feitos utilizando-se todos os significativos de cada número.

Tabela 3.3 Emissões de metano pelo tratamento de efluentes industriais no Estado de São Paulo - 1994 (Continuação)

Resíduos											
Módulo											
Submódulo		Emissão de metano oriundo do tratamento de efluentes industriais									
Tabela	3.3										
Folha	2 de 2										
Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI)		ETAPA 1		ETAPA 2			ETAPA 3				
		A'	A	B	C	D	E	F	G		
		Total DBO ₅ gerado (t DBO ₅ / dia)	Total DBO ₅ gerado (Gg DBO ₅ / ano)	Fração de Efluente Tratado Anaerobiamente (10%)	Quantidade de DBO ₅ tratada anaerobiamente dos efluentes (Gg DBO ₅)	Fator de Emissão de Metano 0,22 (Gg CH ₄ / Gg DBO ₅) (Gg)	Total de Metano gerado (Gg CH ₄)	Metano Recuperado (Gg CH ₄)	Emissões Líquidas de Metano (Gg CH ₄)		
					E = C x D		G = E x F		I = G - H		
Tietê / Jacaré		-	-	-	-	-	-	-	-		
Tietê / Batalha		-	-	-	-	-	-	-	-		
Baixo Tietê C/L		112,6	41,1	0,1	-	-	-	-	-		
Baixo Tietê S/L		540,9	197,4	0,1	-	-	-	-	-		
Turvo / Grande C/L		23,6	8,6	0,1	-	-	-	-	-		
Turvo / Grande S/L		912,7	333,1	0,1	-	-	-	-	-		
São José dos Dourados C/L		3,5	1,3	0,1	-	-	-	-	-		
São José dos Dourados S/L		114,2	41,7	0,1	-	-	-	-	-		
Pardo		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sapucaí / Grande		459,2	167,6	0,1	-	-	-	-	-		
Mogi-Guaçu C/L		1.542,4	563,0	0,1	-	-	-	-	-		
Mogi-Guaçu S/L		2.064,8	753,7	0,1	-	-	-	-	-		
Baixo Pardo / Grande		-	-	-	-	-	-	-	-		
Mantiqueira		0,1	0,0	0,1	-	-	-	-	-		
Paraliba do Sul C/L		69,9	25,5	0,1	-	-	-	-	-		
Paraliba do Sul S/L		20,0	7,3	0,1	-	-	-	-	-		
Ribeira do Iguaçu / Litoral Sul		0,0	0,0	0,1	-	-	-	-	-		
Baixada Santista		131,7	4,8	0,1	-	-	-	-	-		
Total do Estado de São Paulo		-	-	-	-	-	-	-	-		

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - 1994 - CETESB

C/L = com lançamento; S/L = sem lançamento

Os números presentes na tabela acima tiveram sua apresentação de forma arredondada, porém os cálculos foram feitos utilizando-se todos os significativos de cada número.

3.3 Explicações a respeito da estimativa de emissões de metano oriundo do tratamento de resíduos líquidos de origem industrial pelo método A em GgCH₄/ano

A estimativa de emissões de metano oriundo do tratamento de resíduos líquidos de origem industrial pelo método A, implicou na necessidade de levantamento das seguintes informações referentes às indústrias nacionais, como recomenda o IPCC (IPCC, 1995).

3.3.1 Determinação das principais atividades industriais do Estado de São Paulo, de acordo com a metodologia proposta pelo IPCC.

Para a estimativa das emissões, de acordo com os passos do método A do IPCC, foram dadas como necessárias algumas informações, que confrontadas com os dados da CETESB para o Estado de São Paulo, ficaram da seguinte forma na tabela 3.3.

A estimativa das emissões, de acordo com os passos do método A do IPCC, foram dadas como necessárias algumas informações, que confrontadas com os dados da CETESB para o Estado de São Paulo, ficaram na forma das colunas de A até G na tabela 3.3:

Coluna A	A carga orgânica dos efluentes industriais em tDBO ₅ /dia discriminada por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) (CETESB, 1995).
Coluna B	É a fração de efluente tratada anaerobiamente em todo o Brasil, estimada pelo IPCC, para populações urbanas de países Latino-Americanos, como, no máximo 0,10 (IPCC, 1995).
Coluna C	É o produto das colunas A e B, ou seja, a quantidade de DBO ₅ tratada anaerobiamente dos efluentes em Gg DBO ₅ .
Coluna D	É o fator de emissão de metano igual a 0,22 GgCH ₄ /GgDBO ₅ , recomendado pelo IPCC (IPCC, 1995).
Coluna E	É o produto das colunas C e D, ou seja, o total emitido de CH ₄ /ano.
Coluna F	No Brasil praticamente não há recuperação de metano nas estações de tratamento de esgotos industriais (Craveiro, 1991).
Coluna G	É a diferença entre as colunas E e F, ou seja, a quantidade líquida de metano em Gg CH ₄ /ano.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resíduos sólidos

Com respeito ao resultado obtido devemos observar que foram considerados apenas os resíduos dispostos em aterros, sendo que a parcela de resíduos que vai para lixões não foi considerada devido à ausência de uma metodologia como o IPCC também observa.

4.2 Efluentes domésticos e comerciais

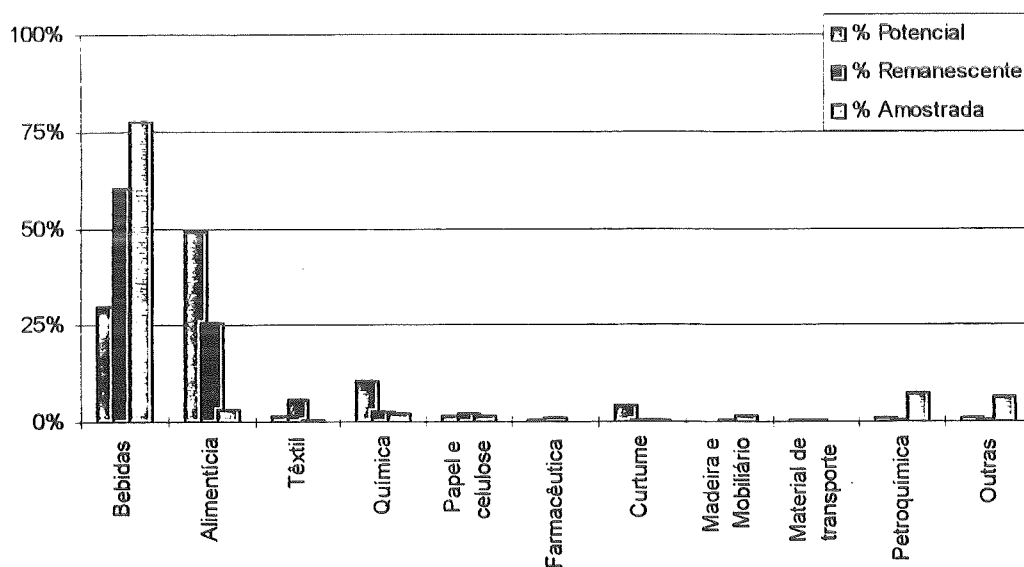
A estimativa do fração máxima de efluentes tratados anaerobiamente considerada neste inventário é igual à recomendada pelo IPCC. Todavia, deve-se considerar que este valor 0,10 talvez seja elevado. A determinação mais precisa da fração tratada anaerobiamente se tornará viável a partir da execução de um inventário das estações de tratamento de efluentes em todo o Estado.

4.3 Efluentes industriais

O Estado de São Paulo, responsável em 1990 por 37,9% do PIB, 26,5% da população urbana do país e 23,2% da população ocupada, diferencia-se do restante do país apresentando um consumo de energia per capita no Estado 78,0% maior que a média do restante do país (SEADE, 1992). O Estado através da sua agência ambiental, a CETESB, conta com um banco de dados, o Sistema de Licenças e Penalidades (SILP), onde são registradas diariamente todas as atividades ligadas ao controle de poluição ambiental de origem industrial no Estado de São Paulo. Neste banco de dados estão contidas informações dos efluentes industriais como a vazão e concentração de matéria orgânica entre outras. Portanto, a partir desses dados definiu-se no Estado de São Paulo os segmentos industriais mais importantes para a geração de metano oriundo do tratamento de efluentes industriais, figura 4.3 (SILP, 1996).

A estimativa de geração de metano a partir do tratamento dos efluentes industriais foi feita utilizando dados que não permitem a discriminação do tipo de indústria geradora da carga orgânica. Para que se possa avaliar a importância de cada setor industrial na geração de carga orgânica, como é recomendado pelo IPCC, apresentamos a seguir a participação relativa de cada setor no Estado de São Paulo a partir de dados do SILP de 1990.

Figura 4.3 Contribuição relativa das diferentes atividades industriais no Estado de São Paulo com relação ao lançamento de efluentes no ano de 1990.



Fonte: CETESB/SILP, 1990

Levando-se em conta os dados de geração potencial de efluentes do Estado de São Paulo, contidos no SILP, observa-se a grande importância do setor alimentício e de bebidas, havendo ainda alguma participação dos setores químico e de curtume. O gráfico acima proporciona a comparação das contribuições dos diferentes setores da seguinte maneira:

Observa-se que a carga orgânica potencial do setor de bebidas equivale a aproximadamente 30% do total enquanto que o setor de alimentos contribui com quase 50% e os setores químico e de curtume ainda distinguem-se com alguma contribuição de maior significância dentre os demais. Análise semelhante pode ser feita para as cargas orgânicas Remanescente e Amostrada. A soma das frações de cada uma delas equivale a 100%. Isso deve ser dito para que não se interprete erradamente que o setor de bebidas tem uma contribuição amostrada superior à remanescente e essas duas superiores à contribuição potencial. Este gráfico compara valores percentuais entre os setores industriais segundo três montantes distintos.

Das emissões de metano oriundo do tratamento de efluentes industriais pode-se concluir, sem sombra de dúvida, que a participação da indústria de bebidas e alimentícia são as mais significativas, seguidas pela indústria de couro e química. Com este fato supõe-se que o pleno conhecimento dos processos empregados nessas indústrias, a quantidade gerada de efluentes em cada unidade industrial e os processos de digestão empregados para degradação da matéria orgânica presente nesses mesmos efluentes são o meio mais econômico para que se obtenham valores mais precisos futuramente.

4.4 Comentários gerais

Na matriz energética brasileira a participação do gás natural é de apenas 2%, valor esse muito baixo se comparado à participação de 47% dos derivados de petróleo.

Na Itália e Inglaterra a participação do gás natural na matriz energética é de 28%.

A não recuperação do biogás no Brasil está vinculada à pouca importância dada a ele, bem como aos outros subprodutos do tratamento anaeróbio como o lodo.

Alguns estudos brasileiros recentes procuram definir condições de viabilidade econômica para a utilização do metano gerado em sistemas de tratamento de esgotos industriais, os quais são, em muitos casos, de maior concentração de matéria orgânica que os esgotos domésticos. As instalações de tratamento de esgotos domésticos apresentam como desvantagem, em relação aos sistemas industriais, a sua rede coletora sujeita a infiltrações de chuva e contaminações descontroladas que prejudicam a manutenção da operação dos digestores. Portanto a associação de fatores como a cultura de utilização de outros recursos energéticos alternativos ao metano, dificuldades operacionais da estação de tratamento entre outros, culminam com a não recuperação do metano gerado nas unidades de tratamento de esgotos domésticos.

5 BIBLIOGRAFIA

ALVALÁ, P.C. Observações do Metano Atmosférico no Brasil. Tese de Doutorado em Ciência Espacial - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 107 páginas, 1995.

CETESB. Diretoria de Controle da Poluição do Interior. Diagnóstico da Poluição Ambiental no Interior do Estado de São Paulo. São Paulo. 302 páginas, 1994.

CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 1994 - São Paulo, CETESB, Série Relatórios / Secretaria do Meio Ambiente, 270 páginas, 1995.

CETESB. Programa de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares e de serviços de saúde - PROLIXO, São Paulo, 29 páginas, maio de 1992.

CRAVEIRO A.M. Biodigestão de efluentes industriais no Brasil: avaliação do uso e difusão da tecnologia. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, páginas de 242 a 252, 1991.

FEACHEM, R. G., BRADLEY, D. J., GARELECK, H. and MARA, D. D. Sanitation and Disease - Health Aspects of Excreta and Wastewater Management, Pub. World Bank, John Wiley & Sons, Usa, página 8, 1983.

FUNDAÇÃO IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 1989. Rio de Janeiro, 56 páginas. 1982.

FUNDAÇÃO IBGE. Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílio, PNAD, 1993. Rio de Janeiro, 1997 (homepage do IBGE na INTERNET <http://www.ibge.gov.br>)

FUNDAÇÃO IBGE. Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílio, PNAD, 1995. Rio de Janeiro, 1997 (homepage do IBGE na INTERNET <http://www.ibge.gov.br>)

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE: São Paulo, 1994, Fundação SEADE, 126 páginas, 1994.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE: São Paulo, Fundação SEADE, não paginado, 1992.

GOLDEMBERG, J. Energy, Environment and Development. Geneva: Earthscan, 195 páginas, 1995.

GONÇALEZ MIGUEZ, J. D. Preparation of the brazilian national communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change, páginas de 135 a 148, 1995.

INTERGOVERNMENTAL Panel on Climate Change. Greenhouse gas inventory. USA: US Government, 3 volumes, não paginados, 1994.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 920 páginas, 1991.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME: Balanço Energético Nacional, MME, Brasília, 144 páginas, 1995.

VIEIRA, S.M.M. Experiência e perspectivas do tratamento anaeróbico de esgotos sanitários no Brasil. In: III Taller y Seminario Latino Americano "Tratamiento Anaerobio de Aguas residuales". Montevideu, 1994.

***INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE
CO₂ ASSOCIADAS À PRODUÇÃO E
USO DE ENERGIA***

1. METODOLOGIA

O dióxido de carbono é o mais importante gás-estufa e sua maior fonte de produção antrópica está associada à oxidação do carbono resultante da queima de combustíveis fósseis.

O inventário de dióxido de carbono oriundo das atividades de produção e utilização de fontes de energia é feito segundo o "Reference Approach" do Inter-governmental Panel on Climate Change - IPCC, onde as emissões são baseadas essencialmente nas quantidades de combustíveis utilizados e seu conteúdo de carbono (IPCC 1995). A combustão produz de imediato dióxido de carbono, mas o carbono contido nos combustíveis é também liberado na forma de CO, CH₄, e outros compostos voláteis contendo carbono. Esses gases se oxidam na atmosfera em CO₂ em um período que varia de alguns dias até 10-11 anos. A metodologia IPCC contabiliza o carbono oriundo de todas essas emissões.

Segundo a metodologia as emissões de CO₂ devem ser estimadas a partir dos dados de produção e consumo de energia com alguns ajustes para contabilizar as quantidades de carbono não oxidado. O "Reference Approach" requer uma cuidadosa contabilidade da produção de combustíveis por tipo de energético, conteúdo de carbono dos combustíveis fósseis, consumo de cada tipo de combustível, e de produtos que armazenam carbono. A finalidade desta metodologia é a criação de um banco de dados internacional de emissões de CO₂, para uma possível comparação de dados entre os diversos países.

A principal fonte de dados para a elaboração do inventário foi o Balanço Energético Estadual do Estado de São Paulo - BEESP, pois ele relaciona as fontes de energia utilizadas no Estado desde sua produção até o consumo final nos diversos setores. A confecção do inventário referente ao ano de 1994 se baseou nas seguintes informações do BEESP:

- as quantidades de combustíveis primários produzidos (produção de energia secundária é excluída)
- as quantidades de combustíveis primários e secundários importados
- as quantidades de combustíveis primários e secundários exportados
- variações líquidas nos estoques de combustíveis usos dos energéticos, desagregados por classes de consumo
- usos não energéticos.

A distinção entre os combustíveis primários e os secundários⁴ é importante, pois, de acordo com a metodologia, no inventário deve ser feita a contabilidade da energia primária que entra no Estado de São Paulo, juntamente com as quantidades líquidas de energia secundária consumidas e exportadas. As emissões provenientes dos combustíveis secundários produzidos no Estado não são contabilizadas, uma vez que já foram incluídas na energia primária. De tais emissões devem ser deduzidas aquelas referentes aos combustíveis secundários exportados. Chama-se esse tipo de inventário de "Top-down", ou seja a contabilidade é realizada a partir do suprimento de energia (combustíveis primários principalmente). Essa abordagem é diferente daquela que está sendo empregada para o inventário dos demais gases-estufa. Isto porque as emissões de CO₂ dependem mais do conteúdo de carbono de cada combustível do que as características da tecnologia empregada para a combustão e controles de emissão, que é o caso de gases como o NO_x e CO. Esses gases são contabilizados segundo um enfoque "Bottom-up" que considera as características finais de utilização dos combustíveis, e portanto requer maior disponibilidade de informações que o enfoque "Top-down".

Uma parcela dos combustíveis utilizados no Estado não possui destinação energética, ou seja não são queimados e portanto não produzem emissões de CO₂. São produtos que servem de matéria

⁴ Energia primária é aquela extraída diretamente da natureza - petróleo, gás natural, lenha, etc. - e utilizadas na sua forma bruta, enquanto energia secundária - derivados de petróleo, carvão vegetal, etc. - é aquela obtida a partir da conversão das fontes primárias.

prima para indústrias como plásticos, produtos petroquímicos, fertilizantes e lubrificantes, etc.. Como o carbono desses combustíveis não é oxidado, a quantidade de carbono estocado nesses produtos é deduzida das emissões do Estado.

Os procedimentos recomendados pelo IPCC excluem também, a nível nacional, as quantidades de combustíveis utilizados no transporte marítimo e aéreo interestadual. Na presente contabilidade assume-se que 80% dos combustíveis utilizados em transporte marítimo e 70% da quantia utilizada em transporte aéreo referem-se a viagens internacionais/ou interestaduais.

Na contabilidade das emissões do setor energético o IPCC, considera que a biomassa não acrescenta emissões líquidas de CO₂, pois estas devem ser reportadas em separado, dentro de um outro módulo chamado de "Florestas e Uso do Solo". No presente inventário as emissões decorrentes da biomassa estão reportadas apenas como ilustração, assim, na análise dos resultados não foram incluídas as emissões oriundas da biomassa. Essas informações estão contidas nas planilhas apresentadas nos Anexos 1 e 2.

Os fatores de emissão de carbono adotados, bem como a fração de carbono oxidado, seguem aqueles recomendados pelo IPCC e corrigidos, para o caso do Brasil, pela COPPE/UFRJ, conforme pode ser observado nas colunas 9 e 14 da planilha de emissões (V. Anexo 1). A coluna 12 apresenta a quantidade de carbono que foi armazenada em produtos⁵.

O Inventário de Emissões de CO₂ para o Estado de São Paulo apresentado a seguir, está desagregado por fontes de energia - abordagem *Top-down*. A desagregação segundo os setores de consumo - abordagem *Bottom-up* - está sendo realizada também, e são apresentados aqui alguns resultados preliminares na seção final.

2. Inventário "Top-Down"

Neste tipo de contabilidade, os combustíveis foram agrupados segundo a sua origem (fóssil, eletricidade ou biomassa) e segundo o seu estado físico (líquido, sólido ou gasoso). Além destas classificações, eles ainda foram separados entre combustíveis primários ou secundários.

As colunas da planilha foram divididas da seguinte forma:

1. Coluna Produção - o combustível só será contabilizado nesta coluna se ele for produzido dentro de Estado.
2. Coluna Importação - contabiliza as importações internacionais .
3. Coluna Importação Estadual - contabiliza as importações de outros Estados.
4. Coluna Variação de Estoques - é a diferença entre o estoque inicial e o final de cada ano. Os valores têm sinal negativo para as entradas e positivo para as saídas.
5. Coluna Exportação - contabiliza as exportações estaduais, para outros países.

⁵ Os fatores utilizados consideram as emissões advindas da utilização e destruição dos produtos ao final de sua vida útil (IPCC, p. 1.27, vol.3).

-
6. Coluna Exportação Estadual - contabiliza as exportações para outros Estados
 7. Consumo de Energia (kcal) - o consumo aparente é calculado somando-se algebricamente a produção com as importações e subtraindo-se deste valor as exportações e variações de estoque.
 8. Consumo de Energia (TJ) - converte os valores da coluna anterior para TJ.
 9. Coluna Fator de Emissão de Carbono- apresenta os fatores de emissão utilizados.
 10. Coluna Quantidade de Carbono - a quantidade de carbono é calculada multiplicando-se a coluna consumo aparente com o fator de emissão de carbono.
 11. Coluna Quantidade de Carbono - a coluna é repetida, porém os valores da coluna anterior são convertidos de t de C para Gg de C.
 12. Coluna Carbono Armazenado - os valores utilizados correspondem à quantidade de combustíveis utilizados para fins não energéticos.
 13. Coluna Emissão de Carbono - este valor é calculado subtraindo-se o carbono armazenado da quantidade de carbono.
 14. Coluna Fração de Carbono Oxidado - apresenta a quantidade de carbono oxidado.
 15. Coluna Emissões de Carbono - calcula-se as emissões multiplicando-se a taxa de emissão de carbono pela fração de carbono oxidado.
 16. Coluna Emissões de CO₂ - calcula-se as emissões de CO₂ multiplicando-se as emissões de carbono pela massa molecular do CO₂ e dividindo-se pela massa molecular do carbono.

Inventário de Emissões de CO₂ por Fonte de Energia - Análise "Top Down"

COMBUSTÍVEL	1 PRODUÇÃO (10 ⁹ kcal)	2 IMPORTAÇÃO (10 ⁹ kcal)	3 I. ESTADUAL (10 ⁹ kcal)	4 VAR. ESTOQ. (10 ⁹ kcal)	5 EXPORTAÇÃO (10 ⁹ kcal)	6 E. ESTADUAL (10 ⁹ kcal)	7 CONSUMO (10 ⁹ kcal)	8 CONVERSÃO (10 ⁹ kcal = 4,186 T.J)
Fóssil Líquido								
Comb. Primários	0	123189	170262	0	0	0	293451	1228385,886
Comb. Secundários	0	257	0	273	-17224	-10875	-27569	-115403,834
	0	401	205	319	-335	-2332	-1792	-7501,312
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	6549	0	-2027	-4522	-53182	-53182	-222619,852
	0	10882	0	-1497	-4120	-1421	3844	16090,984
	0	7516	0	396	0	-10504	-2592	-10850,112
	0	0	0	0	0	-2880	-2880	-12055,68
	0	0	0	-266	0	-239	-504	-2109,744
Total de Fósseis Líquidos	0	148794	170467	-2801	-26251	-81433	-110485	-462490,21
Fóssil Sólido								
Comb. Primários	0	0	924	-100	0	0	824	3449,264
	0	16602	0	-297	0	0	16305	68252,73
Comb. Secundários	0	4568	0	-390	0	0	4188	17530,968
Total de Fósseis Sólidos	0	21170	924	-777	0	0	-777	89232,962
Fóssil Gasoso								
	4178	0	1799	0	0	0	5977	25019,722
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	4178	0	1799	0	0	0	0	25019,722
Total de Fósseis Gasosos								
TOTAL GERAL FÓSSEIS	4178	169964	173190	-3578	-26251	-81433	-111262	-348237,526
Biomassa								
Biomassa Sólida								
Primárias	8664	0	1727	0	0	0	10391	43496,726
	7452	0	0	0	0	0	7452	31194,072
	136737	0	0	0	0	0	136737	572381,082
	0	0	0	0	0	0	0	0
Secundárias	0	0	387	0	0	0	387	1619,962
	0	0	0	1200	-157	-6707	-5664	-23709,504
	0	0	0	-607	-501	-11433	-12541	-52496,626
Total de Biomassa	152853	0	2114	593	-658	-18140	136762	572485,732
Energia Hidráulica - Primária	51202	0	0	0	0	0	51202	214331,572
Eleticidade - Secundária	0	0	27561	0	0	-725	26836	112335,496
Total de Energia Elétrica	51202	0	27561	0	0	-725	78038	326667,068

COMBUSTÍVEL	9	10	11	12	13	14	15	16
	FATOR EMISSÃO "C"	QUANT. "C"	QUANT. "C"	"C" ARMAR.	EMIÇÃO	FRACAO "C"	EMIÇÕES "C"	EMIÇÕES
	(tC/tJ)	(tC)	(Gg de C)	(Gg de C)	(Gg de C)	OXIDADO	(Gg)	(Gg)
Fóssil Líquido								
Comb. Primários	18,9	23216483,245	23216,493	643,683	22572,810	0,99	22347,062	81939,302
Comb. Secundários	18,9	-2181132,463	-2181,132		-2181,132	0,99	-2159,321	-7917,511
	19,5	-146275,584	-146,276		-146,276	0,99	-144,813	-530,980
Querosene (Avião)	19,6	0,000	0,000		0,000	0,99	0,000	0,000
Querosene Iluminação	20,2	-449921,010	-449,921		-449,921	0,99	-4451,952	-16323,823
Óleo Diesel	21,1	339519,762	339,520		339,520	0,99	336,125	1232,457
Óleo Combustível	17	-184451,904	-184,452		-184,452	0,99	-182,607	-669,560
GLP	20	-241113,600	-241,114	761,203	-1002,317	0,99	-992,294	-3638,410
Nafta	20	-42194,880	-42,195	560,000	-602,195	0,99	-596,173	-2185,967
Outros Energéticos		16263923,567	16263,924		14299,038		14156,047	51905,506
Total de Fósseis Líquidos								
Fóssil Sólido								
Comb. Primários	26,8	92440,275	92,440		92,440	0,98	90,591	332,169
Carvão Metalúrgico	25,8	1760920,434	1760,920		1760,920	0,98	1725,702	6327,574
Comb. Secundários	27,5	482101,620	482,102		482,102	0,99	477,281	1750,029
Coque de Carvão Min.		2335462,329	2335,462		2335,462		2293,574	8409,772
Total de Fósseis Sólidos								
Fóssil Gasoso								
Gás Natural	17,2	430339,218	430,339		430,339	0,995	428,188	1570,021
Gás Canalizado	15,3	0,000	0,000		0,000	0,995	0,000	0,000
Gás de Coqueira	17,2	0,000	0,000		0,000	0,995	0,000	0,000
Total de Fósseis Gasosos		430339,218	430,339		430,339		428,188	1570,021
TOTAL GERAL DE FÓSSEIS	0	19029725,114	19029,725	1964,886	17064,839		16877,809	61885,299
Biomassa								
Biomassa Sólida								
Primárias	29,9	1300552,107	1300,552		1300,552	0,995	1294,049	4744,848
Outras Primárias	29,9	932702,753	932,703		932,703	0,995	928,039	3402,811
Cana de açúcar	29,9	17114194,352	17114,194	3032,410	14081,784			
Bagaço de Cana	25,9	0,000	0,000	196,003	-196,003	0,995	0,000	0,000
Carvão Vegetal	29,9	48437,462	48,437	2,628	45,809	0,995	48,195	176,716
Alcool Anidro	20	-474190,080	-474,190		-474,190	0,995	-471,819	-1730,003
Alcool Hidratado	20	-1049932,520	-1049,933		-1049,933	0,995	-1044,683	-3830,504
Total de Biomassa		17871764,074	17871,764		14840,723		753,782	2763,867
Energia Hidráulica - Primária	0	0,000	0,000		0,000	0	0,000	0,000
Eleticidade - Secundária	0	0,000	0,000		0,000	0	0,000	0,000
Total de Energia Elétrica	0	0,000	0,000			0	0,000	0,000
Energia Hidráulica - Primária	0	0,000	0,000		0,000	0	0,000	0,000
Eleticidade - Secundária	0	0,000	0,000		0,000	0	0,000	0,000
Total de Energia Elétrica	0	0,000	0,000			0	0,000	0,000

A planilha acima apresenta os dados, fatores de conversão, porcentagens de carbono estocado, fatores de emissão de carbono e fração de carbono oxidado utilizado.

Os resultados obtidos para as emissões de carbono e de CO₂ para as fontes primárias podem ser vistos na tabela 2.1. Note-se que os combustíveis fósseis líquidos (derivados de petróleo) respondem por 84% do total de emissões de CO₂ do Estado, os combustíveis fósseis sólidos representam 13,5% e os gasosos por apenas 2,5%.

2.1. Emissões de carbono (Gg C) e de Dióxido de Carbono (Gg CO₂) no Estado de São Paulo - 1994

Fonte	Emissões de Carbono (Gg C)	Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂)
Fósseis líquidos	14156	51906
Fósseis sólidos	2294	8410
Fósseis gasosos	428	1570
Total fósseis	16878	61886

Note-se através da tabela 2.2. que o Estado de São Paulo responde por 30% do total de carbono emitido pelo país. No caso dos combustíveis fósseis líquidos esse valor sobe para 34% e é bem menos para os combustíveis sólidos e gasosos, 19% e 9% respectivamente.

2.2. Comparação entre as emissões de carbono no Estado de São Paulo e no Brasil - 1994

Fontes	Emissões de Carbono (Gg C)	
	Estado de SP	Brasil *
Fósseis líquidos	14156	41807
Fósseis sólidos	2294	11904
Fósseis gasosos	428	4968
Total fósseis	16878	58673

* fonte: COPPE/UFRJ.

A tabela 2.3. mostra as emissões calculados em termos per capita. Note-se que o Estado de São Paulo emite 65% a mais carbono que a média brasileira.

2.3. Emissões per capita - SP e Brasil - 1994

Indicador	ESP 1994	Brasil 1994
Emissão per Capita (tC/hab)	0,51	0,38
Energia per Capita (tEP/hab)	1,68	1,36

População = 33,2 x 10⁶ hab. (SP) e 155,6 x 10⁶ hab. (BR)
Fonte: BEESP, SEADE e BEN

3. O Inventário "Bottom-Up"

Esse tipo de contabilidade tem a preocupação final de identificar os setores responsáveis pelas emissões de CO₂. Neste caso, é importante contabilizar corretamente as fontes de energia secundárias, excluídas no inventário "Top-down". Ambos procedimentos devem levar ao mesmo total anual de emissões. Aqui as emissões são estimadas por setor de atividade e/ou tipo de tecnologia utilizada na combustão. É um procedimento mais intensivo em informações e o próprio IPCC ainda não estabeleceu procedimentos padronizados para esse tipo de inventário, portanto os resultados aqui reportados devem ser considerados como preliminares.

A contabilidade é feita de maneira semelhante àquela realizada no inventário "Top-Down", mas a partir das informações de consumo e seguem a seguinte formulação:

emissões de C = $(\sum \text{consumo de energia final (a nível de setor)} \times \text{fator de emissão de C - carbono armazenado}) \times \text{fração oxidada}$

A tabela abaixo apresenta a contabilidade de emissões segundo as fontes primárias (quando estas são consumidas pelos setores finais) e secundárias de energia fóssil. Algumas diferenças surgem com relação aos procedimentos utilizados nos dois tipos de inventários, o que explica as pequenas diferenças encontradas nos totais de emissões. Por exemplo, no inventário Top-Down todo o querosene foi convertido pelo fator de emissão do querosene de aviação, mas no inventário "Bottom-up" foi possível distinguir o tipo de querosene segundo cada setor de consumo e mais apropriadamente utilizar o fator de conversão correspondente.

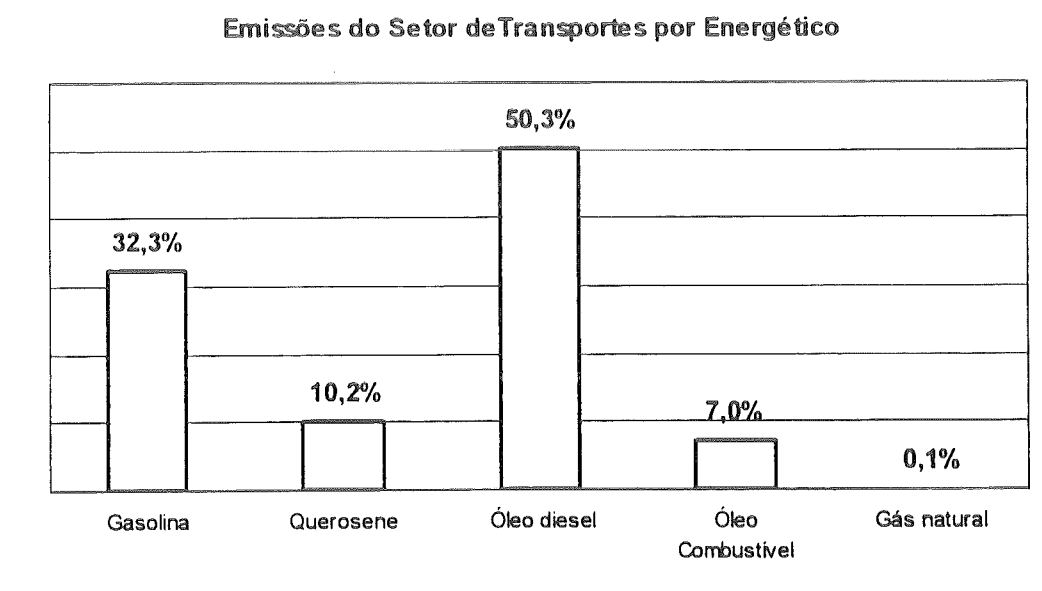
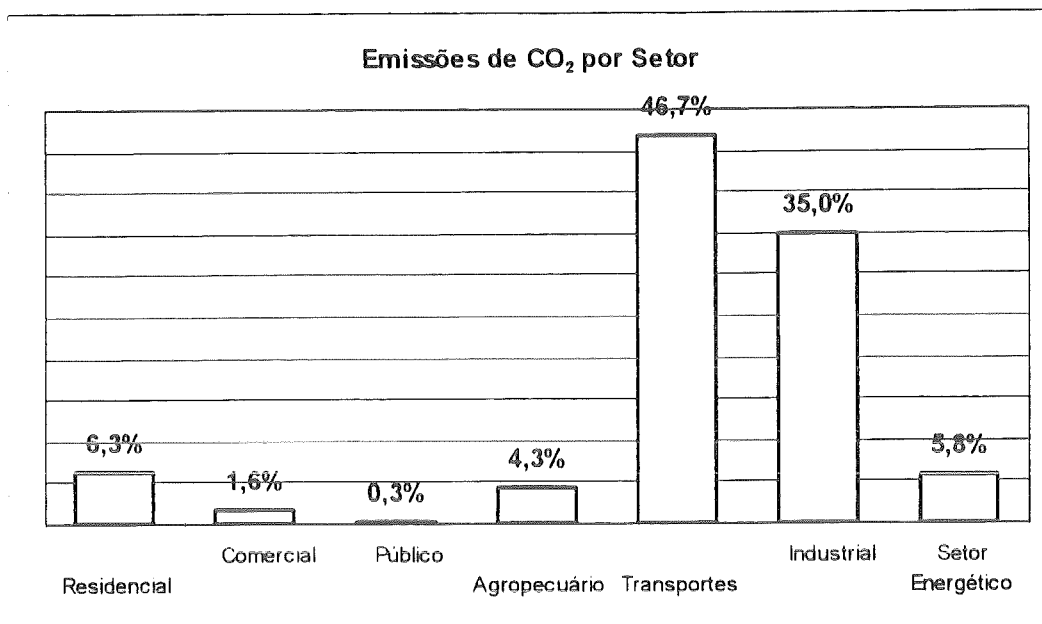
3.1. Emissões de CO₂ segundo as fontes de energia nos setores de consumo do Estado de São Paulo (1994):

Fontes	%	Gg de CO ₂
petróleo		0
gasolina	15	9302
querosene	5	3089
óleo diesel	29	17488
óleo combustível	24	14730
GLP	7	4298
nafta	1	649
outras secundárias	2	1366
carvão vapor	0	322
carvão metalúrgico	0	0
carvão mineral	10	5898
gás natural	2	1517
gás canalizado	0	152
gás de refinaria	2	1441
gás de coque	1	763
total de combustíveis fósseis	100	61015

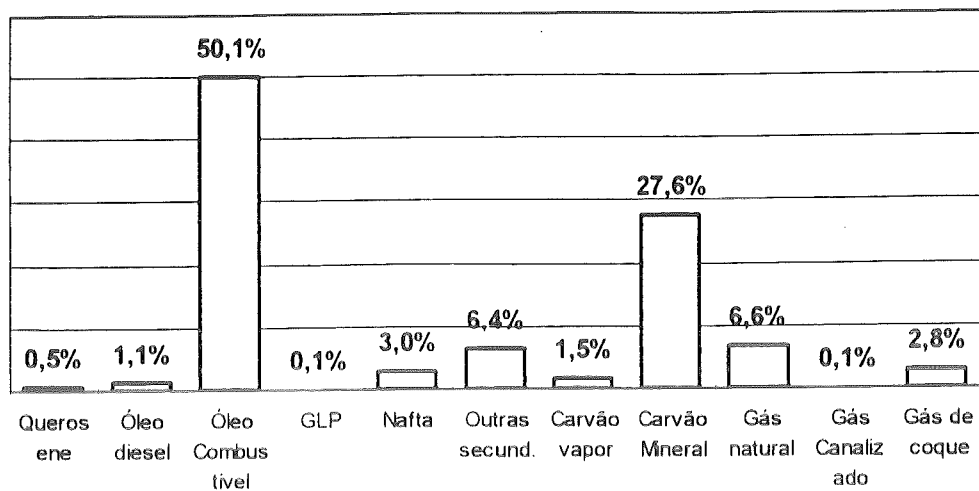
Apenas quatro combustíveis (óleo diesel, óleo combustível, gasolina e carvão mineral) são responsáveis por 78% do total de emissões do Estado. Se agregarmos o GLP e o querosene esse conjunto de combustíveis responde por 90% do total estadual.

Dois setores de consumo despontam como os principais responsáveis pelas emissões: o setor de transportes e o setor industrial. O setor de transportes que é responsável por mais

de 80% do consumo de óleo diesel no Estado e praticamente toda a gasolina é o principal setor com relação às emissões de CO₂ (cerca de 47% do total oriundo de combustíveis fósseis). O setor industrial vem logo a seguir e é responsável por cerca de 70% do óleo combustível e onde quase todo o consumo de carvão e seus derivados é feito. As emissões do setor industrial representam aproximadamente 35% das emissões totais estaduais de combustíveis fósseis.



Emissões do Setor Industrial por Energético



A tabela a seguir apresenta os cálculos segundo a metodologia "Bottom-Up"

	CONSUMO	CONVERSÃO	FATOR EMIÇÃO"C"	QUANT. "C"	FRACÃO "C" OXIDADO	EMIÇÕES DE "C"	EMIÇÕES DE CO2	Cons. Final Não Energ.	Gg de CO2
	FINAL	10 ⁹ kcal = 4,186 TJ	tC/TJ	tC	Gg de C	Gg de C	Gg de CO2		
Petróleo	0	0,000E+00	18,9	0,000E+00	0	0,990	0,0	0	0
Gasolina	32391	1,356E+05	18,9	2,563E+06	2563	0,990	2537,0	9302,3	0
Querosene	10373	4,342E+04	19,6	8,511E+05	851	0,990	842,5	3089,3	0
Óleo diesel	56976	2,385E+05	20,2	4,818E+06	4818	0,990	4769,6	17488,4	0
Óleo Comb.	45941	1,923E+05	21,1	4,058E+06	4058	0,990	4017,1	14729,5	0
GLP	16444	6,883E+04	17,2	1,184E+06	1184	0,990	1172,1	4297,8	0
Nafta	14259	5,969E+04	20,0	1,194E+06	1194	0,990	1181,8	4333,4	3684
Outras secund.	4493	1,881E+04	20,0	3,762E+05	376	0,990	372,4	1365,4	0
Carvão vapor	800	3,349E+03	26,8	8,975E+04	90	0,980	88,0	322,5	0
Carvão	0	0,000E+00	25,8	0,000E+00	0	0,980	0,0	0,0	0
Metalúrgico									
Carvão	14110	5,906E+04	27,5	1,624E+06	1624	0,990	1608,0	5896,1	0
Mineral									
Gás natural	5775	2,417E+04	17,2	4,158E+05	416	0,995	413,7	1517,0	0
Gás	651	2,725E+03	15,3	4,169E+04	42	0,995	41,5	152,1	0
Canalizado									
Gás de refinaria	13840	5,793E+04	17,2	9,965E+05	996	0,995	991,5	3635,5	2195
Gás de coque	2904	1,216E+04	17,2	2,091E+05	209	0,995	208,0	762,8	0
Total de fósseis	219648	9,194E+05		1,663E+06			18243,3	66892,1	5879

4. Bibliografia.

[1] São Paulo (Estado). Secretaria de Estado de Energia, *Balanço Energético do Estado de São Paulo - 1995 (ano base - 1994)*, Secretaria de Estado de Energia, CESP. - São Paulo, 1996, 208p.

[2] Mathews, R. B., Kropff, M. J., Bachelet, D. & van Laar, H. H., *Modeling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia*. Reino Unido: Wallingford, 1995. 289p.

[3] GARRET, C. W., *On Global Climate Change, Carbon Dioxide, and Fossil Fuel Combustion*. Progress in Energy and Combustion Science: An International Review Journal. Vol. 18, 1992. Pp. 360-401.

[4] COPPE/UFRJ, 1996. *Relatório Metodológico das Emissões de CO₂ - Abordagem Top-Down*, Projeto BRA/95/G31 - PNUD.

[5] EPA - Global Inventory of Biomass Burning, <http://clean.rti.org/gecf.htm>.

[6] NASA-Biomass Burning, <http://asd-www.larc.nasa.gov/atmchem/ASDbiomass.html>

[7] IPCC - Climate Change Update, <http://www.ncdc.noaa.gov/gcps/papers/climchg/climate-change-update.html>

[8] IUCC - How Extracting and Transporting Fossil Fuel Releases Greenhouse Gases <http://lacebark.ntu.edu.au/~mitroy/sid101/uncc/fs027.html>

[9] São Paulo (Estado). Secretaria de Estado de Energia, *Resumo Executivo do Balanço Energético do Estado de São Paulo - 1996 (ano base - 1995)*, Secretaria de Estado de Energia, CESP. - São Paulo, 1996, 12p.

[10] United Nations Environmental Program - UNEP.

[11] Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 1995. *IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 4 volumes. Inglaterra.

Uniformidade
de dados
e métodos

Data Aquis.: 22/7/98
Indic.:
Livranis:
Preço: R\$
Data Tomba: 22/7/98