

JOSÉ BERTO NETO

**MEDIDAS DA EMISSÃO DE GASES EM OITO ATERROS  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ESTADO DE SÃO  
PAULO - BRASIL**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Professor Associado Valdir Schalch

São Carlos – SP

Dezembro/2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

B545m           Berto Neto, José  
                  Medidas da emissão de gases em oito aterros de  
resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil  
José Berto Neto ; orientador Valdir Schalch. -- São  
Carlos, 2009.

Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de  
Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental, 2009).

1. Resíduos sólidos urbanos. 2. Aterros de resíduos.  
3. Fluxo de metano. 4. Fluxo de dióxido de carbono.  
5. Emissões fugitivas. 6. Efeito estufa. I. Título.


**FOLHA DE JULGAMENTO**

Candidato(a): Bacharel e Licenciado **JOSÉ BERTO NETO.**

Tese defendida e julgada em 18.12.2009 perante a Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Associado **VALDIR SCHALCH (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **NIVALDO APARECIDO CORRÊA**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

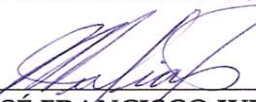
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **WELLINGTON CYRO DE ALMEIDA LEITE**  
(Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"/UNESP/Campus de Guaratinguetá)

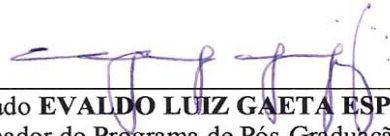
Aprovado


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **MARCUS CESAR AVEZUM ALVES DE CASTRO**  
(Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"/UNESP/Campus de Rio Claro)

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **JOSÉ FRANCISCO JULIÃO**  
(Universidade Federal do Ceará/UFC)

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Ciências da Engenharia Ambiental

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**  
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC



DEDICO ESTE TRABALHO A (OS):

- **TERESA CRISTINA**, minha esposa e amiga, significado de força e obstinação, dinamismo, inteligência e discernimento. Dedicção e apoio integral, especialmente, em se tratando de perseguir a edificação da *nossa* família. Isto me permitiu o enfrentamento desta jornada.
- **JULIANA, CAMILA, RAQUEL e HUGO**, por 'ordem de entrada', presentes de Deus para florescer o meu caminho nesta vida, de há muito, sempre muito difícil, mas, adornado pelas Suas presenças.
- Meus Pais, **MUNDINHA e PEDRO** (*in memoriam*), pela vida, pelo amor; exemplos de luta, dedicação, trabalho e de simplicidade; incentivadores primeiros da minha caminhada na busca do conhecimento.

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, pela vida e por tudo que me tem prodigalizado.

Ao Professor Doutor Valdir Schalch, pela orientação, pela amizade e respeito, pela simplicidade e dedicação demonstradas, pelo exemplo do Grande Homem/Mestre que é. Uma amizade para sempre.

Ao Professor Doutor Bohdan Matvienko Sikar, pela idéia (em momento difícil) e co-orientação deste trabalho, pela capacidade e desapego demonstrados, experiência e segurança no 'fazer-científico'.

Aos diletos Professores Doutores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental (PPG-SEA/CHREA/USP): Antonio Carlos Pião, Evaldo Gaeta, Victor Ranieri e, especialmente, ao Professor Doutor Harry Edmar Schulz, amigo e incentivador, conselheiro exemplar, exemplo de simplicidade a despeito da competência e larga experiência.

Ao professor Doutor Marcelo Pereira de Souza, coordenador do PPG-SEA.

À Física Elizabeth Sikar – Construmaq São Carlos – sinônimo de colaboração e ajuda a qualquer hora.

Ao Professor Doutor José Francisco Julião, 'um dos meus permanentes mestres', desde a graduação na UFC, amigo, incentivador e conselheiro de todas as horas.

À Professora Doutora Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral, coordenadora do PQI 106/03-1 no convênio CEFETCE/EESC-USP, pelo desprendimento e boa vontade na condução do programa, sempre disponível às nossas demandas.

Aos Professores Doutores Nivaldo Aparecido Corrêa (SHS-EESC/USP) e Frederico Fábio Mauad (SHS/PPG-SEA), pela ajuda imensurável com alojamento/sala de estudos no Broa, sensibilidade e compreensão, pelo que serei grato eternamente.

À Senhora Maria Angela Tallarico Adorno (Dona Janja) pelo apoio e disponibilidade no Laboratório de Processos Biológicos (LPB) /SHS-EESC/USP.

À Professora Doutora Maria Bernadete Amâncio Varesche Silva, pela cordialidade e disponibilização do LPB/SHS-EESC/USP, para os experimentos cromatográficos.

Aos meus irmão(a)s/cunhado(a)s/sobrinho(a)s: Francisco de Sales e Conceição/ Carolina, Suyanne e Felipe; Silvana; Inácia - Estes em Fortaleza. Luziana e Zé/Pedro Venício e Vitória – Boa-vistenses/macuxis. Em especial, àquele(a)s residentes nas ‘terras bandeirantes’ pelo apoio e disponibilidade de ajuda e aconchego: Marcelo e Edineide/Enio Felipe e Ellen Talita; Maria e Paulo/Janaina(c/seus Tesouros) e Jéferson(O Nêgo); Antonio Berto(Tata), ajuda imensurável na reta final desta caminhada, com os filhos Rafael e Juliana; Ana Maria e Zé/Aline e Neide; Denise e Luís Guilherme/Bárbara e Pedro Guilherme.

À Doutora Leny Borghesan, do Laboratório de Resíduos Químicos (EESC/USP), incentivadora do ‘primeiro projeto’ desta jornada, bem como aos seus ‘comandados’.

Às colegas pós-graduandas do LPB/SHS Daniele Vital Vich e Julia Sumiko Hirasawa, pela amizade e imensa ajuda nos primeiros cromatogramas e domínio do cromatógrafo, disponibilidade e solidariedade.

Às funcionárias do SHS/EESC-USP: Márcia Campos, Ma. Cecília Marques, Valderes A. Picon Terroni, Flávia Gialorenço Canova, Fernanda Ma. Struzziatto, e, em especial, à Senhora Rosemeire Aparecida de Jesus (A Rose), todas exemplares nas suas funções e no atendimento aos alunos, por não “se furtarem em ir além das suas responsabilidades” quando ajudam.

Aos Funcionários do CRHEA/EESC-USP: Aquiles Filho, José Rogério Faria, Amandio Nogueira, América Jacinta (D. América, gente muito especial), Carlos Eduardo Matheus, Claudete Poianas, José Roberto Maramarque (O Betão), Joselma Ma. Ferreira (D. Jô/Limpeza), Mara Lúcia Cotrim (D. Mara/Biblioteca), Marcelo Nogueira, Maria de Lourdes (Limpeza), Nelson Emanuel Tessarin, Osni Rizato, Paulo de Luccas, Soemi Cezarinno (D. Soemi/Limpeza), Leondre (Grande Leôncio); Daniel Amaro, Sonia Bueno, e, especialmente a: Aparecido Calderoni Iniesta (O Cido/Restaurante), Edna Regina Viziolli Mantanari (Restaurante), Waldomiro Antonio Filho (O MIRO – grande ajuda técnica e amizade, companheiro das viagens), e mais especial ainda, ao senhor Maurício Viziolli (‘SEU MAURÍCIO’,

talvez ‘o-maior-cientista-das-bandas-do-Broa’), bem como à Senhora Sua esposa Iracema Crivelari Viziolli. TODA (O)S pessoas dignas da minha mais profunda admiração e respeito.

À (o)s funcionária (o)s da Biblioteca da EESC pela disponibilidade e pronto atendimento dispensados quando buscados. São orientações seguras e de boa vontade à hora requerida.

Aos colegas “do lixo”, sob o comando do Professor Valdir: Luciana Massukado, Érica Pugliesi, Tássio Lofti, Eduardo Cabral, Fábio Fresca, José da Costa Marques Neto, Ronam Cleber Contrera, Tânia Leme de Almeida, Anne Alessandra Cardoso, Jaqueline Bória, Patrícia C. Silva e, especialmente, à colega Adriana Antunes Lopes, amiga e colaboradora nesta jornada, disponibilidade a toda prova.

À CAPES, pela bolsa e suporte financeiro, via Programa de Qualificação Institucional – PQI 106/03-1 – CEFETCE/EESC-USP.

Aos professores do CEFETCE, colegas do PQI 106/03-1: Adeildo Cabral, Cláudio Turene, Eduardo Cabral, Mariano de Franca e Tássio Lofti; pelo muito que me ajudaram e apoiaram, pelo convívio e companheirismo em São Carlos-SP, na luta desta jornada e curtição ‘das saudades alencarinas’.

Aos Professores do CEFETCE: Luisa Pontello e Antonio Uchoa – em nome de toda (o)s os demais colegas -, Luis Orlando Rodrigues – em nome de toda (o)s da GRH, em especial, Antonia Irlenilda Araújo e Ivanilza Silva – e, ao Professor Gilmar Lopes – em nome da Direção Geral.

Aos colegas de turma da EESC/CRHEA-PPG/SEA: James Lacerda e Gisele Queiroz, Alexandre Rossi, Tiago Milani, Fernanda Massaro, Beatriz Pavan, Eduardo Pinheiro (Gaúcho), Juliano Gonçalves, Clara Lemos, Luiz Carlos Correia, Denise Gallo Pizella, Denise Tieme Okumura, Renata Pinassi, Daniela Arantes, Taisa Moretti, Patrícia Vitalli, Ádria Caloto, Cristiane Guedes, Caroline Alves Galharte, Cristina Zorato, Andréa Noveli, Ma. de Lourdes Pizarro, Patrícia Carla Giloni e Stênio Venâncio.

Aos colegas do Núcleo de Hidrometria/Broa, sob o comando do Professor Fred Mauad, pela sadia convivência; muita ajuda e por tão bem me receberem, sem diferenciações, mesmo ‘eu sendo do lixo’: Felipe Teixeira, Diego Dozzi, César

Dalmo, Vitor Pioltine, Ivo Gilberto, Márcia Eller, Renato Billia, André Aukar Camargo, Marcus Vinícius Estigoni, Eduardo Albuquerque, Gustavo Scarpinella, ao Wellington Fernando (grande MAMUTE), e, especialmente ao James Lacerda e a Liliane Lazzari.

Aos companheiros das 'noites e dias do Broa', que fizeram e fazem a *nossa tranquilidade* com seu serviço de Vigilância: Ailton de Souza, Clodoaldo Pereira, Davidson Teixeira, Dirceu Garbuglio, Edieckson Pereira, Eduardo de Oliveira, Elisvaldo dos Santos (BUENO), Jeremias Gonzaga, Juvencino M. Viana, Márcio Meneggin, Nilson Reis, Ralf Arab, Ronaldo Pinto, Samuel Guerreiro, Sérgio de Paula, Valdecir dos Santos e Valmir de Faria, funcionários da Evik Segurança e Vigilância Ltda, TODOS amigos e solidários nos momentos precisos.

À Prefeitura Municipal e ao Departamento Autônomo de Águas e Esgotos de Araraquara, nas pessoas do Professor Doutor Wellington Cyro Leite (Diretor/DAAE) e Agamemnon Brunetti Junior, da Gerência de Operação do Sistema de Resíduos Sólidos (GORES), pela disponibilidade e apóio.

À Prefeitura Municipal de Brotas, Departamento de Meio Ambiente, nas pessoas dos Senhores Marcos Antonio Scarabel e Ângelo Roberto Lazari, pela disponibilidade e ajuda.

À Administração do Aterro Bandeirantes, na pessoa do Senhor Marcus Silva Araújo, Coordenador de Destinação Final da Loga Engenharia, pela atenção e disponibilidade em fornecer as informações sobre o aterro.

À Prefeitura Municipal de Campinas, nas pessoas do Senhor João Roberto Balduino, DLU/Secretaria de Infra-Estrutura, dos Engenheiros Diná e Fábio Cardoso; do Tecnólogo José Henrique Pilla e da Senhora Tânia Ma. Pires, muito grato pela disponibilidade e ajudas.

À Prefeitura Municipal de Jaú, Secretaria de Serviços Municipais, na pessoa do Senhor Atílio Durval Gasparotto, pela colaboração.

À Prefeitura Municipal de Ribeirão Bonito, via Secretaria de Governo, na pessoa do Senhor Mariano Monteiro do Amaral pela disponibilidade e colaboração.

À Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, nas pessoas do Senhor Fortunato Spinelli, Marilene Falsarella e Carlos Ferreira (DAERP/PMRP), pela disponibilidade e ajuda.

À Prefeitura Municipal de São Carlos, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciências e Tecnologia, nas pessoas do senhor Paulo Shiroma e Douglas Minamisako, em especialmente, ao Senhor Miguel Venditi do Aterro Sanitário de São Carlos (Vega Engenharia Ambiental).

Ao povo brasileiro, via CEFETCE, que ‘me financia e permite’ aperfeiçoar a minha formação, feita sempre em escolas públicas.

Aos membros das bancas examinadoras – qualificação e defesa final – pelos debates e sugestões que enriqueceram o meu trabalho.

Aos meus diletos e queridos alunos, *pretéritos e futuros* – Colégios Públicos e Privados de Fortaleza; Escola Agrotécnica de Roraima/Universidade Federal de Roraima - UFRR e do CEFETCE. Aos primeiros, pelo rico aprendizado e convivência sadia, aos futuros, pela oportunidade e a certeza de que continuaremos aprendendo.

A toda (o)s que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desse trabalho.

[...]

MEU BARRACÃO NO MORRO DO SALGUEIRO  
 TINHA O CANTAR ALEGRE DE UM VIVEIRO  
 FOSTE A SONORIDADE QUE ACABOU

E HOJE, QUANDO DO SOL, A CLARIDADE  
 FORRA O MEU BARRACÃO, SINTO SAUDADE  
 DA MULHER POMBA-ROLA QUE VOOU

NOSSAS ROUPAS COMUNS DEPENDURADAS  
 NA CORDA, QUAL BANDEIRAS AGITADAS  
 PARECIAM ESTRANHO FESTIVAL!

FESTA DOS NOSSOS TRAPÓS COLORIDOS  
 A MOSTRAR QUE NOS MORROS MAL VESTIDOS  
 É SEMPRE FERIADO NACIONAL

A PORTA DO BARRACO ERA SEM TRINCO  
 MAS A LUA, FURANDO O NOSSO ZINCO  
 SALPICAVA DE ESTRELAS NOSSO CHÃO!

TU PISAVAS OS ASTROS, DISTRAÍDA,  
 SEM SABER QUE A VENTURA DESTA VIDA  
 É A CABROCHA, O LUAR E O VIOLÃO.

*SÍLVIO CALDAS e ORESTES BARBOSA*

[...]

PRA VOCÊ PROCUREI  
 O LUGAR MAIS BONITO...

PRA VOCÊ EU SONHEI  
 O MEU SONHO DE PAZ...

*SE VOCÊ NÃO VOLTAR  
 O QUE EU FAÇO DA VIDA?  
 NÃO SEI MAIS PROCURAR  
 A ALEGRIA PERDIDA...*

*EU NÃO SEI NEM PORQUE  
 TERMINOU TUDO ASSIM  
 AH,... SE EU FOSSE VOCÊ...  
 EU VOLTAVA PRA MIM  
 VOLTAVA, SIM  
 AH,... SE EU FOSSE VOCÊ...  
 AH,... EU VOLTAVA PRA MIM!*

*SÍLVIO CÉSAR*

**“E... NÃO SABENDO SER IMPOSSÍVEL, FOI LÁ E FEZ”.**

**COCTEAU, J.**



## RESUMO

BERTO NETO, J. – **Medidas da emissão de gases em oito aterros de resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil**. São Carlos-SP, 2009. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Os aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos são equipamentos que, necessariamente, devem ser integrados ao sistema de saneamento e proteção à saúde pública das municipalidades. Independente se bem planejados, construídos e operados, os mesmos oferecem impactos ambientais aos locais onde estão implantados e ao seu entorno. Os referidos aterros são fontes de emissão antropogênica de gases indutores do efeito estufa global, como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). O presente trabalho teve por objetivo medir, estimativamente, *in situ*, a contribuição destes equipamentos no fluxo destes gases na natureza. Para isso, foram desenvolvidas duas campanhas em oito aterros de municípios do estado de São Paulo (Brasil) nos anos de 2006 e 2007. Foram medidas as concentrações de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  no ar ambiente dos aterros, a emissão solo-ar e o fluxo a partir dos dissipadores verticais, quando presentes. As amostras coletadas do GAS foram analisadas por cromatografia gasosa. Os resultados evidenciaram que as concentrações de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  na atmosfera dos aterros foram de 18.000 ppm e 5.500 ppm, respectivamente. Estes valores corresponderam a dez mil vezes e quinze vezes maiores que aquelas medidas em locais distantes dos aterros (*background*). Os resultados das medidas do fluxo solo-ar apontaram para uma grande variabilidade desta emissão, entre os sítios da coleta, entre os aterros e entre as campanhas. As taxas médias de emissão solo-ar variaram de 5,66  $\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  a 148,20  $\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  para  $\text{CH}_4$  e de 17,78  $\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  a 223,04  $\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  para  $\text{CO}_2$ . A emissão estimada solo-ar para os aterros variou de 276,82 a 75.730,20 toneladas

por ano de CH<sub>4</sub> e de 501,02 a 76.312,74 toneladas por ano para o CO<sub>2</sub>. A emissão estimada para os aterros a partir dos dissipadores verticais variou de 73,52 a 307,31 toneladas por ano para CH<sub>4</sub> e de 165,83 a 692,32 toneladas por ano para o CO<sub>2</sub>. Os resultados também evidenciaram que a concentração dos gases no ar ambiente dos aterros e a emissão solo-ar, especialmente, pareceram independender da operação dispensada: caso aterros sanitários, controlados ou lixões. Todos apresentaram muitas semelhanças no processo de emissão. Mesmo a presença do sistema de sucção do GAS para alimentar a usina termoelétrica (UTEB) no aterro Bandeirantes, São Paulo, Capital, não o diferenciou dos demais. De modo geral, não foi possível correlacionar variáveis que apontassem para tendências gerais na emissão destes sistemas de disposição de RSU. Com base nos resultados supracitados, este trabalho sugere futuras perspectivas de pesquisas.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Urbanos, Aterros de resíduos, Fluxo de metano, Fluxo de dióxido de carbono, Emissões fugitivas, Efeito Estufa.

## ABSTRACT

BERTO NETO, J. **Measurements of gas emissions at eight solid waste landfills of the state of São Paulo - Brazil**. São Carlos-SP, 2009. PhD Thesis (**Doctoral**). Escola de Engenharia de São Carlos. University of São Paulo.

Urban solid waste disposal landfills are equipments that must be integrated with the drainage and protection of the public health of municipalities system. Regardless of whether they are well planned, built and operated, they offer environmental impacts to the areas where they are deployed and their surroundings. The present work aimed at measuring, as estimates, *in situ*, the contribution of the aforementioned equipments in the flux of these gases in nature. The research was developed in 2006 and 2007 in two campaigns in eight municipal solid waste landfills in the state of São Paulo, Brazil. Concentrations of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> were measured in the air from landfills; the ground-air emission and the flux from vertical drains, when present. The samples collected of the GAS were analyzed utilizing gas chromatography. The results showed that the concentrations of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> in the atmosphere from landfills were 18,000 ppm and 5,500 ppm, respectively. These values correspond to ten thousand and fifteen times greater than those measured on places far away from landfills (background). The results of the ground-air flux indicated a great variability of this emission, not only among the collection sites, but also among the landfills and between the campaigns. The average ground-air emission ranged from 5.66 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> to 148.20 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> for CH<sub>4</sub> and from 17.78 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> to 223.04 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> for CO<sub>2</sub>. The estimated ground-air emission for the landfills ranged from 276.82 to 75,730.20 tons per year of CH<sub>4</sub> and from 501.02 to 76,312.74 tons per year for CO<sub>2</sub>. The estimated emission for the landfills from the vertical drains ranged from 73.52 to 307.31 tons per year for CH<sub>4</sub> and from 165.83 to 692.32 tons per year for CO<sub>2</sub>. y. The results also showed that the

concentration of gases in the environment air of landfills and the emission, especially ground-air, seems to be independent of the operation given: whether it is sanitary landfill, controlled landfill, or dump. They all presented many similarities in the emission process, and major differences among them were not elucidated. Even the presence of the suction system of the GAS to feed the thermoelectric plant (UTEB) at the Bandeirantes landfill, located at the capital of São Paulo, did not differentiate it from the other landfills from the CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emission perspective. In a nutshell, it was not possible to correlate variables that pointed to general trends in the emissions of these USW disposal equipments. Based on these results, future prospects for research are suggested.

**Keywords:** Urban solid waste, solid waste landfills, Methane flux, Carbon dioxide flux, Fugitive emissions, Greenhouse effect.

## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.7.1	Elementos construtivos de um Aterro Sanitário, com destaque Para a cobertura, sítio das emissões fugitivas.....	33
Figura 3.1.2	Classificação dos RSU's e Responsabilidade pela Disposição Final.....	71
Figura 3.3.1	Fluxo da degradação anaeróbica dos constituintes orgânicos em Aterros Sanitários.....	80
Figura 3.6.1.1	Distribuição de Comprimentos de Onda ( $\lambda$ ) da luz emitida e refletida pela superfície terrestre.....	100
Figura 3.6.1.2	Variação na temperatura global média. Destaque a partir 1970...	101
Figura 3.6.1.3	Variações das temperaturas médias superficiais: 1950 a 1997....	102
Figura 3.6.1.4	Fluxo de Luz na troposfera terrestre – efeito estufa.....	103
Figura 3.6.3.1	Espectro de absorção do dióxido de carbono no IR térmico.....	110
Figura 3.6.3.2	Intensidade da luz IR térmica que escapa da superfície da terra e aquela que é absorvida.....	111
Figura 3.6.3.3	Crescimento da concentração de metano na atmosfera no último milênio(a) e nas décadas de 80 e 90(b).....	115
Figura 4.1.1	Câmara de difusão de gases.....	120
Figura 4.1.2	Ampola gasométrica (a) e caixa de ampolas gasométricas (b).....	121
Figura 4.1.3	“Kit” de transferência usado para armazenar e retirar amostras Gasosas das ampolas gasométricas.....	122
Figura 4.1.4	Válvula aberta (a) e fechada (b).....	123

Figura 4.1.5	Rosqueamento de ampola (a), inserção do sacador (b), conjunto ampola/sacador (c) e conjunto ampola/sacador/tubo.....	124
Figura 4.2.1	Detalhe da coleta de amostras Ar-Solo do GAS.....	127
Figura 4.2.1.1	Sistema CG. Componentes (01) e evolução de cromatogramas (02 a 04).....	131
Figura 5.1	Localização geográfica das Áreas de trabalho em relação à América do Sul, Brasil, Estado de São Paulo e suas UGRHI.....	135
Figura 5.2	Mapa do estado de São Paulo, Brasil, seus limites e UGRHI dos municípios pesquisados.....	136
Figura 5.3	Mapa do Estado de São Paulo – Municípios pesquisados.....	140
Figura 5.8.1a	Foto aérea do Aterro Bandeirantes/São Paulo – Capital.....	165
Figura 5.8.1b	Foto aérea do aterro Bandeirantes/São Paulo – Capital.....	165
Figura 5.8.1c	Foto aérea Aterro Bandeirantes/São Paulo/Capital – Destaque para UTEB.....	166
Figura 5.8.2a/b	Entroncamentos do sistema Coletor do GAS – Aterro Bandeirantes/SP.....	168
Figura 5.8.3a	Aterro Bandeirantes – Motogeradores.....	169
Figura 5.8.3b	Aterro Bandeirantes – Motogeradores.....	170

## LISTA DE TABELAS

Página

		Página
Tabela 1.2.1	Tendências Globais para os Recursos e Ambiente Naturais....	05
Tabela 1.2.2	Mudanças Climáticas: consequências desastrosas.....	08/09
Tabela 1.5.1	Características de alguns Gases Indutores do Efeito Estufa....	24
Tabela 3.1.1	Gastos anuais com Itens de luxo <i>versus</i> necessidades Básicas Seleccionadas. Ano base: 2003.....	45
Tabela 3.1.2	Uso da Incineração de RSU's em países desenvolvidos.....	53
Tabela 3.3.1	Composição percentual Típica do Gás de Aterros Sanitários...	86
Tabela 3.5.1	Quantidades Coletadas de RSU's por Região no Brasil.....	91
Tabela 3.5.2	Características dos RSU's nos Municípios Brasileiros.....	93
Tabela 5.1	Enquadramento das condições das instalações de tratamento e disposição final dos RSD pelo IQR/IQC dos municípios .....	137
Tabela 5.2	UGRHI's, População coberta pela coleta e geração de RSD, IQR e Enquadramento (2005).....	137
Tabela 5.3	Evolução anual do IQR nos municípios estudados.....	138
Tabela 5.4	Evolução do PIB e do PIB <i>per capita</i> dos municípios pesquisados de 2000 a 2003.....	141
Tabela 5.9.1	Situação-resumo dos aterros estudados.....	171
Tabela 6.3.1	Ar ambiente – Araraquara – Primeira campanha 2006.....	189
Tabela 6.3.2	P <sub>1</sub> – Araraquara – Primeira campanha 2006.....	189
Tabela 6.3.3	P <sub>2</sub> – Araraquara – Primeira campanha 2006.....	190

Tabela 6.3.4	P <sub>3</sub> – Araraquara – Primeira campanha 2006.....	190
Tabela 6.3.5	P <sub>4</sub> – Araraquara – Primeira campanha 2006.....	190
Tabela 6.3.6	Drenos – Araraquara – Primeira campanha 2006.....	191
Tabela 6.3.7	Ar ambiente – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	191
Tabela 6.3.8	P <sub>1</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	191
Tabela 6.3.9	P <sub>2</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	192
Tabela 6.3.10	P <sub>3</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	192
Tabela 6.3.11	P <sub>4</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	192
Tabela 6.2.12	P <sub>5</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	193
Tabela 6.3.13	P <sub>6</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	193
Tabela 6.3.14	P <sub>7</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	193
Tabela 6.3.15	P <sub>8</sub> – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	194
Tabela 6.3.16	Drenos – Araraquara – Segunda campanha 2007.....	194
Tabela 6.3.17	Ar Ambiente – Brotas – Primeira campanha 2006.....	195
Tabela 6.3.18	P <sub>1</sub> – Brotas – Primeira campanha 2006.....	195
Tabela 6.3.19	P <sub>2</sub> – Brotas – Primeira campanha 2006.....	195
Tabela 6.3.20	P <sub>3</sub> – Brotas – Primeira campanha 2006.....	196
Tabela 6.3.21	P <sub>4</sub> – Brotas – Primeira campanha 2006.....	196
Tabela 6.3.22	P <sub>5</sub> – Brotas – Primeira campanha 2006.....	196
Tabela 6.3.23	Ar ambiente – Brotas - Segunda campanha 2007.....	197
Tabela 6.3.24	P <sub>1</sub> – Brotas – Segunda campanha 2007.....	197



Tabela 6.3.25	P <sub>2</sub> – Brotas – Segunda campanha 2007.....	197
Tabela 6.3.26	P <sub>3</sub> – Brotas – Segunda campanha 2007.....	198
Tabela 6.3.27	P <sub>4</sub> – Brotas – Segunda campanha 2007.....	198
Tabela 6.3.28	P <sub>5</sub> – Brotas – Segunda campanha 2007.....	198
Tabela 6.3.29	P <sub>6</sub> – Brotas – Segunda campanha 2007.....	199
Tabela 6.3.30	Ar ambiente – Campinas – Primeira campanha 2006.....	200
Tabela 6.3.31	P <sub>1</sub> – Campinas – Primeira campanha 2006.....	200
Tabela 6.3.32	P <sub>2</sub> – Campinas – Primeira campanha 2006.....	200
Tabela 6.3.33	P <sub>3</sub> – Campinas – Primeira campanha 2006.....	201
Tabela 6.3.34	P <sub>4</sub> – Campinas – Primeira campanha 2006.....	201
Tabela 6.3.35	Drenos – Campinas – Primeira campanha 2006.....	201
Tabela 6.3.36	Ar ambiente – Campinas – Segunda campanha 2007.....	202
Tabela 6.3.37	P <sub>1</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	202
Tabela 6.3.38	P <sub>2</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	202
Tabela 6.3.39	P <sub>3</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	203
Tabela 6.3.40	P <sub>4</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	203
Tabela 6.3.41	P <sub>5</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	203
Tabela 6.3.42	P <sub>6</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	204
Tabela 6.3.43	P <sub>7</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	204
Tabela 6.3.44	P <sub>8</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	204
Tabela 6.3.45	P <sub>9</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	205

Tabela 6.3.46	P <sub>10</sub> – Campinas – Segunda campanha 2007.....	205
Tabela 6.3.47	Drenos – Campinas 2007.....	205
Tabela 6.3.48	Ar ambiente – Jaú – Primeira campanha 2006.....	206
Tabela 6.3.49	P <sub>1</sub> – Jaú – Primeira campanha 2006.....	206
Tabela 6.3.50	P <sub>2</sub> – Jaú – Primeira campanha 2006.....	206
Tabela 6.3.51	P <sub>3</sub> – Jaú – Primeira campanha 2006.....	207
Tabela 6.3.52	P <sub>4</sub> – Jaú – Primeira campanha 2006.....	207
Tabela 6.3.53	P <sub>5</sub> – Jaú – Primeira campanha 2006.....	207
Tabela 6.3.54	Dreno – Jaú – Primeira campanha 2006.....	208
Tabela 6.3.55	Ar ambiente – Jaú – Segunda campanha 2007.....	209
Tabela 6.3.56	P <sub>1</sub> – Jaú – Segunda campanha 2007.....	209
Tabela 6.3.57	P <sub>2</sub> – Jaú – Segunda campanha 2007.....	209
Tabela 6.3.58	P <sub>3</sub> – Jaú – Segunda campanha 2007.....	210
Tabela 6.3.59	P <sub>4</sub> – Jaú – Segunda campanha 2007.....	210
Tabela 6.3.60	P <sub>5</sub> – Jaú – Segunda campanha 2007.....	210
Tabela 6.3.61	P <sub>6</sub> – Jaú – Segunda campanha 2007.....	211
Tabela 6.3.62	Dreno – Jaú – Segunda campanha 2007.....	211
Tabela 6.3.63	Ar Ambiente – Ribeirão Bonito – Primeira campanha 2006.....	212
Tabela 6.3.64	P <sub>1</sub> – Ribeirão Bonito - Primeira campanha 2006.....	212
Tabela 6.3.65	P <sub>2</sub> – Ribeirão Bonito - Primeira campanha 2006.....	212
Tabela 6.3.66	P <sub>3</sub> – Ribeirão Bonito - Primeira campanha 2006.....	213

Tabela 6.3.67	P <sub>4</sub> – Ribeirão Bonito - Primeira campanha 2006.....	213
Tabela 6.3.68	P <sub>5</sub> – Ribeirão Bonito - Primeira campanha 2006.....	213
Tabela 6.3.69	Ar ambiente – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	214
Tabela 6.3.70	P <sub>1</sub> – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	214
Tabela 6.3.71	P <sub>2</sub> – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	214
Tabela 6.3.72	P <sub>3</sub> – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	215
Tabela 6.3.73	P <sub>4</sub> – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	215
Tabela 6.3.74	P <sub>5</sub> – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	215
Tabela 6.3.75	P <sub>6</sub> – R Bonito – Segunda campanha 2007.....	216
Tabela 6.3.76	Ar ambiente – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	217
Tabela 6.3.77	P <sub>1</sub> – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	217
Tabela 6.3.78	P <sub>2</sub> – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	217
Tabela 6.3.79	P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	218
Tabela 6.3.80	P <sub>4</sub> – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	218
Tabela 6.3.81	P <sub>5</sub> – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	218
Tabela 6.3.82	Drenos – Ribeirão Preto – Primeira campanha 2006.....	219
Tabela 6.3.83	Ar ambiente – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	220
Tabela 6.3.84	P <sub>1</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	220
Tabela 6.3.85	P <sub>2</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	220
Tabela 6.3.86	P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	221
Tabela 6.3.87	P <sub>4</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	221

Tabela 6.3.88	P <sub>5</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	221
Tabela 6.3.89	P <sub>6</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	222
Tabela 6.3.90	P <sub>7</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	222
Tabela 6.3.91	P <sub>8</sub> – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	222
Tabela 6.3.92	Drenos – Ribeirão Preto – Segunda campanha 2007.....	223
Tabela 6.3.93	Ar ambiente – São Carlos – Primeira campanha 2006.....	224
Tabela 6.3.94	P <sub>1</sub> – São Carlos – Primeira campanha 2006.....	224
Tabela 6.3.95	P <sub>2</sub> – São Carlos – Primeira campanha 2006.....	224
Tabela 6.3.96	P <sub>3</sub> – São Carlos – Primeira campanha 2006.....	225
Tabela 6.3.97	P <sub>4</sub> – São Carlos – Primeira campanha 2006.....	225
Tabela 6.3.98	Drenos – São Carlos – Primeira campanha 2006.....	225
Tabela 6.3.99	Ar ambiente – São Carlos – Segunda campanha 2007.....	226
Tabela 6.3.100	P <sub>1</sub> – São Carlos – Segunda campanha 2007.....	226
Tabela 6.3.101	P <sub>2</sub> – São Carlos – Segunda campanha 2007.....	226
Tabela 6.3.102	P <sub>3</sub> – São Carlos - Segunda Campanha 2007.....	227
Tabela 6.3.103	P <sub>4</sub> - São Carlos – Segunda campanha 2007.....	227
Tabela 6.3.104	P <sub>5</sub> – São Carlos – Segunda campanha 2007.....	227
Tabela 6.3.105	Drenos – São Carlos – segunda campanha 2007.....	228
Tabela 6.3.106	Ar ambiente – Aterro Bandeirantes 2007.....	229
Tabela 6.3.107	P <sub>1</sub> – Bandeirantes 2007.....	229
Tabela 6.3.108	P <sub>2</sub> – Bandeirantes 2007.....	229

Tabela 6.3.109	P <sub>3</sub> – Bandeirantes 2007.....	230
Tabela 6.3.110	P <sub>4</sub> – Bandeirantes 2007.....	230
Tabela 6.3.111	P <sub>5</sub> – Bandeirantes 2007.....	230
Tabela 6.3.112	P <sub>6</sub> – Bandeirantes 2007.....	231
Tabela 6.3.113	P <sub>7</sub> – Bandeirantes 2007.....	231
Tabela 6.3.114	P <sub>8</sub> – Bandeirantes 2007.....	231
Tabela 6.3.115	P <sub>9</sub> – Bandeirantes 2007.....	232
Tabela 6.3.116	P <sub>10</sub> – Bandeirantes 2007.....	232
Tabela 6.3.117	P <sub>11</sub> – Bandeirantes 2007.....	232
Tabela 6.3.118	Drenos – Bandeirantes 2007.....	233
Tabela 6.5.1	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Araraquara 2006.....	260
Tabela 6.5.2	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Araraquara 2006.....	262
Tabela 6.5.3	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Araraquara 2006.....	264
Tabela 6.5.4	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Araraquara 2006.....	265
<u>Tabela 6.5.5</u>	Resumo da emissão solo-ar – Araraquara 2006.....	266
Tabela 6.5.6	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Araraquara 2007.....	268
Tabela 6.5.7	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Araraquara 2007.....	269
Tabela 6.5.8	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Araraquara 2007.....	271
Tabela 6.5.9	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Araraquara 2007.....	272
Tabela 6.5.10	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Araraquara 2007.....	274
Tabela 6.5.11	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Araraquara 2007.....	275

Tabela 6.5.12	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>7</sub> – Araraquara 2007.....	277
Tabela 6.5.13	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>8</sub> – Araraquara 2007.....	278
Tabela 6.5.14	Resumo da emissão solo-ar – Araraquara 2007.....	280
Tabela 6.5.15	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Brotas 2006.....	282
Tabela 6.5.16	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Brotas 2006.....	284
Tabela 6.5.17	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Brotas 2006.....	285
Tabela 6.5.18	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Brotas 2006.....	286
Tabela 6.5.19	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Brotas 2006.....	288
<u>Tabela 6.5.20</u>	Resumo da emissão solo-ar – Brotas 2006.....	289
Tabela 6.5.21	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Brotas 2007.....	291
Tabela 6.5.22	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Brotas 2007.....	292
Tabela 6.5.23	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Brotas 2007.....	293
Tabela 6.5.24	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Brotas 2007.....	295
Tabela 6.5.25	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Brotas 2007.....	296
Tabela 6.5.26	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Brotas 2007.....	297
<u>Tabela 6.5.27</u>	Resumo da emissão solo-ar - Brotas 2007.....	298
Tabela 6.5.28	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Campinas 2006.....	300
Tabela 6.5.29	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Campinas 2006.....	302
Tabela 6.5.30	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Campinas 2006.....	303
Tabela 6.5.31	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Campinas 2006.....	304
<u>Tabela 6.5.32</u>	Resumo da emissão solo-ar – Campinas 2006.....	306

Tabela 6.5.33	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Campinas 2007.....	307
Tabela 6.5.34	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Campinas 2007.....	309
Tabela 6.5.35	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Campinas 2007.....	310
Tabela 6.5.36	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Campinas 2007.....	312
Tabela 6.5.37	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Campinas 2007.....	313
Tabela 6.5.38	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Campinas 2007.....	314
Tabela 6.5.39	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>7</sub> – Campinas 2007.....	316
Tabela 6.5.40	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>8</sub> – Campinas 2007.....	317
Tabela 6.5.41	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>9</sub> – Campinas 2007.....	318
Tabela 6.5.42	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>10</sub> – Campinas 2007.....	320
<u>Tabela 6.5.43</u>	Resumo da emissão solo-ar Campinas 2007.....	321
Tabela 6.5.44	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Jaú 2006.....	323
Tabela 6.5.45	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Jaú 2006.....	325
Tabela 6.5.46	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Jaú 2006.....	326
Tabela 6.5.47	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Jaú 2006.....	328
Tabela 6.5.48	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Jaú 2006.....	329
<u>Tabela 6.5.49</u>	Resumo da emissão solo-ar – Jaú 2006.....	331
Tabela 6.5.50	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Jaú 2007.....	333
Tabela 6.5.51	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Jaú 2007.....	334
Tabela 6.5.52	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Jaú 2007.....	336
Tabela 6.5.53	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Jaú 2007.....	337

Tabela 6.5.54	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Jaú 2007.....	348
Tabela 6.5.55	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Jaú 2007.....	340
<u>Tabela 6.5.56</u>	Resumo da emissão solo-ar – Jaú 2007.....	341
Tabela 6.5.57	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	343
Tabela 6.5.58	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	345
Tabela 6.5.59	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	346
Tabela 6.5.60	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	348
Tabela 6.5.61	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	349
<u>Tabela 6.5.62</u>	Resumo da emissão solo-ar – Ribeirão Bonito 2006.....	351
Tabela 6.5.63	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	352
Tabela 6.5.64	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	354
Tabela 6.5.65	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	355
Tabela 6.5.66	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	356
Tabela 6.5.67	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	358
Tabela 6.5.68	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	359
<u>Tabela 6.5.69</u>	Resumo da emissão solo-ar – Ribeirão Bonito 2007.....	361
Tabela 6.5.70	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	363
Tabela 6.5.71	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	365
Tabela 6.5.72	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	366
Tabela 6.5.73	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	367
Tabela 6.5.74	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	369



<u>Tabela 6.5.75</u>	Resumo da emissão solo-ar Ribeirão Preto 2006.....	370
Tabela 6.5.76	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	371
Tabela 6.5.77	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	373
Tabela 6.5.78	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	374
Tabela 6.5.79	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	375
Tabela 6.5.80	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	377
Tabela 6.5.81	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	378
Tabela 6.5.82	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>7</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	379
Tabela 6.5.83	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>8</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	381
<u>Tabela 6.5.84</u>	Resumo da emissão solo-ar Ribeirão Preto 2007.....	382
Tabela 6.5.85	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – São Carlos 2006.....	384
Tabela 6.5.86	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – São Carlos 2006.....	386
Tabela 6.5.87	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – São Carlos 2006.....	387
Tabela 6.5.88	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – São Carlos 2006.....	389
<u>Tabela 6.5.89</u>	Resumo da emissão solo-ar – São Carlos 2006.....	390
Tabela 6.5.90	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – São Carlos 2007.....	392
Tabela 6.5.91	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – São Carlos 2007.....	393
Tabela 6.5.92	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – São Carlos 2007.....	395
Tabela 6.5.93	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – São Carlos 2007.....	396
Tabela 6.5.94	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – São Carlos 2007.....	398
<u>Tabela 6.5.95</u>	Resumo da emissão solo-ar – São Carlos 2005.....	399

Tabela 6.5.96	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>1</sub> – Bandeirantes 2007.....	401
Tabela 6.5.97	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>2</sub> – Bandeirantes 2007.....	403
Tabela 6.5.98	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>3</sub> – Bandeirantes 2007.....	405
Tabela 6.5.99	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>4</sub> – Bandeirantes 2007.....	406
Tabela 6.5.100	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>5</sub> – Bandeirantes 2007.....	408
Tabela 6.5.101	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>6</sub> – Bandeirantes 2007.....	409
Tabela 6.5.102	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>7</sub> – Bandeirantes 2007.....	411
Tabela 6.5.103	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>8</sub> – Bandeirantes 2007.....	412
Tabela 6.5.104	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>9</sub> – Bandeirantes 2007.....	414
Tabela 6.5.105	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>10</sub> – Bandeirantes 2007.....	415
Tabela 6.5.106	Emissão solo-ar - Sítio P <sub>11</sub> – Bandeirantes 2007.....	416
<u>Tabela 6.5.107</u>	Resumo da emissão solo-ar – Bandeirantes 2007.....	418
Tabela 7.1.1a	Resumo das concentrações (C) medidas para (CH <sub>4</sub> ) e (CO <sub>2</sub> ) no ar ambiente dos aterros; a concentração média (C <sub>m</sub> ) por aterro a e concentração média total.....	441
Tabela 7.1.1b	Concentração média CH <sub>4</sub> e de CO <sub>2</sub> do ar ambiente dos aterros, considerando o aterro Bandeirantes, 2007. ....	443
Tabela 7.2.1	Síntese dos resultados da taxa de emissão pontual (T <sub>x</sub> E) solo-ar; por aterro, campanha, gás e a taxa de emissão média (T <sub>x</sub> E <sub>m</sub> ).....	454
Tabela 7.2.2	Taxas de emissão média (T <sub>x</sub> E <sub>m</sub> ) solo-ar de cada campanha e a média total missão para os aterros estudados.....	456
Tabela 7.2.3a	Valores medidos de maior emissão solo-ar em 2007 e a diferença percentual por campanha.....	458
Tabela 7.2.3b	Valores medidos para a maior emissão solo-ar em 2006 e a Diferença percentual.....	460

Tabela 7.2.4	Emissão média solo-ar de cada campanha e emissão estimada para os aterros (t.a-1) e o percentual dos gases.....	462
Tabela 7.2.5	Emissão solo-ar, população coberta pela coleta, área de disposição e número de habitantes/hectares de aterro.....	467
Tabela 7.3.1	Número de drenos total dos aterros, drenos escolhidos e o Percentual que representaram.....	476
Tabela 7.3.2	Emissão média total dos drenos nos aterros em que existiam	478
Tabela 7.4.1	Emissão estimativa para cada aterro e contribuição percentual de cada gás.....	481

## LISTA DE GRÁFICOS

Página

Gráfico 6.5.1	Sítio P <sub>1</sub> – Araraquara 2006.....	261
Gráfico 6.5.2	Sítio P <sub>2</sub> – Araraquara 2006.....	263
Gráfico 6.5.3	Sítio P <sub>3</sub> – Araraquara 2006.....	264
Gráfico 6.5.4	Sítio P <sub>4</sub> – Araraquara 2006.....	265
Gráfico 6.5.5	Sítio P <sub>1</sub> – Araraquara 2007.....	268
Gráfico 6.5.6	Sítio P <sub>2</sub> – Araraquara 2007.....	270
Gráfico 6.5.7	Sítio P <sub>3</sub> – Araraquara 2007.....	271
Gráfico 6.5.8	Sítio P <sub>4</sub> – Araraquara 2007.....	273
Gráfico 6.5.9	Sítio P <sub>5</sub> – Araraquara 2007.....	274
Gráfico 6.5.10	Sítio P <sub>6</sub> – Araraquara 2007.....	276
Gráfico 6.5.11	Sítio P <sub>7</sub> – Araraquara 2007.....	277
Gráfico 6.5.12	Sítio P <sub>8</sub> – Araraquara 2007.....	278
Gráfico 6.5.13	Sítio P <sub>1</sub> – Brotas 2006.....	282
Gráfico 6.5.14	Sítio P <sub>2</sub> – Brotas 2006.....	284
Gráfico 6.5.15	Sítio P <sub>3</sub> – Brotas 2006.....	285
Gráfico 6.5.16	Sítio P <sub>4</sub> – Brotas 2006.....	287
Gráfico 6.5.17	Sítio P <sub>5</sub> – Brotas 2006.....	288
Gráfico 6.5.18	Sítio P <sub>1</sub> – Brotas 2007.....	291

Gráfico 6.5.19	Sítio P <sub>2</sub> – Brotas 2007.....	292
Gráfico 6.5.20	Sítio P <sub>3</sub> – Brotas 2007.....	294
Gráfico 6.5.21	Sítio P <sub>4</sub> – Brotas 2007.....	295
Gráfico 6.5.22	Sítio P <sub>5</sub> – Brotas 2007.....	296
Gráfico 6.5.23	Sítio P <sub>6</sub> – Brotas 2007.....	297
Gráfico 6.5.24	Sítio P <sub>1</sub> – Campinas 2006.....	300
Gráfico 6.5.25	Sítio P <sub>2</sub> – Campinas 2006.....	302
Gráfico 6.5.26	Sítio P <sub>3</sub> – Campinas 2006.....	303
Gráfico 6.5.27	Sítio P <sub>4</sub> – Campinas 2006.....	305
Gráfico 6.5.28	Sítio P <sub>1</sub> – Campinas 2007.....	308
Gráfico 6.5.29	Sítio P <sub>2</sub> – Campinas 2007.....	309
Gráfico 6.5.30	Sítio P <sub>3</sub> – Campinas 2007.....	311
Gráfico 6.5.31	Sítio P <sub>4</sub> – Campinas 2007.....	312
Gráfico 6.5.32	Sítio P <sub>5</sub> – Campinas 2007.....	313
Gráfico 6.5.33	Sítio P <sub>6</sub> – Campinas 2007.....	315
Gráfico 6.5.34	Sítio P <sub>7</sub> – Campinas 2007.....	316
Gráfico 6.5.35	Sítio P <sub>8</sub> – Campinas 2007.....	317
Gráfico 6.5.36	Sítio P <sub>9</sub> – Campinas 2007.....	319
Gráfico 6.5.37	Sítio P <sub>10</sub> – Campinas 2007.....	320
Gráfico 6.5.38	Sítio P <sub>1</sub> – Jaú 2006.....	323
Gráfico 6.5.39	Sítio P <sub>2</sub> – Jaú 2006.....	325

Gráfico 6.5.40	Sítio P <sub>3</sub> – Jaú 2006.....	327
Gráfico 6.5.41	Sítio P <sub>4</sub> – Jaú 2006.....	328
Gráfico 6.5.42	Sítio P <sub>5</sub> – Jaú 2006.....	330
Gráfico 6.5.43	Sítio P <sub>1</sub> – Jaú 2007.....	333
Gráfico 6.5.44	Sítio P <sub>2</sub> – Jaú 2007.....	335
Gráfico 6.5.45	Sítio P <sub>3</sub> – Jaú 2007.....	336
Gráfico 6.5.46	Sítio P <sub>4</sub> – Jaú 2007.....	337
Gráfico 6.5.47	Sítio P <sub>5</sub> – Jaú 2007.....	339
Gráfico 6.5.48	Sítio P <sub>6</sub> – Jaú 2007.....	340
Gráfico 6.5.49	Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	343
Gráfico 6.5.50	Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	345
Gráfico 6.5.51	Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	347
Gráfico 6.5.52	Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	348
Gráfico 6.5.53	Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Bonito 2006.....	350
Gráfico 6.5.54	Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	353
Gráfico 6.5.55	Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	354
Gráfico 6.5.56	Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	355
Gráfico 6.5.57	Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	357
Gráfico 6.5.58	Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	358
Gráfico 6.5.59	Sítio P <sub>6</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	359
Gráfico 6.5.60	Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	363

Gráfico 6.5.61	Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	365
Gráfico 6.5.62	Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	366
Gráfico 6.5.63	Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	368
Gráfico 6.5.64	Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Preto 2006.....	369
Gráfico 6.5.65	Sítio P <sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	372
Gráfico 6.5.66	Sítio P <sub>2</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	373
Gráfico 6.5.67	Sítio P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	374
Gráfico 6.5.68	Sítio P <sub>4</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	376
Gráfico 6.5.69	Sítio P <sub>5</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	377
Gráfico 6.5.70	Sítio P <sub>6</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	378
Gráfico 6.5.71	Sítio P <sub>7</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	380
Gráfico 6.5.72	Sítio P <sub>8</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	381
Gráfico 6.5.73	Sítio P <sub>1</sub> – São Carlos 2006.....	384
Gráfico 6.5.74	Sítio P <sub>2</sub> – São Carlos 2006.....	386
Gráfico 6.5.75	Sítio P <sub>3</sub> – São Carlos 2006.....	388
Gráfico 6.5.76	Sítio P <sub>4</sub> – São Carlos 2006.....	389
Gráfico 6.5.77	Sítio P <sub>1</sub> – São Carlos 2007.....	392
Gráfico 6.5.78	Sítio P <sub>2</sub> – São Carlos 2007.....	394
Gráfico 6.5.79	Sítio P <sub>3</sub> – São Carlos 2007.....	395
Gráfico 6.5.80	Sítio P <sub>4</sub> – São Carlos 2007.....	397
Gráfico 6.5.81	Sítio P <sub>5</sub> – São Carlos 2007.....	398

Gráfico 6.5.82	Sítio P <sub>1</sub> – Bandeirantes 2007.....	401
Gráfico 6.5.83	Sítio P <sub>2</sub> – Bandeirantes 2007.....	403
Gráfico 6.5.84	Sítio P <sub>3</sub> – Bandeirantes 2007.....	405
Gráfico 6.5.85	Sítio P <sub>4</sub> – Bandeirantes 2007.....	407
Gráfico 6.5.86	Sítio P <sub>5</sub> – Bandeirantes 2007.....	408
Gráfico 6.5.87	Sítio P <sub>6</sub> – Bandeirantes 2007.....	410
Gráfico 6.5.88	Sítio P <sub>7</sub> – Bandeirantes 2007.....	411
Gráfico 6.5.89	Sítio P <sub>8</sub> – Bandeirantes 2007.....	413
Gráfico 6.5.90	Sítio P <sub>9</sub> – Bandeirantes 2007.....	414
Gráfico 6.5.91	Sítio P <sub>10</sub> – Bandeirantes 2007.....	415
Gráfico 6.5.92	Sítio P <sub>11</sub> – Bandeirantes 2007.....	417
Gráfico 7.1.1	Concentração de metano e de dióxido de carbono no ar ambiente dos aterros por campanha e a concentração média.	442
Gráfico 7.1.2	Concentração de metano (CH <sub>4</sub> ) no ar ambiente dos aterros por campanha e concentração média.....	447
Gráfico 7.1.3	Concentração de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) no ar ambiente dos aterros por campanha e concentração média.....	448
Gráfico 7.1.4	Comparação entre as concentrações médias de metano e dióxido de carbono por aterro.....	449
Gráfico 7.2.1	Taxas de emissão média solo-ar e a média total p/os aterros	457
Gráfico 7.2.2	Aterros com maior emissão na campanha de 2007. Destaque para as dif. percentuais e diferenças no Aterro de R Preto.....	459



Gráfico 7.2.3	Aterros com maior emissão em 2006. Destaque para diferença percentuais.....	461
Gráfico 7.2.4	Emissão média solo-ar por campanha e aterros.....	464
Gráfico 7.2.5	Contribuição percentual de CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> na emissão dos aterros. Sem (a) e com (b) o aterro Bandeirantes.....	466
Gráfico 7.2.6	Emissão solo-ar por aterro e número de habitantes cobertos pela coleta.....	468
Gráfico 7.2.7	Emissão solo-ar para os aterros e número de habitantes/ha de aterros.....	469
Gráfico 7.2.8	Emissão solo-ar por habitantes/área e idade dos aterros.....	470
Gráfico 7.2.9	Emissão estimativa solo-ar e idade dos aterros.....	470
Gráfico 7.2.10	Relaciona a taxa de emissão total (solo-ar) e a área de disposição nos a dos aterros.....	471
Gráfico 7.2.11	Quantidade de resíduos depositada e a taxa de emissão total..	472
Gráfico 7.2.12	Relação da quantidade de resíduos sólidos depositada e a emissão estimada(solo-ar).....	473
Gráfico 7.3.1	Emissão estimada para os aterros, por gás, a partir dos drenos	479
Gráfico 7.3.2	Proporções entre a Emissão estimativa pelos drenos e a quantidade de resíduos disposta no aterro.....	480
Gráfico 7.3.3	Relação entre quantidade de resíduos sólidos e a emissão estimada pelos drenos.....	480
Gráfico 7.4.1	Emissão total estimada para os aterros sem e com aterro Bandeirantes...	482

Gráfico 7.4.2	Emissão estimada solo-ar, dos drenos e a estimativa total nos Quatro aterros que dispunha dos drenos.....	483
Gráfico 7.4.3	Contribuição percentual dos aterros na emissão total de CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> ; sem (a) e com (b) a inclusão do aterros Bandeirantes..	484
Gráfico 7.4.4	E estimada total em relação à quantidade de resíduos sólidos disposta.....	485

## LISTA DE QUADROS

Página

Quadro 1.2.1	Evoluções do PIB Mundial e da Saúde dos Ecossistemas Naturais	06
Quadro 3.1.1	Gestão Integrada dos RSU's com minimização para os AS.....	48
Quadro 3.1.2	Taxas de reciclagem de RSU's em países da EU em 2002.....	50
Quadro 3.1.3	Características que distinguem a Gestão do Gerenciamento de RSU.....	63
Quadro 3.6.2.1	Vibrações de estiramento de ligação.....	106
Quadro 3.6.2.2	Vibrações de deformação angular.....	106
Quadro 3.6.2.3	Estiramentos: Simétrico e Assimétrico.....	108
Quadro 6.2.1	Cromatograma ar ambiente de aterro - Bandeirantes 2007.....	175
Quadro 6.2.2	Cromatogramas do P <sub>4</sub> – Bandeirantes 2007.....	176
Quadro 6.2.3	Cromatograma do P <sub>6</sub> – Bandeirantes 2007.....	177
Quadro 6.2.4	Cromatograma do dreno 2 Araraquara 2006.....	178
Quadro 6.2.5	Cromatogramas do P <sub>1</sub> – Jaú 2006.....	179
Quadro 6.2.6	Cromatogramas do P <sub>4</sub> – Jaú 2006.....	180
Quadro 6.2.7	Cromatograma do dreno – Jaú 2006.....	181
Quadro 6.2.8	Cromatogramas do P <sub>6</sub> – Jaú 2007.....	182
Quadro 6.2.9	Cromatogramas do P <sub>3</sub> – Ribeirão Preto 2007.....	183
Quadro 6.2.10	Cromatograma do P <sub>4</sub> – Ribeirão Bonito 2007.....	184
Quadro 6.2.11	Cromatogramas P <sub>1</sub> – São Carlos 2006.....	185

Quadro 6.2.12	Cromatograma dreno 1 – São Carlos 2006.....	186
Quadro 6.2.13	Cromatogramas do P <sub>2</sub> – São Carlos 2007.....	187
Quadro 6.2.14	Cromatogramas do P <sub>3</sub> – Campinas 2006.....	188

**LISTA DE EQUAÇÕES**

Página

---

Equação 3.3.1	Decomposição orgânica em aterros sanitários.....	79
Equação 3.3.2	Produção de gases em aterros sanitários.....	84
Equação 6.1.1.1a	Cálculo do número de moles ( $n_1$ ) do CH <sub>4</sub> .....	172
Equação 6.1.1.1b	Cálculo da massa ( $m_1$ ) do CH <sub>4</sub> .....	173
Equação 6.1.2.1a	Cálculo do número de moles ( $n_2$ ) do CO <sub>2</sub> .....	173
Equação 6.1.2.1b	Cálculo da massa ( $m_2$ ) do CO <sub>2</sub> .....	174
Equação 6.4.1	Equação de estado dos gases ideais.....	235

**LISTA DE FOTOS**

Página

---

Foto 5.1.1	Aterro controlado de Araraquara 2006.....	145
Foto 5.1.2	Aterro controlado de Araraquara 2006.....	146
Foto 5.1.3	Aterro controlado de Araraquara 2007.....	146
Foto 5.1.4	Aterro controlado de Araraquara 2007.....	147
Foto 5.1.5	Aterro controlado de Araraquara 2007.....	147
Foto 5.2.1	Aterro em valas de Brotas 2006.....	149
Foto 5.2.2	Aterro em valas de Brotas 2006.....	149
Foto 5.2.3	Aterro em valas de Brotas 2007.....	150
Foto 5.3.1	Aterros sanitário de Campinas 2006.....	152
Foto 5.4.1	Aterro controlado de Jaú 2006.....	153
Foto 5.4.2	Aterro controlado de Jaú 2006.....	154
Foto 5.4.3	Aterro controlado de Jaú 2007.....	154
Foto 5.5.1	Aterro em valas de Ribeirão Bonito 2006.....	156
Foto 5.5.2	Aterro em valas de Ribeirão Bonito 2006.....	156
Foto 5.5.3	Aterro em valas de Ribeirão Bonito 2007.....	157
Foto 5.5.4	Aterro em valas de Ribeirão Bonito 2007.....	157
Foto 5.6.1	Aterro controlado de Ribeirão Preto 2006.....	159
Foto 5.6.2	Aterro controlado de Ribeirão Preto 2006.....	159
Foto 5.6.3	Aterro controlado de Ribeirão Preto 2007.....	160

Foto 5.6.4	Aterro controlado de Ribeirão Preto 2007.....	160
Foto 5.6.5	Aterro controlado de Ribeirão Preto 2007.....	161
Foto 5.6.6	Aterro controlado de Ribeirão Preto 20076.....	161
Foto 5.7.1	Aterro sanitário de São Carlos 2006.....	163
Foto 5.7.2	Aterro sanitário de São Carlos 2006.....	164
Foto 5.7.3	Aterro sanitário de São Carlos 2007.....	164

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

---

<b>a</b>	Ano
<b>A</b>	Adequada (Classificação dos aterros de São Paulo, CETESB-SP)
<b>A</b>	Área
<b>A<sub>at</sub></b>	Área do aterro
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ABRELPE</b>	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
<b>AGV</b>	Ácidos Graxos Voláteis
<b>ANIP</b>	Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos
<b>AS's</b>	Aterros Sanitários
<b>BEES</b>	(Building for Environmental and Economic Sustainability) - Construir para a Sustentabilidade Ambiental e Econômica
<b>BM</b>	Banco Mundial
<b>C</b>	Carbono
<b>°C</b>	Grau Celcius (ou Grau Centígrado)
<b>C</b>	Controlado (Classificação dos aterros de São Paulo, CETESB-SP)
<b>CBL</b>	Reciclagem de Borrachas Ltda
<b>CEE</b>	Comunidade Econômica Européia
<b>CER's</b>	(Certified Emission Reductions) – Reduções Certificadas de Emissões
<b>CETESB</b>	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo



<b>CDM/MDL</b>	(Clean Development Mechanism) – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
<b>CFC's</b>	Clorofluorcarbonetos
<b>CFR/CRF</b>	(Code of Federal Regulations) – Código de Regulamentos Federal
<b>CG</b>	Cromatografia Gasosa
<b>CGEE</b>	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CGL</b>	Cromatografia Gás-Líquido
<b>CNEN</b>	Comissão Nacional de Energia Nuclear
<b>CNPq</b>	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	Carbono Equivalente
<b>CONUMAD</b>	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COP</b>	(Conference of the Parties) – Conferência das Partes
<b>CQNUMC</b>	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
<b>d</b>	Dia
<b>DAAE</b>	Departamento Autônomo de Águas e Esgotos (Araraquara-SP)
<b>DAIA</b>	Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental
<b>DAERP</b>	Departamento de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio

<b>DCT</b>	Detector por Condutividade Térmica
<b>DDT</b>	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxigênio
<b>Eh</b>	Potencial de Óxido-Redução
<b>EIA / RIMA</b>	Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental
<b>EM</b>	Estado do Mundo
<b>EPA</b>	(Environmental Protection Agency) - Agência de Proteção Ambiental dos EUA
<b>ETA</b>	Estação de Tratamento de Água
<b>ETE</b>	Estação de Tratamentos de Esgotos
<b>FIPAI</b>	Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial
<b>FE</b>	Fase Estacionária
<b>FM</b>	Fase Móvel
<b>FMI</b>	Fundo Monetário Internacional
<b>FUNASA</b>	Fundação Nacional de Saúde
<b>G</b>	Câmara coletora de gás Grande
<b>g</b>	Grama
<b>GAS</b>	Gás de Aterro Sanitário
<b>GHG/GEE</b>	(Greenhouse Gases) – Gases de Efeito Estufa
<b>GIRSU</b>	Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos
<b>GORES</b>	Gerência de Operação do Sistema de Resíduos Sólidos (Araraquara-

SP)

<b>GPS</b>	(Global Positioning System) – Sistema de Posicionamento Global
<b>GWP/PAG</b>	(Global Warming Potential) – Potencial de Aquecimento Global
<b>ha</b>	Hectare
<b>HC's</b>	Hidrocarbonetos
<b>HFC's</b>	Hidrofluorcarbonos
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Gás sulfídrico/Ácido sulfídrico
<b>I</b>	Inadequada (Classificação dos aterros de São Paulo, CETESB-SP)
<b>IBAM</b>	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IERSD</b>	Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares/São Paulo
<b>IPCC</b>	(Intergovernmental Panel on Climate Change) – Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
<b>IPV</b>	Índice Planeta Vivo
<b>IQC</b>	Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem (CETESBE-SP)
<b>IQR</b>	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (CETESBE-SP)
<b>IQR<sub>v</sub></b>	Índice de Qualidade de Aterros em Valas (CETESBE-SP)
<b>IR/IV</b>	(Infrared) Infravermelho
<b>LI</b>	Licença de Instalação
<b>LO</b>	Licença de Operação
<b>LP</b>	Licença Prévia

<b><i>m</i></b>	Massa, g ou $\mu\text{g}$
<b><i>min</i></b>	Minutos
<b>mm</b>	Milímetros
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>MMTCE</b>	(Million Metric Tons of Carbon Equivalent) - Milhões de Toneladas Métricas Equivalentes de Carbono
<b>MRE</b>	Ministério das Relações Exteriores
<b>MSW/RSU</b>	(Municipal Solid Waste) – Resíduos Sólidos Urbanos
<b>MSWLF</b>	(Municipal Solid Waste Landfill) – Aterro de Resíduos Sólidos Municipais
<b>MW</b>	Megawatts
<b>N<sub>2</sub></b>	Nitrogênio Molecular
<b><i>n</i></b>	Número de moles
<b>NBR</b>	Norma Brasileira Registrada
<b>nm</b>	Nanômetros
<b>NMVOC's</b>	Compostos orgânicos voláteis não metânicos
<b>NO'x</b>	Óxidos de nitrogênio
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>OGM's</b>	Organismos Geneticamente Modificados
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>OCDE</b>	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
<b>P</b>	Fósforo

<b>P<sub>n</sub></b>	Ponto/sítio de coleta no aterro
<b>p</b>	Câmara coletora de gás Pequena
<b>P2</b>	Prevenção à Poluição
<b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidade
<b>PEV's</b>	Pontos de Entrega Voluntária
<b>p. ex.</b>	Por exemplo
<b>PFC's</b>	Perfluorcarbonos
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PMB</b>	Produto Mundial Bruto
<b>PMRP</b>	Prefeitura Municipal de Ribeirão preto
<b>PNUD</b>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<b>ppbv</b>	Partes por bilhão por volume
<b>ppmv</b>	Partes por milhão por volume
<b>PNEA</b>	Programa Nacional de Educação Ambiental
<b>PNSB</b>	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
<b>PROINFA</b>	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
<b>PROSAB</b>	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
<b>Qtd</b>	Quantidade
<b>RCD</b>	Resíduos de Construção e Demolição
<b>RCE's</b>	Reduções Certificadas de Emissões

<b>RSS's</b>	Resíduos de Serviços de Saúde
<b>RSCD e V's</b>	Resíduos Sólidos da Construção, Demolição e Volumosos (Araraquara-SP)
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluoreto de Enxofre
<b>SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub></b>	Trifluorometil pentafluor de Enxofre
<b>Tg</b>	Teragrama (onde 1Tg equivale a 10 <sup>12</sup> g)
<b>t</b>	Toneladas
<b>T<sub>x</sub></b>	Taxa
<b>T<sub>x</sub>E<sub>m</sub></b>	Taxa de Emissão média
<b>T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(At)</b>	Taxa de Emissão média total
<b>EU</b>	União Européia
<b>UK/RU</b>	(United Kingdom) – Reino Unido
<b>UGRHI</b>	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos/São Paulo
<b>UNFCCC</b>	(United Nations Framework Convention on Climate Change) – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
<b>USEPA</b>	(United States of America Environmental Protection Agency) – Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
<b>UTEB</b>	Usina Termoelétrica Bandeirantes/Aterro Sanitário Bandeirantes/SP
<b>UV</b>	Ultravioleta
<b>V</b>	Volume (L; mL)

<b>VOC's/COV's</b>	(Volatile Organic Compounds) – Compostos Orgânicos Voláteis
<b>WMO/OMM</b>	( <i>World Meteorological Organization</i> ) Organização Meteorológica Mundial
<b>WRI</b>	(World Resources Institute) – Instituto de Pesquisas Mundial
<b>WWF</b>	(World Wildlife Fund) – Fundo Mundial para a Natureza
<b>%</b>	Porcentagem ou percentagem
<b>µm</b>	Micrômetros
<b>λ</b>	Comprimento de Onda
<b>µg</b>	Microgramas

## SUMÁRIO

Página

RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
Lista de Figuras .....	xiii
Lista de Tabelas .....	xvi
Lista de Gráficos.....	xxix
Lista de Quadros .....	xxxvi
Lista de Equações.....	xxxviii
Lista de Fotos.....	xxxix
Lista de Abreviaturas, símbolos e Siglas .....	xli
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Desenvolvimento Econômico <i>versus</i> Ambiente Natural.....	01
1.2. A revolução Industrial: Impactos populacional e de consumo; crescimento econômico; degradação ambiental; efeito estufa.....	04
1.3. O despertar da questão ambiental: Desenvolvimento Sustentável.....	11
1.4. Homem e Natureza: Interdependência e novo paradigma.....	14
1.5. Questão ambiental e iniquidade.....	17
1.6. Resíduos sólidos e a questão ambiental.....	25
1.7. Os aterros Sanitários.....	31



2. OBJETIVOS .....	37
2.1. Geral.....	37
2.2. Específicos.....	37
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	38
3.1. Os Resíduos Sólidos Urbanos: problemática, definições e classificações.....	38
3.2. A biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos .....	72
3.3. Geração e características do GAS (Gás de Aterro Sanitário) .....	75
3.4. Líquidos percolados: geração e características .....	88
3.5. Aterros sanitários e a situação brasileira .....	89
3.6. Efeito Estufa e o Aquecimento Global.....	93
3.6.1. O mecanismo do Efeito Estufa.....	99
3.6.2. Vibrações moleculares: Absorção de energia pelos gases indutores do Efeito estufa.....	105
3.6.3. Os principais gases indutores do efeito estufa.....	109
4. METODOLOGIA.....	119
4.1 Materiais e Equipamentos.....	119
4.2. Metodologia de trabalho.....	126
4.2.1. Determinação instrumental do metano e do dióxido de carbono.....	129
5. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	134
5.1. Aterro controlado do município de Araraquara–SP .....	142
5.2. Aterro em valas do município de Brotas - SP.....	148

5.3. Aterro sanitário do município de Campinas - SP.....	151
5.4. Aterro controlado do município de Jaú – SP .....	153
5.5. Aterro em valas do município de Ribeirão Bonito - SP .....	155
5.6. Aterro controlado do município de Ribeirão Preto - SP.....	158
5.7. Aterro sanitário do município de São Carlos – SP .....	162
5.8. Aterro sanitário Bandirantes (São Paulo/Capital).....	165
5.9. Situação-resumo dos aterros estudados.....	171
6. RESULTADOS .....	172
6.1. Resultados cromatográficos das amostras por aterro, data e tempos de coleta; cálculo do número de moles( $n$ ) e da massa( $m$ ; $\mu g$ ) para o CH <sub>4</sub> e o CO <sub>2</sub> .....	172
6.1.1. Equações para a determinação do número de moles ( $n_1$ ) e da massa ( $m_1$ ; $\mu g$ ) para o metano.....	172
6.1.2. Equações para a determinação do número de moles ( $n_2$ ) e da massa ( $m_2$ ; $\mu g$ ) para o dióxido de carbono.....	173
6.2. Cromatogramas representativos de algumas amostras do GAS.....	175
6.3. Tabelas com o cálculo de moles( $n$ ) e da massa ( $m$ ; $\mu g$ ) de CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> , para cada amostra, por aterro e tempos de coleta.....	189
6.3.1-A <sub>1</sub> . Aterro de Araraquara - Primeira campanha - 2006.....	189
6.3.1-A <sub>2</sub> . Aterro de Araraquara - Segunda campanha- 2007.....	191
6.3.2-B <sub>1</sub> . Aterro de Brotas - Primeira campanha - 2006.....	195
6.3.2-B <sub>2</sub> . Aterro de Brotas - Segunda campanha - 2007.....	197
6.3.3-C <sub>1</sub> . Aterro de Campinas - Primeira campanha - 2006.....	200
6.3.3-C <sub>2</sub> . Aterro de Campinas - Segunda campanha - 2007.....	202
6.3.4-D <sub>1</sub> . Aterro de Jaú - Primeira campanha - 2006.....	206

6.3.4-D <sub>2</sub> . Aterro de Jaú - Segunda campanha - 2007.....	209
6.3.5-E <sub>1</sub> . Aterro de Ribeirão Bonito - Primeira campanha - 2006.....	212
6.3.5-E <sub>2</sub> . Aterro de Ribeirão Bonito - Segunda campanha - 2007.....	214
6.3.6-F <sub>1</sub> . Aterro de Ribeirão Preto - Primeira campanha - 2006.....	217
6.3.6-F <sub>2</sub> . Aterro de Ribeirão Preto - Segunda campanha - 2007.....	220
6.3.7-G <sub>1</sub> . Aterro de São Carlos - Primeira campanha - 2006.....	224
6.3.7-G <sub>2</sub> . Aterro de São Carlos - Segunda campanha - 2007.....	226
6.3.8-H. Aterro Bandeirantes - Campanha única - 2007.....	229
6.4. Cálculo da concentração de metano e de dióxido de carbono no ambiente dos aterros estudados.....	234
6.4.1-A. Aterro de Araraquara.....	235
6.4.1-B. Aterro de Brotas.....	239
6.4.1-C. Aterro de Campinas.....	242
6.4.1-D. Aterro de Jaú.....	245
6.4.1-E. Aterro de Ribeirão Bonito.....	248
6.4.1-F. Aterro de Ribeirão Preto.....	251
6.4.1-G. Aterro de São Carlos.....	254
6.4.1-H. Aterro Bandeirantes 2007.....	257
6.5. Cálculo da emissão solo-ar para CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> de cada sítio de coleta (P <sub>n</sub> ) dos aterros estudados.....	259
6.5.1-A. Aterro de Araraquara.....	260
A <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	260
A <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	268
6.5.1-B. Aterro de Brotas.....	282

B <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	282
B <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	291
6.5.1-C. Aterro de Campinas.....	300
C <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	300
C <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	307
6.5.1-D. Aterro de Jaú.....	323
D <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	323
D <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	333
6.5.1-E. Aterro de Ribeirão Bonito.....	343
E <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	343
E <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	352
6.5.1-F. Aterro de Ribeirão Preto.....	363
F <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	363
F <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	371
6.5.1-G. Aterro de São Carlos.....	384
G <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	384
G <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	392
6.5.1-H. Aterro Bandeirantes - Campanha Única 2007.....	401
6.6. Cálculo da emissão dos dissipadores verticais nos aterros que dispunham destes equipamentos.....	420
6.6.1. Aterro de Araraquara.....	421
A <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	421
A <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	423
A <sub>3</sub> ) Cálculo da Taxa de Emissão Média ( $T_xE_m$ ) pelos dissipadores .....	424
A <sub>4</sub> ) Cálculo da Taxa média total do aterro ( $T_xE_{m(At)}$ ) pelos dissipadores.....	424

6.6.2. Aterro de Campinas.....	425
C <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	425
C <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	426
C <sub>3</sub> ) Cálculo da Taxa de Emissão Média ( $T_xE_m$ ) pelos dissipadores .....	427
C <sub>4</sub> ) Cálculo da Taxa média total do aterro ( $T_xE_{m(At)}$ ) pelos dissipadores.....	428
6.6.3. Aterro de Jaú.....	429
D <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	429
D <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	429
D <sub>3</sub> ) Cálculo da Taxa de Emissão Média ( $T_xE_m$ ) pelos dissipadores .....	429
6.6.4. Aterro de Ribeirão Preto.....	430
F <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	430
F <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	431
F <sub>3</sub> ) Cálculo da Taxa de Emissão Média ( $T_xE_m$ ) pelos dissipadores .....	433
F <sub>4</sub> ) Cálculo da Taxa média total do aterro ( $T_xE_{m(At)}$ ) pelos dissipadores.....	433
6.6.5. Aterro de São Carlos.....	434
G <sub>1</sub> ) Campanha 2006.....	434
G <sub>2</sub> ) Campanha 2007.....	436
G <sub>3</sub> ) Cálculo da Taxa de Emissão Média ( $T_xE_m$ ) pelos dissipadores.....	437
G <sub>4</sub> ) Cálculo da Taxa média total do aterro ( $T_xE_{m(At)}$ ) pelos dissipadores.....	437
6.6.6. Aterro Bandeirantes - Campanha Única 2007.....	438
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	440
7.1. Concentrações de metano (CH <sub>4</sub> ) e de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) no Ar ambiente dos aterros.....	440
7.2. Emissão solo-ar de metano (CH <sub>4</sub> ) e dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) pelos aterros.....	451

7.3. Estimativa de emissão a partir dos dissipadores verticais nos aterros que apresentaram estes equipamentos .....	475
7.4. Emissão estimativa total por aterros.....	481
8. CONCLUSÕES .....	486
9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	490
10. REFERÊNCIAS .....	492
ANEXOS .....	520
<b>Anexo A</b> - Sítios consultados na internet e de importância para a Questão Ambiental.....	520
<b>Anexo B</b> - Documentos Importantes da legislação Brasileira, com foco ambiental, em ordem cronológica.....	523
<b>Anexo C</b> - Curvas de calibração do cromatógrafo (CO <sub>2</sub> e CH <sub>4</sub> ).....	528



## 1. INTRODUÇÃO

“A NATUREZA NÃO PRODUZ DE UM LADO, PROPRIETÁRIOS DO DINHEIRO OU DE MERCADORIAS,  
E DO OUTRO, HOMENS QUE NÃO POSSUEM NADA, SENÃO A PRÓPRIA FORÇA DE TRABALHO”.  
MARX, K.

### 1.1 – Desenvolvimento Econômico *versus* Ambiente Natural

A partir da segunda metade do século passado até o seu ocaso, o debate que se desenvolvia centrado sobre a melhor maneira de se organizar a economia mundial – se o *capitalismo* ou o *socialismo* – parece ter chegado ao fim a partir das décadas de setenta e oitenta, em diante, sendo substituído pela premissa básica sobre como desenhar uma economia mundialmente dinâmica, baseada na sustentabilidade, sem destruir, irreversivelmente, os recursos dos ecossistemas ambientais naturais dos quais a própria economia depende.

O entusiasmo de todos com a rapidez e os avanços do sistema produtivo nos países do chamado primeiro mundo, a força da globalização minimizando os tempos de comunicação “na nossa aldeia global”, o desenvolvimento da ciência e, a cada dia, as “novidades tecnológicas” – que exigem empregar e gastar mal, quantidades cada vez maiores de recursos naturais para o atendimento das suas necessidades – fizeram o ser humano esquecer que a natureza impunha limites à sua exploração e, como preconiza a ecologia profunda – uma visão holística do mundo –, é condição *sine qua non*, para a sustentabilidade do planeta, uma aliança nova e saudável do homem com a natureza (NAESS, 1973; CAPRA, 1997; LENCASTRE, 2006).



Na visão de Capra (1997) a chamada ecologia rasa, que é antropocêntrica, ou seja, centralizada no ser humano, não mais faz sentido nas discussões e análises das questões homem/natureza. A ecologia rasa “vê os seres humanos situados acima ou fora da natureza, como a fonte de todos os valores, e atribui apenas um valor instrumental, ou de *uso* à natureza”. Assim, o homem era visto como o centro de tudo, autorizado a dispor como bem entendesse da natureza. Já a ecologia profunda não separa seres humanos – ou qualquer outro (a) ser/coisa – do ambiente natural. “Esta vê o mundo, não como uma coleção de objetos isolados, mas como uma rede de fenômenos que estão fundamentalmente interconectados e interdependentes”. A ecologia profunda “reconhece o valor intrínseco de todos os seres vivos e concebe os seres humanos apenas como um fio particular na teia da vida”. O homem é um ser vivo como qualquer outro, como dito por Lutzenberger (MENDES, 2002).

A visão da ecologia profunda está alicerçada em valores ecocêntricos – centralizados na Terra. É uma visão de mundo que reconhece o valor inerente da vida, inclusive, não-humana. Todos os seres vivos são membros de comunidades ecológicas, ligadas umas às outras numa rede de interdependência. A percepção ecológica profunda reconhece a interdependência fundamental de todos os fenômenos, e o fato de que, enquanto indivíduos e sociedade, estamos todos encaixados nos processos cíclicos da natureza e, em última análise, somos dependentes desses processos.

Quando essa percepção ecológica profunda torna-se parte de nossa consciência cotidiana, emerge um sistema ético radicalmente novo, capaz de minimizar a ação predatória do ser humano sobre a natureza, com vistas à tão buscada e necessária sustentabilidade.

Cabe lembrar que Marx, citado por Caseti (1991), já discutia o conceito de “natureza unificada” ou “natureza não externalizada”, em que procurava mostrar através do materialismo dialético a unidade interdependente entre natureza e sociedade, com base nos princípios do desenvolvimento social e da unidade do mundo material. Para isto já conceituava a natureza em dois momentos históricos:

- a) [...] uma primeira natureza na qual o homem está presente, embora utilize a mesma como valor-de-uso, ou seja, o trabalho humano se constitui no elemento mediador da relação homem-natureza com a finalidade exclusiva de proporcionar as bases indispensáveis à própria sobrevivência. Neste momento a natureza é tida como meio de produção sem qualquer preocupação com a formação de excedentes;
- b) [...] a segunda natureza caracteriza uma situação de valor-de-troca, que surge com a formação do excedente, momento em que este se converte em mercadoria negociável e gradativamente se transforma em fator de acúmulo do capital. A partir de então, acelera-se o processo de desenvolvimento das forças produtivas com o apóio da própria ciência, responsável pela evolução dos instrumentos de trabalho, alterando de forma substancial a produção da natureza.

Portanto, ainda segundo o mesmo autor, o “conceito de natureza de Marx contesta a idéia de natureza como substrato material preconizado pelos defensores da natureza externalizada, e passa a entendê-la como produto social”.

## 1.2 – A Revolução Industrial: Impactos populacional e de consumo; crescimento econômico; degradação ambiental; efeito estufa.

Após o advento da Revolução Industrial, a partir de 1750 (RIOUX, 1975; IANNONE, 1992), houve um crescimento econômico e populacional muito significativo e impactante, que fomentou a chamada revolução tecnológica e um consumismo exacerbado, que se intensificou em maior extensão no pós segunda grande guerra. O homem acabou por assumir um papel extremamente egoísta e alienante mediante sua relação com o ambiente natural que o cerca. E uma das consequências mais desastrosas disso, tem sido a poluição do planeta – solos e corpos hídricos – e da sua atmosfera.

Especialmente, sobre a atmosfera terrestre, por ser receptora dos gases resultantes das atividades naturais e antropogênicas – atividades humanas – tem acarretado um aumento indevido na temperatura terrestre, pelo efeito estufa intensificado (BAIRD, 2002), que se distingue daquele efeito estufa que vem atuando naturalmente durante milênios, levando ao aquecimento global.

As tendências do uso dos recursos naturais e da saúde dos ecossistemas planetários indicam que as áreas naturais estão sob o estresse das pressões crescentes do consumo e da sua exploração desastrosa. Segundo estudo recomendado pelo WRF (EM, 2004), a tabela 1.2.1, a seguir, mostra estas tendências de forma patente.

**Tabela 1.2.1 - Tendências Globais dos Recursos e do Ambiente Naturais.**

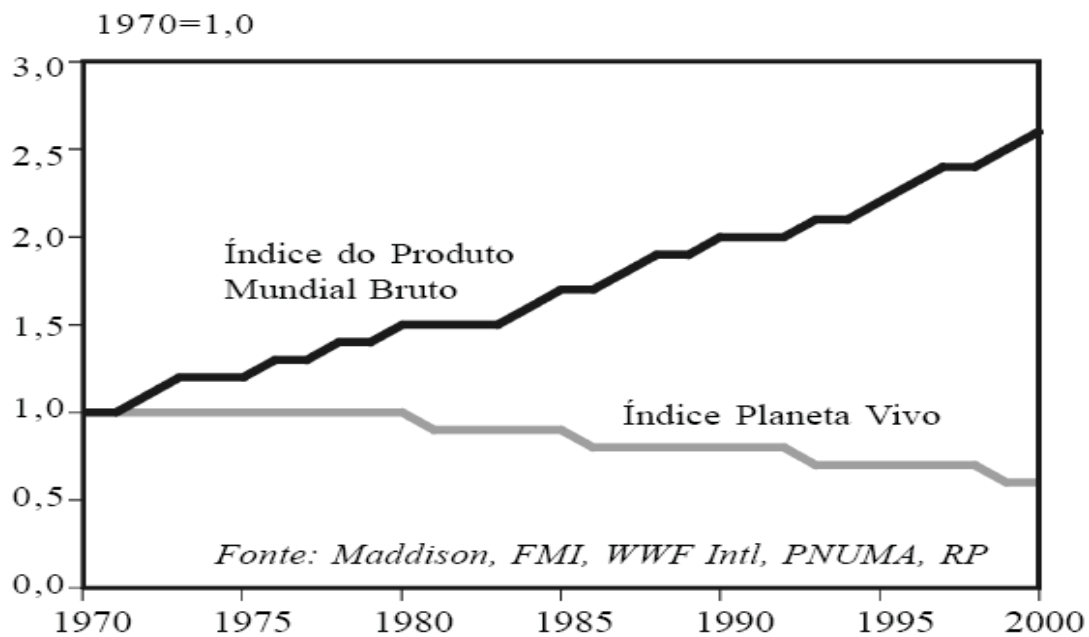
<b>Indicador Ambiental</b>	<b>Tendência</b>
Combustíveis fósseis e a atmosfera	O consumo global de carvão, petróleo e gás natural foi 4,9 vezes maior em 2002 do que em 1950. Os níveis de dióxido de carbono em 2002 foram 18% maiores do que em 1960, e estão estimados em 31% a mais do que na revolução industrial, em 1750. Os cientistas atribuíram a tendência de aquecimento global durante o século XX ao acúmulo de dióxido de carbono e outros gases retentores de calor na atmosfera terrestre.
Degradação de Ecossistemas	Mais da metade das terras alagadas do planeta, desde pântanos costeiros a baixios interioranos, foi perdido devido, em grande parte, à drenagem ou aterros para loteamentos ou agricultura. Cerca da metade da cobertura florestal original do mundo também já deixou de existir, enquanto outros 30% estão degradados ou fragmentados. Em 1999, o consumo global de madeira para combustível, madeiras, papel e outros produtos foi mais que o dobro do consumo de 1950.
Nível do mar	O nível do mar subiu 10-20 centímetros no século XX, uma média de 1-2 milímetros ao ano, como consequência do degelo da massa continental polar e da expansão dos oceanos devido à mudança climática. Pequenas ilhas-nações, embora responsáveis por menos de 1% das emissões globais de gases estufa, correm o risco de serem inundadas pelo aumento do nível do mar.
Solo/terras	Cerca de 10-20% das terras cultivadas mundiais sofrem algum tipo de degradação, enquanto mais de 70% dos pastos globais estão degradados. Ao longo do último meio século, a degradação do solo reduziu a produção de alimentos em cerca de 13% nas terras cultivadas e 4% nos pastos.
Pesqueiros	Em 1999, o pescado total foi 4,8 vezes maior que o volume de 1950. Apenas na segunda metade do século passado, as frotas de traineiras pescaram pelo menos 90% de todos os grandes predadores oceânicos – atum, marlin, peixe-espada, tubarão, bacalhau, arraia e linguado.
Água	O bombeamento excessivo de águas subterrâneas está causando declínio dos lençóis freáticos em regiões agrícolas chave na Ásia, África do Norte, Oriente Médio e Estados Unidos. A qualidade da água também está deteriorando-se devido ao escoamento de fertilizantes e pesticidas, produtos petroquímicos que vazam de tanques de armazenagem, solventes clorados, metais pesados despejados pelas indústrias e lixo radioativo de usinas nucleares.

Fonte: WRF, 2004.

Também verificações constantes do declínio ambiental global podem ser constatadas no Índice Planeta Vivo (IPV), instrumento desenvolvido pelo WWF Internacional para medir a saúde das florestas, oceanos, rios e outros sistemas naturais. Este índice mostra um declínio de 35% na saúde ecológica do planeta

desde 1970 (WWF, PNUMA, RP, 2002), conforme quadro 1. 2.1, a seguir, citados em Estado do Mundo(2004).

**Quadro 1.2.1 – Evolução do PMB *versus* Saúde dos ecossistemas naturais.**



Fonte: Estado do Mundo (2004)

Nota-se uma quase simetria, preocupante, entre o Produto Mundial Bruto (PMB) – sempre crescente – e o impacto na saúde dos ecossistemas naturais (IPV) – sempre decrescente – mostrando que o desenvolvimento econômico e suas demandas por matérias-primas e aumentos na geração de resíduos, têm pressionado, degradativamente, os sistemas ecológicos do planeta, com tendências de continuidade, mantidos os atuais padrões de consumo e pressão sobre a natureza.

Uma equipe internacional de ecólogos, economistas e biólogos conservacionistas publicou um estudo na *Science* (BALMFORD *et al*, 2002)

indicando que quase todos os ecossistemas mundiais estão perdendo lugar para residências, fazendas, shoppings e fábricas, especialmente, em se tratando do crescimento econômico nos países do primeiro mundo. Como revela o estudo, a relva marinha e leitos de algas estão declinando 0,01-0,02% ao ano; florestas tropicais 0,8%; pesqueiros marítimos 1,5%; ecossistemas de águas doce (pântanos, baixios, lagos e rios) 2,4% e manguezais em assustadores 2,5%. Também se mencionaram grandes perdas anuais, difíceis de quantificar, de recifes de coral, pradarias e terras cultivadas e cultiváveis. Apenas as florestas temperadas e boreais mostraram revitalização tímida, aumentando 0,1% ao ano após décadas de declínio (GARDNER, ASSADOURIAN *et* SARIN, 2004).

Ainda uma publicação do WWF (2007) indica que precisamos limitar o aquecimento global a menos de 2°C acima do nível pré-Revolução Industrial para evitar impactos perigosos sobre a natureza, a humanidade e a economia global. Também mostra aspectos da vida humana e do planeta que seriam muito afetados a partir de um aumento de até 2°C ou 3°C, na temperatura média terrestre. Vide tabela 1.2.2:

**Tabela 1.2.2 - Mudanças climáticas: Consequências desastrosas**

<b>Parâmetro</b>	<b>Impactos a 2°C</b>	<b>Impactos a 3°C</b>
Saúde Humana	<ul style="list-style-type: none"> <li>•90-200 milhões de pessoas correrão o risco de serem contaminadas por malária e outras doenças transmissíveis por insetos ou pela água. Aumentos nas taxas de diarreia e subnutrição em países de baixa renda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mais de 300 milhões de pessoas correrão o risco de serem contaminadas por malária no mundo.</li> <li>•5-6 bilhões de pessoas correrão o risco de serem contaminadas por dengue.</li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>•A agricultura brasileira será negativamente afetada, sobretudo no Centro-Oeste e no Nordeste. A produção de cereais poderá diminuir em 50%, a de milho em 25% e a de soja em 10%.</li> <li>•Aumentos das desigualdades e dos conflitos devido ao efeito da escassez da água e da pouca previsibilidade das colheitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•50-120 milhões de pessoas em áreas de risco de fome. A agricultura será duramente atingida e os preços mundiais dos alimentos aumentarão.</li> <li>•O Nordeste do Brasil será uma das regiões mais afetadas do Mundo</li> </ul>
Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>•De 662 milhões a 3 bilhões de pessoas ameaçadas pela escassez de água.</li> <li>•Escassez global de água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Entre 3,1 a 3,5 bilhões adicionais de pessoas sofrendo risco de escassez de água com possíveis migrações por causa da seca. O resultado será instabilidade socioeconômica e política.</li> <li>•Riscos altos de seca no sul da Europa, no oeste da África, na América Central e em partes da América do Norte, da Amazônia e da China.</li> <li>•A Caatinga se tornará bem mais árida e a Amazônia sofrerá períodos intensos de seca.</li> </ul>
Gelo e geleiras	<ul style="list-style-type: none"> <li>•60% de perda do gelo no Ártico durante o verão.</li> <li>•Derretimento completo e irreversível do gelo da Groenlândia com um aquecimento de 1.5° C.</li> <li>•Diminuição de 25% ou mais do volume de gelo oceânico. O gelo continua a retroceder por cerca de 2 graus de latitude.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Perda completa do gelo oceânico durante o inverno no Ártico.</li> <li>•Perda completa da camada de gelo a Groenlândia e das geleiras da Antártida com um aquecimento de 3° C durante vários séculos.</li> </ul>

(continua...)

**Tabela 1.2.2 - Mudanças climáticas: Consequências desastrosas**  
(continuação)

Ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Perda de 95% da maioria dos corais até meados do século com impactos adversos sobre pesca comercial e de subsistência, proteção costeira e perdas econômicas. No Great Barrier Reef Australiano, estima-se que a perda seja de AU\$ 4,3 bilhões por ano. Efeitos similares serão observados ao redor de todo o planeta.</li> <li>•43% de risco de transformação de florestas para sistemas não florestais, expansão das florestas para o Ártico e para as savanas semi-áridas.</li> <li>•Riscos de uma alteração permanente dos sumidouros de carbono para fontes de carbono em áreas tropicais chaves como a Amazônia e o Ártico.</li> <li>•Danos substanciais nos ecossistemas montanhosos e do Ártico. Uma grande porção da Tundra e cerca da metade das florestas boreais pode desaparecer.</li> <li>•Perda de mais de 40% de angiospermas na Amazônia.</li> <li>•25% de espécies extintas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pouca chance de recuperação dos corais danificados e branqueamento dos corais restantes.</li> <li>•Risco de 88% de transformação de florestas para sistemas não-florestais. Riscos de perdas florestais na Eurásia, Amazônia e no Canadá. Perda potencial de florestas na zona boreal sul, no leste chinês, na América Central, na Amazônia e nas Costa do Golfo dos Estados Unidos.</li> <li>•Risco bem maior de uma alteração permanente dos sumidouros terrestres de carbono para fontes de carbono. Danos irreversíveis para a Amazônia, resultando em seu colapso.</li> <li>•Perda de 50% dos pântanos no Mediterrâneo, nos Bálticos. Perda de vários habitats de pássaros migratórios.</li> <li>•Perda maciça e possível extinção de espécies dependentes de gelo como ursos polares e várias espécies no México e África do Sul.</li> <li>•Mais de 40% da Amazônia se transformará em Cerrado</li> <li>•33% de espécies extintas</li> </ul>
Aumento do Nível do mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>•25-50 milhões em risco devido ao aumento dos níveis dos mares e às inundações costeiras. Os custos às nações serão de centenas de bilhões de dólares.</li> <li>•O Norte e o Nordeste do Brasil serão as regiões mais afetadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•180 milhões de pessoas em risco devido às inundações costeiras, stress hídrico e aumento dos níveis dos mares. Centenas de milhares de pessoas terão que migrar para outras regiões ou mesmo países.</li> </ul>
Eventos climáticos extremos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aumentos na frequência e intensidade de inundações, secas, tempestades, ondas de calor, ciclones tropicais e outros eventos climáticos extremos.</li> <li>•O Sul e o Sudeste do Brasil sofrerão mais episódios de eventos climáticos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aumento maciço na frequência e intensidade de incêndios, secas, tempestades e ondas de calor.</li> <li>•Perdas sócio-econômicas decorrentes dos danos globais: de 3% a 5% para os países em desenvolvimento e uma média mundial de 1% a 2% para um aquecimento de 2,5° C a 3° C.</li> </ul>

Fonte: WWF (2007)



Desde meados do século 20, diferentemente das vezes anteriores, o aumento da temperatura média global do planeta é seguramente uma consequência do crescimento da concentração dos chamados gases de efeito estufa (GHG – *Greenhouse Gases*, na sigla em inglês) na atmosfera terrestre, de origem antropogênica (HOLMES, 1999; CGEE, 2008), que, em conjunto, impedem que a radiação infravermelha seja totalmente retransmitida da Terra para o espaço. Embora esse processo seja vital para a manutenção da temperatura no planeta, o aumento na concentração dos GEE's pode alterar os padrões de absorção e reflexão da radiação infravermelha (Infravermelho térmico) e, conseqüentemente, resultar na elevação da temperatura média da superfície terrestre, com possível derretimento das calotas polares e o aumento do nível dos oceanos (USEPA, 2006).

### 1.3 – O despertar da questão ambiental: desenvolvimento sustentável

A partir das últimas décadas, a questão ambiental tornou-se uma preocupação mundial (PNEA, 2007). A partir da reunião do Clube de Roma em 1968 – que reuniu cientistas de países desenvolvidos, com objetivo de colocar o problema ambiental em nível mundial, através de discussões pertinentes sobre consumo e reservas de recursos naturais não-renováveis, assim como o crescimento demográfico da população mundial até meados do século XXI (GRABBE, 2008; SOUZA, 2000) –; do Relatório da Comissão Brundtland de 1987(Nosso Futuro Comum) (AZEVEDO, 1988; FGV, 1992); da Conferência de Estocolmo – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano em 1972, e, da Cúpula da Terra em 1992 ou Rio-92 (BRASIL, CONUMAD 1992); a problemática ambiental passou a ser analisada e entendida em sua dimensão planetária.

A grande maioria das nações do planeta reconhece a emergência de soluções, permanentes ou minimizadoras e imediatas, para os problemas ambientais. Assuntos como: destruição da camada de ozônio, acidentes nucleares, alterações climáticas, desflorestamento e queimadas, desertificação, aumento na produção de resíduos sólidos de uma forma geral, armazenamento e transporte de resíduos perigosos, poluição hídrica, poluição atmosférica, pressão populacional sobre os recursos naturais, perda de biodiversidade e a exploração sem limites dos recursos naturais, etc.; são algumas das questões a serem resolvidas por cada uma das nações do mundo, segundo suas respectivas especificidades, e por todas as nações, num movimento em que ninguém pode ou deve ficar de fora. Como prevê Ministério do Meio Ambiente, tendo por base a tomada de medidas de políticas

públicas que preconizam: o uso racional dos recursos naturais, a proteção do ambiente natural, a prevenção da degradação ambiental e, acima de tudo, a promoção dos princípios e das práticas que levem ao desenvolvimento sustentável (BRASIL/MMA, 2002).

Segundo Iglesias (2004),

[...] o desenvolvimento sustentável adota uma perspectiva de longo prazo do processo econômico e social que compreende a salvaguarda e o incremento do capital ambiental e social e a redução da iniquidade. Este conceito ganhou relevância no relatório da Comissão Brundtland de 1987 e consolidou o seu lugar como âncora para as políticas de desenvolvimento durante a Cúpula da Terra de 1992 no Rio de Janeiro. [...] resta a questão: Como intensificar a sustentabilidade do desenvolvimento? (ou, como reduzir o impacto do consumo sobre o ambiente natural?!, **Grifo nosso**). Um dos resultados da Cúpula de Johannesburgo de 2002 foi colocar o desenvolvimento sustentável como um dos objetivos integral entre as Metas de Desenvolvimento do Milênio compartilhadas pela comunidade global.

[...] é imperativo melhorar a gestão e a direção dos recursos naturais e ambientais... e aumentar a eficiência no uso de recursos essenciais, como a água e a energia. Igualmente importante é reconhecer que a redução da degradação ambiental protege a saúde humana, torna a terra mais produtiva e melhora diversos outros elementos do processo econômico e social. A proteção e a gestão aperfeiçoada dos recursos naturais ajustam-se a uma abordagem totalmente integrada do desenvolvimento sustentável,

como determinam as Metas de Desenvolvimento do Milênio. Essas metas vão além da sustentabilidade ambiental e abrangem objetivos como a erradicação da fome e a melhora da saúde, da educação, da equidade social e da cooperação internacional.

#### 1.4 – Homem e Natureza: interdependência e novo paradigma

O Homem somente sobrevive daquilo que extrai da natureza. Tudo o que possui matéria é extraído da natureza. Homem e natureza são um só. A novidade do tema ambiental emergente e que se torna preocupação constante na atualidade, tornando-se ponto de convergência na agenda internacional, explica o estágio embrionário em que nos encontramos, tanto em termos de conscientização social, crenças e valores, quanto em termos de regulação e aplicação. Os gestores ambientais das organizações enfrentam um alto risco jurídico de interpretações equivocadas que podem comprometer a sustentabilidade de suas empresas. Segundo Fenker (2007), o mundo jurídico, por sua vez, tão autônomo na aplicação das Leis, deveria tomar consciência de que o tema ambiental não pode ser tratado senão de forma holística, sistêmica, o que implica na indispensável atuação multidisciplinar para qualquer tomada de decisão, sob pena de parcialidade. A consideração de dano não pode ser dissociada de impacto, em suas dimensões positiva ou negativa. O impacto ambiental, por outro lado, não pode ser analisado dissociado de impacto econômico e social.

Para este autor, a sustentabilidade que se busca neste planeta é a do Ser Humano Integral, e, o equilíbrio exige consideração sistêmica de todos os aspectos envolvidos: sustentabilidade que permite a vida das atuais e das futuras gerações. Cabe aos gestores incorporarem na área econômica as considerações, crenças e valores éticos, sociais e ambientais emergentes, como estratégia de competitividade e de sustentabilidade em longo prazo.

Alterações no sistema de crenças e valores da sociedade precisam

gerar um novo paradigma que, na visão de Capra (1997), “transcende as atuais fronteiras disciplinares e conceituais, e demanda uma estrutura sistêmica, que está sendo formulada por indivíduos, comunidades e organizações, de acordo com novos princípios”.

Entretanto, a complexidade destas questões e demandas ambientais exige mais do que medidas pontuais que busquem resolver os problemas a partir de seus efeitos, ignorando ou desconhecendo suas causas.

O modo como se dá o sempre buscado crescimento econômico e o consumismo insustentável, comprometem o ambiente natural, pois aumentam a pressão sobre o mesmo, tanto na extração de recursos da natureza para garantir a produção, tanto quanto dos refugos decorrentes do processo, que exercem impactos sobre a natureza, seguramente prejudicando o próprio crescimento, pois inviabiliza um dos fatores da produção, o capital natural.

Natureza, terra, espaço e bem estar social devem compor o processo de desenvolvimento como elementos de sustentação e preservação dos ecossistemas. A degradação ou destruição de um ecossistema interfere no equilíbrio de outros ecossistemas, comprometendo a qualidade de vida da sociedade, uma vez que reduz os fluxos de bens e serviços (retroalimentação positiva) que a natureza pode oferecer à humanidade.

Logo, um desenvolvimento centrado no crescimento somente econômico, que relegue para segundo plano as questões sociais e ignore os aspectos ambientais, não pode ser denominado de desenvolvimento, pois de fato, trata-se de mero crescimento econômico, comumente realimentando a iniquidade social, sem contemplar a sustentabilidade.

O sucesso das ações que devem conduzir ao desenvolvimento sustentável – um paradigma que tenha como objetivos conciliar o desenvolvimento econômico às qualidades ambiental e de vida – segundo Souza (2000) dependerá, em grande parte, da influência da opinião pública, do comportamento das pessoas e de suas decisões individuais. Sem podermos esquecer “a equidade nas negociações internacionais entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, pois, apesar da importância do argumento de que os países desenvolvidos foram os principais responsáveis, p.ex., pela maior parte das emissões passadas de gases estufa, esse critério não deveria ser utilizado para isentar os países em desenvolvimento de contribuir, a médio e longo prazo, em um programa de redução dos gases estufa, uma vez que o alcance de objetivos ambientais poderia se ver comprometido, caso isso não viesse a ocorrer (GUTIERREZ, 1998; WWF, 1992)”.

Mesmo considerando que já existe certo interesse pelas questões ambientais, há que se reconhecer a falta de informações e conhecimento dos problemas ambientais.

## 1.5 – A Questão ambiental e a iniquidade

Na atualidade, o crescimento populacional na terra põe em risco uma convivência sadia homem-natureza. Segundo a publicação Estado do Mundo (GARDNER, ASSADOURIAN and SARIN, 2004) e IBGE (2005e & 2007f), com atualização estimativa, somos mais de 6,8 bilhões de pessoas e nos mostramos, ostensivamente incapazes de alimentar, alojar, educar e empregar, em condições minimamente aceitáveis, quase dois terços desta população.

O problema não se circunscreve somente à explosão populacional. O que mais importa ainda é a explosão de consumo que ela acarreta, mesmo que os bens de consumo que demandam maiores impactos sobre a natureza estejam acessíveis apenas a uma parcela muito pequena da população mundial.

Estima-se que 20% – em torno de 1,4 bilhão de indivíduos – da humanidade sejam de pessoas afortunadas, pertencentes à chamada “classe consumista ou privilegiada” que desfrutam de um estilo de vida de alto consumo, em que prepondera a descartabilidade e mesmo o supérfluo, que impõe uma pressão depreciativa muito grande, desproporcional, sobre o ecossistema planetário. Esta porção da população mundial é usuária de “uma cultura e estilo de vida que se tornaram comuns na Europa, América do Norte, Japão e em alguns outros pontos do planeta onde isto se tornou possível (GARDNER, ASSADOURIAN and SARIN, 2004)”.

Outros 20% tem um nível de vida de estilo moderado, sem consumo supérfluo, demandando o suficiente para o atendimento de suas necessidades básicas, embora uma grande parte deste grupo aspire atingir o nível de consumo



suntuário daquele quinto afortunado.

O restante – da ordem de 4,0 bilhões de seres humanos – no entanto, não consegue atender sequer suas necessidades materiais mínimas, vivendo na miséria, embora tenha como referência, o nível de consumo predatório da minoria privilegiada, especialmente, pela força globalizada da comunicação de massas.

Conforme Laszlo (2001), “enquanto comunidade global estamos à beira de uma flutuação crítica que tem a ver com o clima, a poluição do ar, a água, a terra e a maneira como as culturas, sociedades e sistemas econômicos se relacionam”. Suas manifestações são várias. Por exemplo, “a concentração de desejos e poder, onde quinhentos superbilionários, alguns aqui mesmo no Brasil, concentram a mesma riqueza que a metade da humanidade – mais de três bilhões de pessoas – ou as quinhentas corporações, citadas na *Fortune Five Hundred*, cuja riqueza é maior que a de muitas nações somadas”. Do outro lado, “temos 20% da humanidade cada vez mais pobre. São cerca de um bilhão e quinhentos milhões de pessoas sobrevivendo com o equivalente a US\$ 1 ou menos por dia e 40% sem acesso a água potável”.

Deve ser ressaltado, só para citar um exemplo, que as projeções da FAO em relação a uma distribuição ‘mais eqüitativa de alimentos’ em nosso planeta são bem pessimistas e acredita-se que o total de quase 900 milhões de indivíduos subnutridos ou famintos será ampliado nas próximas décadas. Apesar de criado há um século, o processo de fixação de nitrogênio por Haber-Bosch ainda não foi capaz de estender seus benefícios a uma parte significativa da humanidade, que permanece faminta e distante das condições mínimas para seu desenvolvimento. Contudo, os impactos ambientais negativos do desenvolvimento daquela porção privilegiada da humanidade, já há algum tempo, se distribuem de forma igualitária

para todos os habitantes do planeta (BORGES & HIPÓLITO, 2008).

Ainda segundo Gardner, Assadourian and Sarin (2004) a sociedade de consumo tem, claramente, um forte encanto e traz consigo muitos benefícios e confortos da vida moderna. Mas, também seria injusto argumentar que as vantagens obtidas por uma geração anterior de consumidores não deveriam ser compartilhadas pela geração seguinte.

Viera (2008) até apela para que não se

“[...] pode afirmar que a adoção da prática do consumo em demasia, onde o desperdício é marca proeminente, seja um comportamento com aspectos tão somente negativos. Numa rápida reflexão é possível aquilatar o quanto a geração de novidades tecnológicas gerou necessidades e, desta forma, ampliou o volume de empregos no mercado de trabalho, colocando em ação uma quantidade enorme de pessoas que, sem o frenesi da ação mercadológica do *marketing*, e por conseqüência o consumo, ficaria desempregada”.

Na realidade, a premissa básica da economia de consumo em massa – ou seja, que o consumo ilimitado é aceitável e até desejável – choca-se fundamentalmente com os padrões de vida do mundo natural e com os ensinamentos sobre moderação, respeito ao outrem e à natureza, comuns a filósofos e líderes religiosos em todas as culturas e através de grande parte da história da humanidade (GARDNER, ASSADOURIAN and SARIN, 2004).

Thomas (2007) afirma que o desenvolvimento dos países está condicionado à mudança de atitude por parte das nações, e que, se nada for feito para que as mudanças climáticas e a destruição do ambiente natural sejam

revertidas, o crescimento econômico ficará comprometido. Não basta ter vontade, é preciso agir rapidamente antes que seja tarde.

Existem injustiças que envolvem a questão climática do planeta no que respeita ao aquecimento global, pois nas suas consequências as populações que serão mais afetadas pelas mudanças climáticas estão localizadas nas regiões mais pobres que, por sinal, são as menos responsáveis por causar este fenômeno.

Diz Ricupero (2007) que,

“[...] Os Estados Unidos e a Europa respondem por dois terços dos gases causadores da mudança climática, enquanto que os 840 milhões de africanos não atingem 3% na contribuição do mesmo. Em compensação, as secas e as inundações, decorrentes do aumento de temperatura, castigarão muito mais os africanos, inocentes de culpa, do que os ocidentais, vilões históricos do aquecimento global, desde a Revolução Industrial”.

Todavia, o aumento disparado do consumo dos últimos tempos – e as projeções alucinantes que logicamente dele derivam – indica que o mundo como um todo – e aí está a injustiça, pois o *bônus* é de poucos, mas o *ônus* de todos – se verá, em breve, frente a um grande dilema. Caso os níveis de consumo que as várias centenas de milhões de pessoas mais afluentes gozam hoje se repliquem por, pelo menos, metade dos cerca de 9 bilhões de pessoas previstas para o ano de 2050 (ONU, 2004) o impacto em nossa oferta de água, alimentos, qualidade do ar, florestas, clima, diversidade biológica e saúde humana e ambiental será extremamente grave.

E, facilmente podemos supor que, se as aspirações consumistas daquele quinto mais rico do mundo não podem ser saciadas, as perspectivas de

controle do consumo dos mais pobres - especialmente, nos países em desenvolvimento e/ou naqueles que a este grupo desejam chegar – antes do desnudamento e degradação por completo do nosso planeta, são muito desanimadoras.

Nas décadas finais do século passado, intensificou-se em todo o mundo a preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas – desenvolvidas pelo homem – e seus efeitos para o nosso planeta. Especialmente, os impactos destas atividades nos diferentes ecossistemas locais e mundiais; buscando-se evitar ou mitigar os desequilíbrios ecológicos e o esgotamento dos recursos naturais que fornecem matérias-prima para o *modus operandi* do processo de desenvolvimento.

Os impactos ambientais em diferentes níveis, as mudanças climáticas já observadas nas diferentes regiões do planeta e as suas relações com as emissões dos chamados gases do efeito estufa (*Greenhouse Gas – GHG*, na sigla em inglês) impuseram às nações a soma de esforços necessários para se controlar estas emissões, com a busca de tecnologias “mais limpas” e a aplicação das opções já disponíveis, para alcançar a diminuição ou a estabilização destes gases no ambiente natural.

Em especial, no que diz respeito à poluição da atmosfera terrestre pelas emissões dos gases do efeito estufa (GEE), as preocupações têm levado os governos nacionais e os organismos internacionais – veja-se o caso do Protocolo de Quioto – a envidarem esforços e concentrarem muitas das suas atenções no potencial de aquecimento global (*Global Warming Potential, GWP*, na sigla em inglês) que estes gases exercem, uma vez lançados para a atmosfera terrestre.

Segundo o WRI (2002), substâncias gasosas como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidroclorofluorocarbonos (HCFC's), ozônio ( $\text{O}_3$ ), hidrofluorocarbonos (HFC's), perfluorocarbonos (PFC's), enxofre hexafluorado ( $\text{SF}_6$ ) e, descoberto mais recentemente (STURGES, *et. al.* 2000), o trifluorometil pentafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_5\text{CF}_3$ ), cada um com suas características específicas – destacando-se como fatores de relevância para o potencial de aquecimento global, as quantidades de cada um e o seu tempo de vida na atmosfera – devem ter suas emissões constantemente monitoradas para que se possa mitigar suas contribuições para o aquecimento global.

O protocolo de Quioto (2005) ressalta a necessidade de avaliarmos, constantemente, os poluentes gasosos já patentemente conhecidos, mas também monitorarmos o surgimento de novos poluentes, as suas concentrações e as variações destas, como evoluem no tempo, bem como as contribuições potenciais de cada um para o aquecimento global.

As principais atividades antropogênicas que geram emissões de GEE para a atmosfera terrestre (IPCC, 2001 apud WRI, 2002); (BAIRD, 2002) e (FURTADO, 2005), são:

- A geração de energia pela queima de combustíveis fósseis com contribuição de cerca de três quartos das emissões (p.ex.: carvão mineral, petróleo e gás natural);

- As devastações florestais, especialmente, com o fito da expansão da fronteira agropecuário-industrial. Esta atividade aconteceu em grande escala em zonas de clima temperado no último século. É o caso do desflorestamento que acompanhou o progresso dos Estados Unidos e do sul do Canadá, mas que na atualidade tem se deslocado fortemente para as regiões

tropicais; com destaques para países como o Brasil, que devasta tanto a floresta tropical quanto a decídua; no entanto, a taxa anual de desflorestamento em base percentual é maior na Ásia (1,6%) e na América Central (1,5%) do que na América do Sul (0,6%). Em resumo, o desflorestamento contribui com cerca de um quarto das emissões de CO<sub>2</sub> de origem antropogênica.

- A produção de cimento, que produz emissões de dióxido de carbono;

- A decomposição anaeróbica de matéria orgânica, que produz emissões de metano em aterros sanitários e na agropecuária;

- O uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura intensiva, que produz emissões de óxidos nitrosos (NOx's);

e,

- Processos industriais que produzem emissões de perfluorocarbonos, hidrofluorocarbonos e fluoretos de enxofre (CGEE, 2008).

Ressalte-se que o potencial de aquecimento global (GWP) atribuído a uma substância gasosa contribuinte do efeito estufa é decorrente de um conjunto de propriedades físico-químicas próprias, muito específicas para cada uma delas e de condições físico-ambientais da própria atmosfera. O protocolo de Quioto chama a atenção (STURGES *et al.*, 2000) para o fato de que enquanto uma maior atenção tem sido dada aos principais e mais tradicionais gases contribuintes do efeito estufa – CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, por exemplo – está claro que vários outros gases estão presentes e, mesmo em suas pequenas concentrações, podem contribuir para o aquecimento global de forma muito significativa, com potencialidades muitas vezes

superiores àqueles tradicionais, por suas excepcionais capacidades de absorção de energia calorífica na faixa do infravermelho(IV), ou seja, as suas capacidades de “retenção da irradiação de calor da terra” na atmosfera, resultando daí maior quantidade de calor retido e aumentos indesejáveis na temperatura da atmosfera terrestre.

A tabela 1.5.1, a seguir, mostra dados importantes - abundância atual, taxa de aumento anual na atmosfera, tempo de residência e a eficiência (GWP) - de alguns destes gases para o aquecimento global.

**Tabela 1.5.1** - Características de Gases indutores do Efeito Estufa. (STURGES *et al.*, 2000); (IPCC, 2001 apud WRI, 2002) e (BAIRD, 2002).

Gás	Abundância Atual	Taxa de aumento	Tempo de Residência (anos)	GWP***	
				Atual	100 anos
CO <sub>2</sub>	365 ppm	0,4 %	50-200**	1	1
CH <sub>4</sub>	1,72 ppm	0,5 %	12	23	21
N <sub>2</sub> O	312 ppb	0,3 %	120	296	320
SF <sub>6</sub>	n/d	n/d	3.200	22.200	22.200
SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub> *	n/d	n/d	1.000	22.200	22.200
CFC-11	0,27 ppb	0,0 %	50	12.400	12.500
Halon-1301	0, 002 ppb	7,0 %	65	16.000	19.000
HCFC-22	0,11 ppb	5,0 %	12	11.000	3.300
HFC-134 <sup>a</sup>	2 ppt	n/d	15	9.400	3.000

\* (STURGES, W.T. *et al.*, 2000; BALL, D. W., 2002, IBUKI, 2005).

\*\* Este tempo de vida refere-se ao componente que não é absorvido rapidamente pelos oceanos ou biomassa.

\*\*\* Por molécula.

## 1.6 – Resíduos sólidos e a questão ambiental

A geração de resíduos apresenta-se como uma característica inerente à condição e atividades humanas, seja por meio de seus processos fisiológicos, seja por meio do manejo de materiais existentes ou do usufruto dos bens que lhe são disponibilizados, o homem está sempre a produzir resíduos.

Nas palavras de Leite (2003),

[...] principalmente após a segunda grande guerra, o acelerado desenvolvimento tecnológico experimentado pela humanidade permitiu a introdução constante, e com velocidade crescente, de novas tecnologias e de novos materiais que contribuem para a melhoria da performance técnica, para a redução de preços e do ciclo de vida útil de grande parcela dos bens de consumo duráveis e semiduráveis. Esses materiais, essas tecnologias e a obsolescência mercadológica planejada permitem a satisfação dos conceitos de diferenciação entre as empresas no mercado. O acelerado ímpeto de lançamento de inovações no mercado cria um alto nível de obsolescência desses produtos e reduz seu ciclo de vida, com clara tendência à descartabilidade.

Já Halweil e Nierenberg (2004) mostram que em 1895, o caixeiro viajante King Camp Gillette teve a idéia de vender lâminas de barbear descartáveis – um produto que os consumidores teriam que comprar constantemente. Já em 1915, as vendas dispararam para 70 milhões de unidades e hoje a Gillette é uma empresa com faturamento anual de US\$ 10 bilhões. O que começou como um veículo de alto lucro para um comerciante assegurar um fluxo inesgotável de



vendas transformou-se num conceito amplamente adotado – a obsolescência programada.

Estes autores informam, citando Taub (2003), que em meados de 2003 a Disney anunciou que iria testar no mercado um novo DVD, destinado a substituir os videodiscos e cassetes de locadoras e que deixam de funcionar após um tempo predeterminado. A Abertura da embalagem hermeticamente fechada dispara uma contagem regressiva química que torna o disco inútil após 48 horas. As sofisticadas tecnologias envolvidas nesta proposta podem ser estritamente do século XXI, mas a filosofia subjacente vem do tempo daquele conceito introduzido por Gillette e seus contemporâneos.

Estes avanços tecnológicos do final do último século tornaram possível “produzir mais que a demanda e oferecer mais que o necessário”. Crescimento econômico infindável, motivado pelo consumo descontrolado, tem sido elevado ao *status* de religião moderna. Isto é tanto um objetivo de executivos corporativos, desejosos de manter acionistas felizes, como é uma meta de líderes políticos, geralmente a postos para tirar proveito de tudo que lhes seja possível, com um olho na vitória nas próximas eleições (ROTHSTEIN, 2003; HALWEIL e NIERENBERG, 2004).

A forma despreocupada com que o homem trata os recursos naturais disponíveis, e que são finitos, em futuro diminuto cobrará dividendos das futuras gerações. Pode-se dizer que esta cobrança já está em andamento, haja vista as conseqüências observadas com maior evidência nas oscilações climáticas do planeta, e que demonstram a necessidade iminente de uma mudança de nossos comportamentos. O atual paradigma do crescimento constante e do consumo indiscriminado de supérfluos e descartáveis, por certo, não se coaduna com a

conservação de um ambiente natural onde seja possível as condições adequadas para a sobrevivência humana. Na concepção de James Lovelock, “Gaia” (Terra) continuará sua jornada independente das agressões sofridas em função da inabilidade do homem no tratamento do planeta (VIEIRA, 2008).

Neste início de século a sociedade atual precisa, com a urgência necessária e através das agências de políticas mundiais, endossadas pelos governos nacionais, implantar e fazer cumprir um novo paradigma para o trato dos seus resíduos, de forma universalizada. Este fato torna-se a cada dia mais necessário e urgente devido ao desperdício, ao consumo indiscriminado e também pelas contradições existentes no próprio crescimento econômico das nações, no desenvolvimento industrial e tecnológico.

Ao mesmo tempo em que os recursos da biosfera são utilizados como se fossem inexauríveis, a natureza é desafiada a “assimilar” os resíduos de novos produtos artificiais, desconhecidos dos agentes naturais, ultrapassando os limites da capacidade dos ciclos naturais e dos fluxos de energia.

Segundo Baird (2002),

[...] historicamente, foi considerado implícita ou explicitamente que os produtos químicos ou quaisquer resíduos emitidos para o ambiente natural seriam assimilados pela natureza: ou o sistema natural os transformaria em substâncias de ocorrência natural, não-prejudiciais, ou os produtos químicos residuais seriam diluídos em tal extensão que não poderiam ser atribuídos aos mesmos quaisquer riscos para a vida. A estratégia de que “a solução para a poluição é a diluição” é, de fato, bem-sucedida com muitos poluentes. Porém, nas décadas de 60 e 70 em diante,

ficou bem claro que muitos dos produtos químicos sintéticos não são assimilados porque são persistentes, isto é, não são alterados pela ação da luz, água, ar ou microorganismos (que atuam com frequência na degradação de muitos poluentes) durante períodos muito longos de tempo. Exemplos destas substâncias persistentes incluem pesticidas, como o DDT, os gases de refrigeração chamados CFC's, o gás dióxido de carbono e as formas tóxicas do elemento mercúrio. Devido a sua persistência e a sua contínua liberação, as concentrações ambientais de tais substâncias aumentaram no passado em níveis inquietantes. Devido à quantidade de problemas que provocaram, foi descoberto que muitas das substâncias persistentes não se tornam uniformemente dispersa no meio ambiente. Em vez disso, concentram-se em organismos vivos, podendo atingir, em seres humanos e outros animais, níveis que, em alguns casos, afetam sua saúde e até levam à morte prematura.

Está cada vez mais claro e patente que o modelo de iniquidade do desenvolvimento baseado no extrativismo à exaustão dos recursos naturais, os seus impactos nos ecossistemas naturais e a ausência de distribuição equitativa dos benefícios auferidos com esta exploração à comunidade mundial como um todo, ou seja, o chamado desenvolvimento explorador (CABRAL, 2007), não mais pode perdurar. Propugna-se então por um desenvolvimento sustentável.

Ainda segundo este autor, o desenvolvimento sustentável deve ter por base a conservação ambiental, ou seja, admite-se o aproveitamento controlado dos recursos naturais, com usufruto dos ecossistemas para necessidades humanas da

presente geração, em ritmo e extensão tais que permitam sua recomposição, natural ou induzida. Isto difere da visão da preservação ambiental que adota o critério da intocabilidade dos sistemas naturais pelo homem, acreditando-se que, uma vez rompido o equilíbrio pré-existente, este não mais se recomporá. Nas palavras de Boeira (2002), "... o preservacionismo caracteriza-se pela preservação da natureza com forte desconfiança em relação à ação humana (biocentrismo), enquanto o conservacionismo representa a defesa de princípios racionais no uso dos recursos naturais, a prevenção do desperdício e o desenvolvimento dos ecossistemas para a maioria dos cidadãos (relativo antropocentrismo)", citando Leis (1999) e McCormick (1992).

Como nos ensina Valle (2004), o desenvolvimento sustentável propõe-se a atender às necessidades da atual geração sem o comprometimento do direito das gerações vindouras.

O crescimento constante das populações urbanas (p.ex., 81% da população brasileira reside atualmente em centros urbanos – IBGE, Censo 2000), aliado à intensa industrialização, à melhoria do poder aquisitivo e qualidade de vida nos países industrializados ou em desenvolvimento, vem causando a acelerada geração de grandes massas e volumes de resíduos sólidos, com destaque visível e de consequências imprevisíveis nas grandes metrópoles (MARQUES, 2001; PUGLIESI, 2006).

Entre as muitas atividades praticadas pelo homem e que resultam incrementos significativos na problemática ambiental, estão aquelas que dizem respeito ao tratamento e à disposição finais dados aos resíduos sólidos urbanos (RSU's). Até porque ainda não dispomos e acreditamos, não existirá, processo de disposição que não resulte em "novos resíduos a serem tratados e dispostos".

Este problema tem sido objeto de grande preocupação de vários países e de organismos internacionais, principalmente, pela quantidade cada vez maior na geração destes resíduos, registrada a cada dia, com o desenvolvimento, inovação e a oferta crescentes de vários produtos, com destaque especial para os manufaturados, com diminuição acentuada, inclusive, do ciclo de usufruto destes bens.

Esta dinâmica da produção e do consumo acarreta cada vez mais, maiores quantidades de resíduos e, conseqüentemente, o aumento de aportes tecnológicos e financeiros. Inclusive e necessariamente, na qualificação de recursos humanos para atuar nesta área; para que os RSU's tenham o seu tratamento e a sua destinação finais, os mais adequados possíveis, evitando-se que resultem a céu aberto, transformando-se em fonte de proliferação e irradiação de vetores de diversas doenças.

O lixo tem grande importância na transmissão de doenças através de vetores como moscas, mosquitos, baratas e roedores, que encontram na disposição inadequada do lixo, alimento, abrigo e condições adequadas para proliferação. Os organismos patogênicos, em geral, são pouco resistentes às condições do meio exterior.

Além da poluição visual – resíduos espalhados ‘ao vento’ tiram a estética de qualquer área – que sempre acarreta às áreas de destinação e seu entorno, a conseqüente desvalorização imobiliária e da poluição do solo, águas superficiais e subterrâneas e do ar, pelo não tratamento adequado dos líquidos percolados e dos gases emitidos.

## 1.7 – Os aterros sanitários

Um dos equipamentos mais recomendados para a disposição final de resíduos sólidos urbanos são os aterros sanitários (AS). Embora sejam cada vez mais difícil a disponibilidade de áreas e a escolha de locais para tais equipamentos, na maioria das cidades, notadamente, grandes metrópoles, como p.ex. a cidade de São Paulo, como denunciado por Morelli (2007). Ou ainda, como dito por Fecuri (2004) quando mostra que a maior metrópole do Brasil “não dispõe mais de locais adequados para a disposição final dos seus RSU’s. Os aterros sanitários existentes, de Santo Amaro (Interlagos) e Vila Albertina (Cantareira), foram simplesmente desativados, dada à extrapolação dos limites técnicos impostos e a possibilidade de desmoronamentos, restando tão-somente os aterros Bandeirantes (Perus), reaberto recentemente, e o São João, os quais, em conjunto, terão vida útil curtíssima”.

Estes equipamentos devem ser construídos seguindo técnicas já normalizadas e bastante maduras, usando princípios de engenharia para sua construção e operação (ABNT 8419: 1992). Deve também ser observada a legislação correspondente – p.ex., Portaria do Ministério do Interior nº. 53/79; Resolução CONAMA nº. 237/97; Portaria nº. 961/98; Lei nº. 13.103/2001 (Estado do Ceará); Resolução CONAMA nº. 308/2002; Lei nº. 12.300/2006 (Estado de São Paulo) -, com os devidos Estudos de Impactos Ambientais e os Relatórios de Impactos Ambientais (EIA/RIMA), as devidas análises físico-geológicas do solo a que se destina e todo o processo do projeto com as devidas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e a Licença de operação (LO), (FUNASA, 2006).

Nos aterros sanitários os resíduos sólidos urbanos (RSU’s) são

dispostos no solo impermeabilizado (manta PEAD, 2 mm); em unidades espaço-operacionais definidas para simplificar e ordenar a operação – células de trabalho - geralmente em depressões naturais ou em escavações específicas para tal; com compactação para a redução de volume e diminuição da área ocupada, recobrimento com materiais argilosos ao fim de cada jornada de trabalho, ou em intervalos menores se necessário.

Estes aterros sanitários devem dispor de sistemas de drenagem das águas fluviais, evitando-se total penetração do aterro; sistema de coleta dos líquidos percolados – chorume - para o devido tratamento, antes do seu lançamento no solo ou em corpos hídricos e um sistema de coleta dos gases emitidos para tratamentos (dissipadores de GAS - queimadores; Coleta Vertical), evitando-se os seus lançamentos na atmosfera, em prevenção à poluição do ar de entorno e ao efeito estufa (Figura 1.7.1), a seguir.

O tratamento do chorume pode ser através de lagoas de estabilização que operam num sistema físico-químico de recuperação dos líquidos, objeto do processamento.

Nos aterros sanitários, o sistema de captação vertical para os gases, se destina principalmente a eliminar o gás carbônico, o gás metano e o gás sulfídrico para que o terreno não fique sujeito a explosões, deslizamentos e combustão.

Ao final de sua vida útil, o aterro sanitário pode ser reutilizado mediante abertura das células, para retirada do material bioestabilizado ou utilização do mesmo em outras situações tais como: áreas de lazer e praças (BIDONE e POVINELLI, 1999; FALCÃO e ARAUJO, 2005).

No entanto, por melhor que sejam o projeto de construção e a operação dispensada a um aterro sanitário, especialmente na sua compactação e recobrimento, os gases produzidos pela degradação anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos migram através do maciço de lixo, efluindo na superfície do aterro – *emissões fugitivas* – fora do alcance do sistema de captação vertical (Dissipadores/queimadores), sendo lançados diretamente para a atmosfera, numa emissão solo-ar, destaque, em vermelho na figura 1.7.1; a seguir:

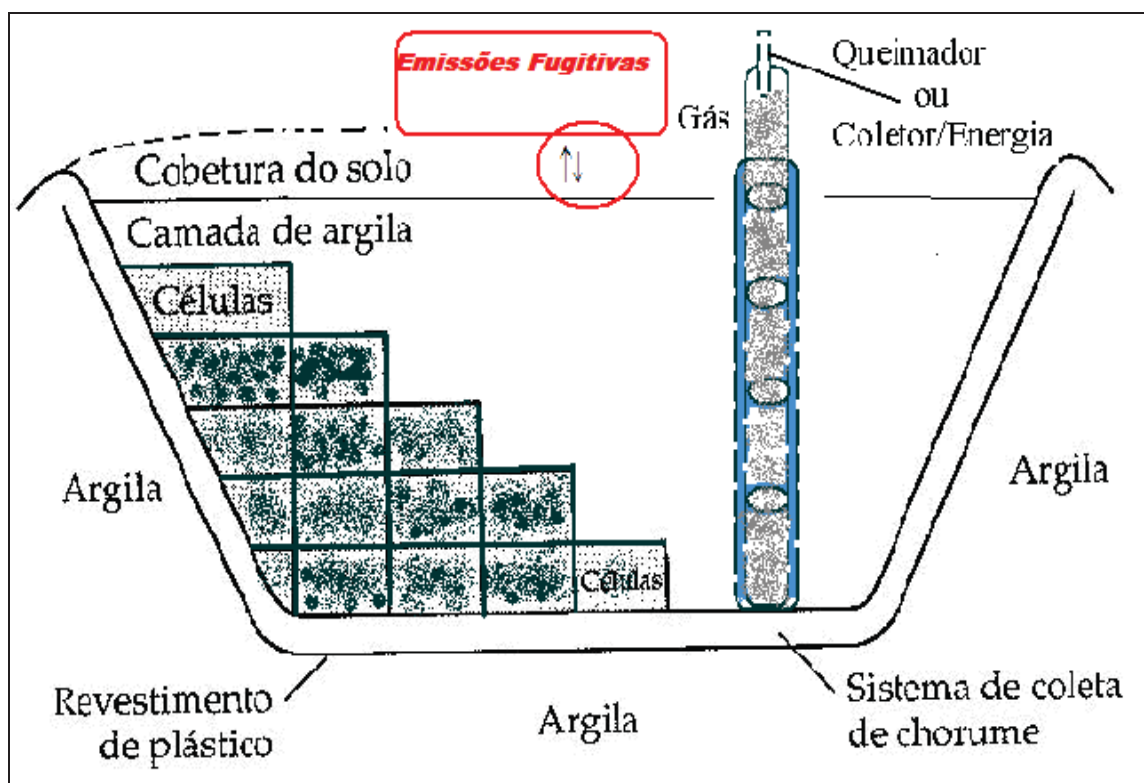


Figura 1.7.1 – Elementos construtivos de um Aterro Sanitário, em processo de preenchimento. Corte em perfil, com destaque para a cobertura, sítio de emissões fugitivas.

Fonte: Adaptado de Baird (2002)

A relevância e o impacto do lançamento das emissões gasosas de aterros sanitários na atmosfera são devidos: ser um gás tóxico, de odor repulsivo



pelo seu conteúdo de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), várias mercaptanas, ácidos graxos e compostos orgânicos voláteis (VOC's), perfazendo mais de 200 compostos; embora com concentrações abaixo de 100 ppm (JAFFRIN *et al.*, 2003). Além do seu elevado conteúdo de, aproximadamente, 55 a 60 %, ou mais, de metano ( $CH_4$ ) e 45 a 50 % de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que são considerados gases de efeito estufa, por absorverem a radiação infravermelha (IV, ou IR, na sigla em inglês) e poderem também influenciar na depreciação da camada de ozônio, potencializando o aumento do aquecimento global (KUMAR *et al.*, 2004).

O gás metano ( $CH_4$ ), um dos principais produtos da degradação anaeróbia dos resíduos orgânicos em aterros sanitários, apresenta características energéticas que não podem e não devem ser desperdiçadas. Especialmente porque se coletado e recuperado o seu potencial energético, estará se constituindo em uma prática, ambientalmente correta, de elevado valor ecológico e econômico, evitando-se a sua emissão para a atmosfera e reduzindo-se o uso de combustíveis fósseis naturais, pela suas finitude e altos preços, especialmente os derivados do petróleo, cada vez mais escassos e onerosos. Segundo Kumar *et al* (2004) citando o IPCC, além de o metano ser um dos GEE mais importante, as suas concentrações atmosféricas têm aumentado a uma taxa da ordem de 1 – 2% ao ano.

O metano ( $CH_4$ ) tem um potencial de aquecimento global (GWP, na sigla em inglês) da ordem de vinte e três vezes maior do que o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e permanece ativo na atmosfera por até doze anos (ROSA, *et al.* 2001; WRI, 2002). Isto significa, para ilustração, que uma tonelada de gás metano emitida para a atmosfera terrestre equivaleria à emissão de vinte e três toneladas de dióxido de carbono.

Assim, pode-se afirmar que as emissões de metano na atmosfera são 23 vezes mais agressivas que para as mesmas quantidades de dióxido de carbono, em termos de potencial de contribuição para o efeito estufa. Portanto, se torna necessária e imprescindível, uma prática ambiental em que se procure, cada vez mais, identificar e dimensionar as fontes de emissão deste gás para a mitigação do aquecimento da atmosfera terrestre e a devida compreensão do fluxo de carbono na atmosfera.

Diversos outros aspectos estão relacionados aos potenciais impactos ambientais que os aterros podem produzir, principalmente, no que tange à migração e emissão dos gases produzidos. A falta de seu monitoramento e coleta efetiva pode afetar a qualidade do ambiente de entorno e, diversos aspectos devem ser atentados, como os de saúde pública, odores desagradáveis, danos causados à vegetação, às águas subterrâneas, riscos de explosão pela inflamabilidade do gás em circunstâncias especiais, etc... Tais efeitos estão relacionados a diferentes escalas de abordagem e às concentrações dos gases no ambiente do aterro e de entorno.

O presente trabalho teve como objetivo medir, estimativamente, e contribuir para a determinação do *quantum* da “emissão fugitiva” de gases de aterros sanitários(GAS) para a atmosfera terrestre e para uma melhor compreensão do fluxo de carbono na natureza, a partir destes sistemas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. Até porque não foram encontrados trabalhos com estes objetivos.

Muitas pesquisas tentam quantificar a geração do gás de aterros via seu potencial de produção, a partir de modelagens variadas, levando em conta parâmetros como: quantidades de RSU depositadas em aterros; quantidades de

material orgânico (degradável) contido nestes resíduos e suas diferentes taxas de degradação; massa de carbono nos resíduos; tempos de deposição e de atividade do aterro; fatores como operação do aterro, influências climáticas, aspectos físico-químicos e biológicos... etc (HAM, 1979; BOGNER, 1986; KUMAR *et al.*, 2004; SPOKAS *et al.*, 2006) e outras aliam o potencial de geração ao potencial energético (PECORA, 2006; FIGUEIREDO, 2006; ZAMORANO *et al.*, 2007).

Tendo por base os dados obtidos em trabalho de campo desenvolvido em aterros ou lixões de municípios do estado de São Paulo, Brasil, a saber: Araraquara, Brotas, Campinas, Jaú, Ribeirão Bonito, Ribeirão Preto, São Carlos e do Aterro Bandeirantes, na Capital; pôde-se fazer uma estimativa de quanto estes equipamentos de disposição de resíduos sólidos urbanos emitem de gases de efeito estufa (GEE) para o ambiente natural, independentemente, da operação que se aplique a cada um deles, tendo em vista a melhor técnica e disponibilidade político-financeira do município. São feitas recomendações direcionadas às potenciais pesquisas a serem desenvolvidas na área, no intuito de cada vez mais diminuirmos estas emissões, com efetiva contribuição para a prevenção e mitigação do efeito estufa, de reduções no uso de combustíveis fósseis e os demais impactos já mencionados; tornando os aterros sanitários cada vez mais recomendáveis como equipamentos de destinação e tratamento finais do lixo urbano.

## 2. OBJETIVOS

“A MAIOR TRAGÉDIA DESTES PERÍODO DE TRANSIÇÃO SOCIAL NÃO FOI O *ESTRIDENTE CLAMOR*  
DOS MAUS, MAS O *TERRÍVEL SILÊNCIO* DOS BONS.”  
MARTIN LUTHER KING

### 2.1 Geral

Estudar as emissões fugitivas de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (GEE), que efluem na superfície de aterros de resíduos urbanos (solo-ar), escapando do sistema de dissipação vertical, bem como a concentração destes gases no ar ambiente dos aterros e a emissão dos dissipadores/queimadores.

### 2.2 Específicos

1. Medir as emissões fugitivas de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> em aterros sanitários, aterros controlados e em valas nos municípios de Araraquara, Brotas, Campinas, Jaú, Ribeirão Bonito, Ribeirão Preto, São Carlos e no aterro Bandeirantes, São Paulo - Capital; Estado de São Paulo, Brasil.
2. Implementar uma metodologia experimental para a coleta de amostras de GAS (Gás de Aterros Sanitários) nas emissões solo-ar (Construmaq, 2006).
3. Analisar amostras do GAS, para qualificar e quantificar as frações de metano (CH<sub>4</sub>) e de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
4. Comparar as emissões em aterros diferentes em: montante de resíduos, tempo de disposição e IQR, buscando possíveis correlações entre estas emissões e os aterros, para que se possa estabelecer ou não tendências gerais.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“... A VERDADEIRA, A MAIS PROFUNDA ESPIRITUALIDADE CONSISTE EM SENTIR-NOS PARTE INTEGRANTE DESTE MARAVILHOSO E MISTERIOSO PROCESSO QUE CARACTERIZA GAIA, NOSSO PLANETA VIVO: A FANTÁSTICA SINFONIA DA EVOLUÇÃO ORGÂNICA QUE NOS DEU ORIGEM JUNTO COM MILHÕES DE OUTRAS ESPÉCIES. É SENTIR-NOS RESPONSÁVEIS PELA SUA CONTINUAÇÃO E DESDOBRAMENTOS”.

LUTZENBERGER, J.A.

#### 3.1. Os resíduos sólidos urbanos: problemática, definições e classificações.

Os problemas gerados pelo atual manejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU's); resultantes dos diferentes processos de transformação – manufatura – em busca da satisfação da sociedade humana e manifestados com maior intensidade no meio urbano; especialmente nas grandes metrópoles; são diversos, tanto na sua variedade como na magnitude de suas implicações.

A Revolução Industrial, no século XVIII, permitiu o desenvolvimento de indústrias diversas. Então surgiram novos artefatos e utensílios com o conseqüente aumento na geração de novos tipos de resíduos, com destaque para os industriais ou sintéticos; produtos comprados, usados e descartados; demandando quantidades crescentes de matérias primas, subtraídas da natureza; muitas delas não-renováveis; e o grande incremento de suas composições químicas, que na atualidade são muito diversas, dificultando a sua degradação e reabsorção naturais. Muitos têm pouco tempo de uso, como o caso das baterias, eletro-eletrônicos e embalagens as mais variadas, notadamente, as poliméricas, como as plásticas e plástico-celulósicas.

Muitos produtos manufaturados requerem imensos insumos de água, madeira, energia, metais e outros recursos, todos esgotáveis. E, frequentemente, também contêm insumos químicos tóxicos que, quando liberados no ambiente natural, ameaçam a saúde dos seres humanos e de sistemas ecológicos dos quais dependemos. Estes impactos podem ocorrer em qualquer etapa do *ciclo de vida* de um produto: na obtenção da matéria-prima, industrialização, embalagem, transporte, uso e até mesmo após o descarte (DUMNING, 1992 apud MASTNY, 2004).

Segundo Sonnemann (2003):

[...] uma abordagem de *ciclo de vida* nos permite verificar as consequências involuntárias de nossas ações durante toda a vida dos produtos – desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Oferecendo informações mais completas sobre tudo, desde nossos sistemas de transportes até nossas fontes energéticas, pode nos ajudar a reorientar o consumo numa direção mais sustentável. “Os consumidores estão cada vez mais interessados no mundo por trás dos produtos que adquirem”, observa Klaus Töpfer, diretor executivo do PNUMA. “O conceito de ciclo de vida significa que cada um de nós, por toda a cadeia do ciclo de vida de um produto, do berço ao túmulo, temos responsabilidades e um papel a desempenhar”.

Em 2001, em resposta a uma convocação de governos por uma economia de ciclo de vida, o PNUMA e a Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental iniciaram, conjuntamente, uma Iniciativa de Ciclo de Vida. Através de seus três programas principais – Gestão de Ciclo de Vida, Inventário de Ciclo de Vida

e Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida -, a iniciativa busca desenvolver e disseminar ferramentas práticas para avaliar oportunidades, riscos e compensações associados a produtos e serviços ao longo do seu ciclo de vida. A iniciativa é regida por um Painel Internacional de Ciclo de Vida, que também age como principal fórum global para especialistas e interessados em ciclo de vida em todo o mundo.

É uma iniciativa que também contribuiu para um arcabouço de programas decenais mais amplos, que promovem as normas de consumo e produção sustentáveis solicitados na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável de 2002, em Johannesburgo. O Plano de Ação de Johannesburgo enfatizou a necessidade de “políticas que melhorem os produtos e serviços, reduzindo ao mesmo tempo, impactos ambientais e à saúde e utilizando, onde sejam indicadas, abordagens científicas, como a análise de ciclo de vida”.

Para Mastny (2004), felizmente, estão sendo desenvolvidas ferramentas sofisticadas para ajudar tanto fabricantes quanto compradores a avaliarem o desempenho ambiental dos produtos. Esta técnica particularmente promissora, a avaliação do ciclo de vida, oferece uma metodologia para identificar e quantificar os insumos, produtos e impactos ambientais potenciais de um determinado produto ou serviço por toda sua vida. Instituições públicas e privadas, universidades, igrejas e governos, de modo geral, já aplicam princípios deste parâmetro nas suas aquisições. Grandes empresas, nacionais e multinacionais, já aplicam considerações do ciclo de vida, a fim de prestar informações detalhadas

sobre vários impactos ambientais que surjam durante a fabricação e uso de seus produtos ao consumidor final.

O Departamento de Comércio dos Estados Unidos utiliza um *software* BEES 3.0 (sigla em inglês para Construir para a Sustentabilidade Ambiental e Econômica) (NIST, 2009), com dados do ciclo de vida de produtos e serviços, para assessorar compras do Estado e compradores na comparação e classificação do desempenho ambiental e econômico de materiais de construção, com base em seus impactos relativos em áreas como, aquecimento global, qualidade do ar interno, exaustão de recursos e resíduos sólidos.

Mesmo com toda esta problemática e consequências maléficas, os resíduos sólidos urbanos tornaram-se um indicador curioso de desenvolvimento de uma localidade, cidade, estado ou nação. Segundo um levantamento feito pela (ABRELPE, 2007) os brasileiros passaram a produzir muito mais lixo depois do plano real. Em algumas capitais brasileiras o aumento variou de 13% a 40%. Calcula-se que por dia cada brasileiro, em média, produza em torno de 1 kg de lixo domiciliar. Levando em conta uma média de vida de 70 a 75 anos, uma criança que nasça hoje se mantiver essa média até sua morte irá produzir de 25 a 27 toneladas de lixo, durante sua vida.

Já Rosa *et al* (2003) dizem que a média de geração diária de resíduos sólidos domésticos, dos países do primeiro mundo, é da ordem de 1,77 kg *per capita*. Esta realidade, agregada aos custos de manejo e tratamento dos resíduos, decorrentes de aperfeiçoamentos e revisões das normas sanitárias e ambientais, tem sido motivo de altos investimentos, desde a década de 80, na coleta seletiva do lixo e na reciclagem dos resíduos gerados, com vistas à minimização no destino final. Igualmente, lembram estes autores esta geração de RSU's ainda está muito



longe dos norte-americanos que já atingiram a marca 3,2 kg por pessoa ao dia.

Estes números são corroborados em trabalho de Freudenrich (2007) que estima uma quantidade bem acima de 650.000 toneladas por dia o que eleva a geração em torno de duzentas e trinta milhões de toneladas por ano na década passada (REAMS & TEMPLET, 1996), a geração de RSU naquela nação. Isso é quase o dobro do lixo produzido por pessoa na maioria dos outros países de grandes economias ou do primeiro mundo.

A nação norte americana é a grande campeã em geração de resíduos, mesmo tendo a sua agência de proteção ambiental mostrado que a não geração de resíduos é menos dispendiosa, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, com proposição dos princípios da Prevenção à Poluição (P2); indicando que todas as formas de poluição devem ser evitadas; quando isto não for possível a geração na fonte deve ser reduzida e, nos casos em que a redução não seja factível recomenda a reciclagem ou tratamento final (EPA, 1990).

A saúde pública e a conservação do ambiente natural são os dois pontos fundamentais da geração acelerada e da problemática resultante dos RSU's que justificam a busca de soluções adequadas e permanentes. Segundo Fecuri (2004), como principais poluentes do solo, subsolo e corpos de águas; superficiais ou subterrâneos; bem como da atmosfera terrestre, os RSU's sempre foram negligenciados pelo poder público, em decorrência, provavelmente, da ausência de informações e divulgação de sua nocividade. Até bem pouco tempo atrás o tema "lixo" sequer fazia parte da agenda das lideranças político-administrativas. Por esta razão, não existia um conjunto de políticas públicas de gestão, gerenciamento e tratamento desses resíduos sólidos urbanos.

Esta autora, citando Fiorillo (2003), chama a atenção para que...

“[...] o lixo atinge de forma mediata e imediata os valores relacionados com saúde, habitação, lazer, segurança, direito ao trabalho e tantos outros componentes de uma vida saudável e com qualidade. Além de atingir, mais intensamente, o espaço urbano, verificamos que o lixo é um fenômeno que agride também o próprio ambiente natural, como um todo, e acarreta perdas significativas aos espaços culturais, desconfigurando valores estéticos do ambiente urbano”.

Todas as atividades do homem - antrópicas - produzem resíduos que induzem enormes dificuldades na hora de seu tratamento e disposição finais. A produção e deposição final do lixo são um problema mundial, sobretudo, nas grandes cidades. Segundo o AmbienteBrasil (2007), estima-se que no mundo inteiro são produzidos, aproximadamente, 400 milhões de toneladas de lixo por ano. Como a população na Terra deverá passar dos atuais mais de 6,5 bilhões de habitantes para, aproximadamente, 9 bilhões até 2050 (ONU/FAO, 2004; IBGE, 2005), tem-se aí, em traços grossos, o desenho do cenário da catástrofe global que vem se anunciando, desde os fins dos anos 1960, e que deu origem à consciência, cada vez mais geral, de que é preciso replanejar, com clareza, e praticar, com urgência, novas formas culturais de relacionamento produtivo do homem em sociedade e da sociedade com a natureza (VOGT, 2002).

Estudos feitos em outros países como Demajorovic (1995); Chung & Poon (1998); Read (1999); têm demonstrado que os problemas relacionados com os resíduos sólidos são de espectro mundial. Tanto nações desenvolvidas quanto países do terceiro mundo sofrem suas consequências, e, muitas vezes estes em

consequência do lixo daqueles. Esta situação se agrava muito mais em países onde não existe uma atenção maior para o caso, seja ele de primeiro ou de terceiro mundo, quando descuidam das fontes geradoras, dos serviços de coleta, do tratamento e da disposição finais adequados a esses resíduos.

Na Europa se produziram na década de 90, de 300 kg a 400 kg de resíduos domésticos por habitante por ano, segundo Hartenstein & Horvay (1996). Nos Estados Unidos, neste período, geravam-se 25% a mais de resíduos sólidos municipais que na década anterior (REAMS & TEMPLET, 1996), aproximadamente, 230 milhões de toneladas por dia.

Segundo Gardner *et al* (2004) os refugos do consumo é algo sombrio, especialmente nos países ricos, embora tal problemática não lhes seja exclusiva. Um habitante comum de um país da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) gera 560 quilos de lixo urbano por ano, numa média de 1,55Kg/dia e, com exceção de três, todos os 27 países geraram mais, *per capita*, em 2000 do que em 1995. E então mostra que os valores gastos no consumo extremo contestam a visão de que muitas das necessidades básicas dos pobres mundiais não atendidas sejam muito dispendiosas para se atender. A provisão de alimentação adequada, água potável e educação básica para os mais pobres podem ser realizadas gastando-se menos do que se gasta anualmente, com artigos de luxo, como cosméticos, sorvetes e ração de animais de estimação, em países ricos, conforme demonstrado na tabela 3.1.1:

**Tabela 3.1.1** - Gastos Anuais em Itens de Luxo *versus* Recursos Necessários para o atendimento de necessidades básicas selecionadas. Ano base: 2003.

<b>Itens Selecionados</b>	<b>Gasto Anual (US\$)</b>	<b>Objetivo Social ou Econômico</b>	<b>Investimento extra anual para atingir o Objetivo (US\$)</b>
Cosméticos	18 bilhões	Saúde reprodutiva para todas as mulheres	12 bilhões
Ração c/animais de Estimação (USA/EU)	17 bilhões	Erradicação da fome e má-nutrição	19 bilhões
Perfumes	15 bilhões	Alfabetização Universal	5 bilhões
Cruzeiros marítimos	14 bilhões	Água Potável para Todos	10 bilhões
Sorvetes na Europa	11 bilhões	Vacinação de todas as crianças	1,3 bilhão
<b>Totais</b>	<b>75 bilhões</b>	<b>-</b>	<b>47,3 bilhões</b>

**Fonte:** (PNUD, 1998; MASTNY, 2002; GARDNER e SAMPAT, 2003). Com adaptações.

Como se pode observar a partir dos dados da tabela 3.1.1, para “o mundo pobre do planeta”, sobraria uma ajuda de US\$ 27,7 bilhões, caso houvesse real interesse sócio-econômico e político de se resolver àquelas suas necessidades básicas; com o “mundo privilegiado” do planeta abrindo mão apenas daquilo que lhe é luxuoso e supérfluo. Isto sem que fosse necessário alterar, minimamente, o padrão de vida desta porção rica da comunidade mundial.

O mesmo autor mostra que mesmo em países considerados líderes em política ambiental, como a Noruega, a redução da produção de lixo é um desafio constante. Em 2000, o norueguês, em média, gerou 354 kg de lixo, 7% a mais do que no ano anterior. Naquele país a proporção do lixo reciclado também cresceu, porém estancou em menos da metade do total gerado. Enquanto isso, nos Estados Unidos seus habitantes continuam sendo os campeões mundiais do lixo,

produzindo, *per capita*, 51% mais lixo urbano do que o habitante comum de qualquer outro país da OCDE. E, mesmo havendo indícios de que o índice *per capita* tenha aparentemente estabilizado no final da década de 90 e início desta década, somando-se os altos níveis de lixo produzido por um cidadão americano ao crescimento contínuo da população dos EUA, chega-se a um montante de entulho descomunal (OCDE, 2002).

Para Gardner (2004) a crescente febre de consumo que se iniciou e manteve-se durante o século XX, levou ao maior uso de matérias-primas, o que aumentou os gastos familiares e o número de consumidores. Entre 1960 e 1995 o consumo mundial de minérios aumentou 2,5 vezes, metais 2,1 vezes, produtos madeireiros 2,3 e produtos sintéticos, como plásticos, 5,6 vezes. Este crescimento superou o aumento da população mundial, tendo ocorrido mesmo quando a economia global mudou para abranger mais indústrias de serviços, como telecomunicações e finanças, que não são intensivas em materiais como indústria, transportes e outros setores outrora dominantes (ONU, 2004).

O consumo de combustíveis e materiais reflete o mesmo padrão de desigualdades encontrado no consumo de produtos finais. Só os Estados Unidos, com menos de 5% da população global, consomem aproximadamente um quarto dos recursos mundiais de combustíveis fósseis, queimando quase 25% do carvão, 26% do petróleo e 27% do gás natural. Em termos do consumo de metais os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Europa Ocidental – que detêm 15% da população mundial – consomem 61% do alumínio produzido a cada ano, 60,5% do chumbo, 59% do cobre e 49% do aço. O consumo *per capita* também é alto, principalmente se considerado o que é verificado nas nações mais pobres. O americano comum consome 22 quilogramas de alumínio por ano, enquanto o

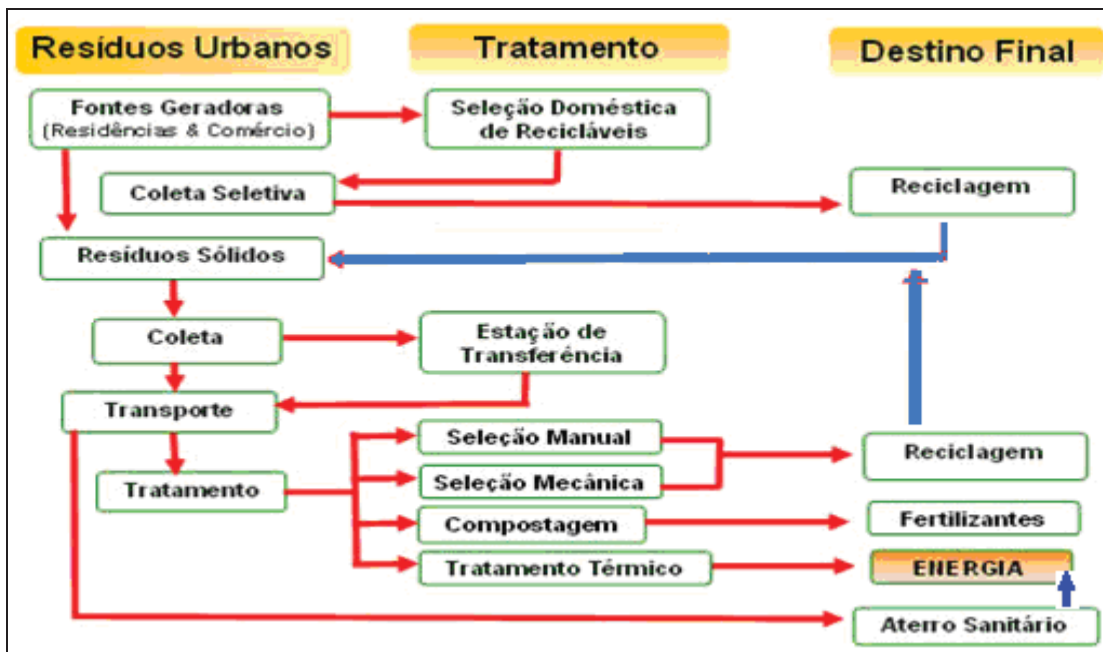
indiano consome 2 e o africano menos de 1 quilograma (EM, 2004).

O tratamento último e a disposição final dos resíduos sólidos têm gerado problemas por falta de espaços adequados para a construção de aterros sanitários na Europa, Japão, Estados Unidos, etc., elevando bastante os custos dos locais de implantação destes equipamentos. Por exemplo, em Flandes, na Bélgica, o custo de implantação foi duplicado, levando a um aumento de 2,5 vezes nos impostos cobrados pelo estado para estas instalações no período 1989-2000 (van GERVEN, 2005). Nas últimas décadas a formulação de estratégias dos países europeus para eliminar os problemas dos seus resíduos tem levado ao uso da incineração como opção de manejo e se discute e acredita que uma estratégia de manejo integrado dos resíduos, ainda é a melhor proposta para tal.

Para Passinato (2008) o lixo produzido pelas atividades do homem é hoje uma das mais graves ameaças à sua própria qualidade de vida. Isso tem determinado a tendência mundial pela minimização da geração, entendendo-se como tal a produção/venda de produtos dos quais restem o mínimo possível de resíduos, o reuso de embalagens e a reciclagem. Como a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é uma responsabilidade direta das municipalidades, a reprogramação conceitual de processos produtivos e de produtos em geral, com atenção especial para suas embalagens, é algo que foge completamente ao controle dos Municípios. Já a reciclagem pode e deve ser incentivada por estes entes federados, conscientizando a população e estruturando programas de coleta seletiva e mantendo núcleos de triagem de recicláveis. No entanto, mesmo que se obtenha o maior sucesso nestes programas, a maior parcela dos resíduos gerados, mais de 65%, necessitará de uma destinação final adequada, e aí que se adeque, preferencialmente, uma rota que privilegie o

aproveitamento da energia contida no lixo. Isso é demonstrado no quadro 3.1.1, a seguir:

**Quadro 3.1.1 – Gestão Integrada de RSU's - com vistas à minimização para AS.**



**Fonte:** Adaptado (destaques em azul) de Passinato (2008), citando um "Technical Guidance Report". BM.

Como se pode depreender do quadro 3.1.1, anterior, tudo deve ser feito para que o descarte em aterros seja da menor quantidade possível de resíduos urbanos, como já se pratica em vários países europeus (KORHONEN e DAHLBO, 2007). Pelas tecnologias disponíveis, uma vez gerado o resíduo, teríamos uma segregação consequente na fonte (residências e comércio), o que realocaria no ciclo econômico uma grande parte dos recicláveis e também acarretaria maior vida útil a estes equipamentos de disposição final, minimizando a demanda por áreas para tais, cada vez mais difíceis.

Veja-se ainda no quadro 3.1.1, que infelizmente ainda não dispomos

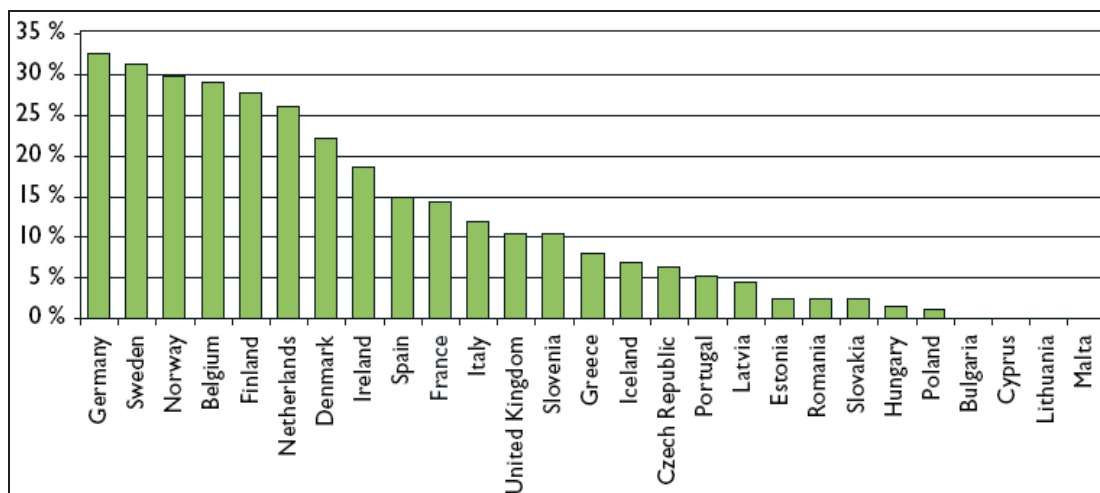
de tecnologia para “um ciclo fechado”. Por mais correto e completo que seja um programa de coleta seletiva, a própria reciclagem gerará resíduos, os quais demandam disposição adequada. E que, depois que se desse tratamento correto a todo o resíduo, mesmo da quantidade mínima destinada aos aterros – que via de regra, em especial nas grandes cidades, não seriam quantias nada desprezíveis – temos a possibilidade do aproveitamento do gás de aterro, com fins energéticos; aqui sim; com tecnologia já bem sedimentada e praticada, como é exemplo o aterro bandeirantes, em São Paulo, Capital, um dos aterros objeto deste estudo.

Na União Européia; dado às dificuldades de disponibilidade de áreas para disposição final; a reciclagem de resíduos tem ganhado incrementos significativos, com obrigações a ser cumpridas pelos seus membros, no sentido de destinarem um mínimo possível para os aterros (EC, 2005).

Segundo Korhonen e Dahlbo (2007), a taxa média de reciclagem em quinze países do bloco para o ano de 2002, foi de 19%, como mostra o quadro 3.1.2, a seguir, excluídos a Áustria e Luxemburgo. Mas sete países apresentaram taxas acima da média, com destaque para a Alemanha (33%), além de Dinamarca, Holanda, Finlândia, Bélgica, Noruega e Suécia. Outros quatro países: Bulgária, Chipre, Lituânia e Malta; lançam seus RSU quase que totalmente em aterros, sem privilegiar a reciclagem.



Quadro 3.1.2 - Taxas de reciclagem de RSU's em países da EU em 2002.



Fonte: Korhonen e Dahlbo (2007).

Para a América Latina e Caribe, segundo Calderoni (2001), são conhecidos estudos e proposições de instrumentos de políticas para a gestão dos RSU's, com vistas a que se alcance a promoção dos objetivos que dizem respeito ao desenvolvimento sustentável, como a seguir:

- Maximização da reciclagem;
- Maximização na divulgação de informações e ações para educação ambiental;
- Minimização na geração dos RSU;
- Minimização nos processos de incineração;
- Minimização nas quantidades de RSU para os aterros... etc.

No esforço para livrar-se do “lixo” ou “resíduos indesejáveis”, o homem tem utilizado desde a antiguidade várias técnicas, algumas praticadas até hoje, como a disposição em lixões a céu aberto, o despejo em corpos de água, as “valas”

de lixo e a incineração sem controle.

A incineração é, provavelmente, a segunda mais antiga forma de disposição do lixo. A primeira seria simplesmente abandonar em qualquer lugar as coisas “inservíveis”. A técnica da incineração, possivelmente, teve início quando o homem percebeu que podia aquecer-se queimando coisas “não úteis” na sua caverna e assim podê-la habitar por mais tempo, antes que o acúmulo de resíduos tornasse sua estada ali impossível (COREY, 1980).

Já na década de 90, Petts (1994); Hartenstein & Horvay (1996) e Reams & Templet (1996); e no início desta década Zhang *et al.* (2002) e Forteza *et al* (2004); chamavam a atenção para que ao se lançar mão da incineração como opção prática sustentável e ambientalmente correta e de domínio público, no tratamento de resíduos sólidos urbanos, torna-se necessário:

- manter um sistema de coleta seletiva que contemple a segregação de todos os materiais reutilizáveis e recuperáveis, otimizando o potencial energético daqueles a serem queimados;
- dispor-se de sistema de recuperação de energia em todas as plantas de incineração, o que torna a prática uma atividade econômica recomendável;
- dispor-se de sistemas de filtração, captação e tratamento de todos os gasosos resultantes do processo, garantindo-se a não eliminação dos mesmos para atmosfera. Assim como a disposição correta das escórias sólidas – cinzas ricas em metais pesados, destinadas a aterros sanitários – resultantes, tornando a atividade ecologicamente correta.

A incineração tem sido muito utilizada, principalmente na Europa, para o manejo e gerenciamento dos RSU's, pela capacidade de redução entre 75% a 90% da massa de resíduos incinerada (IBAÑEZ, 2000) dependendo do tipo e segregação dos resíduos; pela possibilidade de recuperação da energia calorífica e transformação em energia elétrica; e, pelo fato de neste processo poder ser eliminados todos os elementos patogênicos presentes nos resíduos, inclusive, nos resíduos de serviços de saúde (RSS's) (FORTEZA *et al.*, 2004).

As dificuldades encontradas na hora da instalação de quaisquer equipamentos para tratamento de lixo, quer sejam aterros ou incineradores, decorrem do fato de que a população é “muito sensível” aos riscos associados “às invenções humanas” que lhe são desconhecidas, levando-a, muitas vezes, à maximização daqueles riscos, gerando recusas às vezes intransponíveis, se não bem discutidas, com muita informação e diálogo. Ambas as técnicas resultam, via de regra, em imagem negativa para opinião pública. Os incineradores produzem grandes volumes de gases tóxicos, cinzas com metais pesados e dioxinas. Os aterros são potenciais poluidores pela emissão do gás de aterros, do chorume que atinge águas superficiais e subterrâneas, além de inviabilizar áreas do entorno para outras atividades (JAFFRIN *et al.*, 2003). Outro aspecto que também influencia determinadas rejeições pela comunidade, são informações que decorrem de experiências mal planejadas e mal sucedidas, anteriormente. Seja devido ao uso de equipamentos já obsoletos para o que se destinavam ou a operações e manutenções inadequadas. Daí, por exemplo, a pecha do processo de incineração de poluidor, nocivo à saúde humana e ao ambiente natural (REAM & TEMPLET, 1996).

**Tabela 3.1.2 - Uso da incineração de RSU's em países desenvolvidos.**

País	% de incineradores de RSU's	Nº. de Incineradores	% de incineradores com recuperação de energia	% de lodos tratados em incineradores
Canadá	9	17	7	N/a
Estados Unidos	16	168	N/a	N/a
Japão	75	1900	*	N/a
Suécia	55	23	86	0
Dinamarca	65	38	*	19
França	42	170	67	20
Holanda	40	12	72	10
Alemanha	35	47	N/a	10
Itália	18	94	21	11
Espanha	6	22	61	N/a
Reino Unido	7	30	33	7

\* Não disponível

N/a - não anotado

Fonte: PETTS, 1994.

Segundo Petts (1994) o primeiro incinerador de RSU's surgiu na Inglaterra, Nottingham, em 1874, sendo que no início do século XX existiam mais de 300, alguns deles já com recuperação de energia. Este autor mostrou o uso da incineração como tratamento de resíduos em alguns países desenvolvidos, indicando que alguns daqueles tem até mais de 60% das suas plantas com recuperação de energia, vide tabela 3.1.2.

Hjelmer (1996) indica que países como Suíça, Japão, França e Alemanha incineravam 50% dos seus resíduos sólidos municipais. Nos Estados Unidos da América existiam em 1995, 128 plantas de incineração, operando 307 incineradores com capacidade instalada de 94.000 toneladas-dia<sup>-1</sup> (EPA, 1995). Conforme Zhang et al (2002) no início deste século 15% dos RSU's, no mundo,

eram incinerados, sendo que destes, 30% nos países desenvolvidos. No Japão 75% dos RSU's são incinerados e esta percentagem tende a aumentar pelas políticas de gestão e gerenciamento promovidas pelo governo daquele país. Os mesmos autores informam que na atualidade 100 milhões de toneladas de cinzas são depositados em aterros sanitários, provindas da incineração de RSU's, embora o grande destaque das pesquisas seja "um uso mais nobre" para estes resíduos resultantes dos processos de incineração, como, por exemplo, destiná-las a cimenteiras, misturas asfálticas, e, pavimentações de modo geral.

A União Européia tem legislação mais antiga e melhor praticada sobre os controles que devem ser dispensados para os resíduos sólidos urbanos desde 1975, com modificações para adaptar-se às novas demandas tecnológicas em 1989 e 1994, especialmente, nos padrões de emissão de incineradores ou aterros sanitários (UE, 2005). A Diretiva 2000/76/CE aprovou um conjunto de normativas para instalações de quaisquer novos equipamentos a partir do ano 2000 e adequações até o ano de 2005 naqueles já existentes. A própria Diretiva já estabelecia que até dezembro do ano de 2008 na Comunidade Econômica Européia (CEE), teriam que ser apresentados relatórios ao Parlamento Europeu da aplicação das normativas, dos avanços no controle de emissões e quaisquer experiências de contaminações locais e/ou transfronteiras de grandes e pequenas distâncias, inclusive com conhecimento às Nações Unidas.

No Brasil, especialmente nas grandes cidades, segundo Rosa *et al.* (2003) o lixo doméstico produzido já estava em torno de 0,8 kg a 1 kg *per capita*. Isso indica a crescente necessidade, no país, de programas que tratem os resíduos gerados de forma adequada, e que possam, além de combater a poluição, gerar riquezas e empregos.

Uma das grandes preocupações que também deve fazer parte da nossa agenda político-administrativa no Brasil de hoje é o crescimento da quantidade de lixo produzida no país – estamos próximo das 180 mil toneladas por dia - média de quase 1 quilo de lixo por habitante. Logo, para que o país se enquadre no novo paradigma do desenvolvimento sustentável, a despeito das grandes e graves questões sócio-humanitárias, seria de bom alvitre soluções que pudessem p.ex, acabar com os chamados lixões; reforçar via políticas públicas consequentes, a reciclagem, diminuindo as quantidades de resíduos a ser disposta; reforçar políticas de incentivos aos municípios para a construção de aterros sanitários; especialmente, para os pequenos, a adoção de consórcios; e, estimular o usufruto de forma econômico-ambiental correta do gás produzidos nestes aterros.

Segundo Freudenrich (2007) alguns programas de resíduos sólidos então sendo elaborados pelo Ministério do Meio Ambiente juntamente com a FUNASA (Ação Resíduos Sólidos da Fundação Nacional de Saúde) e outros órgãos. O objetivo é acabar com os lixões e melhorar a qualidade ambiental. De acordo com o MMA, o projeto prevê a implantação, ampliação ou melhoria do sistema de coleta de RSU em cidades de todos os Estados brasileiros (BRASIL, 2006).

Algumas cidades, especialmente nas regiões Sul e Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba), têm alcançado altos índices de produção de lixo, podendo chegar a 1,3 Kg por habitante por dia, em média, isso incluindo todos os resíduos manipulados pelo sistema de serviço de limpeza urbana (domiciliares, comerciais, de limpeza de logradouros, de serviços de saúde e entulhos). Outro fator relevante no Brasil é a participação de catadores na segregação informal do lixo.

A história do lixo se confunde com a história da humanidade. Enquanto era nômade, o lixo gerado pelo homem provinha das suas atividades biofisiológicas e dos restos de alimentos que eram deixados espalhados por grandes áreas. Sendo essencialmente orgânico, este lixo era fácil e rapidamente degradado no ambiente, servindo inclusive de nutriente para o solo. Com o domínio do fogo o homem aprendeu a modificar os materiais naturais, primeiro com as cerâmicas, depois com os metais e o vidro, iniciando desta forma a produção do que muitas vezes chamamos de “lixo químico”. Continuando em sua evolução cada vez mais rápida, dominou a fabricação de pigmentos para a tecelagem, a produção de papel, as ligas metálicas especiais, os plásticos, chegando até aos praguicidas específicos, aos medicamentos sofisticados e aos alimentos transgênicos (organismos geneticamente modificados – OGM's). Esta evolução, agregada ao contínuo crescimento populacional, em parte sustentado pela própria evolução da “indústria química”, para sua manutenção requer cada vez mais, maiores quantidades de energia e maiores demandas de recursos naturais (COREY, 1980; AQUINO, 2008).

O homem – ao contrário das outras espécies que se adaptam ao ambiente natural para sobreviverem – modifica o ambiente para se perpetuar. É muito importante saber que todos os refugos existentes são materiais vindos da natureza, passaram pela manipulação e usufruto pelo homem e que são descartados em outro local, quando não no mesmo, mas já com “outras formulações” ou após este local ter sido modificado, o que influencia os ciclos naturais. Então o lixo é a coisa certa no lugar errado. O espaço se confunde com o tempo e o lixo também pode ser a coisa certa na hora errada. A evolução da humanidade acarretou a formação de grandes cidades onde são descartadas

quantidades cada vez maiores de lixo. São nas megalópoles onde ficam mais acentuadas as contradições de se fabricarem produtos com validade cada vez menor, construídos com materiais de durabilidade cada vez maior. O material orgânico facilmente degradável gerado pelo homem primitivo foi substituído por superpolímeros de alta resistência e durabilidade, e os metais simples por superligas. A sociedade do consumo e do desperdício enche as lixeiras de produtos industrializados. No campo também é possível notar a influência dos tempos modernos. Os vegetais abatidos para o consumo humano deram lugar aos transgênicos (OGM's), capazes de eliminar espécies que, apesar de o parasitarem, podem ser fundamentais para a sobrevivência de outras culturas, além de poderem modificar o solo ao seu redor, e os agrotóxicos que por serem cada vez mais específicos contribuíram para a criação de pragas super-resistentes. Todo esse crescimento implica em novas definições do que é ou deixa de ser lixo (*Idem*).

Quando a população humana adensou-se, grupos nômades como beduínos ainda podiam ignorar as “valas” para a disposição do lixo, mas as comunidades fixas já não podiam fazê-lo.

Ainda hoje é possível encontrar-se montanhas de lixo – os chamados “lixões” – mesmo em comunidades altamente desenvolvidas (COREY, 1980), que ainda ignoram uma política de *gestão* e *gerenciamento* dos resíduos sólidos urbanos.

A prática de lançamento dos resíduos sólidos urbanos a céu aberto não acarreta apenas desperdício de matérias-primas, inclusive com o seu potencial energético agregado, mas proporciona perniciosa degradação ambiental, que se agrava ainda mais com a falta de planejamento por parte dos geradores de tais resíduos e do poder público.



A disposição final deve ser uma etapa no ciclo de vida útil do material a ser descartado que tem como objetivo retirar de circulação “aquilo que não mais se presta” a nenhum uso, embora o que deveria preponderar fosse sempre a possibilidade do seu retorno a algum ciclo econômico. Também tem como objetivo assegurar que os resíduos não gerem nenhum prejuízo para a saúde humana e ao ambiente natural, em curto ou longo prazo (HJELMAR, 1996). A recomendação é que o descarte final - depois de esgotadas todas as possibilidades tecnológicas disponíveis (PASSINATO, 2008) - seja feito em aterros sanitários, de forma sustentável, sem custos excessivos ou prolongados, de manutenção ou operação, assegurando-se que cada geração seja responsável pelo resíduo que ela gere.

Para que não venha tornar-se um problema sanitário, ambiental e social de maior monta, necessário se faz o conhecimento detalhado dos tipos de RSU's, composição, taxa de geração e aspectos sazonais como instrumentos para um gerenciamento adequado dos mesmos (KGATHI e BOLAANE, 2001).

Neste contexto, são várias as ações a serem planejadas e executadas para a atenuação dos impactos destes resíduos no ambiente natural, destacando-se, no tocante à defesa e conservação do meio natural, a *Gestão* e o *Gerenciamento* destes resíduos.

Por *Gestão de Resíduos* entende-se um conjunto de ações (procedimentos e controles) e recursos (humanos, financeiros, materiais) organizados e inter-relacionados, de forma integrada, cuja finalidade é prevenir e controlar os impactos causados pelos resíduos sólidos urbanos no ambiente natural. Dessa forma, a gestão de resíduos sólidos está ancorada nos seguintes princípios; adaptados de Pugliesi (2006):

- i) Proteção do ambiente natural para as gerações futuras;
- ii) Usufruto racional dos recursos naturais;
- iii) Redução de desperdícios (de matérias-prima, energia, água, combustíveis), reaproveitamento e reciclagem;
- iv) Melhoria na qualidade de vida de todos, por meio de:
  - (a) uma maior conscientização da necessidade de conservação e proteção ambiental;
  - (b) de um ambiente natural conservado limpo, sem aqueles impactos mais absurdos decorrentes da disposição não apropriada; e da
  - (c) redução da quantidade de resíduos no meio ambiente, onde as práticas dos 4 R's esteja sempre presente.
- v) Melhoria visual dos perímetros urbanos, com ganhos na imagem das cidades, tanto para seus munícipes como para quem as visita.

Na questão relativa à prevenção da poluição, considerando algumas maneiras de ajudar ao ambiente natural, o que se recomenda é a utilização do princípio dos 4 R's (BAIRD, 2002).

- REDUZIR - para isto, é necessário planejar e trocar o consumo desenfreado pelo consumo necessário, repensando alguns hábitos e diminuindo a produção do lixo na fonte geradora.

- REUTILIZAR - o que é lixo para uma pessoa pode não ser para outra, uma vez que muitos objetos podem ser reutilizados. A reutilização de muito do que muitas vezes, egoisticamente, se lança fora, poderia ter usufruto por gente que às vezes está ao nosso lado. Devemos, pois, pensar nisso antes de jogarmos alguma

coisa no lixo.

- RECICLAR - é muito antiga a prática da reciclagem de resíduos sólidos. Os utensílios metálicos são fundidos e remodelados desde os tempos pré-históricos. Já é de largo conhecimento e utilização a tecnologia de transformação de artefatos plásticos e similares para remodelagem e produção de outras utilidades. Hoje a coleta seletiva e a reciclagem estão disseminadas por todo o mundo e reciclar significa recuperação da parte reutilizável dos refugos e dejetos do sistema de produção ou de consumo, para reintroduzi-la no ciclo de produção de que provêm ou outros quaisquer. Segundo Valle (1995), o ato de reciclar significa refazer o ciclo, permite trazer de volta, à origem, sob a forma de matéria-prima, aqueles materiais que não se degradam facilmente e que podem ser reprocessados, mantendo suas características básicas. Essa prática, não apenas reduz a quantidade de resíduos, destinada a aterros sanitários, por exemplo, como também recupera produtos já processados, economizando matéria-prima – recursos naturais esgotáveis, energia – e desperta nas pessoas hábitos conservacionistas, além de reduzir a degradação ambiental. Só para citar um exemplo, em Madri, capital da Espanha, 50.000 habitantes recebem energia elétrica gerada a partir da reciclagem de lixo. O sistema que custou 15 milhões de dólares consome 250 toneladas de lixo por dia e transforma os detritos em gás metano. Este gás vai para uma minitermoelétrica que faz a conversão para eletricidade (AQUINO, 2007).

- REEDUCAR - muitas vezes jogamos materiais que ainda podem ser aproveitados e não paramos para pensar, de forma ecologicamente consciente, que poderia ter utilidade para uma outra pessoa. Não fazemos por mal, apenas não estamos acostumados a pensar antes de jogarmos objetos no lixo. Temos hábitos adquiridos que precisam ser repensados e mudados para ajudarmos à natureza e

melhorarmos a nossa qualidade de vida. A reeducação consiste na aquisição de novos hábitos como, por exemplo, procurar conhecer para melhor conservar.

Silva (2004) afirma que a falta de gerenciamento dos resíduos sólidos constitui um dos principais fatores que contribuem para a perturbação dos ecossistemas, excedendo, assim, a capacidade de suporte. Isto implica em destruir totalmente os recursos ambientais ou reduzir irreversivelmente esta capacidade. Para amenizar a problemática dos resíduos sólidos é preciso sensibilizar os seres humanos, no sentido de reduzir o consumo, reutilizar e/ou reciclar os resíduos gerados e repensar as atitudes que degradam o ambiente natural. Educação ambiental é um instrumento indispensável. No entanto, deve ser realizada de forma contínua, em permanente construção e inserida no currículo das escolas. Talvez não enquanto disciplina, mas permeando todas as áreas do conhecimento, de modo interdisciplinar, conforme estabelece a Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9795/99. Já a SECAD/MEC (BRASIL, 2007), estabeleceu princípios fundamentais da educação para sociedades sustentáveis, destacando a necessidade de formação de um pensamento crítico, coletivo e solidário, de interdisciplinaridade, de multiplicidade e diversidade.

Já o *Gerenciamento de Resíduos* compreende o conjunto de todas as atividades desenvolvidas desde a geração dos resíduos até o seu tratamento e disposição finais. Estas atividades envolvem as etapas de conhecimento da geração - onde a minimização/redução devem ser práticas de conscientização permanente -, segregação, identificação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos.

Ou seja, além das decisões políticas, elaboração de legislações e estratégias, aspectos técnicos e econômicos relacionados à gestão dos resíduos

sólidos; existem aspectos operacionais relacionados ao gerenciamento dos mesmos, como geração, armazenamento, coleta, transbordo, transporte, tratamento e disposição finais, que devem ser analisados, bem como os aspectos sociais envolvidos. Estas questões são peculiares a cada localidade, que se distinguem conforme a densidade populacional, cultura, administração política, situação econômica, características ambientais da região, entre outros fatores (LOPES, 2007).

Embora nas várias definições encontradas sobre Gestão e Gerenciamento, muitas vezes estas expressões sejam tratadas como sinônimas, entendemos as mesmas como distintas, de forma que Gestão está relacionada à condução, coordenação e elaboração de estratégias. Portanto, a gestão associa-se ao planejamento e dotação de diretrizes dos sistemas integrados de resíduos sólidos (MASSUKADO, 2004; PUGLIESI, 2006), enquanto o Gerenciamento está relacionado à implementação e operacionalização das estratégias propostas na gestão.

O quadro 3.1.3, enfoca características para a diferenciação mais compreensível dos termos Gestão e Gerenciamento, no trato com RSU's.

Quadro 3.1.3 - Características que distinguem a gestão do gerenciamento de RSU.

GESTÃO	GERENCIAMENTO
1•O que fazer?	1•Como fazer?
2•Visão ampla	2•Implementação desta visão
3•Decisões estratégicas	3•Aspectos operacionais
4•Planejamento, definição de diretrizes e estabelecimento de metas	4•Ações que visam programar e operacionalizar as diretrizes estabelecidas pela gestão
5•Conceber, planejar, definir e organizar.	5•Programar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar.

Fonte: Massukado (2004), com adaptações.

Lixo gerado das mais variadas fontes: doméstico, industrial ou hospitalar; freqüentemente têm a mesma destinação, sendo enviado a locais de despejo sem separação ou tratamento prévios, com enormes perdas de matérias-primas e de energia. Estes locais, na maioria das vezes, mal instalados e localizados, necessitam de áreas cada vez maiores, que se tornam cada vez mais difíceis de se obter. E vale lembrar que existe um gradiente de percepção do risco, vinculado com a distância na qual a população quer morar de um lixão, aterro, incinerador ou qualquer outro equipamento de destinação-tratamento relacionado com lixo (REAMS & TEMPLET, 1996).

Cabe também lembrar a assertiva “não ensinada”, mas por todos conhecida, de que “*embora o lixo seja produzido pelas comunidades como um todo, ninguém quer tê-lo como vizinho*”, ou ainda, como é conhecida na literatura inglesa a síndrome de NIMBY (*no in my back yard*); ou seja; *não no meu jardim*.

Com a evolução do conhecimento e da tecnologia, se passou a perceber que a atitude de despejar o lixo de qualquer maneira era causadora de efeitos desfavoráveis ou crônicos à saúde do próprio homem e/ou ao ambiente natural, pelo descarte não apropriadamente controlado.

Técnicas mais modernas têm sido praticadas, mundialmente, como a construção de aterros sanitários; depósitos especiais e encapsulamento para resíduos radioativos, tóxicos, agrotóxicos e químicos; processos de incineração com controle da combustão e das emissões gasosas - por vezes realizadas com recuperação e aproveitamento da energia térmica do resíduo incinerado - e, mais recentemente, a técnica do plasma térmico (MENEZES *et al.*, 1999), especialmente, para resíduos industriais perigosos. Esta última é uma tecnologia de destruição térmica dos componentes ativos dos resíduos, a elevadas temperaturas, que promove grande redução do volume, inertização e vitrificação do resíduo último. Este então, pode ser disposto sem causar problemas em aterros ou mesmo se presta para o uso em outros processos que os possa demandar como, por exemplo, em cimenteiras, na construção civil e em pavimentação.

Para uma melhor compreensão deste trabalho, outras definições fazem-se necessárias, além da gestão e gerenciamento, todas básicas na área de resíduos, como a seguir.

Nos dicionários (AULETE, 2004; AMORA, 1997), e segundo Rodrigues e Gravinato (2004), a palavra lixo é definida simplesmente como sujeira, imundície, coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor. Aquilo que se “joga fora” depois de uma limpeza. Entulho. Tudo aquilo que não tem mais valor, é varrido de uma casa e pode ser jogado fora.

Lixo, na linguagem técnica, é sinônimo de resíduos sólidos e é representado por materiais descartados pelas atividades humanas. É qualquer material que seu proprietário ou produtor não o considera mais com o valor suficiente para conservá-lo; por outro lado, o lixo resulta da atividade humana e por isso é considerado *inesgotável*, é diretamente proporcional à intensidade industrial e ao aumento populacional. Há aproximadamente um século é que surgiram soluções consideradas racionais para se amenizar os problemas decorrentes dos resíduos sólidos (James, 1997). Para Fadini (2001), a taxa de geração de RSU está relacionada aos hábitos de consumo de cada cultura.

Desde os tempos mais remotos até meados do século XVIII, quando surgiram as primeiras indústrias na Europa, o lixo era produzido em pequenas quantidades e constituído essencialmente de sobras de alimentos. A partir da revolução industrial; e acentuadamente, após a segunda guerra mundial; as fábricas começaram a produzir objetos de consumo em larga escala e a introduzir novas embalagens no mercado, aumentando consideravelmente o volume e a diversidade dos resíduos gerados. A humanidade passou a viver a era dos descartáveis em que a maior parte dos produtos – desde guardanapos de papel e latas de refrigerante, até computadores – é usada, inutilizada e jogada fora com enorme rapidez.

Ao mesmo tempo, o crescimento acelerado das metrópoles fez com que as áreas disponíveis para colocar o lixo se tornassem escassas. A sujeira acumulada no ambiente aumentou a poluição do solo, das águas e piorou as condições de saúde das populações em todo o mundo, especialmente nas regiões menos desenvolvidas. Até hoje, no Brasil, a maior parte dos resíduos recolhidos nos centros urbanos é simplesmente jogada sem quaisquer cuidados em vazadouros existentes nas periferias das cidades. O ideal seria que evitássemos o



acúmulo de detritos, diminuindo o desperdício de materiais e o consumo excessivo de embalagens. Nos últimos anos, nota-se uma tendência mundial em reaproveitar cada vez mais os produtos jogados no lixo para fabricação de novos objetos, através dos processos de reciclagem, o que representa economia de matéria prima e de energia fornecidas pela natureza. Assim, o conceito de lixo tende a ser modificado, podendo ser entendido como “coisas que *podem* e *devem* ser úteis e aproveitadas pelo homem”.

Schalch (1992), citando Oliveira (1969), informa que a palavra lixo, em português, provém do latim “*Lix*”, que significa cinzas. Seu equivalente em espanhol é “*Basura*”, ou então, no sentido mais moderno, é “Resíduo Sólido”. Em inglês, de uma maneira geral é denominado “*Refuse*” ou “*Garbage*” e, mais atual ainda, “*Solid Waste*”.

O Código de Regulamentos Federais (CFR) dos Estados Unidos da América, em seu título 40 – “Proteção do Meio Ambiente” – item 257 (40 CFR 257, 1992), apresenta as definições a seguir, citadas por Marques (2001):

- Resíduos sólidos (“*solid waste*”): “*any garbage, refuse, sludge and other discarded material, including solid, liquid, semisolid or contained gaseous material resulting from industrial, commercial, mining and agricultural operations. This does not include solid or dissolved materials in domestic sewage, in irrigation return flows or industrial discharges that are point sources*”.
- Aterro de resíduos (“*landfill*”): “*an area of land or an excavation in which wastes are placed for permanent disposal*”.
- Aterro de resíduos sólidos urbanos (“*municipal solid waste landfill – MSWLF*”): “*a discrete area of land or an excavation that*

*receives household waste”.*

- Aterro sanitário (“*sanitary landfill*”): “*a facility for the disposal of solid waste which complies with Code of Federal Regulations (CFR)*”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pela norma NBR 10.004/2004 (“Resíduos Sólidos – Classificação”) define que resíduos sólidos são aqueles...

“[...] resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos de sistemas de tratamento de água (ETA’s), aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Para determinar a melhor tecnologia para tratamento, aproveitamento ou destinação final dos resíduos sólidos é necessário conhecer a sua classificação. Diversas propostas têm sido apresentadas para a classificação dos resíduos sólidos, que evoluem ao longo do tempo, de forma a melhor enquadrar e cobrir a elevada variabilidade dos mesmos e que convergem às unidades de disposição final, que para efeito deste trabalho, tem como foco os aterros sanitários.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) por sua norma NBR 10.004/2004, já citada, em consonância com as NBR’s 10.005, 10.006

e 10.007, todas revisadas e atualizadas em 2004, classifica os resíduos em duas classes; considerando o risco que estes podem causar à saúde pública e ao ambiente natural:

- **Classe I – Perigosos**

Aqueles resíduos que apresentam periculosidade por inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade.

- **Classe II – Não perigosos**

Estes, subdivididos em:

- Resíduos **classe IIA – Não inertes**

Abrangem aqueles resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou resíduos classe IIB – inertes.

Podem apresentar propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Resíduos **classe IIB – Inertes**

Abrangem quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa (ABNT NBR 10.007/2004) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente (ABNT NBR 10.006/2004) não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Em decorrência destas definições pode-se ainda classificar os resíduos sólidos, considerando a fonte geradora, como proposto por Schalch

(1992); Menin (2000), IPT (2000) e, Tenório e Espinosa (2004) em:

- 1 – **URBANOS**: resíduos sólidos das áreas urbanas, que incluem o resíduo doméstico ou domiciliar, produzido nas residências (contêm muita matéria orgânica, plásticos, papéis, latas, vidros); os efluentes industriais domiciliares (pequenas indústrias de fundo de quintal); o comercial proveniente de estabelecimentos como escritórios, lojas e hotéis (contêm matéria orgânica, papéis, papelão, plásticos de vários grupos); de varrição e os resíduos de serviços, como por exemplo, feiras livres, capinação e poda;
- 2 – **INDUSTRIAIS (TÓXICOS E PERIGOSOS)**: constituídos pelos resíduos gerados pelos mais diversos tipos de indústrias de processamento. Pertencem a uma área altamente complexa, pois devem ser estudados, caso a caso, para que se possa obter uma solução técnica e economicamente adequada. Podemos ter neste grupo, pilhas, baterias, etc...
- 3 – **DE SERVIÇOS DE SAÚDE**: que são aqueles resíduos produzidos por prestadores de assistência médico-hospitalar-odontológica; laboratorial-farmacêutica; veterinária e de centros de saúde em geral. Temos neste grupo os mais variados tipos de resíduos sépticos, resultados de curativos e aplicação de medicamentos que, em contato com o ambiente ou misturados ao lixo doméstico, poderão ser patógenos ou vetores de doenças. Devem ser destinados, especialmente, para a incineração.
- 4 – **RADIOATIVOS (LIXO ATÔMICO)**: resíduos provenientes do aproveitamento dos combustíveis nucleares. Seu gerenciamento é de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.
- 5 – **AGRÍCOLAS**: correspondem, principalmente, aos vasilhames descartados pelo

uso de agrotóxicos na agricultura.

Uma outra classificação é indicada por Leite (1997), levando em conta outros fatores, como:

- Pela *natureza física*: seco ou molhado.
- *Composição química*: matéria orgânica ou inorgânica.
- Pelo grau de *biodegradabilidade*: facilmente, moderadamente, dificilmente e não-degradáveis.
- Segundo a *origem*: urbanos; industriais; resíduos de serviços de saúde; resíduos de portos e aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários; resíduos agrícolas; resíduos da construção civil e demolição e resíduos radioativos.

Podemos ainda classificá-los, segundo a *capacidade de incineração* em:

- Materiais não combustíveis (vidros, metais)
- Materiais combustíveis (plásticos, papeis, trapos)

A figura 3.1.2, mostra uma das classificações correntes e a responsabilidade sobre os resíduos gerados na disposição final.

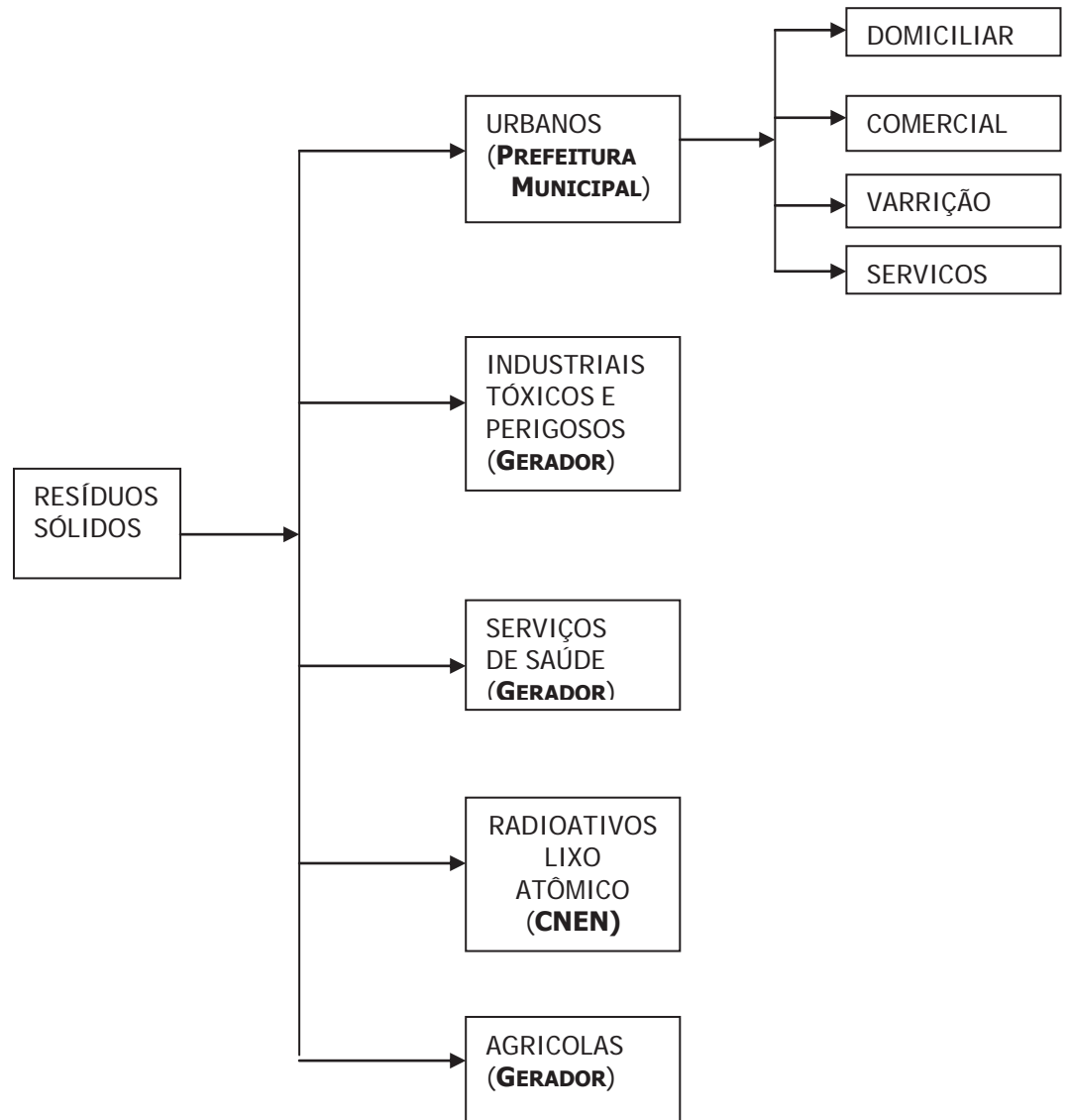


Figura 3.1.1 – Classificação dos RS's e Responsabilidade pela disposição final

Fonte: Schalch (1992), com adaptação.

### 3.2. A biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos

Segundo Marques (2001), citando inúmeras fontes da literatura nesta área, “um aterro sanitário pode ser entendido como um verdadeiro e heterogêneo reator biológico, tendo como principais componentes de entrada e alimentação os resíduos sólidos e a água, e como principais elementos de saída os líquidos percolados – chorume – e os gases de aterro”. Já Wise (1987, apud SCHALCH, 1992), diz que “o ambiente criado a partir de um aterro sanitário pode ser considerado um “*ecossistema*” especial, pois, uma vez que se forneçam condições ambientais propícias para o estabelecimento de populações bacterianas características, estas evoluem e se multiplicam no aterro, caracterizando um ecossistema, no sentido *ecológico* da palavra”.

A decomposição dos resíduos sólidos urbanos, em um aterro sanitário, dá-se tanto por processos aeróbios quanto por processos anaeróbios de digestão da matéria orgânica, presente em aproximadamente 60% dos rejeitos destinados a aterros, sendo a diferença básica entre os dois processos, a presença e ausência de oxigênio, respectivamente.

Os principais fatores que influenciam a cinética destes processos de biodegradação são segundo Parker (1983): a granulometria do resíduo; a composição e idade do resíduo; a umidade contida no resíduo; a temperatura no aterro; aspectos quantitativos e qualitativos dos nutrientes; pH dos líquidos presentes no aterro; densidade e grau de compactação dos resíduos.

Ainda segundo Schalch (1992), as interações existentes internamente e as variáveis que interferem externamente em um aterro sanitário, são de extrema

complexidade, o que torna muito difícil o seu estudo de forma global. Como influências externas podemos destacar – devido à própria geração dos resíduos sólidos urbanos - a sua composição física, que difere de região para região, sendo constituídos por uma mistura altamente variada e variável de rejeitos. Esta variabilidade na geração dos resíduos sólidos urbanos está relacionada a influências como o nível sócio-econômico-cultural, hábitos de consumo, fatores climáticos, características de sexo e idade da população que habita uma determinada região, além de fatores sazonais.

Conseqüentemente, não é possível generalizar *a priori* a composição física da massa de resíduos sólidos que compõe um aterro e se pode concluir que cada aterro conduzirá a um “ecossistema” particular, com características próprias concernentes às interações internas e externas.

Nos processos de degradação do material orgânico presente no maciço de lixo em um aterro sanitário, variáveis como: gradiente de temperatura, migrações gasosas e dos líquidos percolados, potencial de oxido-redução ( $E_r$ ), potencial hidrogeniônico (pH), atividade enzimática, além de processos nas interfaces sólido-líquido, líquido-gás, líquido-líquido e sólido-gás, são de extrema importância no conjunto de reações físico-bioquímicas que estão relacionados ao substrato orgânico.



### 3.3. Geração e características do gás de aterros sanitários (GAS)

As pesquisas sobre a biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários dizem respeito ao conteúdo da porção orgânica destes rejeitos, com potencial à degradabilidade e têm sido direcionadas, preferencialmente, para a produção e caracterização, qualitativa e quantitativamente, dos seus líquidos percolados e dos gases gerados.

Os líquidos ou chorume, pela carga orgânica e inorgânica que comportam, com risco de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas – especialmente, por metais pesados – quando não apropriadamente tratados (LOPES, 2007).

O gás de aterros (*Landfill gas* - LFG, na sigla em inglês), por constituir-se importante fonte de energia, contando, portanto, com elevado interesse econômico; apresenta grande interesse pelo seu potencial impacto na atmosfera terrestre, como um dos principais contribuintes do aquecimento global. É uma mistura inflamável, consistindo principalmente de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), junto com gases traço chamados de compostos orgânicos voláteis (VOC) (QIN et al, 2001). As emissões em aterros são afetadas por numerosos fatores, como temperatura, mistura dos resíduos com o solo, quantidade e idade do lixo e a espessura da camada de cobertura (PEER et al, 1993).

A degradação dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário é um processo demorado, por estar relacionado à velocidade de degradação dos diferentes tipos de substratos presentes na massa de lixo e, sequencial, em razão dos metabolismos distintos que se sucedem ou se superpõem.

Conforme Brito Filho (2005), após contribuições de vários cientistas, a partir de 1850 e por todo o século passado, muito se pôde aperfeiçoar no entendimento dos processos de degradação dos RSU's. Louis Pasteur em 1856 descobriu a utilização de microorganismos em benefício da humanidade, de forma que fossem aplicados no tratamento de doenças e na produção de alimentos e bens de consumo. O próprio Pasteur não pode prever que esta descoberta poderia ser utilizada em outras áreas, podendo solucionar problemas como, por exemplo, a questão do tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos e no emprego de remediação de lixões e vazadouros. Gayon em 1883, aluno de Pasteur, realizou a primeira fermentação anaeróbia conseguindo produzir 100ℓ de gás por metro cúbico de substrato, a partir de uma mistura de esterco e água, a 35°C.

Ainda conforme Brito Filho (2005), uma das primeiras unidades de produção semi-industriais de gás usando a técnica, data de 1895, no Reino Unido, onde foi construído um digestor de lodos obtidos por decantação de esgotos domésticos da cidade de Exeter. O gás produzido era usado para a iluminação das ruas da cidade. Em 1884, quando Pasteur apresentou à Academia das Ciências os resultados do trabalho do seu aluno, considerou que esta fermentação poderia constituir uma fonte de energia para aquecimento e iluminação.

Alguns modelos globais de degradação foram desenvolvidos na perspectiva de demonstrar as diferentes etapas que conduzem à estabilização dos resíduos. Um primeiro modelo foi proposto por Farquhar e Rovers (1973), identificando quatro fases para a produção dos gases.

O dióxido de carbono gerado em aterros sanitários não é considerado em termos do efeito estufa (IMBELLONI, 2004), visto que a biomassa recente continha carbono e o mesmo CO<sub>2</sub> seria emitido como resultado do processo natural

de decomposição. O dióxido de carbono que contribui para o aquecimento global com maior relevância é aquele que provém da queima de combustíveis fósseis, principalmente, carvão, petróleo bruto e seus derivados e gás natural, os quais se formaram (BAIRD, 2002) eras atrás, quando a matéria derivada de plantas e animais foi coberta em depósitos geológicos antes que pudesse ser integralmente decompostos pela oxidação do ar e que não seria emitido caso estes combustíveis não fossem queimados.

Ainda segundo Baird (2002), de fato, o vapor d'água é o gás estufa mais importante da atmosfera terrestre, no sentido de que a água produz mais aquecimento por efeito estufa do que qualquer outro gás, muito embora seja menos eficiente que o  $\text{CO}_2$  quando considera-se como base uma unidade molecular. A pressão de vapor de equilíbrio da água líquida, e conseqüentemente a máxima concentração do vapor de água no ar, aumenta de maneira exponencial com a temperatura. Assim, a quantidade de IR térmico redirecionado pelo vapor d'água no ar aumentará como resultado de qualquer aquecimento global provocado por outros gases indutores do efeito estufa e amplificará o aumento de temperatura. Uma vez que isto ocorre como efeito indireto do aumento dos níveis de outros gases, e considerando que não seja controlável, o aumento no aquecimento pela ação do vapor de água é usualmente incorporado sem maiores comentários com o efeito de aquecimento direto produzido pelos outros gases. Por isso a água não é habitualmente incluída explicitamente na lista dos gases cujo aumento nas concentrações está intensificando o efeito estufa.

Com esta especificidade do vapor de água, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) ou gás carbônico é o gás estufa mais importante no sentido de regulação do efeito estufa na atmosfera terrestre, além de ser o gás mais liberado dentre as

emissões de origem antrópica (ROSA et al., 2001; BAIRD, 2002). Segundo a CQNUMC (2001) os volumes de dióxido de carbono despejados na atmosfera terrestre por atividades antrópicas nos anos 90 foram de 6 e 12 vezes maiores aos volumes emitidos de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), respectivamente, embora seja o gás de menor potencial entre os três.

Depois do vapor de água e do dióxido de carbono, o metano ( $\text{CH}_4$ ) é o gás indutor do efeito estufa de maior importância. É um dos GEE's priorizados em 1997 pelo Protocolo de Kyoto (2004). Segundo Holmes (1999), nos últimos 300 anos as emissões do gás metano aumentaram aproximadamente 1% ao ano, sendo o potencial de absorção de radiação infravermelha pelo metano estimado em 21 equivalentes de  $\text{CO}_2$  (KIGHTLEY et al., 1995; HANSON & HANSON, 1996; BOECKX & CLEEMPUT, 2000), ou seja, ele é ao menos vinte e três vezes mais potente que o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o gás mais conhecido do efeito estufa.

O metano ( $\text{CH}_4$ ) é um dos principais gases entre os denominados gases do efeito estufa por suas influências diretas e indiretas sobre o forçante radiativo atmosférico. Ele apresenta uma forte banda de absorção em torno de 7,66  $\mu\text{m}$  (infravermelho térmico) que é uma região espectral onde o gás carbônico e a água absorvem fracamente. Isso faz com que sua participação no balanço radiativo da troposfera e da estratosfera seja significativa (RAMANATHAN et al., 1985; DICKINSON and CICERONE, 1986). Devido ao aumento do seu conteúdo na atmosfera, sua contribuição para o forçante climático aumentou, aproximadamente, 30% desde 1860 (MITCHELL, 1989) correspondendo a cerca de 20% do efeito total observado (WUEBBLES and HAYHOE, 2002).

A concentração atual de metano na atmosfera terrestre está em torno de 1770 ppbv (SIMPSON et al., 2006), correspondendo a um reservatório

atmosférico de mais de 4900 Tg ( $10^{12}$ g) de metano ( $\text{TgCH}_4$ ). As estimativas para o balanço global de metano indicam uma emissão anual total de 503 ( $\pm 125$ )  $\text{TgCH}_4/\text{ano}$ , com uma faixa de estimativa entre 410 e 660  $\text{TgCH}_4/\text{ano}$  e um sumidouro de 515 ( $\pm 85$ )  $\text{TgCH}_4/\text{ano}$ , com uma faixa de estimativa entre 430-600  $\text{TgCH}_4/\text{ano}$  (WUEBBLES and HAYHOE, 2002).

Uma molécula de metano contém quatro ligações simples C—H. Embora as vibrações de estiramento da ligação carbono-hidrogênio ocorram bastante fora da região do IR térmico, as vibrações de deformação angular da ligação H—C—H absorvem a 7,7  $\mu\text{m}$ , próximo do limite da janela do IR térmico, conseqüentemente o metano absorve IR nesta região. Por molécula, um aumento da quantidade de metano no ar causa um efeito de aquecimento da ordem de 21 a 25 vezes maior que a adição de dióxido de carbono, porque as moléculas de  $\text{CH}_4$  absorvem uma maior fração dos fótons do IR térmico que a atravessam do que as moléculas de  $\text{CO}_2$ . Contudo, o aumento atual de 80 vezes no número de moléculas de  $\text{CO}_2$  significa que, no momento, o  $\text{CH}_4$  é menos impactante para o aquecimento global. Até agora, estima-se que o metano seja responsável por cerca de um terço de todo o aquecimento global produzido pelo  $\text{CO}_2$  (BAIRD, 2002; STERN and KAUFMANN, 1996).

Os benefícios da redução de gases que provocam o efeito estufa em um projeto de recuperação da energia, em um aterro típico, gerando, por exemplo, cinco megawatts (MW) de eletricidade seriam equivalentes à plantação de 80.000 acres de bosque por ano ou eliminar as emissões anuais de mais de 60.000 carros (IMBELLONI, 2004).

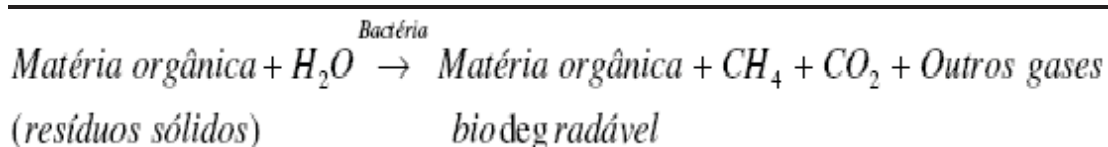
Portanto, o uso do metano presente no gás de aterros para gerar

energia reduz, diretamente, a poluição do ar evitando maus cheiros à comunidade de entorno e ao compensar o uso de recursos não renováveis com carvão, petróleo e outros, para produzir a mesma quantidade de força.

Isto também pode evitar emissões de CO<sub>2</sub> de usinas de energia a partir de outros combustíveis mais poluentes, que podem emitir outros poluentes como, por exemplo, óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>'s) – que contribuem em grande medida para a chuva ácida – entre outros; particulados emitidos pelos veículos automotores – responsáveis por problemas de saúde de humanos como disfunções das vias respiratórias -; os óxidos de nitrogênio(NO<sub>x</sub>'s); e pequenas quantidades de outros poluentes perigosos do ar. Desta forma, várias formulações foram propostas, visando à compreensão e à determinação da produção dos gases em aterros sanitários (FARQUHAR & HOVERS, 1973; REES, 1980; POHLAND *et al.*, 1983; BARLAZ *et al.*, 1990; MCBEAN *et al.*, 1995 *apud* MARQUES, 2001).

A decomposição do material orgânico presente na massa de lixo em um aterro sanitário pode ser representada pela seguinte reação química geral, conforme equação 3.3.1, segundo Tchobanoglous *et al* (1994):

Equação 3.3. 1 – Decomposição Orgânica em Aterros Sanitários



Ressalta-se que a reação necessita da presença de água. Existem aterros que carecem de umidade, levando a uma condição de paralisação da decomposição. Nestas condições de baixa umidade, estudos mostraram que até mesmo um jornal pode ser encontrado em condições legíveis, muito tempo após o

aterroamento (TCHOBANOGLIOUS *et al*, 1994)(Figura 3.3.1).

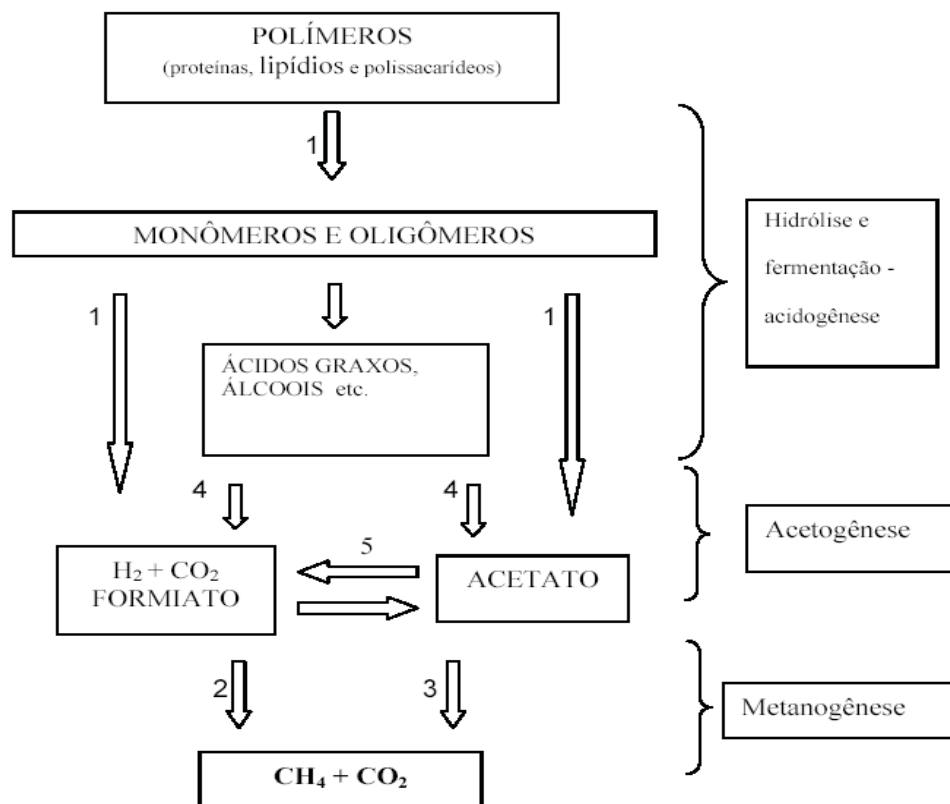


Figura 3.3.1 – Fluxo da degradação anaeróbica dos constituintes orgânicos em aterros.

Fonte: Tchobanoglous *et al* 1994.

Ainda segundo Marques (2001), a definição de um modelo geral para a produção de gases em aterros foi proposta inicialmente por Farquhar & Rovers (1973). Estes autores propuseram quatro fases para o processo de degradação biológica e produção dos gases, no tempo, que são: fase 1 (aeróbia); fase 2 (anaeróbia não metânica); fase 3 (anaeróbia, metanogênica não estabilizada), e, fase 4 (anaeróbia, metanogênica, estabilizada). Tchobanoglous *et al* (1994), propôs uma quinta fase, em continuidade àquelas já citadas. As características e aspectos gerais de cada uma destas fases podem ser descritos como seguem, com complementações:

- FASE 1 – AERÓBIA: é aquela que se desenvolve com a matéria orgânica dos RSU's recém dispostos no aterro, na presença de oxigênio do ar e daquele presente internamente nos resíduos, que é consumido, para a produção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Nota-se nesta fase a produção do dióxido e consumo sensível de nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e oxigênio ( $\text{O}_2$ ), sem geração de metano ( $\text{CH}_4$ ), no entanto. Estima-se que nesta fase é degradada de 5 a 10% da matéria sólida passível de transformação em gases, embora este processo tenda a uma grande variabilidade percentual, em função, principalmente, da operação do aterro. Ou seja, a extensão da degradação desta fase, provavelmente será maior, quanto maior for o tempo de exposição dos resíduos sólidos ao ar, antes do seu aterramento.
- FASE 2 - ANAERÓBIA ÁCIDA: é uma fase, inicialmente, de transição. Com o aterramento ou cobertura dos RSU's por material argiloso e a extinção do oxigênio presente no ar, a quantidade de oxigênio decai rapidamente, considerando-se a primeira fase. Estabelecem-se condições ideais para a decomposição anaeróbia do material orgânico constituído de grandes moléculas, poliméricas, em ácidos orgânicos, de menores cadeias e outros produtos intermediários, característicos desta fase. Nota-se também um aumento considerável da produção de  $\text{CO}_2$ . Nesta fase os líquidos percolados apresentam um pH não superior a 5, pela presença dos ácidos orgânicos e  $\text{CO}_2$  no aterro. Nitratos e sulfatos podem servir de receptores de elétrons nas reações bioquímicas da conversão. É bem característico ainda desta fase, elevados valores de DBO e DQO nos líquidos percolados, pela alta solubilidade dos ácidos orgânicos presentes. Estima-se a decomposição de 15 a 20 % da matéria sólida com potencial de conversão a gás.
- FASE 3 – METANOGÊNICA ACELERADA: nesta fase as reações iniciadas na anterior são aceleradas, com a produção de quantidades significativas de ácidos orgânicos



e quantidades menores de hidrogênio. A produção de metano e de ácidos ocorre simultaneamente, com a taxa dos ácidos sendo, significativamente, menor. Aumenta a conversão dos ácidos e do hidrogênio ( $H_2$ ) em termos de  $CH_4$  e  $CO_2$ , o pH do aterro aumenta, podendo variar de 6,8 a 8, enquanto que os valores da DBO e da DQO sofrem significativas reduções. Observa-se ainda uma redução da solubilidade de compostos inorgânicos, implicando uma menor quantidade de metais pesados contidos nos líquidos percolados. Uma parcela adicional da matéria orgânica sólida é degradada e convertida nesta fase.

- FASE 4 – METANOGENICA DESACELERADA: ocorre após a conversão de toda matéria orgânica disponível em  $CH_4$  e  $CO_2$ . A taxa de produção de gases diminui, significativamente, uma vez que a maioria dos nutrientes já foi removida pelos líquidos percolados nas fases anteriores e os remanescentes apresentam lento processo de biodegradação. Ainda se gera, principalmente,  $CH_4$  e  $CO_2$  e pequenas quantidade de  $N_2$  e  $O_2$ . Nesta fase a decomposição da matéria sólida atinge valores de 50 a 70 %, dependendo da produção de metano e das práticas operacionais empregadas no aterro.
- FASE 5 – METANOGENICA ESTÁVEL OU DE MATURAÇÃO: a estabilidade ocorre após grandes quantidades de material orgânico ter sido biodegradado e convertido a metano e dióxido de carbono. A presença de muita umidade na massa de lixo faz com que porções de material biodegradável ainda não convertido continuem reagindo. A taxa de geração de gases diminui, consideravelmente, pois a maioria dos nutrientes disponíveis foi consumida nas fases anteriores e o que resta no aterro, são substâncias de degradação lenta. Dependendo das medidas e operação do 'fechamento' do aterro, pequenas quantidades de nitrogênio e oxigênio podem ser ainda produzidas. Os processos se estabilizam e continuam

por longo tempo, mesmo podendo haver diminuição nas quantidades de gases produzidas e da temperatura do aterro.

A duração de cada uma das fases varia em função de uma série de características peculiares do aterro, destacando-se: presença e distribuição da matéria orgânica, disponibilidade dos nutrientes, umidade presente no resíduo e no interior do aterro, grau de compactação inicial,... etc. Densidades mais elevadas e/ou umidades reduzidas implicam, por exemplo, menores taxas de produção de gases (TCHOBANOGLOUS *et al.*, (1994); MCBEAN *et al.*, 1995).

A velocidade de produção dos gases é função da decomposição anaeróbia da matéria orgânica biodegradável presente no aterro. Segundo Parker (1983) cerca de 50 % do potencial de geração de gás em um aterro sanitário será desenvolvido no período de 5 a 15 anos após o aterramento do resíduo, podendo traços de gases serem detectados após várias décadas.

O teor de umidade no interior de um aterro sanitário representa importante papel no processo de decomposição e, conseqüentemente, da geração dos gases. Valores de umidade entre 50 e 60 % concorrem para acelerar, sobremaneira, o processo de biodegradação do material orgânico presente nos resíduos sólidos urbanos. No entanto, baixos valores de umidade implicam menores quantidades e prolongamento nesta geração (TCHOBANOGLOUS *et al.*, 1994; MCBEAN *et al.*, 1995).

Os modelos teóricos propostos para determinação das taxas de produção de gases geralmente assumem que a degradação dos resíduos orgânicos está relacionada a uma reação de primeira ordem, gerando como produtos, essencialmente, metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (BARLAZ & HAM, 1993).

Neste sentido HOEKS (1983) propôs a seguinte formulação para a produção específica dos gases ( $\alpha$ ), em  $\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}(\text{RSU}) \cdot \text{ano}^{-1}$ ; equação 3.3.2:

Equação 3.3.2 – Produção de gases em aterros sanitários.

$$\alpha = 0,8 P_o E^{-kT};$$

Em que:

$P_o$  = concentração de matéria orgânica degradável no instante  $t = 0$  (em kg por tonelada de resíduo);

$\kappa$  = coeficiente de degradação ( $\text{ano}^{-1}$ ), sendo dependente de vários parâmetros, como o tipo de matéria a ser decomposta, umidade na massa de resíduos, temperatura e da própria população bacteriana;

$\tau$  = tempo (ano)

Ainda segundo Marques (2001), valores de  $\kappa$  e  $P_o$  são diretamente dependentes da natureza da matéria orgânica constituinte do resíduo, enquanto o coeficiente  $0,8$  corresponde ao fator de produção do gás a partir da matéria orgânica degradável, em  $\text{m}^3(\text{gás}) \cdot \text{Kg}^{-1}(\text{RSU})$ . A literatura reporta poucos valores para estes parâmetros, sendo os mesmo resultantes de experimentos em lisímetros ou testes com extração de gases *in situ*. Relata que em experimentos com lisímetros, por exemplo, Farquhar & Rovers (1973) obtiveram um valor para o coeficiente de degradação( $\kappa$ ) igual a  $0,0365 \text{ ano}^{-1}$ . Já Hoeks (1983), por sua vez, apresenta valores para  $\kappa$  iguais a  $0,693$ ;  $0,139$  e  $0,046 \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente, para materiais prontamente degradáveis (resíduos alimentícios, p. ex.), moderadamente

degradáveis (podas, vegetação, capina, p. ex.) e lentamente degradáveis (papel, tecidos e madeira, p. ex.).

Quanto à composição, o gás de aterro é constituído por uma série de gases que se apresentam em maior ou menor proporção, que depende tanto da operação do aterro, do seu tempo de atividades, como de condições intra – composição da massa de lixo, especialmente, quantidade de orgânicos biodegradáveis, população bacteriana e quantidade de nutrientes, catalisadores ou inibidores dos processos físico-químicos e biológicos, etc... – e extra aterro – como condições de clima e variações das mesmas na região em que está o aterro.

O metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) são os gases de maior representação em termos do volume gerado durante a vida de um aterro. O WRI (2002) informa que o gás de aterro é constituído por, aproximadamente, 55 % de metano e 45 % de dióxido de carbono, além de poder apresentar nitrogênio, oxigênio, hidrogênio e traços de compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM's) e de inorgânicos. Já van Elk (2004) citando Tchobanoglous *et al.* (1994) opta pelas faixas de 45-60 % de  $\text{CH}_4$  e 40-60 % de  $\text{CO}_2$ . Parker (1983) foi mais conservador e propôs participações menores para os dois principais componentes. O que se depreende da literatura é uma variação muito significativa destas proporções. A tabela 3.3.1, a seguir, mostra a composição percentual típica dos gases gerados em um aterro sanitário, segundo estes autores, onde se pode observar que cerca de 90 a 99% dos gases gerados são representados por  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , sendo o restante uma composição de outros gases, geralmente, denominados traços ou gases secundários.

Tabela 3.3.1 - Constituição volumétrica típica do gás de aterros sanitários.

COMPONENTE	VOLUME (%)		
	(Parker 1983)	(WRI 2002)	(van Elk 2004)
Metano (CH <sub>4</sub> )	47,5	55,0	45-60
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	47,0	45,0	40-60
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	3,7	2,0	2-5
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,8	1,0	0,1 - 1,0
Hidrocarbonetos (HC's)	0,3	0,4	n/d
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	0,1	0,2	0 - 0,2
Monóxido de Carbono (CO)	0,1	0,1	0 - 0,2
<i>Outros</i>	0,5	n/d	n/d

Segundo Imbelloni (2004) a captura do gás de aterros sanitários e a geração de energia a partir dele cria vários benefícios ambientais. A disposição definitiva dos resíduos sólidos é, na atualidade, um dos problemas mais importantes que afetam, especialmente, países pobres como os da América Latina e do terceiro mundo em geral. Surgem então possibilidades de se auferir lucros provenientes da comercialização da energia e/ou dos créditos de carbono, via MDL's/Protocolo de Quioto, que entre outras poderiam aperfeiçoar a construção e operação adequadas de instalações de disposição definitiva.

Diretamente, reduz as emissões de gases do efeito estufa. O mesmo autor ainda informa que os aterros sanitários são uma das maiores fontes de emissões de metano criadas por seres humanos. Nos Estados Unidos da América, foram liberadas aproximadamente 58 MMTCE na atmosfera só no ano de 1999. Segundo Sikar e La Scala Jr (2004), em trabalho conduzido no aterro sanitário municipal de São Carlos-SP, este aterro contribuiria com 4,9 % da concentração de

metano (CH<sub>4</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) ambiental local urbana, comparada com a concentração de áreas remotas do globo terrestre ou concentrações “background”. Dado que todos os aterros sanitários geram metano, é lógico utilizar o gás para um fim útil, como gerar energia, sempre que for possível em termos econômicos.

### 3.4. Líquidos Percolados: Geração e características

Segundo Schalch (1992) e Tchobanoglous *et al* (1993) os líquidos percolados são aqueles que de fato compõe a fase líquida do aterro sanitário. Juntamente com os gases produzidos, ocupam os interstícios existentes no maciço de lixo e são resultantes de uma complexa gama de interações entre fatores relacionados com o local de disposição dos resíduos, como geológicos, hidrológicos, hidrometeorológicos e topográficos; além da composição do rejeito em si, incluindo teor de umidade e inoculação microbiana, compactação das células do aterro, impermeabilização e cobertura vegetal. Esses fatores fazem com que haja, com o passar do tempo, interações de variáveis como o potencial hidrogeniônico (pH), o potencial de oxido-redução (Eh) e temperatura, que atuam como intermediários na seleção microbiana, permitindo a realização de reações físico-químicas com acidificação, volatilização, precipitação e troca iônica, as quais conferirão características próprias para os líquidos percolados de cada aterro. Apresentam carga orgânica e inorgânica, bastante significativas, com destaque especial para a presença de elementos químicos metálicos e radicais inorgânicos. Ressalte-se que as composições destes líquidos variam muito para um mesmo aterro e de aterro para aterro, dependendo das variáveis já citadas. Para o monitoramento de aterros, parâmetros como condutividade, alcalinidade, potencial de oxido-redução, nutrientes como nitrogênio e fósforo, presença e quantificação de ácidos voláteis, sólidos totais e demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), metais pesados e substâncias tóxicas (inibidoras), entre outros, com as suas variações e/ou estabilizações, são de elevadas significâncias na condução adequada do aterro e previsão mais segura dos

impactos que possa causar ao ambiente natural. Todos estes parâmetros, num determinado instante, são indicadores para uma maior compreensão do estado de degradação em que se encontra a matéria orgânica confinada em um aterro sanitário.

### **3.5 - Aterros Sanitários e a situação brasileira**

Pela resolução número 001 do CONAMA (1986), mesmo que bem projetado e operado, o aterro sanitário causa impacto negativo ao ambiente circunvizinho e, portanto, para sua implantação faz-se necessária a apresentação do devido Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) feita pelo IBGE (2000) já indicavam que 47,1% do lixo gerado no país tinham como destino final os aterros sanitários. Este dado mostra uma tendência da melhora da situação da disposição final do lixo no Brasil nos últimos anos - pois em 1989, a mesma PNSB mostrava que o percentual de resíduos dispostos de forma adequada era de apenas 11,0% - e um uso bastante razoável destes equipamentos como destino final dos resíduos sólidos urbanos.

Ainda segundo o IBGE, em 2000, o lixo produzido no Brasil chegava a, aproximadamente, 126.000 toneladas por dia, sendo que 47,1% eram destinados a aterros sanitários, 22,5 % a aterros controlados e apenas 30,5 % a lixões. Ou seja, mais de 69% de todo o lixo coletado no país estaria tendo um destino final



adequado, em aterros sanitários e/ou controlados. Todavia, em termos do número de municípios que dariam destino adequado a seus resíduos, o resultado não é tão favorável: aproximadamente, 64,0% destes utilizavam lixões e 32,0%, aterros adequados (14,0% aterros sanitários, 18,0% aterros controlados), sendo que 5 % não informaram para onde encaminhavam seus resíduos.

Dos 5.507 municípios brasileiros, 4.026, ou seja, 73,0 % têm população de até 20.000 habitantes. Nestes municípios, 68,5% dos resíduos gerados são vazados em lixões e em alagados. Se tomarmos, entretanto, como referência, a quantidade de lixo por eles gerada, em relação ao total da produção nacional, a situação é menos grave, pois em conjunto coletam somente da ordem de 13,0% do total brasileiro (20.658 t/dia). Isto é menos do que o gerado pelas treze maiores cidades brasileiras, com população acima de um milhão de habitantes. Só estas, coletam 32,0% (51.635 t/dia) de todo o lixo urbano brasileiro e têm seus locais de disposição final em melhor situação; apenas em torno de 2,0% (832 t/dia) são destinados a lixões, com o restante sendo depositado em aterros controlados ou sanitários.

Dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2004, em Resíduos Sólidos no Brasil; publicação da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE; mostram a evolução da coleta de resíduos sólidos urbanos (Tabela 3.5.1), abrangendo o período 2000-2004, a partir dos indicadores da revisão da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2000), por região e das estimativas populacionais do IBGE (2001 a 2004), segundo as macrorregiões.

Tabela 3.5.1 - Quantidade Coletada de RSU's por região no Brasil

Macrorregião	Quantidade Coletada (t/dia)				
	Ano – 2000	Ano – 2001	Ano - 2002	Ano - 2003	Ano - 2004
Norte	11.036,85	11.313,23	11.521,00	11.755,96	12.208,95
Nordeste	38.454,60	39.042,41	39.497,59	40.139,45	41.135,71
Sudeste	73.927,63	75.216,36	76.254,74	77.828,45	79.949,96
Sul	18.008,54	18.298,96	18.530,32	18.831,35	19.380,88
Centro-Oeste	8.476,64	8.671,15	9.058,45	9.220,71	9.556,53
Brasil	149.904,27	152.542,11	154.862,10	157.775,92	162.232,03

Fonte: ABRELPE (2004)

A partir destes dados ver-se que para o ano de 2004, a região Sudeste é a região responsável pela maior parcela da geração e coletada de resíduos sólidos urbanos com, aproximadamente, 49,28 %, enquanto as regiões Norte e Centro-Oeste seriam as menores geradoras/coletoras, com 7,53 % e 5,89 %, respectivamente. As regiões Nordeste, com 25,36 % do total gerado no país, e Sul, com 11,95 %, estariam em posição intermediária.

Em vista do exposto, pode-se inferir que no Brasil não existem dados precisos sobre a quantidade de lixo gerada nos municípios. Na tabela 3.5.2, são apresentados dados da CETESB sobre a geração diária *per capita* de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por municípios classificados de acordo com o número de habitantes.

Tabela 3.5.2 - Características dos RSU's nos municípios brasileiros.

Classificação do Município	População (habitantes)	kg/habitante (dia <sup>-1</sup> )	Toneladas (dia <sup>-1</sup> )	%
Até 100 mil habitantes	84.433.133	0,4	33.773.253	39
100 a 200 mil habitantes	16.615.355	0,5	8.307.677	10
200 a 500 mil habitantes	22.040.778	0,6	13.224.466	14
Acima 500 mil habitantes	45.777.000	0,7	32.043.900	37
<b>Total</b>	<b>169.544.443</b>	<b>0,52</b>	<b>87.349.296</b>	<b>100</b>

Fonte: CETESB (2001) e Censo IBGE (2001)

Como se pode constatar, a geração diária de resíduos sólidos *per capita* no Brasil em 2001 já registrava variação de 0,4 a 0,7 kg, com média de 0,52 kg/habitante/dia. Cabe ressaltar a tendência de elevação da geração de lixo no país, ano após ano, caso os padrões de consumo e produção não sejam modificados, como já mostraram dados de Rosa *et al.* (2003).

### 3.6. Efeito Estufa e o Aquecimento Global

Segundo Baird (2002) e Buckeridge & Aidar (2005) ao ouvirmos a expressão *efeito estufa* temos logo a impressão de que se trata de fenômeno totalmente nefasto e que nos conduzirá à hecatombe planetária, pois é usado sempre com uma conotação negativa, indicando que algo de errado está acontecendo com a atmosfera terrestre. Faz sentido, mas, o efeito estufa não é de todo maléfico e é exato por ele que conhecemos a vida na terra tal como ela é. Para se ter uma idéia da importância do efeito estufa, pode-se comparar a Terra e a Lua.

Enquanto a camada de ar (gases) que envolve o nosso planeta se mantém entre extremos aproximados de  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+50^{\circ}\text{C}$ , a Lua, que até onde sabemos não possui seres vivos, apresenta extremos de  $-150^{\circ}\text{C}$  a  $+100^{\circ}\text{C}$  na superfície exposta ao sol. Essas diferenças existem a despeito do fato de que ambos os corpos celestes se encontrem à mesma distância do sol. Tais diferenças existem porque a Terra possui uma camada de gases capazes, em diferentes níveis, de absorverem parte da radiação emitida pelo sol.

A expressão efeito estufa, já de uso corrente, indica que a temperatura média global do ar aumentará de vários graus como resultado do aumento da quantidade de gás carbônico e outros gases indutores do fenômeno na atmosfera terrestre. De fato, muitos cientistas (IPCC, 1996; 2001; 2002) acreditam que este aquecimento global já esteja atuando há algum tempo e seja largamente responsável pelo aumento da temperatura em aproximadamente dois terços de grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) que ocorre desde 1860.

O aquecimento global, mesmo que com aumentos mínimos da

atmosfera terrestre, induz às alterações climáticas que se prenunciam e já se fazem sentir.

O aumento da temperatura média da Terra acarreta o aquecimento dos oceanos (aumentando o nível dos oceanos pela expansão da água e afetando ecossistemas marinhos e, possivelmente, até as correntes marítimas), a redução da cobertura de gelo em várias regiões (afetando a disponibilidade de água doce naqueles locais), a alteração na dinâmica nos ecossistemas terrestres (alterando períodos de migração, acasalamentos e hibernação, eliminando espécies sensíveis ao aumento da temperatura ou introduzindo novas espécies) e até mesmo o aumento da periodicidade e intensidade de chuvas, secas e furacões. Cada uma destas consequências ambientais tem desdobramentos socioeconômicos diversos (PINHEIRO, 2005).

Podem existir tanto “efeitos” positivos quanto negativos associados com qualquer variação significativa na temperatura global média. De toda a radiação que chega à Terra, apenas a luz visível e parte das ondas de rádio são capazes de atingir a superfície da Terra sem interferência, enquanto a luz ultravioleta é absorvida na estratosfera, provocando seu aquecimento (BAIRD, 2002). A energia absorvida faz com que as moléculas de certos gases vibrem, promovendo produção de energia calorífica, a qual em parte acaba sendo reemitida para o espaço e em parte é responsável pela manutenção dos sistemas vivos na superfície terrestre. É fácil ver que este é o *efeito estufa benéfico*, sem o qual a vida na Terra seria impossível.

Por outro lado, quando se fala do “aspecto ruim” do efeito estufa, quer-se dizer que a contribuição antrópica, e proporcionalmente rápida na concentração de certos gases que provocam este efeito (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC’s, O<sub>3</sub>, p.ex.) vem

provocando um aumento de temperatura da atmosfera. Na realidade, o rápido fenômeno de aquecimento global – com sua demanda de adaptações em grande escala – já é considerado um dos nossos maiores problemas ambientais mundial. Ao contrário da depleção da camada de ozônio estratosférico, manifestado de modo espetacular na forma de um “buraco no ozônio”, o fenômeno do aquecimento global devido ao efeito estufa ainda não foi observado de maneira a convencer a todos de sua existência. Devido à complexidade dos fatores que implicam o aquecimento global, não há ainda uma segurança da extensão ou do ritmo em que a temperatura aumentará no futuro, tampouco é provável que se façam previsões confiáveis para regiões específicas antes que ocorram os fatos em questão. Contudo, se os modelos atuais da atmosfera são corretos, um aquecimento global significativo ocorrerá nas próximas décadas. Assim, é importante que compreendamos os fatores que influenciam o aumento global das temperaturas, de modo que possamos tomar medidas imediatas para evitarmos ou mitigarmos as catástrofes previstas por rápidas mudanças climáticas no futuro.

As ações para evitar ou amenizar alterações globais do clima abrangem quase todos os setores socioeconômicos e todas as regiões geográficas do planeta. Talvez por isso as negociações internacionais sejam frequentemente tensas e demorem a produzir resultados concretos. Já na década de 1970 a Organização Meteorológica Mundial (WMO, na sigla inglesa) alertava para as possíveis alterações do clima planetário como consequência das atividades antrópicas.

No final da década de 1980 a WMO e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) uniram forças para criar o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, na sigla inglesa) para compilar

o conhecimento científico sobre o tema com o objetivo de orientar a atividade científica para as áreas menos exploradas e estudar as possíveis implicações da Mudança do Clima sobre a sociedade, a economia e o ambiente natural (PINHEIRO, 2005).

O IPCC publicou o seu primeiro relatório de avaliação em 1990 – *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment in 1990* – onde concluiu que o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre decorrente de atividades humanas levaria a uma mudança global do clima que por sua vez afetaria de forma significativa o ambiente natural e a sociedade. Estas conclusões do IPCC motivaram a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC, na sigla inglesa) durante a Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e Desenvolvimento; no Rio de Janeiro em 1992; conhecida como ECO-92 ou Rio-92.

O IPCC e a UNFCCC funcionam de forma coordenada. De um lado, o IPCC compila informações científicas, colhidas do mundo todo, faz estudos de vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais e de adaptações a mudanças climáticas, analisa opções políticas e tecnológicas para redução de emissões e desenvolve metodologias para elaboração de inventários nacionais de emissões de gases estufa. De outro lado, a UNFCCC funciona principalmente como órgão político, responsável por promover negociações multilaterais e induzir ações para implementação internacional. A UNFCCC congrega quase 190 países, inclusive o Brasil. Entre outros compromissos estes países signatários propuseram-se:

- I) elaborar, atualizar periodicamente e publicar seus inventários de emissões;
- II) promover e implementar medidas para a redução de suas emissões e de

adaptação às mudanças climáticas;

III) transferir tecnologias limpas, e,

IV) promover e cooperar em pesquisas, divulgação de informações e educação ambiental.

Para os países desenvolvidos signatários, inclusive os Estados Unidos, há compromissos adicionais, como por exemplo, a redução de suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012 e ajuda financeira a países em desenvolvimento para que os mesmos possam alcançar seus compromissos junta à UNFCCC, sem que prejudiquem as suas possibilidades de desenvolvimento, procurando um desenvolvimento limpo (PINHEIRO, 2005; MCT, 2002).

Para garantir a manutenção dos compromissos assumidos e reavaliar estratégias e objetivos, a UNFCCC promove uma Conferência da Partes (COP) a cada ano desde 1995, com representações de governos, empresas, instituições multilaterais e organizações não-governamentais para tratarem da Mudança Global do Clima. O Protocolo de Quioto foi resultado da terceira COP em dezembro de 1997, em Quioto, no Japão. O Protocolo de Quioto é o primeiro documento, com vinculação legal, em que países estabelecem metas claras de redução de emissões de gases de efeito estufa, prometendo produzir uma reversão da tendência histórica de crescimento das emissões iniciadas nesses países há cerca de 150 anos (MCT, 2002).

O que se espera é que as já iniciadas negociações que seguirão ao Protocolo de Quioto possam sedimentar as convicções e conhecimentos já compilados nas rodadas efetivadas até aqui e que venham proposições de ações



bem mais consequentes, inclusive com metas e compromissos mais claros e bem determinados para os países em desenvolvimento. Só assim, com todos envolvidos e contribuindo, conforme suas especificidades, mas de forma consequente e transparente, poderemos evitar as previsões que se anunciam. Caso contrário, poderemos não deixar às gerações futuras um planeta habitável e que tivemos as condições concretas, pelo menos em muitos aspectos científicos, de otimizá-lo aos nossos próximos, mas não o fizemos como bem já frisado por Thomas (2007) em citação antecedente.

### 3.6.1. O mecanismo do Efeito Estufa

A superfície e a atmosfera da Terra são mantidas aquecidas principalmente pela energia proveniente do sol. A quantidade máxima de energia que incide na Terra – parte tracejada da figura 3.6.1.1 – situa-se na região da luz visível do espectro de energia – com comprimentos de onda entre 0,40 e 0,75  $\mu\text{m}$ , ou seja, de 400 a 750 nm. O espectro da luz visível solar situa-se entre a luz violeta (400 nm) e a vermelha (750 nm). Além do “limite vermelho”, ou seja, o comprimento máximo da luz visível recebemos luz solar na região do infravermelho (IR, na sigla em inglês) situada entre 0,8 a 3,0 $\mu\text{m}$ . De toda a energia recebida do sol pelas camadas superiores da atmosfera, cerca de pouco mais que a metade é IR, e o restante é luz visível. Grande parte da luz ultravioleta (UV) solar – comprimento de onda  $< 0,4 \mu\text{m}$  – é removida na estratosfera e aquece o ar naquele local em vez de aquecer a superfície da Terra. Da luz incidente total envolvendo todos os comprimentos de onda que chegam até a Terra, cerca de 50% alcança a superfície, onde é absorvida. Outros 20% da luz incidente são absorvidas por gases – UV pelo ozônio estratosférico e IR pelo  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}_{(v)}$  -, os restantes 30% são refletidas de volta ao espaço pelas nuvens, pelo gelo, pela neve, pela areia e por outros corpos refletoras, sem que ocorra qualquer absorção (BAIRD, 2002).

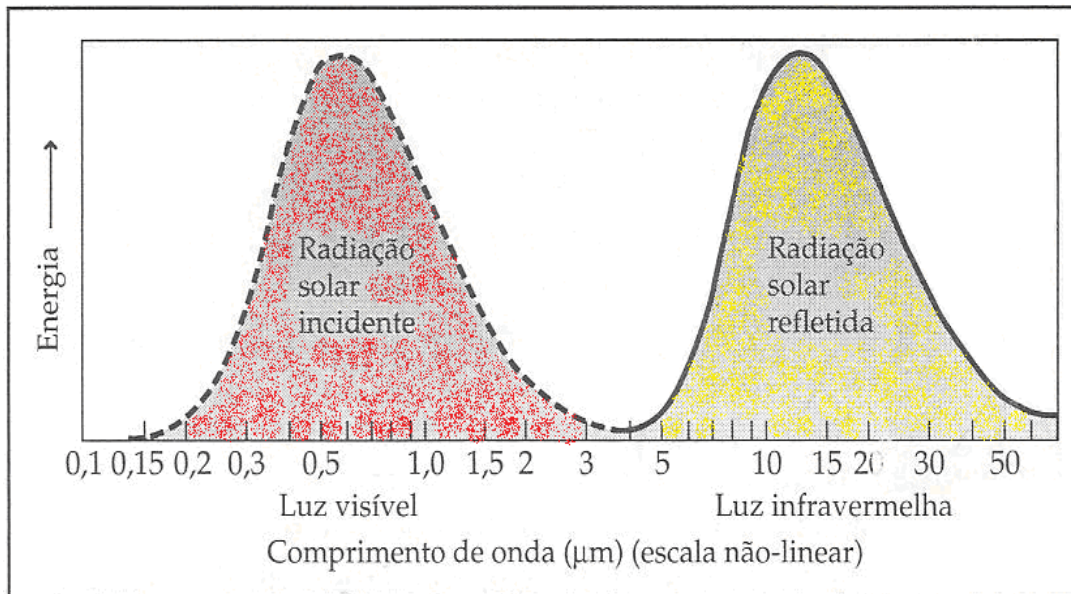


Figura 3.6.1.1 – Distribuição de comprimentos de onda ( $\lambda$ , escalas diferentes) da luz emitida pelo sol (- - -) e da luz refletida pela superfície terrestre (—).

Fonte: Adaptado de Gribbin (1988) citado por Baird (2002).

Uma parte do aumento de temperatura observado de 1860 até os nossos dias – Figura 3.6.1.2 — pode ser atribuída diretamente ao aumento (cerca de 24%) no fluxo de energia emitida pelo sol, especialmente na região do UV – que pode ter provocado alterações nos níveis de ozônio troposférico. O aquecimento resultante do aumento da radiação solar, que poderia ser responsável por até um terço do aumento da temperatura do ar observado desde 1970 (Figura 3.6.1.2), deve continuar nos próximos 50 anos, segundo extrapolações das tendências atuais.

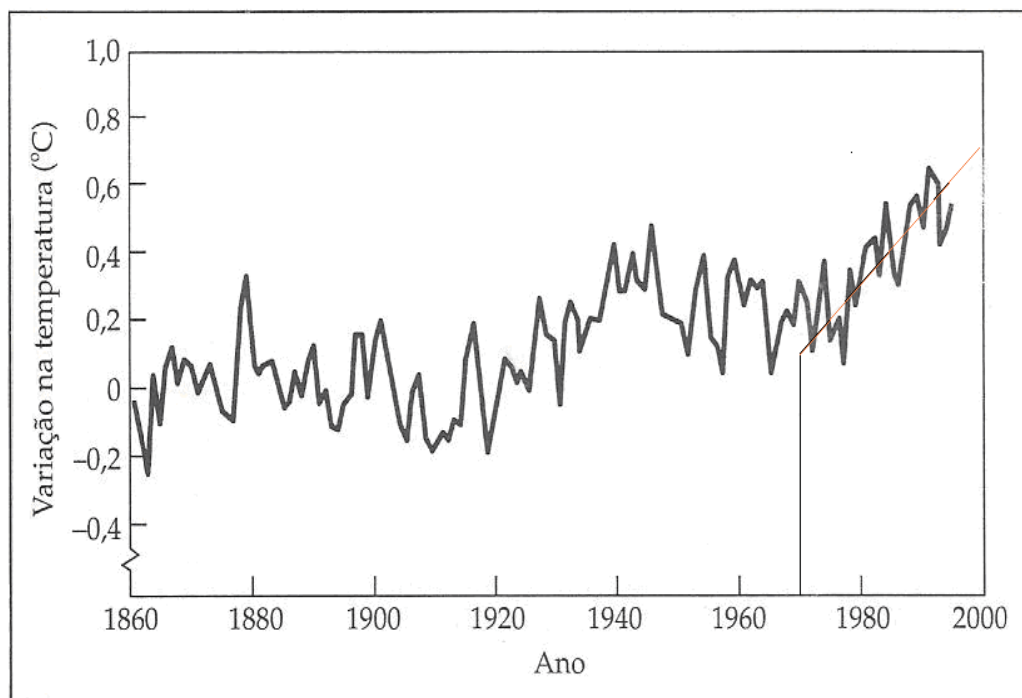


Figura 3.6.1.2 – Variação da temperatura global média. Destaque a partir de 1970.

Fonte: Baird (2002) citando *Canadian Climate Center* (1997), modificado.

Como qualquer outro corpo aquecido, a Terra emite energia. De fato, a quantidade de energia que o planeta absorve e aquela liberada, devem ser iguais para que a temperatura se mantenha constante (balanço energético). A energia emitida (parte contínua da Figura 3.6.1.1) não se situa na região do visível, ou UV, mas na região do IR, apresentando comprimentos de onda que variam de 4 a 50  $\mu\text{m}$ . Essa região é chamada de infravermelho térmico porque é energia na forma de calor, o mesmo tipo de energia que é irradiado por uma panela de ferro, quando aquecida.

Alguns gases presentes no ar podem absorver temporariamente luz IR térmica de comprimentos de onda específicos, sendo assim, nem todo IR emitido pela superfície da Terra e pela atmosfera escapa diretamente para o espaço. Logo

após sua absorção pelas moléculas presentes no ar, como o  $\text{CO}_2$ , a luz infravermelha é reemitida em todas as direções, de modo completamente aleatório. Assim, parte do IR térmico é direcionada de volta em direção à superfície, sendo reabsorvida, e conseqüentemente, provocando o aquecimento adicional tanto da superfície como do ar. Esse fenômeno, o redirecionamento ou desvio do IR térmico em direção a Terra, como mostra a Figura 3.6, é chamado de efeito estufa e é responsável pelo fato de a temperatura média da superfície da Terra ser de aproximadamente  $+15^\circ\text{C}$ , em vez de  $-15^\circ\text{C}$ , temperatura que predominaria se gases que absorvem IR não estivessem presentes na atmosfera. Não somos um planeta coberto de gelo pela atividade natural do efeito estufa. A atmosfera funciona como “um cobertor” que retém na região em sua proximidade uma parte do calor liberado por um corpo, aumentando assim a temperatura local.

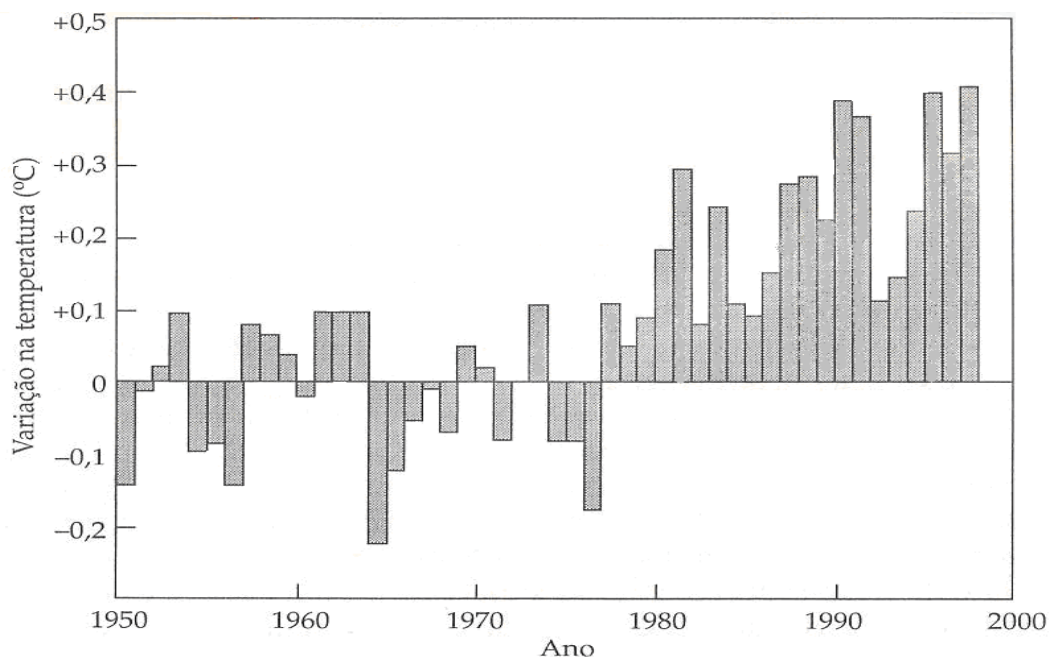


Figura 3.6.1.3 – Variações nas temperaturas médias superficiais de 1950 a 1997.

Fonte: Baird (2002) citando *Goddard institute*, NASA.

O fenômeno que tem preocupado os cientistas ambientais é que o aumento das concentrações de gases traços no ar, que absorvem luz IR térmica – colocando mais “cobertores” sobrepostos - resultaria no redirecionamento de uma maior quantidade de energia infravermelha refletida, o que poderia aumentar a temperatura média da superfície além dos 15°C. Este fenômeno é denominado *efeito estufa intensificado*, para distinguir seus efeitos daquele que vem ocorrendo naturalmente durante milênios (BAIRD, 2002).

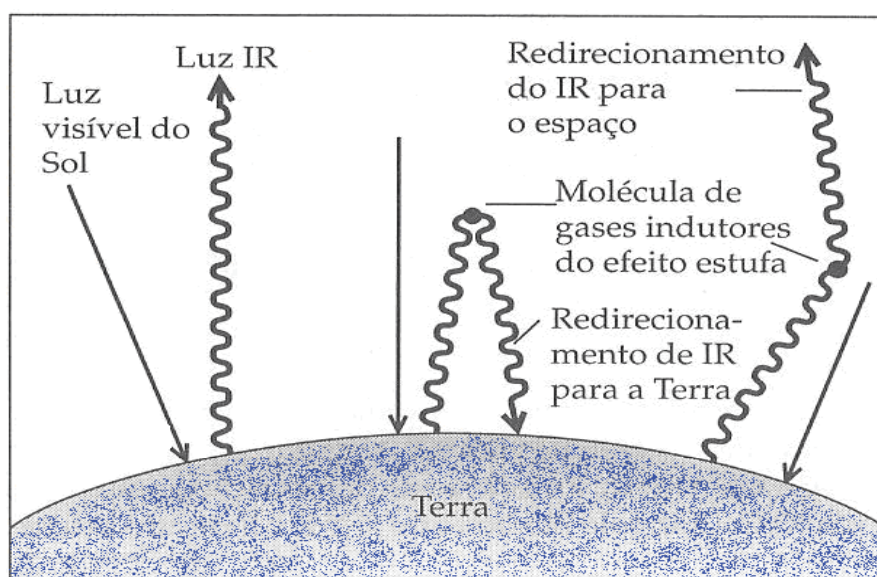


Figura 3.6.1.4 – Fluxo de luz na troposfera terrestre – Efeito estufa.

Fonte: Baird (2002), com modificações.

Os principais constituintes da atmosfera,  $N_2$ ,  $O_2$  e Ar, são incapazes de absorver luz infravermelha. Os gases atmosféricos que no passado produziram grande parte do efeito estufa foram a água (responsável por dois terços do efeito) e o dióxido de carbono (responsável por cerca de um quarto do efeito). De fato a ausência de água nas zonas secas do deserto conduz a baixas temperaturas

noturnas, muito embora as temperaturas durante o dia sejam bastante altas em razão da absorção direta de energia solar. É familiar àqueles que vivem em climas temperados, o resfriamento súbito do ar de inverno nos dias e noites em que não há nuvens no céu.

### 3.6.2. Vibrações Moleculares: Absorção de Energia pelos Gases indutores do Efeito Estufa

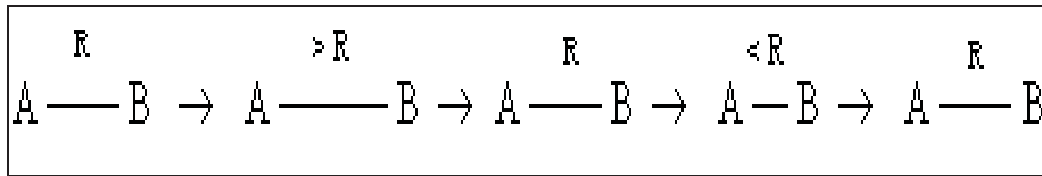
A luz é absorvida praticamente de forma total quando sua frequência quase se iguala à frequência do movimento interno de uma molécula que venha a encontrar. Para as frequências da região do infravermelho, os movimentos relevantes são as vibrações dos átomos que constituem uma molécula, relativamente uns aos outros.

O movimento de vibração mais simples em uma molécula é o movimento oscilatório relativo a dois átomos ligados entre si, A — B. Nesse movimento, chamado de *estiramento da ligação*, a distância R entre A e B aumenta para um valor maior que R médio, retornando em seguida a R, e então se contrai para um valor menor, para finalmente retornar a R, como ilustrado no Quadro 3.6.2.1. Tal movimento oscilatório ocorre em todas as ligações e em todas as moléculas sob todas as condições de temperatura, mesmo no zero absoluto. Um número enorme (cerca de  $10^{13}$ ) de ciclos vibracionais ocorre a cada segundo. A frequência exata do movimento oscilatório depende principalmente do tipo de ligação, ou seja, se estão envolvidas ligações simples, dupla ou tripla, e da identidade dos dois átomos envolvidos. Para muitos tipos de ligação, por exemplo, a ligação C — H no metano e a O — H na água, a frequência de estiramento não se encontra na região do IR térmico. A frequência de estiramento das ligações carbono-fluor C — F, contudo, corresponde a um comprimento de onda que se situa na faixa do IR térmico, de 4 a 50  $\mu\text{m}$ , e assim quaisquer moléculas na atmosfera que possuam ligações C — F absorverão luz IR térmica refletida e intensificarão o



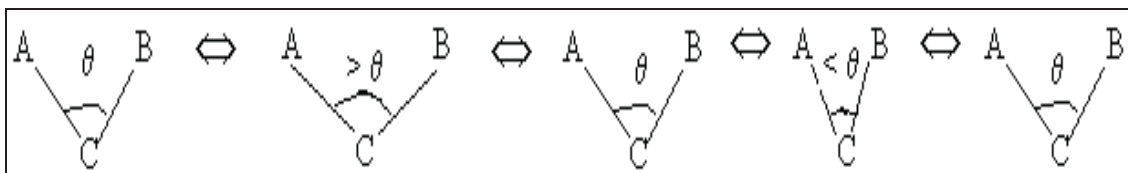
efeito estufa (BAIRD, 2002).

Quadro 3.6.2.1. - Vibração de estiramento de ligação.



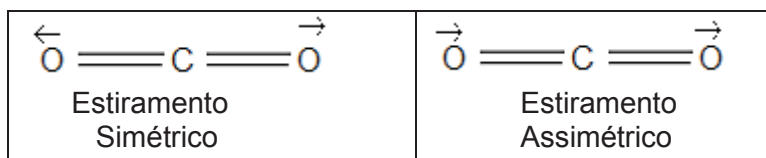
Um outro tipo relevante de vibração é uma oscilação na distância entre dois átomos A e B ligados a um átomo comum C, mas não ligados um ao outro. Esse movimento altera o ângulo de ligação ACB do seu valor médio  $\theta$ , e é chamado de *vibração de deformação angular*. Todas as moléculas contendo três átomos ou mais apresentam vibrações de deformação angular. O ciclo oscilatório, no qual um ângulo de ligação aumenta, depois diminui, para então sofrer outro aumento, e assim por diante, é ilustrado no Quadro 3.6.2.2. As frequências de muitos tipos de deformação angular encontram-se na região do infravermelho térmico.

Quadro 3.6.2.2. - Vibração de deformação angular.



Se luz infravermelha é absorvida por uma molécula durante uma vibração, deve existir uma diferença na posição na molécula entre seu centro de carga positiva - ou seu núcleo – e o centro de carga negativa – de sua “nuvem” eletrônica – em algum ponto durante o movimento. Resumindo, para absorver luz IR, a molécula deve apresentar um *momento dipolar* durante algum estágio da vibração (tecnicamente deve existir uma mudança na magnitude do momento dipolar durante a vibração). Estes centros de carga coincidem nos átomos livres e (por definição) em moléculas diatômicas homonucleares, como o O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, e assim, estas espécies moleculares têm momentos dipolares igual a zero durante todo o tempo em sua vibração de estiramento. Assim gás argônio, Ar, nitrogênio gasoso (N<sub>2</sub>) e oxigênio diatômico (O<sub>2</sub>) não absorvem radiação IR. Para o dióxido de carbono, durante o movimento vibratório no qual tanto as distâncias C—O estendem-se e encurtam-se de maneira sincronizada (simultaneamente), não ocorre em momento algum qualquer diferença na posição entre os centros de cargas positivas e negativas, dado que ambas situam-se precisamente no núcleo central. Conseqüentemente, durante esta vibração, chamada de *estiramento simétrico* ou *deformação axial simétrica*, a molécula não pode absorver luz IR. Contudo, na vibração de *estiramento assimétrico* no CO<sub>2</sub>, a contração de uma das ligações C—O ocorre quando a outra está se expandindo, ou vice-versa, de modo que durante o movimento os centros de carga não coincidem, necessariamente (Quadro 3.5.2.3).

Quadro 3.6.2.3 – Estiramento Simétrico e Assimétrico.



Portanto, a luz IR pode ser absorvida, nesta frequência dado que, em alguns pontos durante a vibração, a molécula possui um momento dipolar. De modo semelhante, a vibração de deformação angular na molécula de CO<sub>2</sub>, na qual os três átomos se afastam a partir de uma geometria colinear, é um modo de vibração que pode absorver luz IR nesta frequência, já que os outros centros não coincidem quando molécula não é linear.

### 3.6.3. Os principais gases indutores do Efeito Estufa

Como dito anteriormente, uma molécula absorve energia luminosa, efetivamente, quando as frequências da luz e de uma das suas vibrações coincidem, quase exatamente. Entretanto, luz de frequência um pouco maior ou um pouco menor que as frequências da vibração é absorvida, parcialmente, por um grupo de moléculas. Esta capacidade de absorver IR sobre uma curta faixa de frequências, ocorre porque não é apenas a energia associada à vibração que é alterada quando um *fóton* IR é absorvido; ocorre também uma variação na energia rotacional, ou 'de giro', da molécula em torno do seu próprio eixo. Esta energia pode ser tanto ligeiramente aumentada tanto quanto diminuída, quando a luz IR é absorvida para aumentar sua energia vibracional.

Assim, ocorre absorção de fótons em frequências ligeiramente maiores ou menores que aquelas que correspondem à da vibração. Geralmente, a tendência à absorção de um gás diminui à medida que a frequência da luz afasta-se, em qualquer direção, da frequência vibracional. A seguir discutiremos os principais aspectos dos gases indutores do efeito estufa, citados na tabela 1.5.1.

Dióxido de carbono

O espectro de absorção do dióxido de carbono em uma parte da região do IR é mostrado na figura 3.6.3.1. A absorção máxima de luz deste gás na região do infravermelho térmico ocorre no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 15  $\mu m$ , que

corresponde à frequência de  $2,0 \times 10^{13}$  ciclos por segundo (Hertz). A absorção acontece nesta frequência particular pelo fato de igualar-se àquela das vibrações das moléculas do  $\text{CO}_2$ , ou seja, à vibração de deformação angular da ligação  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ . O  $\text{CO}_2$  também absorve fortemente IR com  $\lambda$  igual a  $4,26 \mu\text{m}$ , correspondente a uma frequência de  $7 \times 10^{13}$  ciclos. $\text{s}^{-1}$  da vibração de estiramento assimétrico.

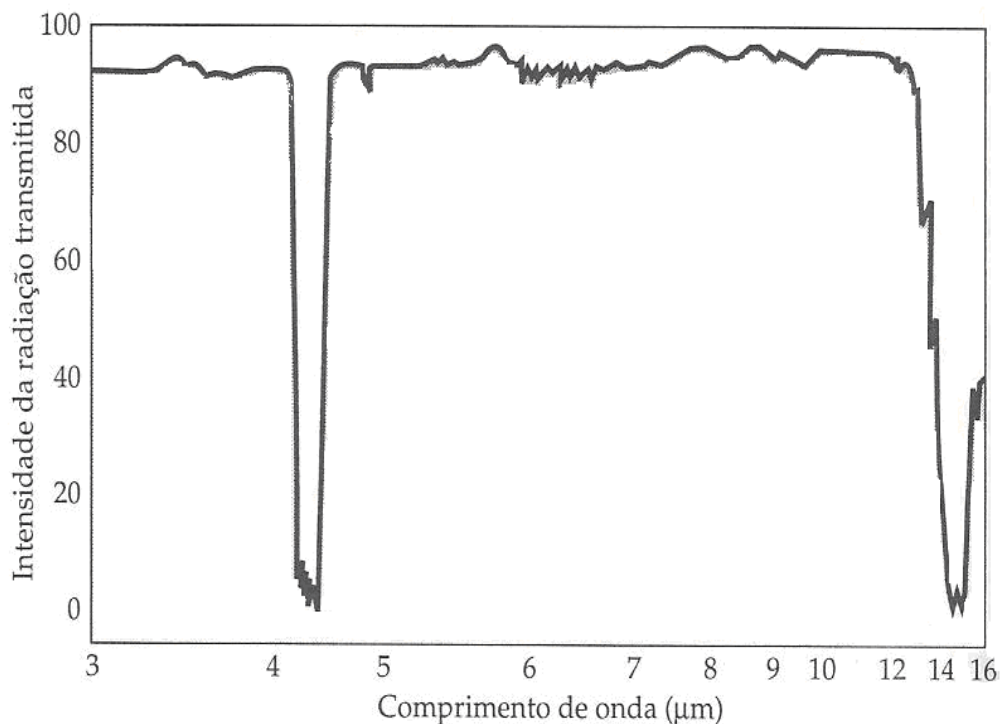


Figura 3.6.3.1 – Espectro de absorção do  $\text{CO}_2$  na região do IR térmico.

Fonte: Baird, 2002, com modificação.

Segundo Baird (2002) o  $\text{CO}_2$  presente atualmente na atmosfera absorve, coletivamente, metade da luz IR térmica refletida com  $\lambda$  na região compreendida entre  $14\text{-}16 \mu\text{m}$ , juntamente com a porção relativamente considerável daquela nas regiões compreendidas entre  $12\text{-}14 \mu\text{m}$  e  $16\text{-}18 \mu\text{m}$ , originárias das

variações de energia dos movimentos rotacionais quando a energia vibracional é alterada. Isto mostra porque na figura 3.6.3.2, a linha contínua, que representa a quantidade de radiação infravermelha que realmente escapa de nossa atmosfera, cai abruptamente em  $15 \mu\text{m}$ . A separação vertical entre as linhas pontilhada e contínua é proporcional à quantidade de IR de um dado  $\lambda$  que está sendo absorvida em vez de escapar. O aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera terrestre impedirá cada vez mais, que mais radiação IR refletida escape, especialmente, nas regiões “de ombro”, e deverá produzir maior efeito no aquecimento do ar. Embora o  $\text{CO}_2$  também absorva irradiação IR na região de  $4,3 \mu\text{m}$ , devido à vibração e estiramento assimétrico, existe pouca energia emitida pela Terra neste comprimento de onda, assim, esta absorção potencial não é significativa.

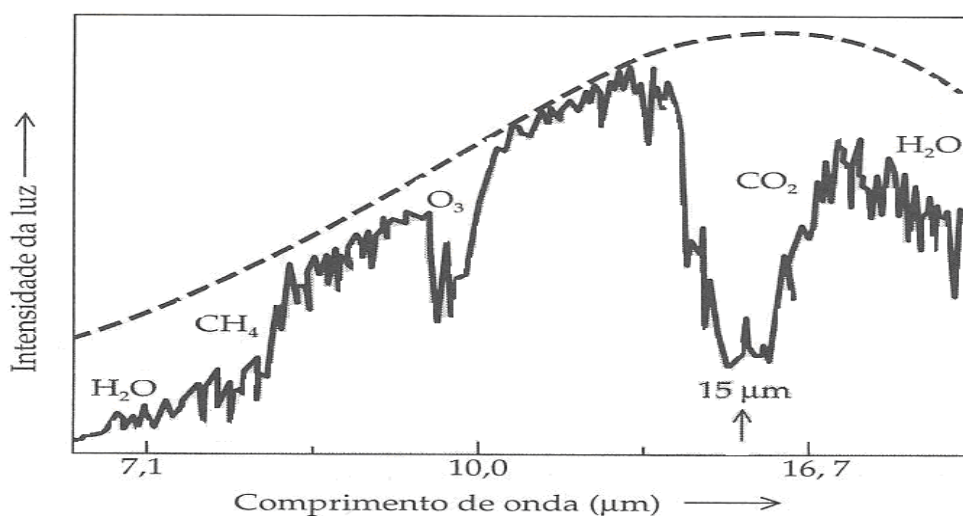


Figura 3.6.3.2 – Intensidade da luz IR térmica que escapa da superfície da Terra(l contínua) e aquela que é absorvida(l pontilhada).

Fonte: Baird, 2002.

## Vapor de água

As moléculas de água, na forma de vapor, abundantes no ar, absorvem luz IR térmica, devido à vibração de deformação angular da ligação H–O–H; cujo pico de absorção ocorre a cerca de  $6,3 \mu m$ . Assim, quase toda a relativamente pequena quantidade de IR refletida na região de  $5,5 \mu m$  a  $7,5 \mu m$  é interceptada pelo vapor de água (Figura 3.6.3.2). A vibração de estiramento assimétrico na água ocorre em  $2,7 \mu m$ , fora da região do IR térmico. O aumento da energia rotacional das moléculas de água, sem qualquer variação na energia vibracional, remove a luz infravermelha térmica de  $\lambda$  igual e mais longo que  $18 \mu m$ . De fato o vapor de água é o mais importante gás estufa na atmosfera terrestre, no sentido de que ele produz mais aquecimento por efeito estufa do que qualquer outro gás, muito embora seja menos eficiente que o dióxido de carbono quando se considera como base uma unidade molecular.

Os gases traço que contribuem com o efeito estufa; isto é, aqueles cuja concentração é pequena em termos absolutos, mas cuja capacidade, mesmo nesses níveis, de provocar o aquecimento do ar é substancial; já citados na tabela os seguintes, como já indicados na tabela 1.5.1:

## O Metano

Depois do  $CO_2$  e do vapor de água, o metano é o gás indutor do efeito estufa de origem antropogênica de maior importância, tornando-se um dos

gases importantes no estudo das alterações climáticas induzidas pelo homem.

É o hidrocarboneto mais abundante na atmosfera terrestre, com uma concentração média global de 1,72 ppmv (partes por milhão por volume) em 1994. Medidas sistemáticas da sua concentração na atmosfera tiveram início na metade da década de 70, quando foram identificadas atuações importantes desse gás na química atmosférica e no clima. A partir dessas observações, determinaram-se várias de suas características na atmosfera, como um acentuado gradiente de concentração em função da latitude, com os maiores valores ocorrendo no Hemisfério Norte, uma variação sazonal nos dois hemisférios e uma taxa de crescimento global anual da ordem de 0,6%. Análises de bolhas de ar aprisionadas em geleiras permanentes revelaram que a concentração média de metano era de 0,8 ppmv entre 200 e 2.000 anos atrás e que um crescimento mais rápido teve início há cerca de 150 anos até dobrar esse valor na atmosfera atual (KHALIL and RASMUSSEN, 1987; ALVALA, KIRCHHOFF e PAVÃO, 1999).

Essa tendência de aumento é atribuída ao crescimento da população humana, que, por sua vez, acarreta uma maior demanda de alimentos, levando ao incremento, por exemplo, da criação de gado, de plantações de arroz e de utilização de combustíveis fósseis, principalmente gás natural e carvão, atividades significativas na geração de metano.

A molécula de metano contém quatro ligações C—H. Suas vibrações de estiramento da ligação ocorrem fora da região do IR térmico. As vibrações de deformação angular da ligação H—C—H absorvem a  $7,7 \mu\text{m}$ , próximo do limite da janela do IR térmico, conseqüentemente, o metano absorve IR nesta região. Considerando a unidade molecular, um aumento da concentração de metano no ar causa um efeito de aquecimento 21 vezes maior que a adição de dióxido de



carbono, porque as moléculas de metano absorvem uma maior fração dos fótons de IR térmico que as atravessam do que as moléculas de CO<sub>2</sub>.

A figura 3.6.3.3, a seguir, mostra que a concentração atmosférica de metano mais que dobrou em relação à época pré-industrial (1750); quando a concentração era de, aproximadamente, 0,75 ppm, tendo aumentado para 1,80 ppm em 1994( SIKAR and LA SCALA JR., 2004; BAIRD, 2002; KHALIL and RASMUSSEN, 1987). Presume-se que o aumento da concentração de metano na atmosfera terrestre seja em grande parte antropogênico, por atividades como o aumento da produção de alimentos, o uso intenso de combustíveis fósseis e o desflorestamento.

O metano é produzido a partir de complexas reações bioquímicas da decomposição anaeróbia de materiais orgânicos. Este processo ocorre em larga escala onde acontece a decomposição de plantas submersas em água, p.ex. em pântanos e brejos, e em terras úmidas destinada à rizicultura. Terras alagadas são a maior fonte natural das emissões de metano, bem como grandes lagos de hidrelétricas, especialmente, quando a madeira não é previamente removida da área a ser inundada. Isto demonstra que a energia hidrelétrica não é de todo isenta de emissões quando grandes áreas são inundadas para a sua geração (ALVALA, KIRCHHOFF e PAVÃO, 1999).

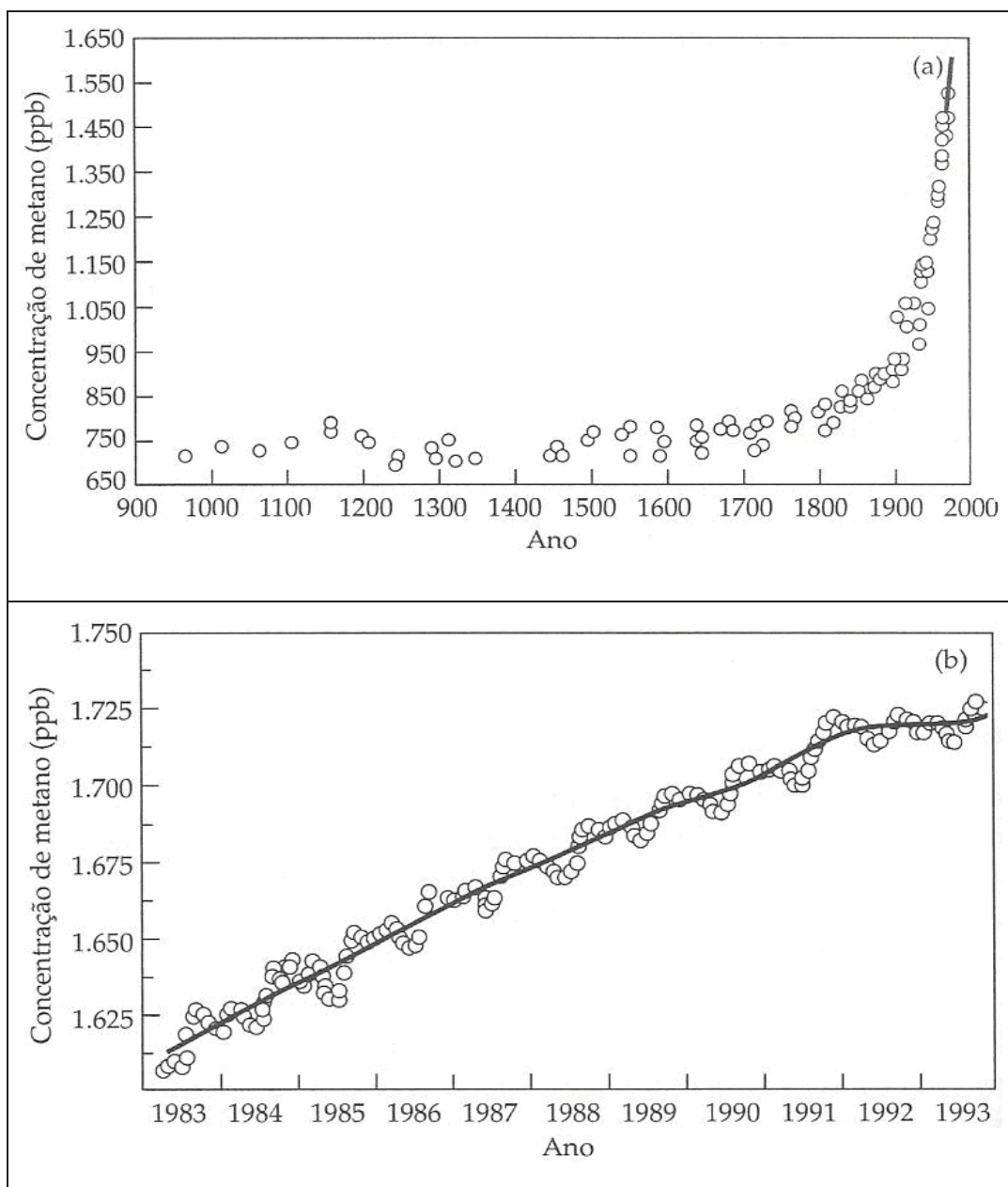


Figura 3.6.3.3 - Crescimento da concentração de metano atmosférico no último milênio (a) e nas décadas de 80 e 90 (b).

Fonte: Baird, 2002 citando Houghton *et al*, 1995.

Animais ruminantes; bovinos, caprinos, bufalinos e certos animais selvagens, produzem quantidades significativas de metano com subproduto da digestão da celulose de que se alimentam. Portanto o sistema agropecuário é emissor considerável.

Outra importante fonte de emissão deste gás são os depósitos de lixo ou resíduos sólidos, ao redor do mundo, desde aqueles depósitos a céu aberto até os aterros sanitários melhores operados.

Resumindo, são consideradas (STERN AND KAUFMANN, 1996; KHALIL and RASMUSSEN, 1987) diferentes fontes significativas para o metano atmosférico: emanações vulcânicas, zonas alagadas naturais, combustíveis fósseis – desde a sua extração, transporte e uso -, aterros sanitários e/ou similares, animais ruminantes, áreas de cultivo de arroz e queima de biomassa. A magnitude de cada contribuição é objeto de tamanha incerteza que mesmo sua ordem relativa é constante motivo de revisão.

### Óxido nitroso

Outro gás traço importante é o óxido nitroso ( $N_2O$ ), o chamado “gás hilariante”, cuja vibração de deformação angular absorve IR a  $8,6 \mu m$ , ou seja, na região da janela; e suas vibrações de estiramento de ligação absorvem em  $7,8 \mu m$ , no “ombro” da janela. Por unidade molecular, o  $N_2O$  é 206 vezes mais efetivo que o  $CO_2$  em causar aquecimento global. Sua concentração atmosférica variou de 275 ppb, na era pré-industrial, para 312 ppb, na década passada (BAIRD, 2002).

## Os CFC's

Um grupo de compostos importante na questão do aquecimento global são os Clorofluorcarbonetos (CFC's) e seus substitutos, compostos gasosos cujas moléculas constituídas por átomos de carbono ligados a átomos de flúor e/ou cloro representam talvez o maior potencial entre os gases traço na indução do efeito estufa, por suas grandes persistências e absorverem fortemente na região da janela. O estiramento de ligação C—F absorve em  $9 \mu\text{m}$ , e o estiramento da ligação C—Cl e as várias vibrações de deformação angular envolvendo átomos de carbono ligados a halogênios também ocorrem em frequências que se situam dentro da região da janela. Os vários clorofluorcarbonos, como p.ex.,  $\text{CFC}_3$  e  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , já foram emitidos para a atmosfera em grandes quantidades e apresentam longos tempos de residência. Devido a essa persistência e à sua alta eficiência na absorção de IR térmico na região da janela, cada molécula de CFC tem o potencial de causar a mesma quantidade de aquecimento global que dez mil moléculas de  $\text{CO}_2$ . Os substitutos destes compostos; os HCFC e HFC têm tempos de vida atmosféricos mais curtos e absorvem com menos eficiência, representando uma ameaça menor na indução do efeito estufa (BAIRD, 2002).

## Ozônio troposférico

Como o metano e o óxido nitroso, também o ozônio ( $\text{O}_3$ ) troposférico é um gás indutor de efeito estufa “natural”, embora apresente um curto tempo de residência no ar. Suas vibrações de estiramento assimétrico ocorrem entre  $9 \mu\text{m}$  e

11  $\mu\text{m}$ , dentro da região da janela (Figura 3.6.3.2). A vibração de flexão que ocorre em 14,2  $\mu\text{m}$  coincide com a do  $\text{CO}_2$ , e assim não contribui muito para a intensificação do efeito estufa.

## 4. METODOLOGIA

“NÃO SEI SE O CAOS É ESTE A QUE SE REFEREM NOSSOS ARTICULISTAS POLÍTICOS, E QUE, SEGUNDO ELES, JÁ SE APROXIMA. ENGANO: HÁ MUITO ESTAMOS NELE.”

LÚCIO CARDOSO

Para a execução do presente trabalho e atingir os objetivos propostos foram utilizados os equipamentos e ferramentas listados a seguir( item 4.1) e a metodologia descrita no item 4.2.

### 4.1. Materiais e equipamentos

#### A) Em campo:

##### 1) Câmaras de difusão de gases.

Para a coleta de amostra gasosas da emissão solo-ar foram utilizadas duas (2) câmaras de difusão de gases: uma grande (retangular; de chapa galvanizada) com volume de 33,2 L e área da base de 0,664 m<sup>2</sup>; (com comprimento de 83 cm X largura de 80 cm X altura de 5 cm) e uma pequena (redonda; PVC) com volume de 1.200 mL e área da base de 0,01815 m<sup>2</sup>. Concebidas e construídas pela Construmaq São Carlos Ind. e Com Ltda ME, Figura 4.1.1.

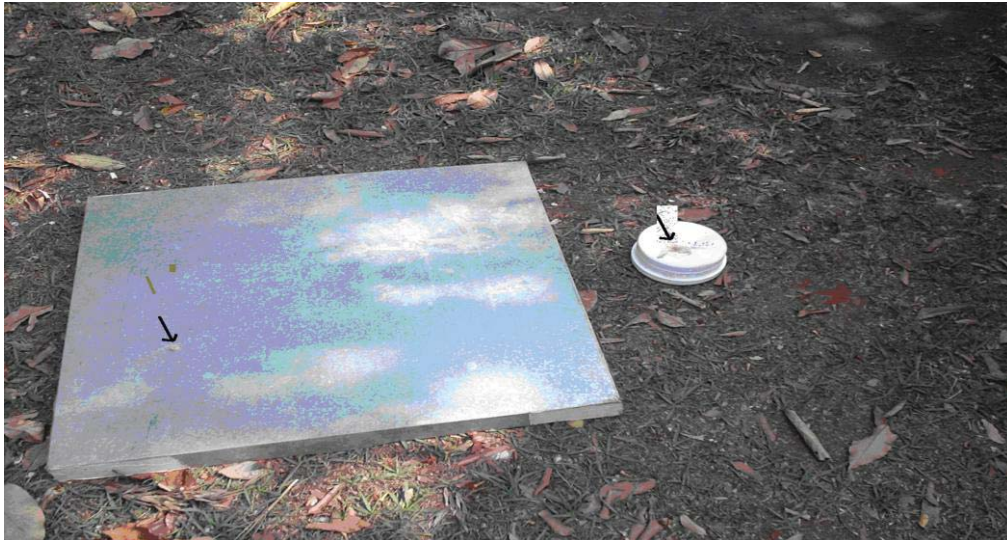


Figura 4.1.1 – Câmaras de difusão de gases (Grande e Pequena). As setas indicam dispositivos de coleta das amostras.

2) Sacos de plásticos de 60 litros.

Para os aterros sanitários (com dissipadores de gases) foram usados sacos de plástico preto de 60 L, para coleta e estimativa do fluxo.

3) Ampolas gasométricas (Construmaq São Carlos).

(a) Primeira Campanha 2006: Foram utilizadas vinte e quatro (24) ampolas gasométricas, com capacidade de 30 mL cada.

(b) Segunda Campanha 2007: Foram utilizadas quarenta e oito (48) ampolas gasométricas, com capacidade de 30 mL cada. Figuras 4.1.2a e b.



Figura 4.1.2a – Ampola gasométrica de 30 mL.



Figura 4.1.2b – Caixas de ampolas gasométricas com 24 unidades cada.

As ampolas gasométricas desenvolvidas e fabricadas pela Construmaq São Carlos Ind. e Com - usadas para coletas *in situ*, a partir das câmaras de difusão no solo ou dos sacos plásticos nos drenos -, são feitas de vidro com tampas rosqueadas de alumínio. Apresentam válvula e acessórios que simplificam e garantem a coleta e armazenagem/confinamento das amostras de gás de aterros, transporte seguro e injeção cromatográfica, em laboratório.



As três ferramentas ilustradas abaixo (Figuras 4.1.3), são coletivamente denominadas “kit de transferência”. Acompanham as ampolas gasométricas e são necessárias durante o uso das mesmas.

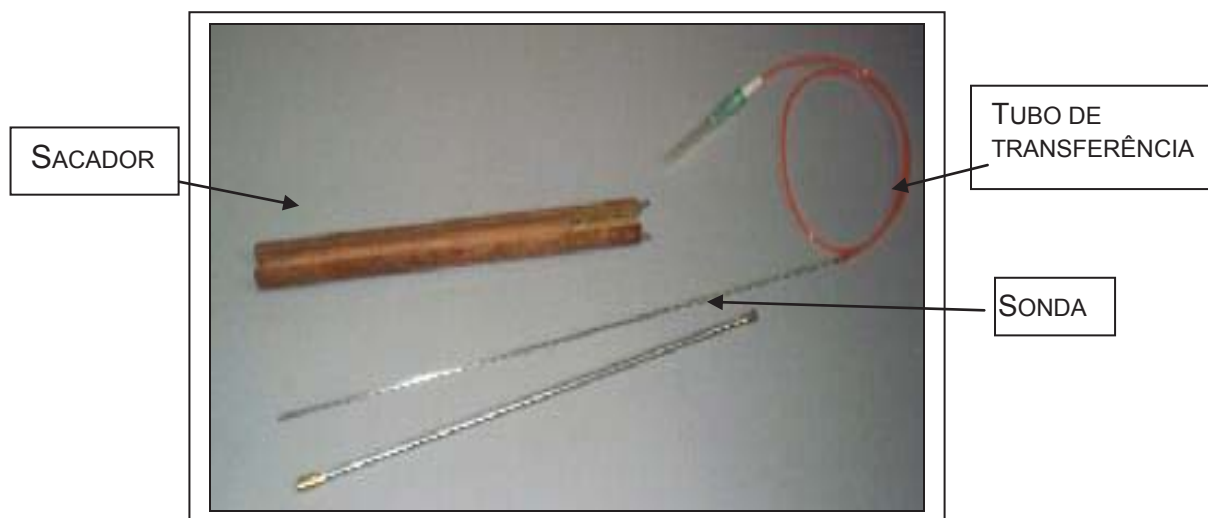


Figura 4.1.3 – O “kit de transferência” usado para armazenar e retirar amostras gasosas das ampolas.

Fonte: Manual de uso das ampolas gasométricas, Construmaq São Carlos, 2006.

Uma válvula localizada no miolo de um pistão e dentro de cada ampola permite a captação controlada das amostras; estando aberta quando se encontra empurrada no sentido do fundo da ampola (Figura 4.1.4a) e fechada na posição em que fica faceada ou alinhada com o pistão (Figura 4.1.4b):

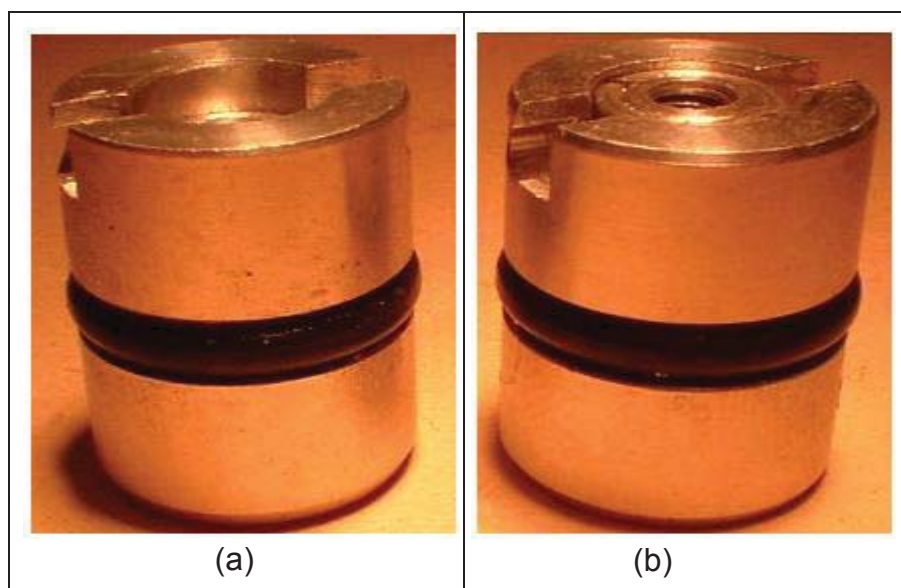


Figura 4.1.4 – Válvula aberta (a) e fechada (b).

Fonte: Construmaq São Carlos, 2006.

A figura 4.1.5, mostra detalhes da operação com as ampolas; como rosqueamento/desrosqueamento da tampa (a), inserção do sacador na sonda (b), conjunto ampola/sacador/sonda montado (c) e o conjunto ampola/sacador/tubo de transferência montado, pronto para coleta.

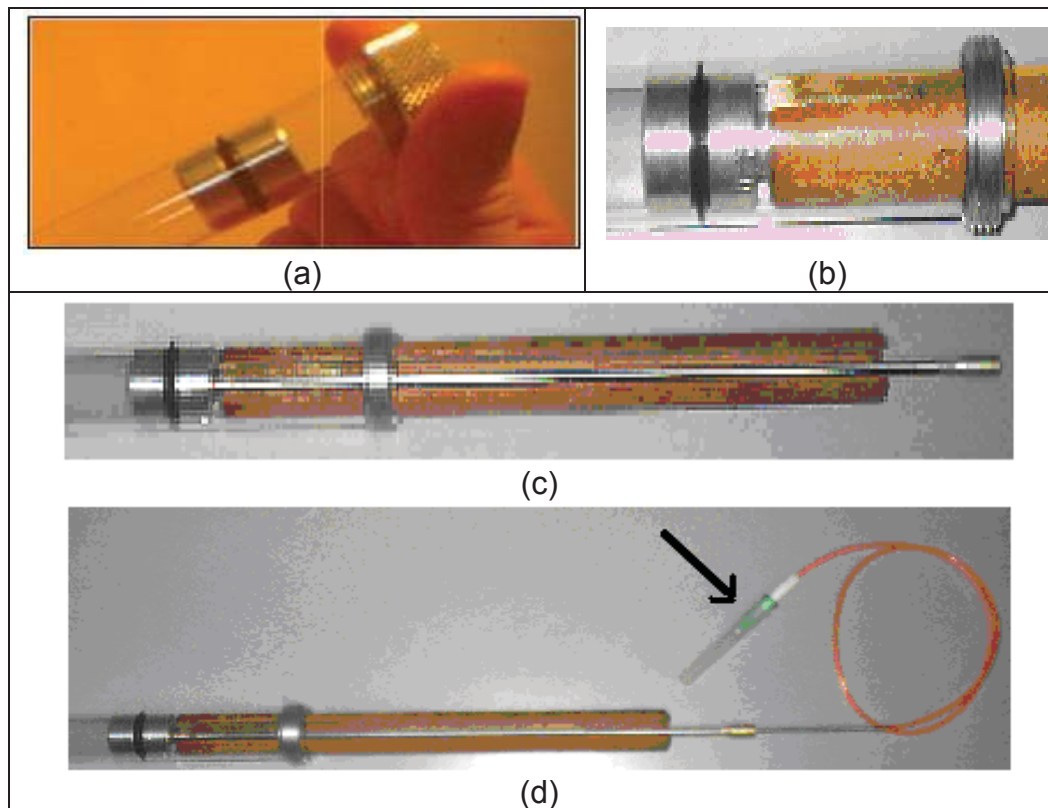


Figura 4.1.5 – Rosqueamento da tampa da ampola (a), inserção do sacador/sonda (b), conjunto ampola/sacador/sonda (c) e o conjunto ampola/sacador/tubo de transferência, montado(d). Destaque (→) (d) para agulha de transferência (insere-se no dispositivo de silicone nas câmaras).

Fonte: Construmaq São Carlos, 2006.

- 4) 01 pá de jardinagem;
- 5) Termômetro (espeto; termopar) - medidas de temperatura do solo e ambiente;
- 6) Anemômetro e cronômetro;
- 7) Aparelho GPS;
- 8) câmara fotográfica.

**B) No laboratório:**

- 1) Equipamento: *Gas Chromatograph* – *GOW MAC Instruments Co.*; Detector por Condutividade Térmica(DCT); 50<sup>0</sup>C; Fluxo de H<sub>2</sub> de 60mL·min<sup>-1</sup>, com Coluna Porapak Q, aço inoxidável. Registrador em papel (cromatogramas) contínuo.
- 2) Microseringas hipodérmicas para injeção da amostra retirada da ampola, no cromatógrafo.

As análises cromatográficas foram desenvolvidas no Laboratório de Produtos Biológicos (LPB) – SHS/EESC-USP, sempre em horário seguinte às coletas nos aterros.

O cromatógrafo foi calibrado para as análises de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), segundo curvas de calibração constantes do anexo C.

## 4.2. Metodologia de trabalho

Nos aterros sanitários, com sistema vertical de coleta do GAS (dissipadores), as amostras eram colhidas a partir de um saco plástico preto (60L) colocado vazio na extremidade superior do dissipador (ajustadas, boca do dissipador/boca do saco). Iniciava-se, a coleta disparando um cronômetro para medir o tempo de preenchimento do saco pelo GAS, o que se permite estimar a vazão.

Com o saco completo, era retirada uma amostra (30 mL) do GAS em uma ampola gasométrica para análise quali-quantitativa por cromatografia gasosa (CG).

Os aterros dos municípios selecionados foram 'trans-sectados', vertical e horizontalmente, em toda a sua extensão, de modo que cada cruzamento de linhas determinasse um ponto de amostragem dos gases emanados do aterro para a amostragem de emissão solo-ar. O número de pontos de coleta variou de 4 a 12, dependendo do tamanho do aterro e do número de ampolas gasométricas em cada campanha, 24 na primeira (2006) e 48 na segunda (2007).

As amostras da emissão solo-ar foram coletadas em ampolas gasométricas com capacidade para 30 mL cada (Figura 4.1.2a e b, anterior), a partir de câmaras de difusão de gases – uma grande e uma pequena (Figura 4.1.1, anterior) – com áreas das bases e volumes definidos, em quatro tomadas, com intervalos de três (3), seis (6) e doze (12) minutos, a partir da tomada de tempo zero (0). Estas eram coletadas em local da área do aterro correspondente à área de base das câmaras, procurando-se não produzir “qualquer perturbação prévia”, após

“purga ambiental de cada câmara”, ou seja, “lavagem” da câmara com o ar ambiente e selagem da mesma com terra do próprio local, no solo.

As amostras eram colhidas (Figura 4.2.1) a partir de um dispositivo de silicone na parte superior das câmaras, onde se insere uma agulha hipodérmica localizada na extremidade do tubo transferidor, oposta ao fundo da ampola gasométrica (Figura 4.1.5d, anterior, destaque) e eram levadas ao laboratório para análises quali-quantitativas dos gases captados, por cromatografia gasosa.



Figura 4.2.1 – Detalhe da coleta de amostras do GAS (solo-ar).

Como as viagens de campo – coletas nos aterros – foram feitas/iniciadas, sempre a partir do início do dia, e, muitas vezes, em dias sequentes, as análises cromatográficas eram feitas sempre ao final da tarde e início da noite, com um intervalo mínimo de 6 a 10 horas após a coleta.

Imediatamente, após as análises, cada ampola era esvaziada, 'purgada com ar atmosférico' fora do ambiente do laboratório e deixada aberta em ambiente arejado até o reinício da amostragem do dia seguinte. Com este procedimento garantia-se a não 'contaminação' das ampolas com o gás do aterro do dia anterior.

A determinação da taxa de emissão fugitiva do CH<sub>4</sub> e do CO<sub>2</sub>, na área amostrada era feita a partir das áreas dos cromatogramas correspondentes e das equações resultantes das curvas de calibração do cromatógrafo (vide Anexo C); comparando-se o volume do gás de aterro injetado na cromatografia, o volume coletado em cada ampola, o volume e a área da base das câmaras.

O resultado encontrado para taxa de emissão média calculada nos  $n$  sítios ( $P_n$ ) amostrados, multiplicado pela área do aterro, resulta uma estimativa da taxa média de emissão de cada aterro.

Estes resultados foram discutidos, levando-se em consideração fatores como a idade de aterro, a quantidade de resíduos nele confinada, entre outras variáveis que possam influenciar nas taxas de emissões.

#### **4.2.1 - Determinação instrumental do metano e do dióxido de carbono – Cromatografia Gasosa (CG).**

Tomando como referências textos tradicionais em Química Ambiental e Cromatografia Gasosa (BAIRD, 2002; STERN, KAUFMANN, 1996; LANÇAS, 1993; CIOLA, 1985; LAUB, PECSOK, 1945), além de sítios na internet como (CHEMKEYS, 2007; AGA, 2006), relatamos neste item alguns fundamentos desta poderosa técnica na determinação qualiquantitativa de misturas com constituintes gasosos, caso deste trabalho.

A determinação qualiquantitativa de gases em uma mistura; como é o caso do gás de aterros sanitários (GAS), pode ser realizada pela análise de amostras da mistura, usando a técnica da cromatografia gasosa (CG). É uma técnica muito precisa e um meio de separar uma mistura gasosa em seus componentes individuais, através de um instrumento muito sensível, o Detector por Condutividade Térmica (DCT) para, efetivamente, medir qualitativa e quantitativamente os componentes ou analitos separados.

Na Cromatografia Gasosa (CG) a amostra é introduzida e vaporizada em um fluxo de um gás adequado, denominado de fase móvel (FM) ou gás de arraste (Figura 4.2.1.1, 01).

A fase móvel é um gás inerte - normalmente nitrogênio ou hélio - ou hidrogênio. Se a fase estacionária é um líquido temos a cromatografia gás-líquido ou cromatografia de partição, se a fase estacionária é um sólido temos a cromatografia gás-sólido ou cromatografia de adsorção. Em qualquer dos casos a coluna pode ser de empacotamento ou capilar aberta de sílica fundida. Deve-se



conhecer a resolução – definida como a capacidade que tem uma coluna cromatográfica, de separar satisfatoriamente dois picos adjacentes – e a eficiência – definida como sua capacidade de produzir picos estreitos e agudos – da coluna para a amostra a ser analisada.

O fluxo de gás da fase móvel com a amostra vaporizada passa por um tubo contendo a fase estacionária FE (coluna cromatográfica), onde ocorre a separação da mistura. A FE pode ser um sólido adsorvente (Cromatografia Gás-Sólido) ou, mais comumente, um filme de um líquido pouco volátil, suportado sobre um sólido inerte (Cromatografia Gás-Líquido com Coluna Empacotada ou Recheada) ou sobre a própria parede do tubo (Cromatografia Gasosa de Alta Resolução).

Na cromatografia gasosa, os dois fatores que governam a separação dos constituintes de uma amostra são:

- ▶ a solubilidade na FE: quanto maior a solubilidade de um constituinte da mistura gasosa na FE, mais lentamente ele caminha pela coluna;
- ▶ a volatilidade: quanto mais volátil a substância (ou, em outros termos, quanto maior a pressão de vapor), maior a sua tendência de permanecer vaporizada e mais rapidamente caminha pelo sistema.

As substâncias separadas saem da coluna dissolvidas no gás de arraste e passam por um detector; dispositivo que gera um sinal elétrico proporcional à quantidade de cada componente eluído.

O registro deste sinal em função do tempo é o cromatograma, sendo que, as substâncias aparecem nele como picos com área proporcional à sua massa, o que possibilita a análise quantitativa (Figura 4.2.1.1, 04).

O poder de análise da cromatografia gasosa se baseia em sua capacidade de separar os componentes individuais de uma mistura injetada em uma coluna cromatográfica, e identificar cada componente, à medida que saem da coluna, um após outro.

O processo de separação por CG ocorre quando os componentes gasosos de uma mistura, sob influência da temperatura da coluna, da superfície cromatográfica e de um gás de arraste, em fluxo constante, sofrem uma série de interações não-destrutivas com a superfície cromatográfica conforme atravessam a coluna. Dado que cada composto ou componente individual a ser separado, interage de maneira diferenciada com a superfície da coluna cromatográfica, o resultado é um tempo de percurso diferente para cada composto e, portanto, um tempo de saída ou tempo de retenção individual.

Colunas capilares de CG de alta-resolução, projetadas para separar literalmente centenas de compostos presentes em uma mistura, apresentam um diâmetro interno reduzido, menor que 0,53 mm. Muitas superfícies cromatográficas diferentes encontram-se disponíveis; cada uma é projetada para separar famílias de analitos distintas. Para a família da parafinas, p.ex., superfícies cromatográficas ou fases apolares são utilizadas.

O sistema CG apresenta três elementos básicos: o injetor, a coluna cromatográfica e o detector. A coluna cromatográfica é conectada ao injetor CG, no qual uma amostra mínima da mistura gasosa é inicialmente introduzida na coluna. Esta coluna – cuja temperatura é controlada por um pequeno forno – termina na base do DCT, no qual cada analito de saída é detectado.

O resultado dos analitos no método cromatográfico é registrado em gráficos chamados cromatogramas, que em geral registram o tempo de retenção

versus o sinal do detector. A análise cuidadosa do cromatograma nos fornece dados como a identidade, baseada em padrões conhecidos, e a quantidade de cada um dos componentes presentes na amostra analisada.

A figura 4.2.1.1, mostra um esquema de um sistema de cromatografia gasosa, com indicação dos seus principais componentes e o registro de um cromatograma em andamento.

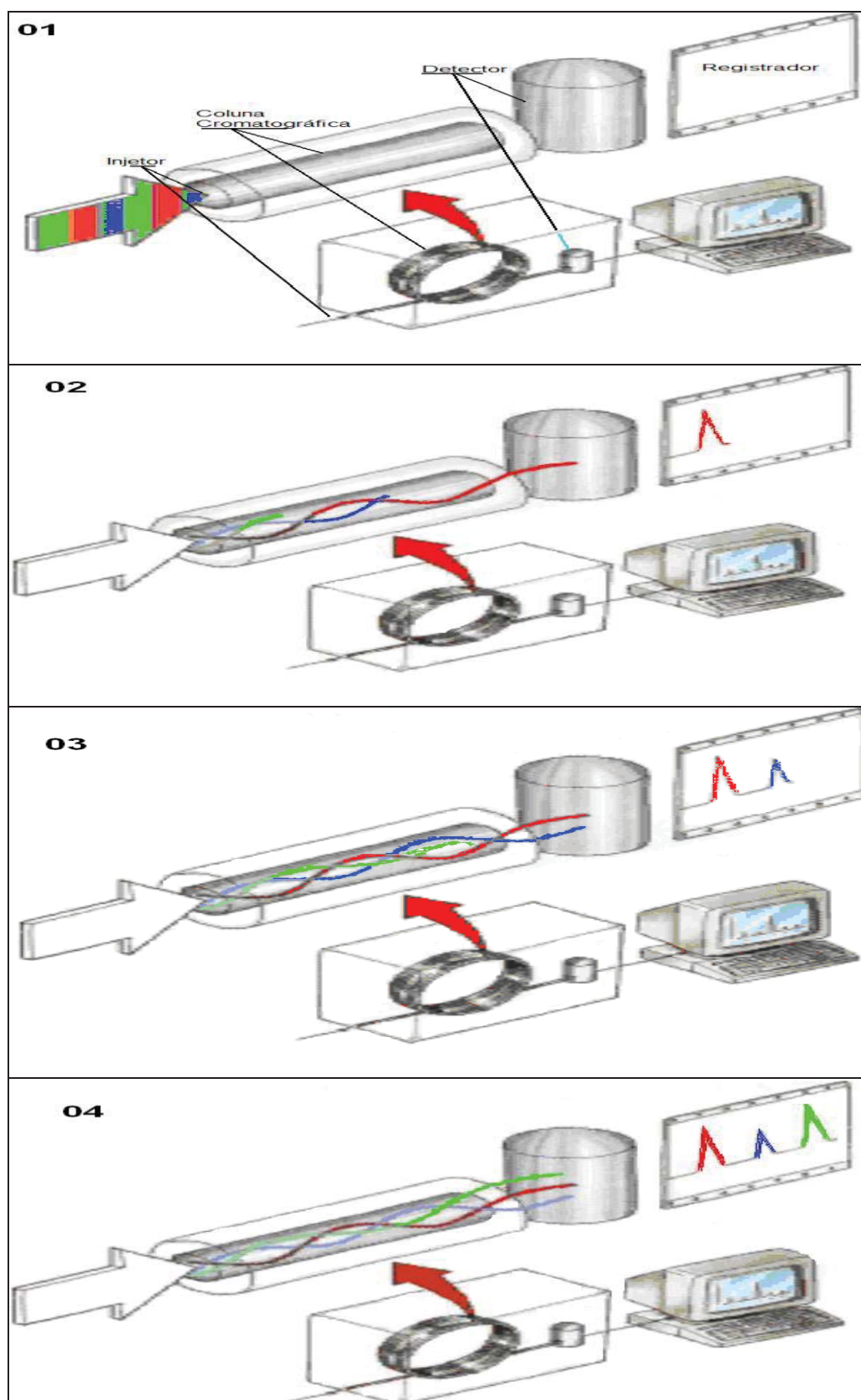


Figura 4.2.1.1 – Sistema CG. Componentes (01) e evolução de cromatogramas (02 a 04)

Fonte: Adaptado de CHEMKEYS, 2007.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

“QUE SABERÁ A MATA? QUE PEDIRÁ A MATA? PEDIRÁ ÁGUA.”  
MANUEL BANDEIRA

A figura 5.1, mostra a localização geográfica – em relação à América do Sul, ao Brasil, ao Estado de São Paulo e suas Unidades de Gerenciamento de Recursos hídricos – dos municípios em cujos aterros este trabalho foi desenvolvido.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB (2006), desenvolve diversos trabalhos de levantamento e avaliações sobre as condições ambientais e sanitárias dos locais de destinação final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios paulistas. Com a organização e sistematização das informações que obtém, a partir de 1997, compõe o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares do Estado (IERSD).

Toda a política pública projetada para o Estado, na área ambiental, tem como referência as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI's), nas quais cada município está inserido, como mostrado nas figuras 5.1 e 5.2; mapas do estado de São Paulo e suas UGRHI's; com destaque – na figura 5.2, em branco - para aquelas cujos municípios, foram objetos deste trabalho, pertencem.



Figura 5.1 – Localização geográfica dos municípios/aterros estudados em relação à América do Sul, Brasil, Estado de São Paulo e suas UGRHI's.

Fonte: Adaptado de Matos (2006).

O IERSD/CETESB/2005 mostra as condições em que se encontram os sistemas de disposição e tratamento finais, em operação, a partir de dados e

informações coletadas e consolidadas em 2005 nos 645 municípios do Estado.

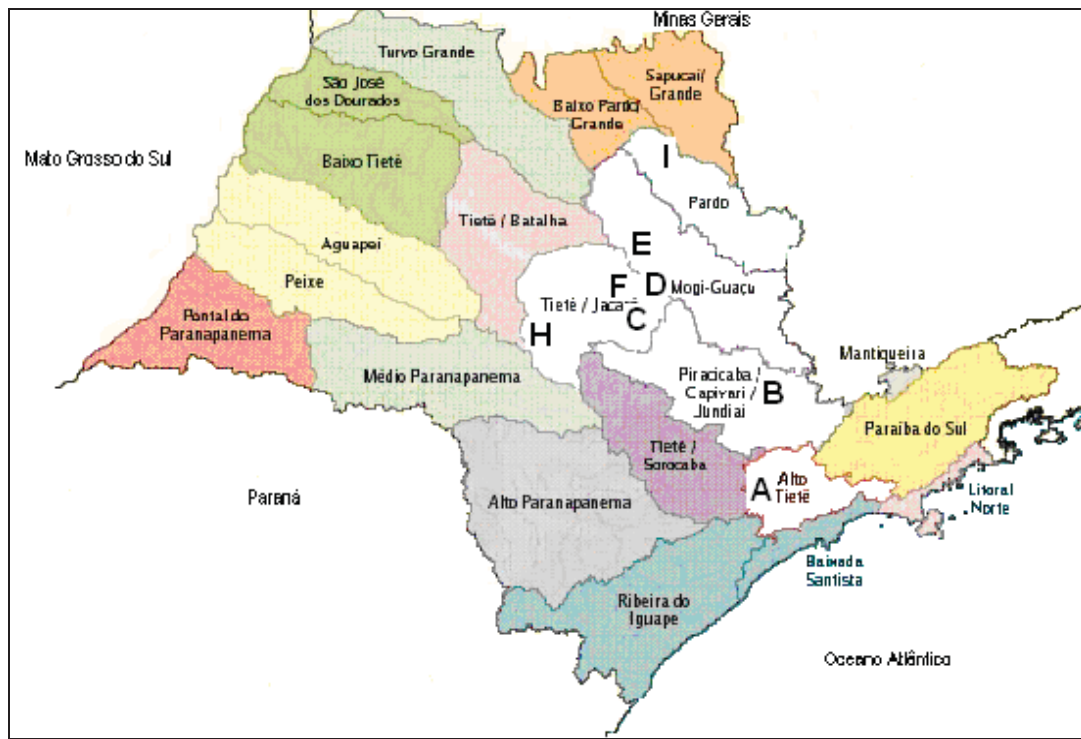


Figura 5.2. Mapa do Estado de São Paulo, Brasil, seus limites e as UGRHI dos municípios pesquisados, em branco: (A=São Paulo, B=Campinas, C=Ribeirão Bonito, D=São Carlos, E=Araraquara, F=Brotas, H=Jaú e I=Ribeirão Preto).

Fonte: <<http://www.rededasaguas.org.br>> Com adaptações. Acesso em: 26 jul. 2006.

No IERSD são levantadas as condições relativas às características locais, estruturais e operacionais, de cada local e instalações de tratamento e de disposição, que são expressas pelos: Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR e Índice de Qualidade de Aterros em Valas – IQR<sub>valas</sub>, com variação de 0 a 10, e os classifica em três faixas de enquadramento: Inadequada (I), Controlada (C) e Adequada (A). Tabela 5.1, a seguir.

Tabela 5.1 - Enquadramento das condições das instalações de tratamento e/ou disposição final dos RSD em função dos indicadores IQR e IQR<sub>valas</sub> dos municípios Paulistas.

<i>IQR/IQR<sub>v</sub></i>	Enquadramento
0,0 a 6,0	Condição Inadequada (I)
6.1 a 8,0	Condição Controlada (C)
8,1 a 10,0	Condição Adequada (A)

Fonte: CETESB (2007).

A tabela 5.2, seguinte, retrata os dados resultantes deste levantamento, no IERSD/2005, acrescida de dados da: UGRHI, populacionais, massa de RS disposta por dia, IQR e enquadramento (2005).

Tabela 5.2 - UGRHI's, população coberta pela coleta e geração de RSU's, IQR e enquadramento dos municípios.

Município	UGRHI <sup>b</sup>	Número de habitantes <sup>a</sup>	RSU's <sup>b</sup> (t/dia – 2005)	IQR <sup>b</sup> (2005)	Enquadramento do aterro <sup>b</sup>
Araraquara	13	197 034	110,0	9,1	A
Brotas	13	21 695	7,5	9,8	A
Campinas	05	1 045 706	718,4	8,8	A
Jaú	13	123 374	59,0	5,2	I
R. Bonito	13	11 821	4,2	9,5	A
R. Preto	04	551 312	384,3	8,7	A
São Carlos	13	214 760	123,0	9,1	A
São Paulo (Capital) <sup>d</sup>	06	4 200 000	7 500,0	9,1	A
<b>Totais</b>	-	<b>6 365 702</b>	<b>8 961,9</b>	-	-

Fontes: a – IBGE, 2005. Estimativa de 01/07/2005. Pressupõe-se cobertura total pela coleta regular de RSU's.

b – CETESB, 2005.

c – O aterro de Araraquara também recebe os RSU's dos municípios de Américo Brasiliense (13,4 t/dia) e Santa Lúcia (3,2 t/dia).

d – População coberta pela coleta que se destinava ao aterro Bandeirantes, quando foi desativado (ARAUJO, 2009).



Ainda segundo o IERSD/CETESB (2005), o acompanhamento e a evolução destes índices permitem aferir os resultados das ações de controle da poluição ambiental desenvolvidas no Estado, monitorar a eficácia dos programas alinhados com as políticas públicas estabelecidas para o setor, além de aprimorar os mecanismos de controle, especialmente, no que respeita ao tratamento e à disposição final, dados aos resíduos sólidos urbanos.

A tabela 5.3, apresenta a evolução anual do IQR, nos municípios pesquisados, tomando por base o IERSD/CETESB (2007), e considerando os anos de 2000 a 2007. Acrescentou-se a quantidade de resíduos dispostos nos aterros, desde o início de suas operações, até a nos de 2007, com informações das respectivas administrações municipais.

Tabela 5.3 - Evolução anual do IQR dos municípios estudados, de 2002 a 2007; enquadramento 2007 e a quantidade de resíduos dispostos em cada aterro até setembro de 2007.

Município	Ano								E*	Q**X10 <sup>3</sup> (t)
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
Araraquara	6,2	6,5	6,9	6,8	7,1	9,1	8,5	5,6	(I)	2.378,00
Brotas	8,8	6,8	6,3	8,6	8,8	9,8	7,5	7,0	(C)	25,00
Campinas	6,5	6,6	8,2	8,5	8,7	8,8	8,6	8,6	(A)	4.334,71
Jaú	4,0	6,1	6,4	6,6	5,5	5,2	5,5	4,5	(I)	670,00
Ribeirão Bonito	5,5	4,5	9,6	9,5	9,1	9,3	7,6	7,2	(C)	32,60
Ribeirão Preto	7,6	8,5	9,6	9,8	9,8	8,7	6,8	6,3	(C)	2.342,26
São Carlos	8,3	8,7	8,0	6,8	6,8	9,1	9,0	10,0	(A)	608,90
São Paulo (Bandeirantes)	8,6	9,0	9,0	8,8	8,0	9,1	9,1	-	(A)	35.000,00

E\* = Enquadramento IERSD (2007)

Q\*\* = Quantidade de Resíduos dispostos até setembro de 2007(Toneladas).

Fonte: IERSD-IQR/Enquadramento (CETESB, 2007); Q\*\* (Admin. Mun./Aterros).

Como objeto deste trabalho, pode ser observado a partir na tabela 5.2, uma cobertura que abrangeu 16,1% - correspondendo a 6,4 milhões de habitantes do total de 39,6 milhões - da população do Estado de São Paulo. No que diz respeito à Capital do Estado, o levantamento abrangeu 38,8% da população - 4,2 milhões de habitantes de um total de 10,8 milhões (ARAÚLO, 2008; IBGE, 2007f).

Os municípios selecionados estão geograficamente dispostos, no sentido leste-centro no Estado de São Paulo, conforme se pode ver na figura 5.3, e suas áreas têm assento nas seguintes Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI):

- Araraquara, Brotas, Jaú, Ribeirão Bonito e São Carlos na UGRHI-13 – Tietê/Jacaré;
- Campinas na UGRHI-05 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí;
- Ribeirão Preto na UGRHI-04 – Pardo, e
- São Paulo na UGRHI-06 – Alto Tietê.

Ou seja, cinco municípios a UGRHI 13, um município na UGRHI 05, um na UGRHI 04 e um aterro (Bandeirantes, Capital) na UGRHI 06.

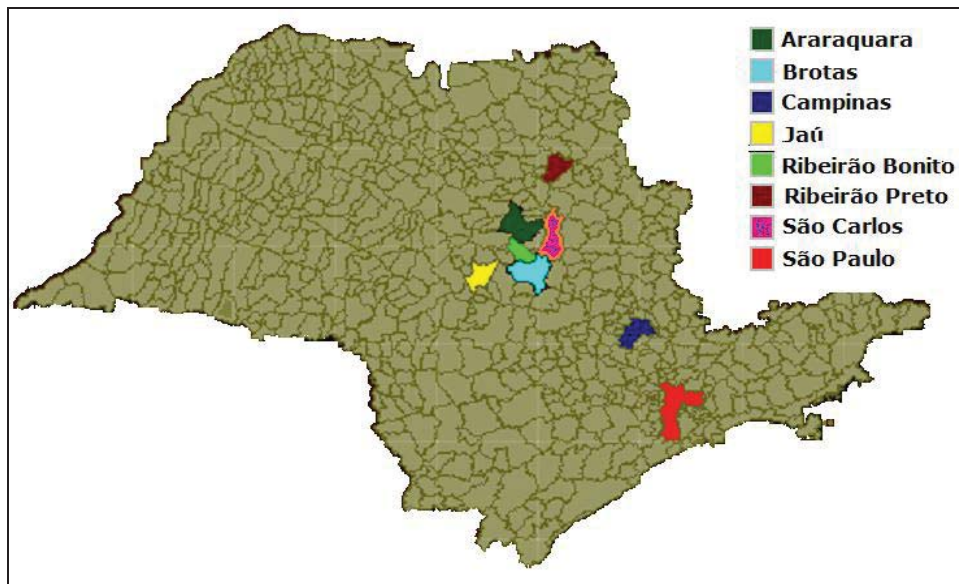


Figura 5.3 - Mapa do Estado de São Paulo com destaque dos Municípios estudados.

Fonte: <<http://www.rededasaguas.org.br>> Com adaptações. Acesso em: 26 jul. 2006.

Mostra-se, a seguir, informações sobre o PIB e a renda *per capita* dos municípios nos quais foram feitas as pesquisas, entre os anos 2000 a 2003, tabela 5.4.

Tabela 5.4 Evolução do Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes e Produto Interno Bruto *per capita* dos municípios pesquisados, 2000-2003.

Município	Produto Interno Bruto							
	2000		2001		2002		2003	
	PIB (1000 R\$)	<i>Per capita</i> (R\$)	PIB (1000 R\$)	<i>Per capita</i> (R\$)	PIB (1000 R\$)	<i>Per capita</i> (R\$)	PIB (1000 R\$)	<i>Per capita</i> (R\$)
<b>Araraquara</b>	1.534.934	8.343	1.658.281	8.889	1.777.772	9.399	2.266.687	11.819
<b>Brotas</b>	171.269	8.931	296.372	15.066	387.141	19.190	386.675	18.698
<b>Campinas</b>	10.010.892	10.244	10.616.569	10.716	10.820.585	10.773	13.005.591	12.774
<b>Jaú</b>	644.616	5.691	675.329	5.859	738.231	6.295	824.588	7.063
<b>R. Bonito</b>	78.858	6.976	119.922	10.513	142.406	12.373	179.518	15.458
<b>R. Preto</b>	3.907.340	7.666	3.868.267	7.469	4.062.181	7.720	5.020.808	9.393
<b>São Carlos</b>	2.031.373	10.404	2.115.162	10.624	2.313.959	11.400	2.472.750	11.951
<b>São Paulo</b>	127.437.119	12.154	134.306.169	12.703	140.066.059	13.139	146.855.265	13.661

Fonte: IBGE, 2005b.

### 5.1. Aterro controlado do município de Araraquara, São Paulo.

Segundo informações da GORES/DAAE - Araraquara (2007)<sup>1</sup>, o aterro controlado do município tem 32 (trinta e dois) anos de atividades. Começou como lixão a céu aberto em 1975 e assim foi operado até 1990, passando a partir daí a receber constantes melhorias como compactação e cobertura do lixo, execução de drenagem do chorume, dissipadores/queimadores de gases, etc... Em 2003 a Prefeitura Municipal de Araraquara passou ao Departamento Autônomo de Águas e Esgotos (DAAE) a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e o DAAE criou a Gerência de Operação do Sistema de Resíduos Sólidos (GORES), que administra um complexo denominado Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS). Este sistema atende a uma população de 195.815 munícipes, que produzem 165 toneladas de RS por dia.

A ETRS de Araraquara é, na verdade, um complexo constituído por:

- Uma Central de Triagem e Recicláveis;
- Uma Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (Incinerador); e,
- Aterro Controlado (Disposição final).

O aterro controlado de Araraquara está localizado nas coordenadas 21°45'S e 48°07'W. Ainda segundo a GORES/DAAE (2007) é impossível calcular a massa ou volume de resíduos depositados até hoje no aterro, pois nos seus primórdios era constituído por um grande “buraco” deixado pela extração de terra para execução de obras no município. Este buraco, do qual não se conhece as

---

<sup>1</sup> Comunicação Pessoal de Agamemnon Brunetti Junior – GORES/DAAE-Araraquara/SP  
BERTO NETO, J. (2009). – Medidas da Emissão de Gases de oito aterros de resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil. Tese apresentada ao PPG-SEA/CRHEA – EESC/USP. São Carlos-SP, Dez. 2009.

exatas dimensões de profundidade, largura e comprimento, foi sendo preenchido com lixo até chegar ao nível natural do terreno.

Hoje a célula do aterro, em seu ponto mais alto, em relação ao terreno primitivo, está com, aproximadamente, 22 metros de altura.

O volume da célula existente, na sua porção “não enterrada” é de, aproximadamente, 2.378.000 toneladas. A área total do aterro é de 80.000 m<sup>2</sup>.

Estima-se (GORES/DAAE,2007) em 60% (massa) a porção orgânica dos resíduos depositados no aterro.

O aterro de Araraquara conta com uma usina de reciclagem que opera com, aproximadamente, 60% do total dos resíduos coletados no município – da ordem de 150 t/d – e na triagem são separadas 3 t/d de recicláveis. Os outros 40% vão diretamente para o aterro.

No município a coleta seletiva, que desde 2005 atendia a aproximadamente 20 % da população, foi estendida a partir de 24 de setembro de 2007 a 100 % da população, num total de 205.000 habitantes. A previsão é que a quantidade de material reciclável, coletado, ultrapasse as 100 toneladas por mês, ou seja, 3,86 t/d, excetos aos domingos. Portanto, somadas a quantidade retirada do lixo bruto na usina de triagem, mais a quantidade arrecadada com a coleta seletiva, deixarão de ir para o aterro 6,86 t/d de materiais recicláveis, traduzindo-se em sensível redução no volume de resíduos enviados para o aterro, significando um aumento em sua vida útil.

O aterro controlado de Araraquara também recebe em torno de 450 t/mês (15,0 t/dia) de resíduos domiciliares do município de Américo Brasiliense e 120 t/mês (4,0 t/d) do município de Santa Lúcia, que vão diretamente para o aterro

não passando pela triagem da usina de reciclagem.

Ainda, segundo a GORES/DAAE, no aterro de Araraquara são tratados, aproximadamente, 32 toneladas por mês de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) do próprio município, mais aqueles oriundo dos municípios vizinhos de Motuca, Gavião Peixoto, Américo Brasiliense, Santa Lúcia e Rincão. Estes municípios vizinhos somam juntos, aproximadamente, 1,2 toneladas por mês do total dos RSS's tratados na ETRS.

O chorume do aterro, em média 18 m<sup>3</sup>/dia, é coletado em um tanque e bombeado para a rede de esgotos que leva à Estação de Tratamentos de Esgotos (ETE) de Araraquara. O mesmo tratamento é dispensado ao chorume que, eventualmente, o município tem recebido da cidade de São Carlos.

A GORES faz monitoramento do lençol freático na área do aterro, através de 4 poços, sendo 1 a montante e 3 a jusante. Também é monitorado, em 4 pontos, o córrego Pinheirinho que dista 300 metros no seu ponto mais próximo do aterro.

O município elaborou um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção, Demolição e Volumosos, com amparo em lei municipal elaborada especificamente para tal, com a designação de um Grupo Gestor, para o acompanhamento do desenvolvimento do plano. Foi incentivada a instalação de uma usina de tratamento e reciclagem destes RSCD e V's, pela iniciativa privada, já em funcionamento, com a Prefeitura se responsabilizando pela criação de Pontos de Entrega Voluntários (PEV's) para volumes pequenos (até 1m<sup>3</sup>). Estes PEV's estão em plena expansão e em breve serão treze pontos.

Em convênio com a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos



(ANIP) o município recolhe cerca de 30 toneladas/mês de pneus inservíveis que são destinados à recicladora CBL.

Também foi adquirido um equipamento triturador e descontaminador de lâmpadas fluorescentes e de outras à base de mercúrio, que estão em processo de licenciamento pela CETESB.

O DAAE, através da Gerência de meio Ambiente, também realiza ações educacionais e de prevenção de mananciais, entre outras.



Foto 5.1.1 – Aterro controlado de Araraquara. 2006





Foto 5.1.2 – Aterro controlado de Araraquara. 2006



Foto 5.1.3 – Aterro controlado de Araraquara. 2007





Foto 5.1.4 – Aterro controlado de Araraquara /2007



Foto 5.1.5 – Aterro controlado de Araraquara /2007

## 5.2. Aterro em valas do município de Brotas, São Paulo.

Segundo informações da Prefeitura Municipal (SCARABEL, LAZARI Jr; 2006)<sup>2</sup> e Brotas (2007) o aterro em valas de Brotas dispunha de uma área de 45.000m<sup>2</sup> e recebia em média 9,44 toneladas de resíduos por dia, gerados por uma população de 20.996 habitantes (IBGE, 2007f). O aterro está situado na zona rural do município nas coordenadas 22°13'S e 48°05'W, é cercado por um canal e tinha vida útil prevista para se esgotar em 2008. A Prefeitura já planejava construir um aterro sanitário em área contígua e implantar um programa de coleta seletiva, que o município ainda não desenvolve.

Os resíduos depositados nas valas eram compactados semanalmente e seu IQR foi de 7,5 (CETESBE, 2006), indicando ser um aterro controlado e adequado.

Ainda por informações dos Administradores acima citados, o aterro iniciou sua operação em 2001 e acumularia, até o seu fechamento, cerca de 23,78 mil toneladas de lixo urbano.

---

<sup>2</sup>Comunicação/informações pessoal. Srs. Marcos Antonio SCARABEL e Ângelo Roberto LAZARI Jr.; Diretor do Departamento de Meio Ambiente/Diretor de Gestão Ambiental. Prefeitura Municipal de Brotas. 2006.

**BERTO NETO, J. (2009). – Medidas da Emissão de Gases de oito aterros de resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil. Tese apresentada ao PPG-SEA/CRHEA – EESC/USP. São Carlos-SP, Dez. 2009.**



Foto 5.2.1 – Aterro em valas de Brotas. 2006



Foto 5.2.2 – Aterro em valas de Brotas. 2006





Foto 5.2.3 – Aterro em valas de Brotas. 2007

### 5.3. Aterro sanitário do município de Campinas, São Paulo.

Segundo informações de Pires (2009)<sup>3</sup> o aterro sanitário de Campinas iniciou sua operação em 1992, dispondo de área total de 520.000 m<sup>2</sup> e uma área de disposição de, aproximadamente, 260.000 m<sup>2</sup>, na qual recebia em 2007 uma média de 820 toneladas de resíduos por dia, tendo recebido e enterrado um montante de RSU's da ordem de 4.334.717,21 toneladas até outubro de 2007.

A montanha de resíduos perfaz uma altura de 45 metros e a Prefeitura Municipal já providencia construção de novo aterro, tendo conseguido autorização para aumentar a cota do atual, enquanto decide por um novo.

No aterro de Campinas opera uma estrutura de compostagem com grande produção de composto.

O aterro dispõe de drenagem, lagoa de chorume e sistema de captação de gases de aterro com 110 drenos que nas duas campanhas observamos quase todos mantidos acesos e, aqueles assim encontrados, com muita chama.

---

<sup>3</sup> Comunicação pessoal por e-mail de Tânia Maria Pires do DLU de Campinas.  
**BERTO NETO, J. (2009). – Medidas da Emissão de Gases de oito aterros de resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil. Tese apresentada ao PPG-SEA/CRHEA – EESC/USP. São Carlos-SP, Dez. 2009.**



Foto 5.3.1. – Aterro de Campinas. 2006. Área em operação.

#### 5.4. Aterro controlado do Município de Jaú, São Paulo.

Em agosto de 2006 o município obteve a Licença Prévia (LP) para instalação de um aterro de resíduos, conforme comunicação do Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (DAIA). O aterro controlado, cujo projeto foi elaborado pela Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial (FIPAI) de São Carlos, atendeu todas as exigências técnicas, com impermeabilização e tratamento de chorume, compactação e cobertura diária do lixo, terá capacidade para receber RSU por duas décadas, levando-se em conta a geração atual de 90 toneladas por dia (SC/Jaú-2006).



Foto 5.4.1 - Aterro controlado de Jaú. 2006





Foto 5.4.2 - Aterro controlado de Jaú. 2006



Foto 5.4.3 - Aterro controlado de Jaú. 2007

### 5.5. Aterro em valas do Município de Ribeirão Bonito, São Paulo.

Segundo informações da Prefeitura Municipal, Secretaria de Governo (AMARAL, 2006)<sup>4</sup> o aterro em valas de Ribeirão Bonito dispunha de uma área de 40.000m<sup>2</sup> e recebia em média 10 toneladas de resíduos por dia, gerados por uma população de 11.821 habitantes (IBGE, 2007f). Situado na zona rural do município nas coordenadas 22°05'14"S e 48°08'15"W, apresentou cerca de proteção em arame farpado.

Nas duas campanhas empreendidas não se presenciou vigilância no local, que apresentou na sua vizinhança um bosque de vegetação de cerrado e canavial. O aterro operava desde 2003 e já estava com vida útil prevista para se esgotasse em 2008. Apresentou muito lixo a descoberto, nas valas em operação, que são cobertas semanalmente.

A CETESB (2008) enquadrou o aterro como controlado com IQR de 7,6 e 7,2, respectivamente.

O Município tem programa de coleta seletiva, apenas por iniciativa de uma Associação Comunitária que recolhe recicláveis.

Ainda por informações da Administração Municipal, o aterro já acumulava, em 2006, aproximadamente, 32.000 toneladas de resíduos enterradas.

---

<sup>4</sup>Comunicação/informações pessoal. Sr. Mariano Monteiro do AMARAL; Secretaria de Governo/Prefeitura Municipal de Ribeirão Bonito, 2006.

**BERTO NETO, J. (2009). – Medidas da Emissão de Gases de oito aterros de resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil. Tese apresentada ao PPG-SEA/CRHEA – EESC/USP. São Carlos-SP, Dez. 2009.**





Foto 5.5.1 – Aterro em valas de Ribeirão Bonito. 2006



Foto 5.5.2– Aterro em valas de Ribeirão Bonito. 2007



Foto 5.5.3– Aterro em valas de Ribeirão Bonito. 2007



## 5.6. Aterro controlado do Município de Ribeirão Preto, São Paulo.

Segundo informações de Falsarella (2007)<sup>5</sup>, Departamento de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto (DAERP), Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, o aterro de resíduos de Ribeirão Preto iniciou suas atividades em 1990. Dispõe de uma área total de 218.000 m<sup>2</sup>, com uma disposição média de 500 toneladas/dia de resíduos e do início da sua operação até agosto de 2007. Segundo o informante o aterro já contava com 2.342.266,65 toneladas de resíduos nele dispostas, em seis camadas com altura média de 4 m cada, totalizando uma altura média da montanha de lixo de 24 m.

O aterro está situado na zona rural do município, em meio a canaviais, nas proximidades das coordenadas 21<sup>o</sup>12'17", apresentou-se cercado, inclusive com árvores de delimitação do espaço e controle de entrada.

Ainda segundo dados do DAERP, a cidade de Ribeirão Preto tem implementado programas de incentivo à coleta seletiva de recicláveis, mas esta retira do destino do aterro apenas em torno de 4 toneladas.dia<sup>-1</sup> e que este programa abrangeria apenas 15% da área urbana.

Foi observado, nas duas campanhas, que o aterro não estava queimando o GAS, apresentava muitos drenos danificados e, ainda, muito material orgânico – principalmente, ‘camas-de-frango’ – dispostos em locais que já se achavam encerrados. Nas áreas encerradas, apresentou rala vegetação de recobrimento, com muitos locais a descoberto.

---

<sup>5</sup>Informação por e-mail, prestada pela Sra. Marilene Falsarella, em 21 out 2007, a partir de Resíduos Sólidos. Daerp < [residuousolido@daerp.pmrp.com.br](mailto:residuousolido@daerp.pmrp.com.br) >.

Segundo a CETESB(2008), nos seus inventários de 2000 a 2007, o aterro de Ribeirão Preto tem apresentado quebra no seu IQR, tendo, nos anos 2006 e 2007, recebido avaliação de 6,8 e 6,3,respectivamente, o que lhe confere enquadramento de controlado.



Foto 5.6.1 – Aterro controlado de Ribeirão Preto. 2006



Foto 5.6.2 – Aterro controlado de Ribeirão Preto. 2006  
Detalhe de sítio onde recém-terminou a coleta.





Foto 5.6.3 – Aterro controlado de Ribeirão Preto. 2007



Foto 5.6.4 – Aterro controlado de Ribeirão Preto. 2007





Foto 5.6.5 – Aterro controlado de Ribeirão Preto. 2007



Foto 5.6.6 – Aterro controlado de Ribeirão Preto. 2007



### **5.7. Aterro sanitário do Município de São Carlos, São Paulo.**

O município de São Carlos está situado na região central do Estado de São Paulo. Apresenta uma área de 1.140,92 Km<sup>2</sup> e população de 192.998 habitantes. Destes, 183.433 estão na área urbana – 68,45 Km<sup>2</sup> – e 9.565 na área rural – 1.072,47 Km<sup>2</sup> (IBGE, Censo 2000). Sua extensão territorial faz parte de duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, ou seja, a UGRHI-09 da bacia Mogi-Guaçu e a UGRHI-13 da bacia Tietê/Jacaré. Situa-se ainda em um planalto com altitude média de 856 m, com clima subsequente úmido, com três meses de baixa umidade por ano e temperatura média máxima de +27 °C e média mínima de +14 °C.

Segundo Matos (2006), aproximadamente 70 % da população tem idade abaixo dos 40 anos, o que indica a tendência de jovialidade; 65 % estão compreendidas na faixa dos 18 aos 70 anos de idade – idade economicamente ativa - indicando disponibilidade de mão-de-obra e 95 % da população reside na área urbana, confirmando a tendência dos municípios brasileiros de alta concentração no meio urbano.

O aterro de RSU's de São Carlos está localizado na fazenda Guaporé distante, aproximadamente, 15 Km do centro da cidade com acesso pela Rodovia Washington Luiz ( SP – 310 ).

Está implantado em escavações resultantes de erosões em áreas das fazendas Guaporé e Embaré, sendo construído, portanto, abaixo do nível original do terreno. São duas escavações que foram aproveitadas, distando, aproximadamente, 200 metros entre si, o que resultou na realidade em dois aterros, constituídos pelas

células AS-1 e AS-2, com concepções idênticas.

As duas áreas juntas perfazem 180.000 m<sup>2</sup>; com área para disposição dos resíduos sólidos, totalizando 110.000 m<sup>2</sup> com operação iniciada em 1996 e encerrada para 2008.

Segundo informações de Minamisako (2009)<sup>6</sup> o aterro tem acumulado o equivalente a, aproximadamente, 608.907,19 toneladas de lixo, enterrados desde o início da sua operação em 1996 até setembro de 2007.



Foto 5.7.1 – Aterro sanitário de São Carlos. 2006

<sup>6</sup> Informações por e-mail, prestadas pelo Engenheiro Douglas Comparotto Minamisako, Chefe da Divisão de Gestão de Resíduos Sólidos, Prefeitura Municipal de São Carlos, 2009.

**BERTO NETO, J. (2009). – Medidas da Emissão de Gases de oito aterros de resíduos sólidos urbanos do Estado de São Paulo - Brasil. Tese apresentada ao PPG-SEA/CRHEA – EESC/USP. São Carlos-SP, Dez. 2009.**





Foto 5.7.2 – Aterro sanitário de São Carlos. 2006. Área em operação



Foto 5.7.3 – Aterro sanitário de São Carlos. 2007.

Lagoas de estabilização de chorume.

## 5.8. Aterro Sanitário Bandeirantes - São Paulo/Capital.

O Aterro Bandeirantes, Figuras 5.4a, 5.4b e 5.4c, no Bairro de Perus, em São Paulo/Capital, é considerado um dos maiores do mundo e as fotos aéreas mostram que não poderia mais se expandir, pois está cercado de rodovias importantes de um lado e a cidade do outro. Por isto o seu fechamento em 2006.



Figura 5.8.1a - Foto aérea do Aterro Bandeirantes/São Paulo - Capital

Fonte: <<http://www.logosenergia.com.br/aln/pt/projetos/UTE-Bandeirantes>>  
Acesso em 23 dez.2008.



Figura 5.8.1b - Foto aérea Aterro Bandeirantes/São Paulo - Capital

Fonte: <<http://www.logosenergia.com.br/aln/pt/projetos/UTE-Bandeirantes>>  
Acesso em 23 dez.2008.





Figura 5.8.1c - Foto aérea Aterro Bandeirantes/São Paulo/Capital – Destaque UTEB.

Fonte: < <http://www.logosenergia.com.br/alen/pt/projetos/UTE-Bandeirantes> >  
Acesso em 23 dez.2008.

Segundo Senaga (2004) e Araújo (2008), o aterro bandeirantes recebeu, durante sua vida útil, cerca de 7.000 a 7.500 toneladas diárias de resíduos sólidos da cidade de São Paulo (Capital), correspondendo a 50% do total produzido pela metrópole, cerca de 15.000 toneladas.dia<sup>-1</sup>. Sua operação foi iniciada em 1974 e esteve ativo por 32 anos. O bandeirantes recebeu os resíduos sólidos de uma área de, aproximadamente, 500 quilômetros quadrados (Km<sup>2</sup>), correspondendo a treze subprefeituras da capital paulista, a saber: Perus, Pirituba/Jaraguá, Lapa, Butantã, Pinheiros, Sé, Mooca, Penha, Vila Maria/Vila Guilherme, Santana/Tucuruvi, Casa Verde, Freguesia do Ó/Brasilândia e Tremembé/Jaçanã.

Isto correspondia à cobertura de coleta a uma população de, aproximadamente, 4,2 milhões de habitantes e 1,4 milhões de domicílios (ARAÚJO,

2008).

Quando foi encerrado, em 2006, os cálculos indicam um montante de RSU naquele ano de mais de 35 milhões de toneladas, quando foi considerada esgotada a sua capacidade de recepção, tendo formado 'uma verdadeira montanha de lixo', com área de aproximadamente 1.400.000 m<sup>2</sup> e uma altura de 140 metros (LIXO, 2006). O aterro situa-se no km 26 da Rodovia dos Bandeirantes, uma das principais artérias de saída da capital no rumo norte do interior do estado.

Os gases produzidos neste aterro eram queimados em *flares* verticais, de maneira incipiente, como é prática na grande maioria dos aterros sanitários, lançando milhões de toneladas de poluentes(GEE) na atmosfera. Em janeiro de 2004 foi inaugurada a Usina Termelétrica a Gás do Aterro Sanitário Bandeirantes. A utilização correta que passou a ser dada aos gases ali produzidos, reduziu a emissão equivalente a 8 milhões de toneladas de gás carbônico (tCO<sub>2</sub>e), considerado um período de 15 anos (LOGOS ENGENHARIA, 2006).

A UTEB tem capacidade instalada para 18 mil metros cúbicos de gás de aterro por hora. Destes, 12 mil metros cúbicos por hora são consumidos para gerar energia e atender ao contrato de fornecimento fechado como Unibanco. Quando atingir sua capacidade plena de captura do gás, a usina terá o equivalente a um milhão de créditos de carbono ao ano (ELO 27, 2005).

A exploração do gás proveniente do lixo acondicionado no aterro é uma iniciativa conjunta da Biogás Energia Ambiental, que coleta e beneficia o gás, e do Unibanco, financiador da Central Termelétrica, que utiliza o gás como fonte de energia elétrica.

A Arcadis Logos Energia, empresa subsidiária da Logos, foi a

responsável pela estruturação e desenvolvimento do negócio em torno do aproveitamento da energia disponível e integra a Biogás Energia Ambiental, empresa detentora da concessão outorgada pela Prefeitura de São Paulo para a exploração do gás do aterro.

A utilização correta dos gases prevê uma redução significativa de gás metano, obedecendo-se, na prática, o que está determinado no Protocolo de Kyoto sobre a redução da emissão de gases de efeito estufa.

A captação do gás do aterro se dá por meio de tubos conectados aos dissipadores colocados estrategicamente no aterro, juntamente com equipamentos de sucção, secagem e queima do gás excedente, figuras 5.8.2(a e b).



Figuras 5.8.2(a e b). Entroncamentos do Sistema de Coletores do GAS – Aterro Bandeirantes/SP.

Fonte: < <http://www.logosenergia.com.br/alen/pt/projetos/UTE-bandeirantes> >  
Acesso em 23 dez.2008.

O GAS coletado é encaminhado para moto-geradores (Figura 5.8.3, a

e b), localizados na usina do aterro, com uma concentração mínima em volume de 50% e uma vazão de até 12.000m<sup>3</sup>/h. Esta quantidade pode gerar energia elétrica para abastecer uma cidade de cerca de 300.000 pessoas. A usina está conectada a quatro alimentadores de energia da Eletropaulo, que a distribui para os pontos da cidade.



Figura 5.8.3a - Aterro Bandeirantes – Moto-geradores

Fonte: < <http://www.logosenergia.com.br/alen/pt/projetos/UTE-Bandeirantes> >

Acesso em 23 dez 2008.





Figura 5.8.3b - Aterro Bandeirantes – Moto-geradores

Fonte: < <http://www.logosenergia.com.br/alen/pt/projetos/UTE-Bandeirantes> >

Acesso em 23 dez 2008.

Segundo Mellis (2004) é o maior projeto mundial de geração de energia elétrica, exclusivamente com gás de aterro, sendo pioneiro no Brasil, com solução eficiente, sócio-econômica e ambientalmente, para o destino do lixo e do metano, com reservas estimadas em 2,4 bilhões de m<sup>3</sup> de gás de aterro e uma geração líquida esperada de 170.000 MWh por ano.

Ainda segundo este autor, do ponto de vista sócio-econômico, o empreendimento é muito favorável pois “tem-se a geração de energia elétrica ao lado do consumo - parte da energia elétrica abastece o bairro de Perus - com ganhos elétricos pela redução de perdas”. Foram investidos cerca de R\$ 1,5 milhão em melhorias na rede elétrica do bairro, além do efeito na redução da emissão de CO<sub>2</sub>e (metano é 23 vezes mais potente que o CO<sub>2</sub> para o efeito estufa) pela

queima eficiente. O projeto previu a geração de 8 milhões de créditos de carbono (MDL), sendo 50% dos créditos destinados à Prefeitura de São Paulo.

## 5.9. Situação-resumo dos aterros estudados

A tabela 5.9.1, a seguir, resume a situação de quantitativos de área, idade, quantidade de resíduos sólidos disposta, tipo de aterro, altura do montante, número de drenos/queimadores e disposição diária dos aterros estudados e que embasam os cálculos da emissão de cada um neste trabalho.

Tabela 5.9.1 – Situação-resumo dos aterros estudados.

Aterro	Área de disposição (m <sup>2</sup> )	Início da Operação	Quant. de RS disposta(Ton)	Tipo* de Aterro	Altura (m)	Número queimadores	Demanda (Ton/d)
Araraquara	80.000	1975	2.378.000	AC	22	81	150
Brotas	54.000	2004	25.280	V	-	-	9,50
Campinas	260.000	1992	4.334.717	AS	45	110	820,00
Jaú	48.400	1999	679.000	AC	20	**	115,00
R Bonito	40.000	2003	32.000	V	-	-	10,00
R Preto	218.000	1990	2.342.266	AC	25	85	500,00
São Carlos	180.000	1996	608.907	AS	28	17	130,00
Bandeirantes	1.400.000	1974	35.000.000.000	AS	140	-	7.500,00

\* AC(Aterro Controlado), V(Aterro em Valas), AS(Aterro Sanitário)

\*\* Um cano( PVC)( LOPES, 2007). (Não é um queimador)

## 6. RESULTADOS

“OS EXCESSOS SÃO, POR SI SÓS, CONTRÁRIOS AO APROVEITAMENTO  
PACÍFICO DE QUALQUER BEM.”  
GIUSEPPE BERTO (ITALIANO)

### 6.1. Resultados das amostras por aterro, data e tempos de coleta; cálculo do número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ , $\mu\text{g}$ ) para o $\text{CH}_4$ e o $\text{CO}_2$ .

Os cálculos do número de moles de metano [ $n_1(\text{CH}_4)$ ] e de dióxido de carbono [ $n_2(\text{CO}_2)$ ] foram feitos a partir das áreas cromatográficas medidas ( $A$ ) e das equações [6.1.1.1(a e b) e 6.1.1.2(c e d)], resultantes das curvas de calibração do cromatógrafo (Apêndice C).

Com o número de moles ( $n$ ) de cada gás calculou-se as massas correspondentes, conforme mostrado a seguir:

#### 6.1.1 - Equações para o cálculo do número de moles ( $n_1$ ) e da massa ( $m_1$ ; $\mu\text{g}$ ) para o metano:

$$n_1(\text{CH}_4) = \frac{11160,36 + A_1}{1757920981 \cdot 2,27} \quad \text{Equação 6.1.1.1a}$$

Na equação 6.1.1.1a, resultante da curva de calibração para o metano, temos que:  $n_1$  é o número de moles de metano a ser calculado e  $A_1$  é a área cromatográfica medida para metano ( $\text{CH}_4$ ), numa injeção cromatográfica de 1 mL, de cada amostra de 30 mL do ar ambiente dos aterros, das amostras do GAS

nos tempos 0', 3', 6' e 12', em cada sítio amostrado ( $P_n$ ) para a emissão solo-ar e dos dissipadores verticais - estes quando presentes.

$$m_1(CH_4) = n_1(CH_4) \times 16,04 \times 10^6 \quad \text{Equação 6.1.2.1b}$$

A equação 6.1.1.1b, foi utilizada para o cálculo da massa de metano ( $m_1$ ), correspondente a cada amostra, a partir do número de moles de metano ( $n_1$ ) calculado a partir da equação 6.1.1.1a e da massa molar do metano (16,04g); multiplicados por  $10^6$ , resultando a massa de metano presente em cada 1 mL da amostra, injetado no cromatógrafo, em microgramas ( $\mu g$ ).

#### 6.1.2 - Equações para o cálculo do número de moles ( $n_2$ ) e da massa ( $m_2$ ; $\mu g$ ) para o dióxido de carbono:

$$n_2(CO_2) = \frac{3433,10 + A_2}{2050676003 \cdot 9,50} \quad \text{Equação 6.1.2.1a}$$

Na equação 6.1.1.2a, resultante da curva de calibração para o dióxido de carbono, temos que:  $n_2$  é o número de moles a ser calculado para o dióxido de carbono e  $A_2$  é a área cromatográfica medida para dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para cada 1 mL da amostra de 30 mL, colhida do ar ambiente dos aterros, das amostras do GAS nos tempos 0', 3', 6' e 12', em cada sítio amostrado ( $P_n$ ) para a emissão solo-ar e dos dissipadores verticais - estes quando presentes.

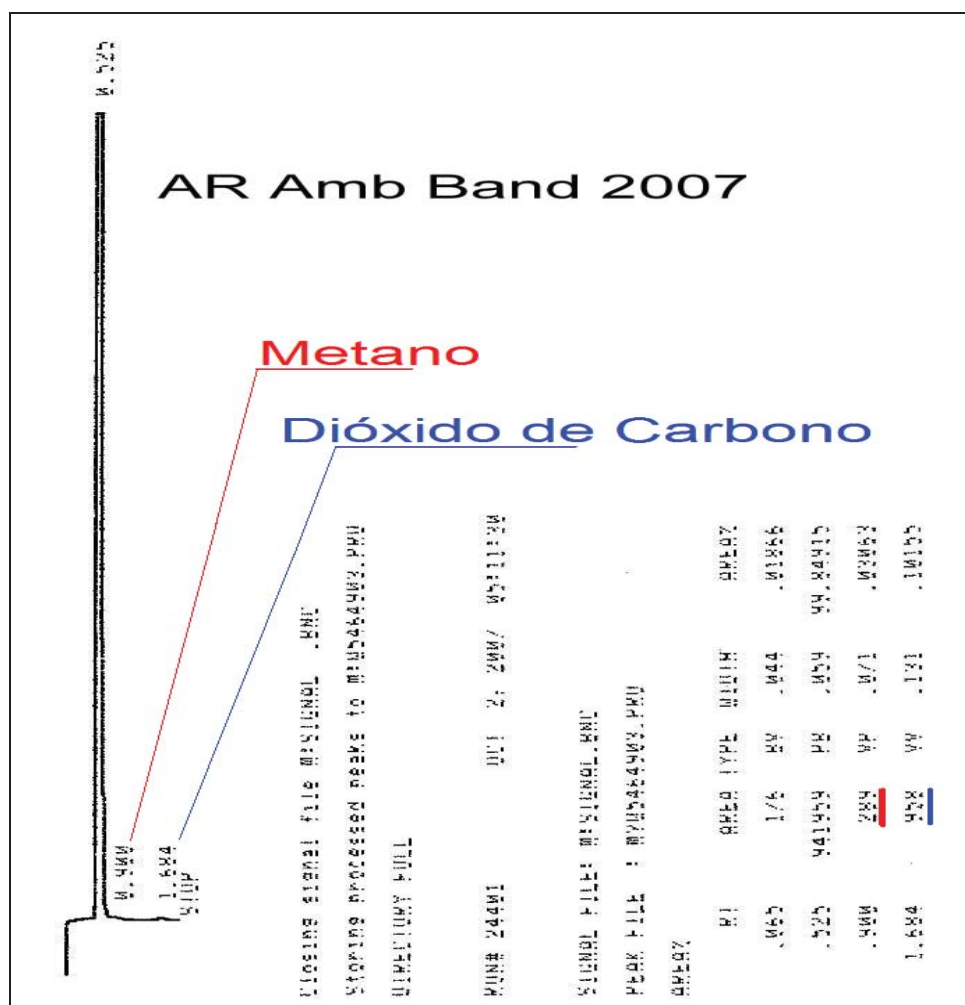
$$m_2(CO_2) = x_2(CO_2) \times 44,00 \times 10^6 \quad \text{Equação 6.1.2.1b}$$

A equação 6.1.1.2b, foi utilizada para o cálculo da massa de dióxido de carbono ( $m_2$ ), correspondente a cada amostra, a partir do número de moles de dióxido de carbono ( $n_2$ ) calculado a partir da equação 6.1.1.2<sup>a</sup> e da massa molar do dióxido de carbono (44,00g); multiplicados por  $10^6$ , resultando a massa de dióxido de carbono presente em cada 1 mL da amostra, injetado no cromatógrafo, em microgramas ( $\mu g$ ).

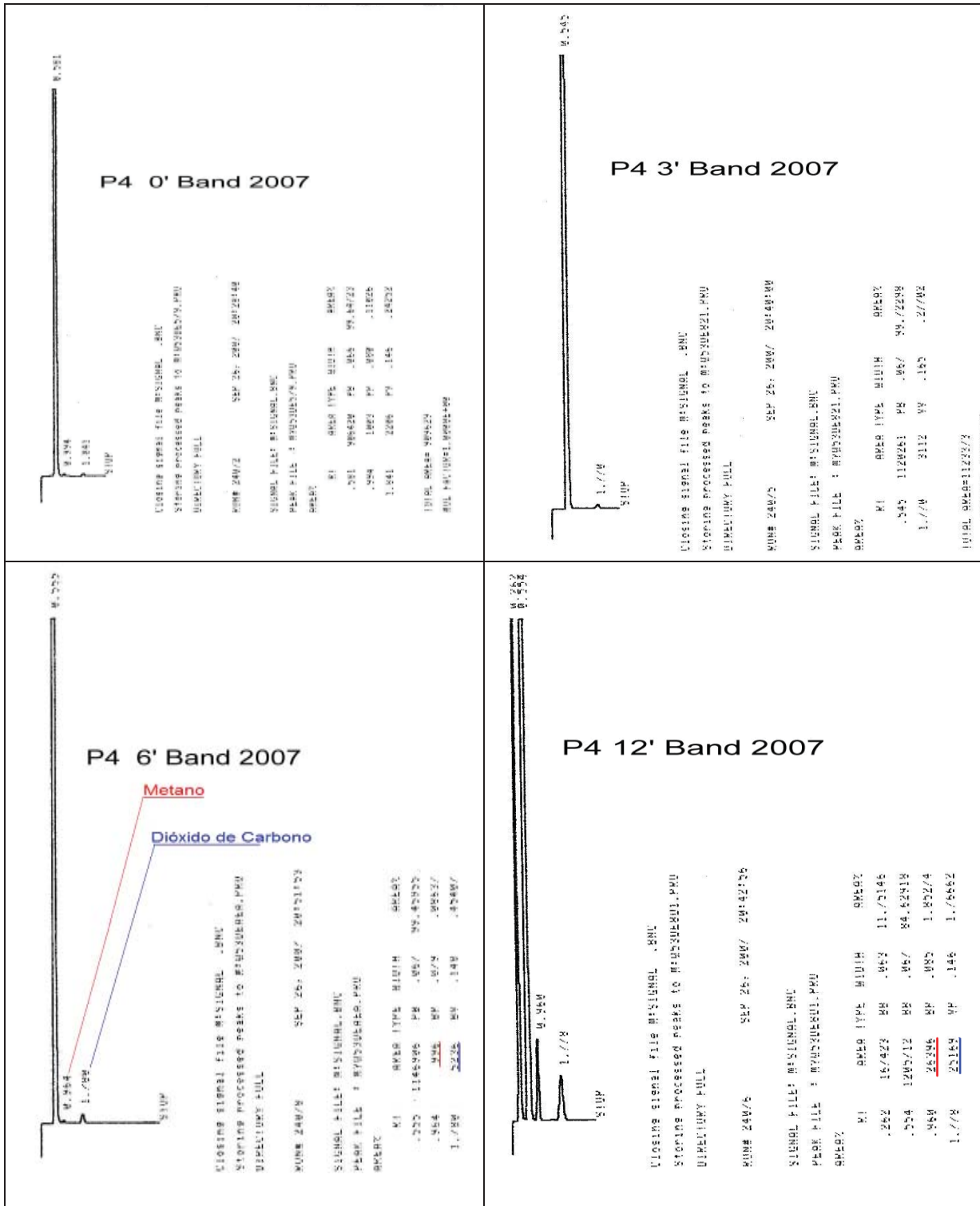
Nos cromatogramas representativos de algumas amostras - do ar ambiente dos aterros e do GAS( solo-ar e dissipadores) - mostrados na sessão a seguir, estão indicados os picos e áreas correspondentes a metano ( $CH_4$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

## 6.2 - Cromatogramas representativos.

Nesta sessão estão mostrados os cromatogramas representativos de algumas amostras do ar ambiente dos aterros e do GAS (emissão solo-ar e dissipadores), com destaque para os picos e áreas cromatográficas de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

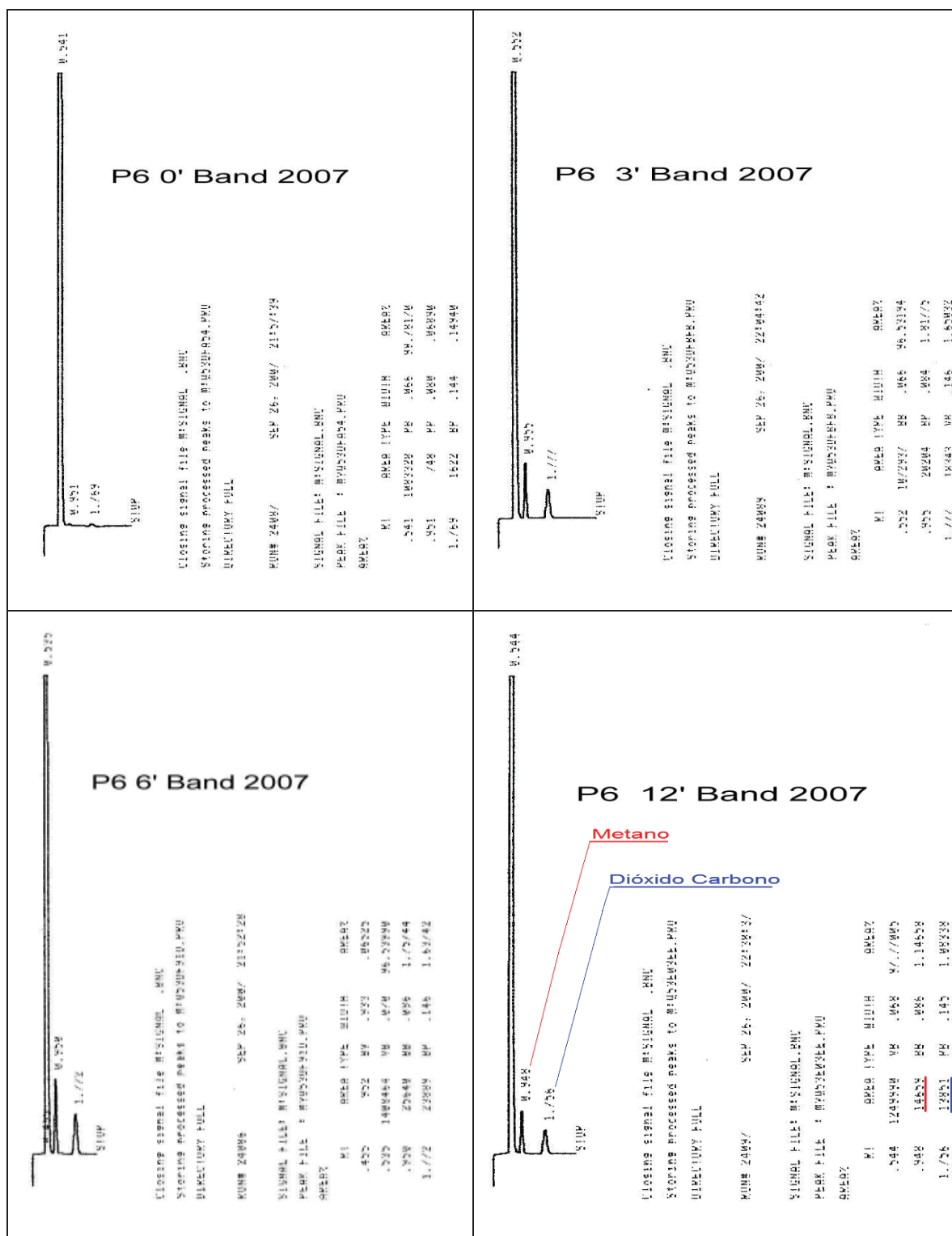


Quadro 6.2.1 – Cromatograma de amostra de Ar Ambiente do Aterro Bandeirantes (2007), colhida a, aproximadamente, 1,5 m de altura do solo. Destaque para os picos de metano (vermelho) e dióxido de carbono (azul) com respectivas áreas cromatográficas.

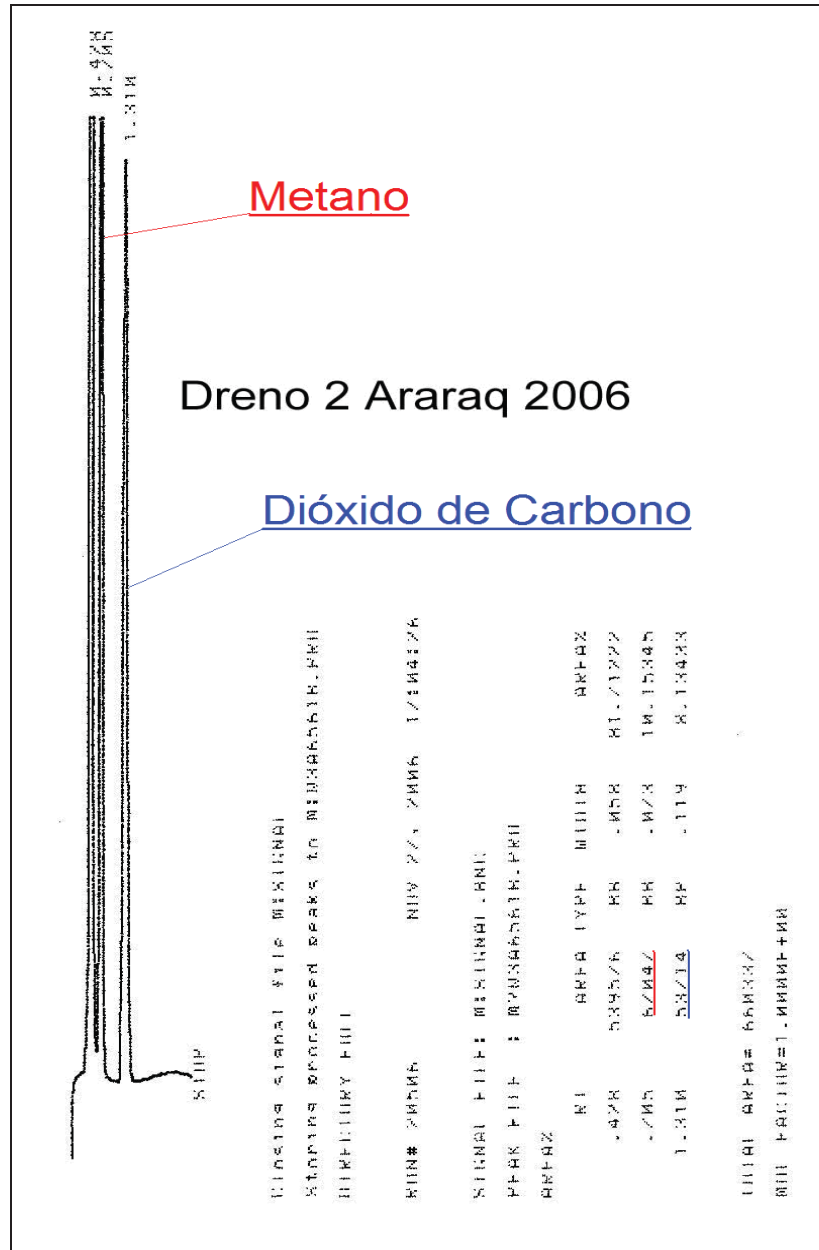


Quadro 6.2.2 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>4</sub> (emissão solo-ar) do aterro bandeirantes/Capital - SP 2007, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=6') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.

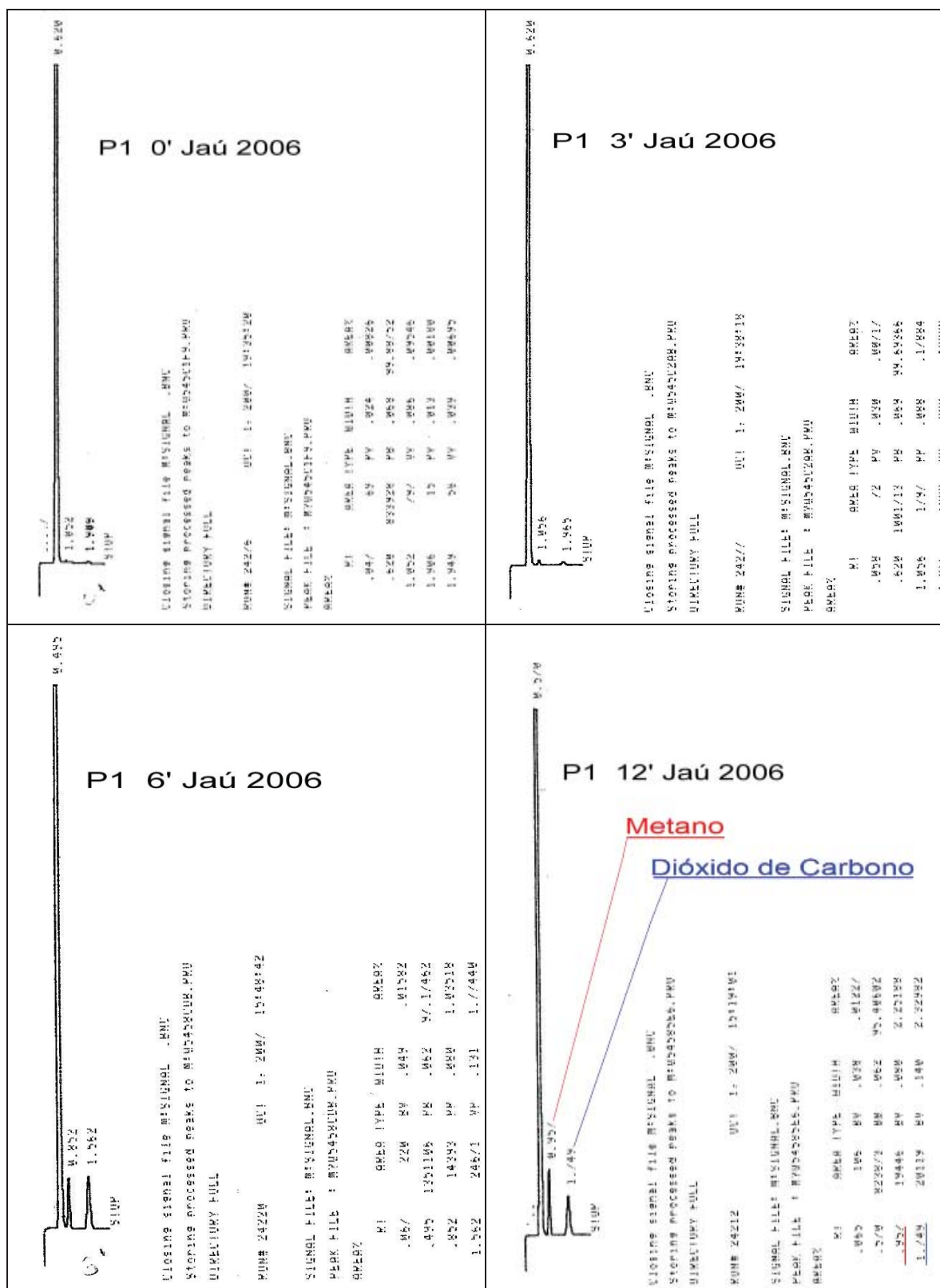




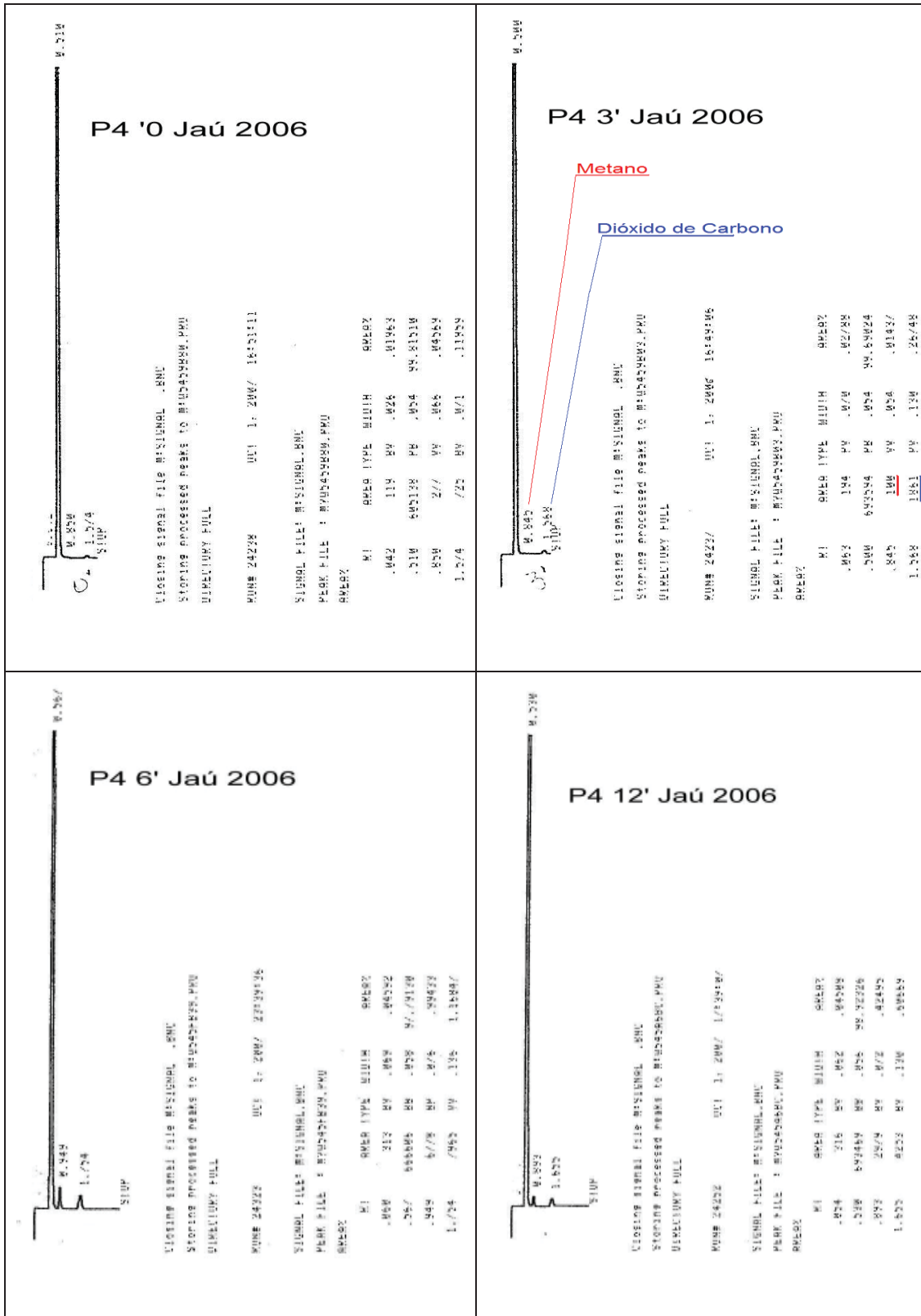
Quadro 6.2.3 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>6</sub> do aterro bandeirantes/Capital - SP 2007, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=12') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



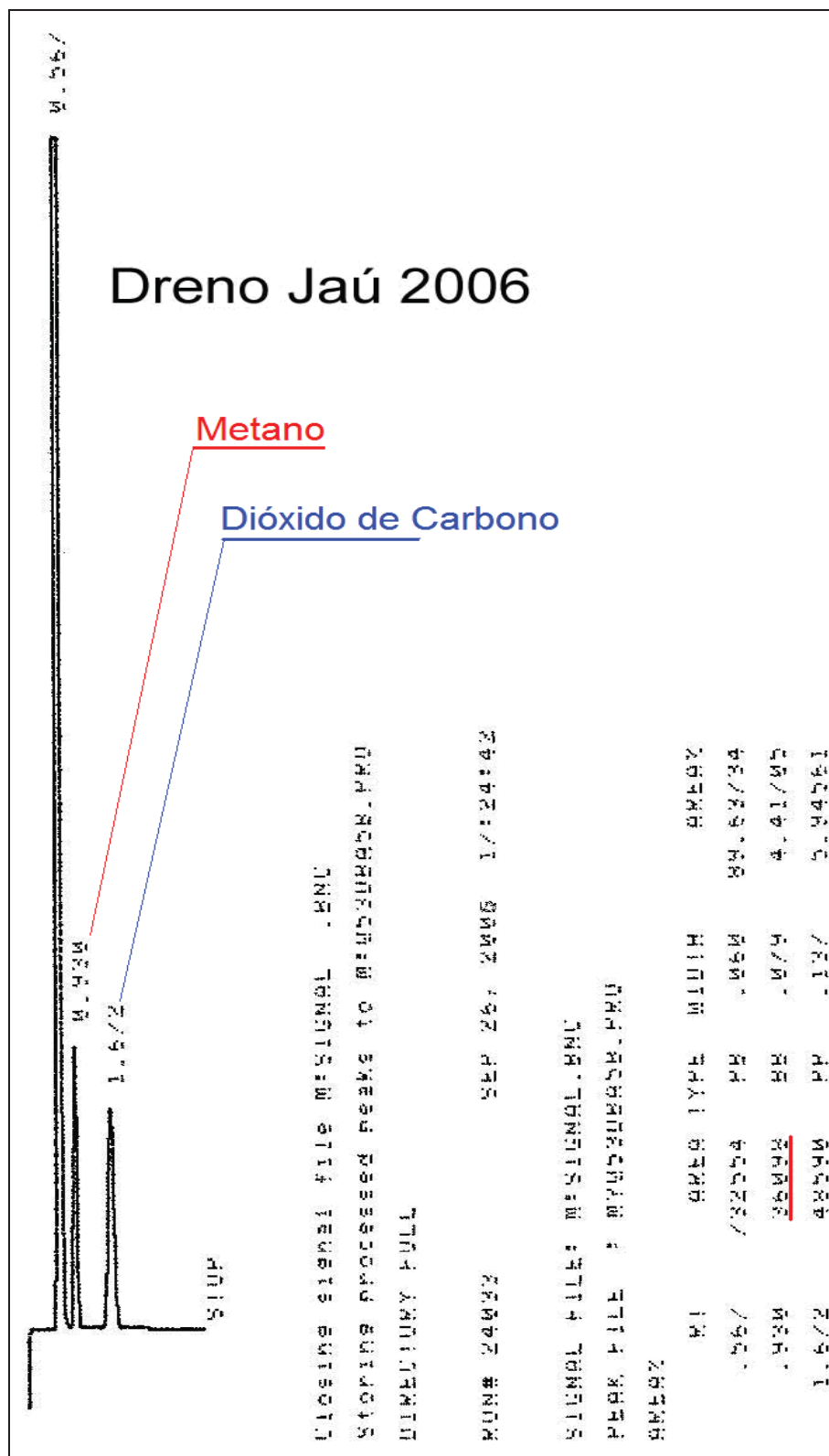
Quadro 6.2.4 - Cromatograma de amostra do dissipador (2) do aterro de Araraquara 2006. Destaque para os picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) com respectivas áreas cromatográficas.



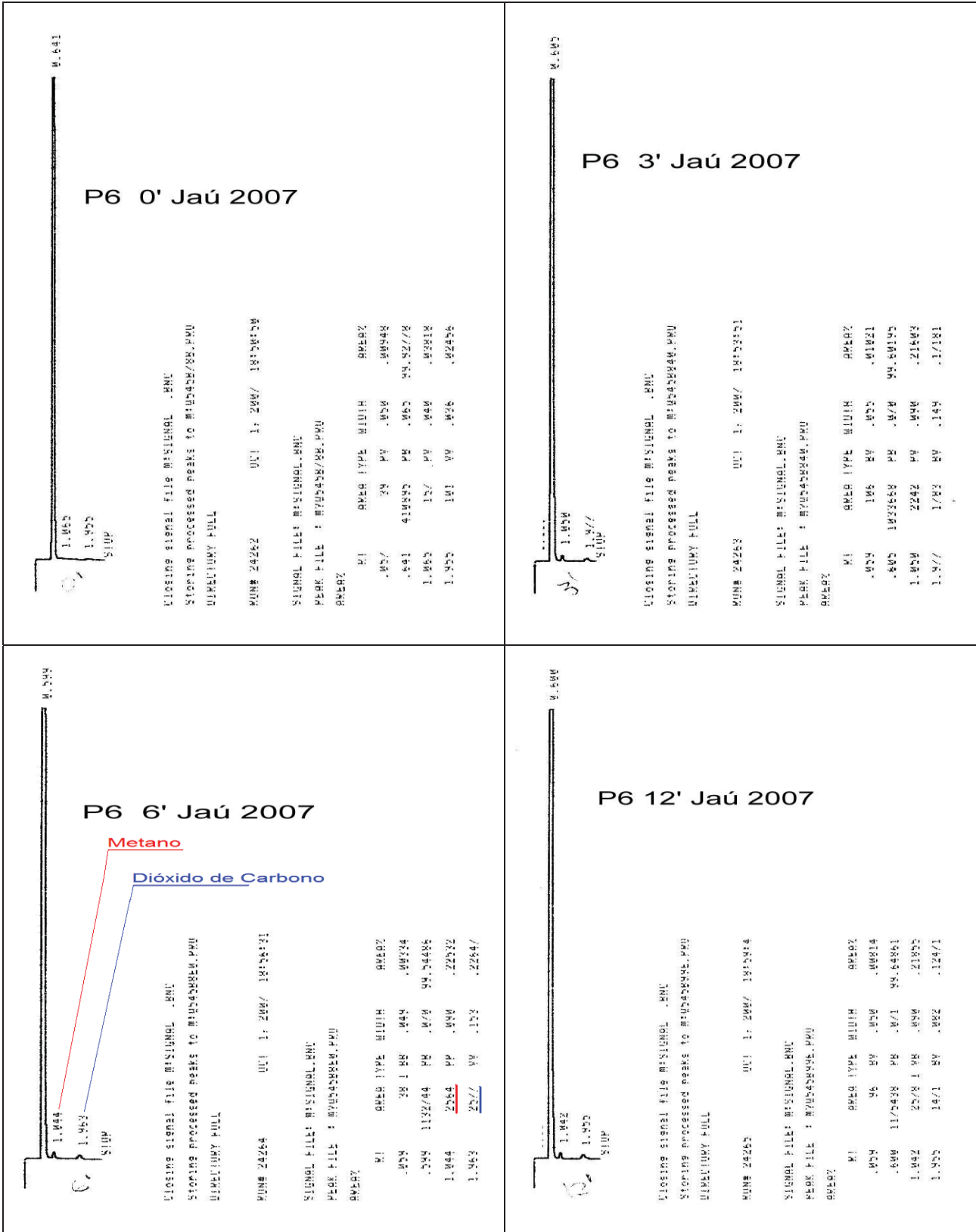
Quadro 6.2.5 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>1</sub> do aterro de Jaú - SP 2006, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=12') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) com respectivas áreas cromatográficas.



Quadro 6.2.6 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P4 do aterro de Jaú - SP 2006, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=3') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.

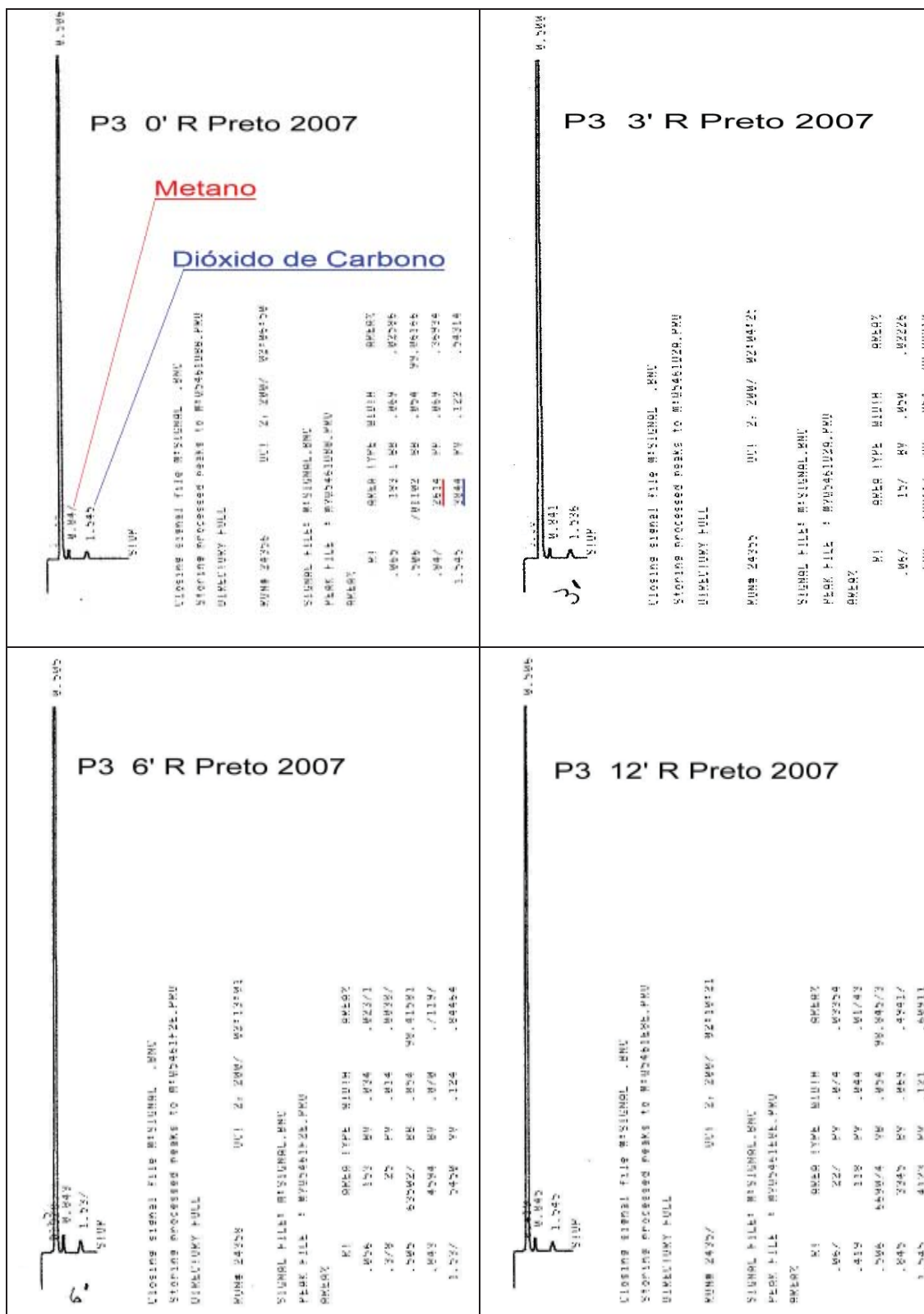


Quadro 6.2.7 – Cromatograma da amostra de dissipador do aterro de Jaú - SP 2006. Destaque para os picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



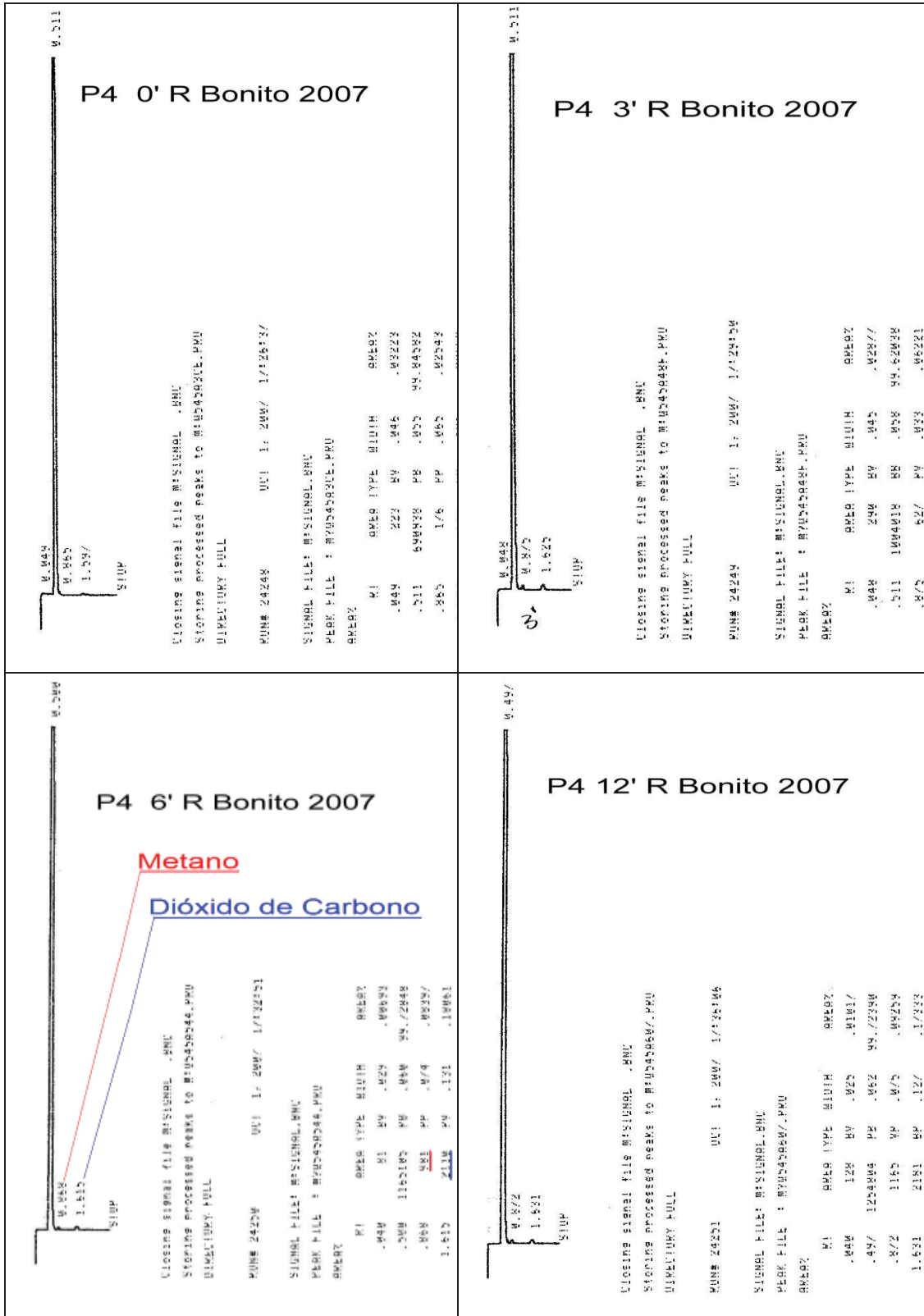
Quadro 6.2.8 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>6</sub> do aterro de Jaú - SP 2007, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=6') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



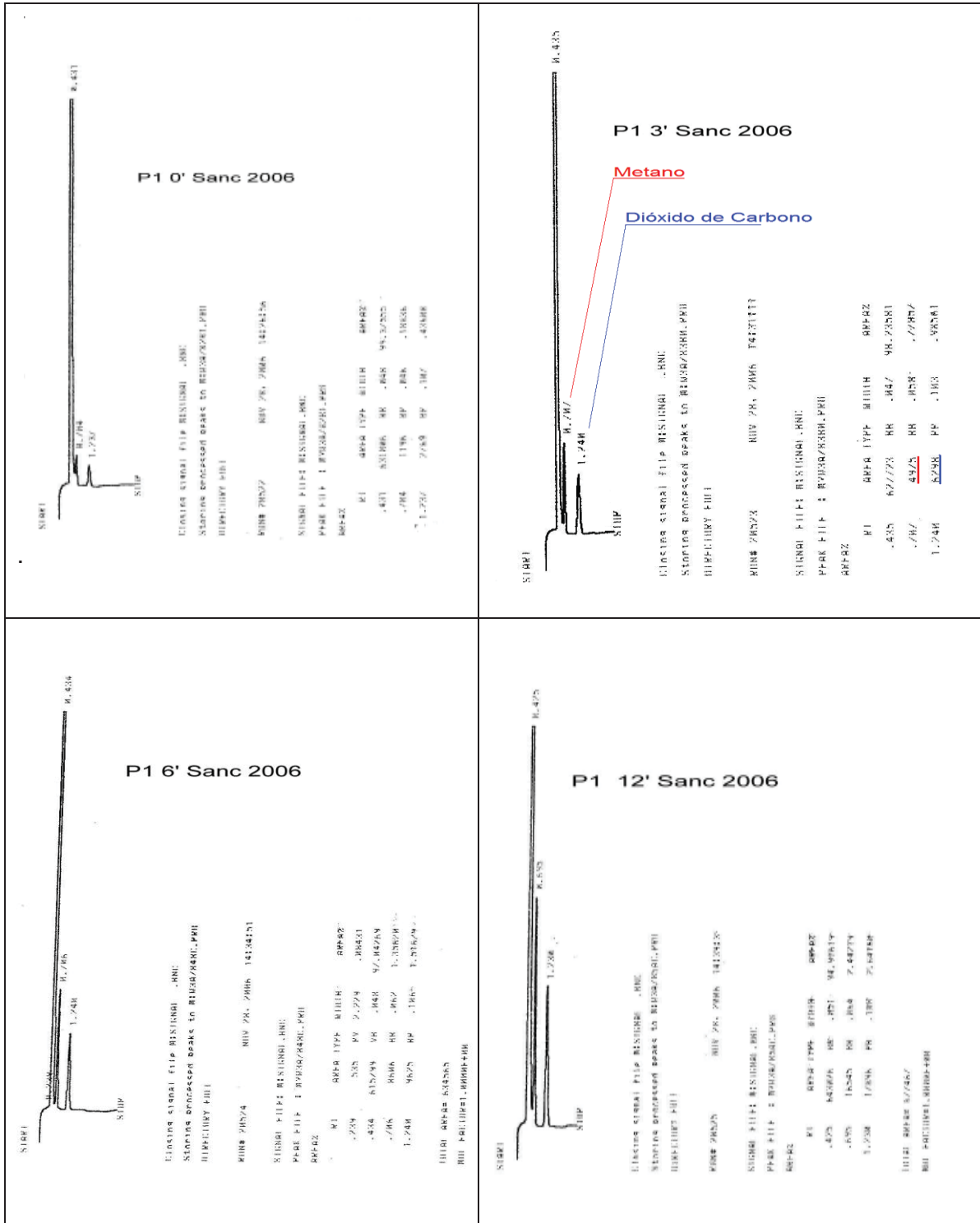


Quadro 6.2.9 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>3</sub> do aterro de Ribeirão Preto-SP 2007, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=0') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.

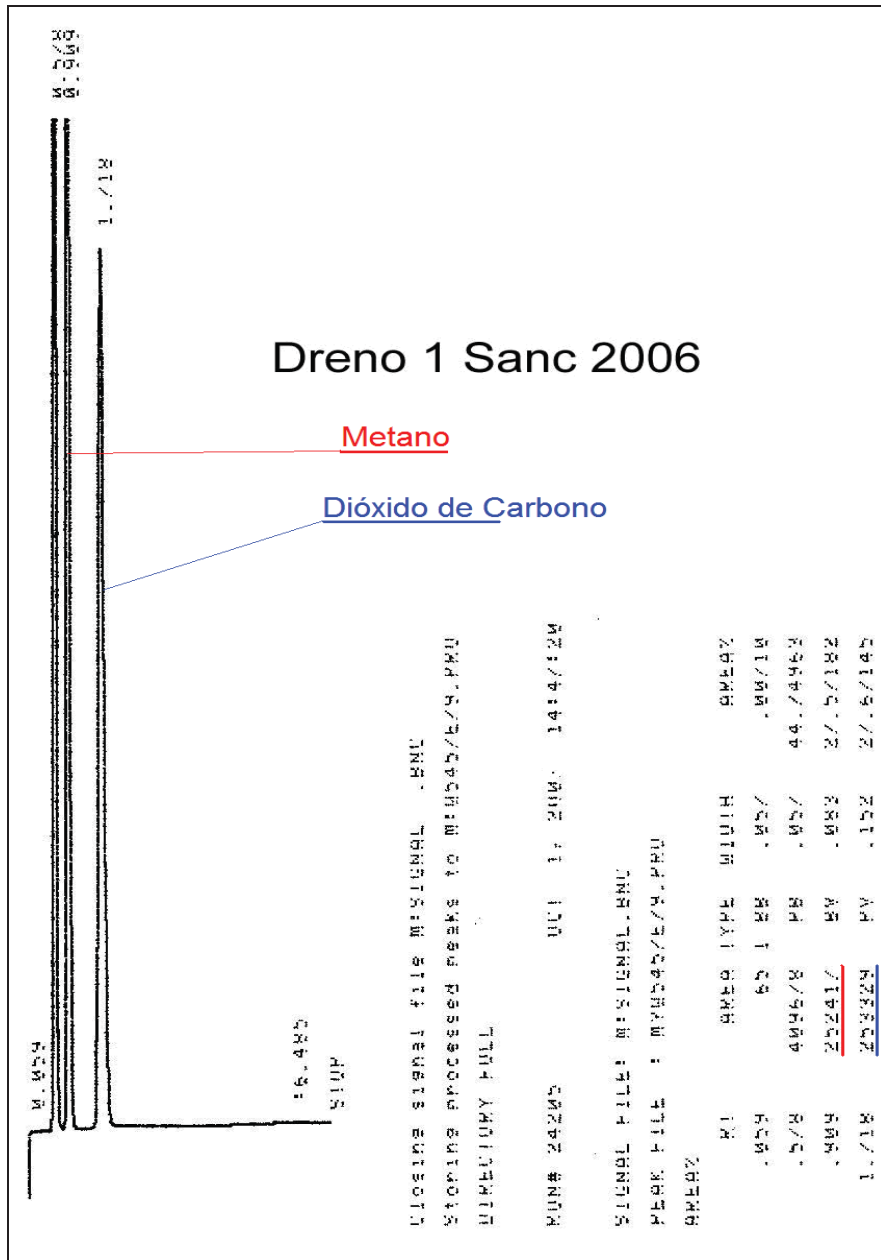




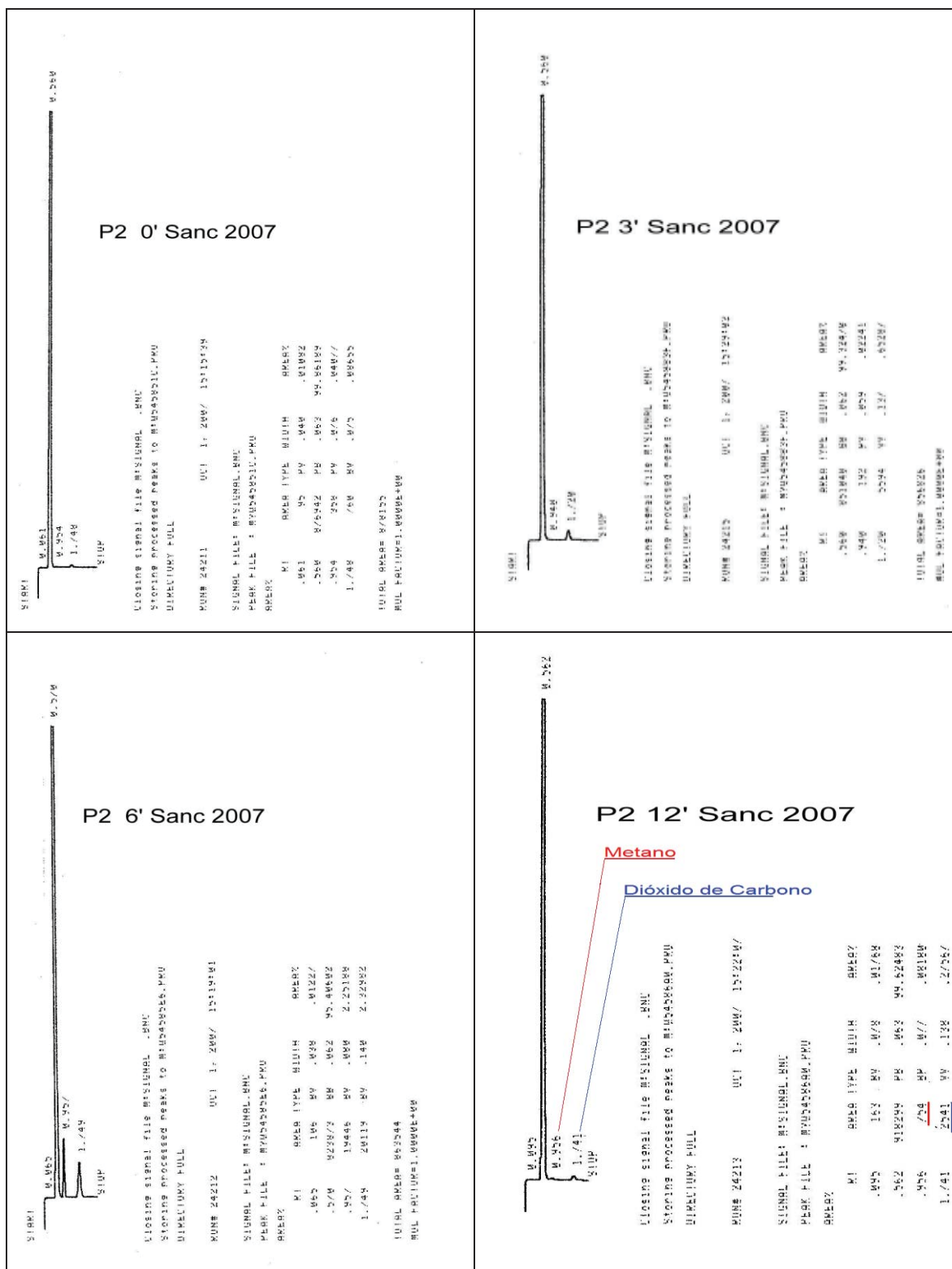
Quadro 6.2.10 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>4</sub> do aterro de Ribeirão Bonito - SP 2007, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=6') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



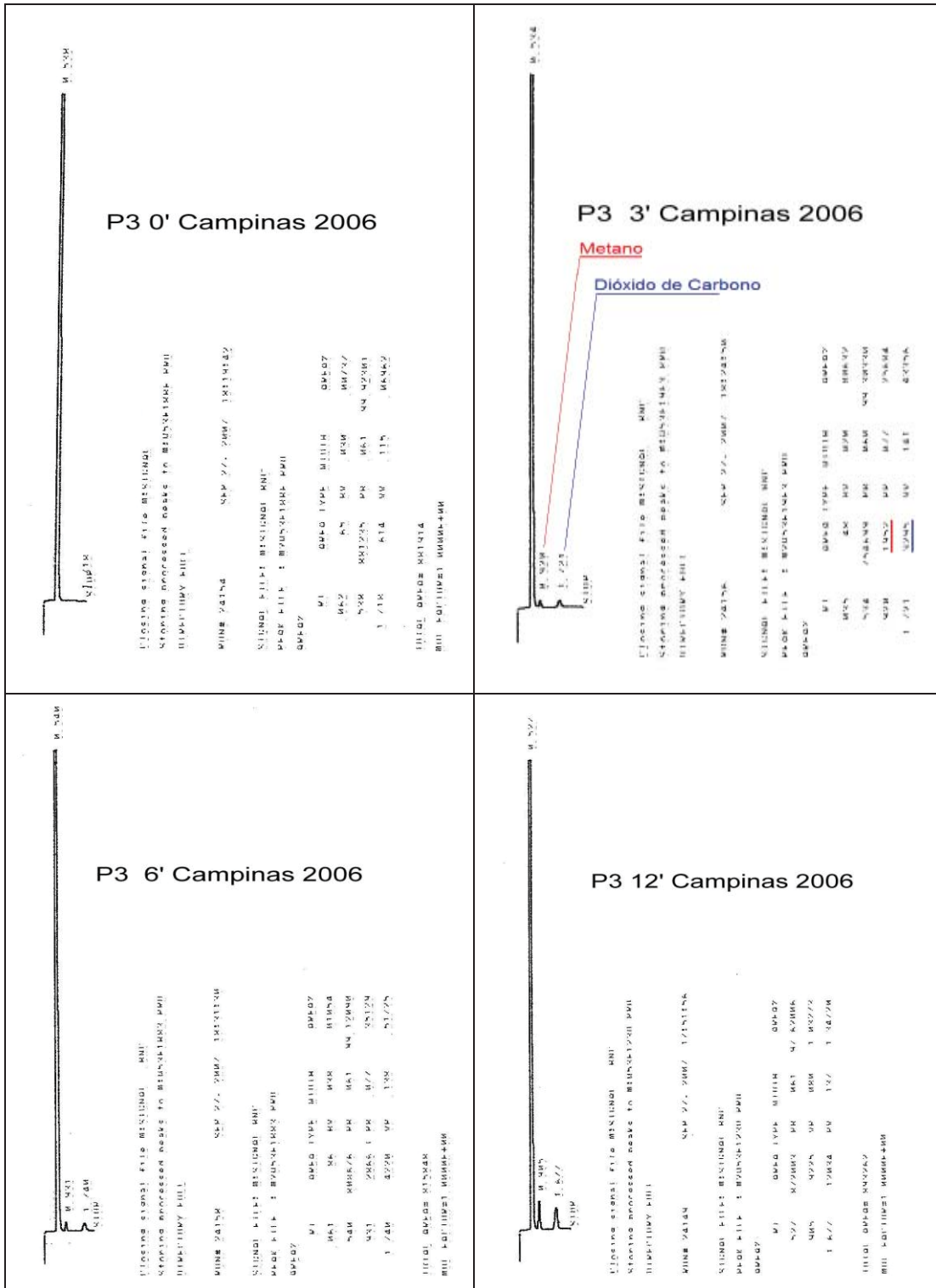
Quadro 6.2.11 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>1</sub> do aterro de São Carlos - SP 2006, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=3') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



Quadro 6.2.12 – Cromatograma da amostra do dreno (1) do aterro de São Carlos - SP 2006. Destaque para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



Quadro 6.2.13 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>2</sub> do aterro de São Carlos - SP 2007, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=12') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.



Quadro 6.2.14 – Cromatogramas das amostras do sítio de coleta P<sub>3</sub> do aterro de Campinas - SP 2006, nos tempos 0', 3', 6' e 12'. Destaque (t=3') para picos de CH<sub>4</sub>(vermelho) e CO<sub>2</sub>(azul) e respectivas áreas cromatográficas.

### 6.3 – Tabelas com o cálculo do número de moles ( $n$ ) e da massa ( $m$ , $\mu\text{g}$ ) de $\text{CH}_4$ e $\text{CO}_2$ , para cada amostra, por aterro e tempos de coleta.

Nesta sessão são apresentadas tabelas em que aparecem os valores calculados para o  $n$  e para a  $m(\mu\text{g})$  do ar ambiente, da emissão solo-ar e dos dissipadores, para os dois gases, por aterro.

#### 6.3.1-A<sub>1</sub>) Aterro de Araraquara – Primeira Campanha - 27/11/2006

Tabela 6.3.1 - AR Ambiente - Áreas cromatográficas medidas ( $A$ ), número de moles( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
1	$\text{CH}_4$	786	$6,7958 \times 10^{-7}$	10,9005
	$\text{CO}_2$	1487	$2,3992 \times 10^{-7}$	10,5567

Tabela 6.3.2 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas ( $A$ ), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
0'	$\text{CH}_4$	302	$6,5204 \times 10^{-7}$	10,4588
	$\text{CO}_2$	650	$1,9911 \times 10^{-7}$	8,7608
3'	$\text{CH}_4$	928	$6,8765 \times 10^{-7}$	11,0299
	$\text{CO}_2$	1043	$2,1827 \times 10^{-7}$	9,6041
6'	$\text{CH}_4$	959	$6,8941 \times 10^{-7}$	11,0582
	$\text{CO}_2$	1208	$2,2632 \times 10^{-7}$	9,9581
12'	$\text{CH}_4$	1817	$7,3822 \times 10^{-7}$	11,8411
	$\text{CO}_2$	1014	$2,1686 \times 10^{-7}$	9,5418

Tabela 6.3.3 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	783	6,7940 x 10 <sup>-7</sup>	10,8976
	CO <sub>2</sub>	1425	2,3690 x 10 <sup>-7</sup>	10,4237
3'	CH <sub>4</sub>	1457	7,1774 x 10 <sup>-7</sup>	11,5126
	CO <sub>2</sub>	1561	2,4353 x 10 <sup>-7</sup>	10,7155
6'	CH <sub>4</sub>	1389	7,1387 x 10 <sup>-4</sup>	11,5865
	CO <sub>2</sub>	2488	2,8873 x 10 <sup>-7</sup>	12,7045
12'	CH <sub>4</sub>	541	6,6563 x 10 <sup>-7</sup>	11,6768
	CO <sub>2</sub>	1479	2,3953 x 10 <sup>-7</sup>	10,5395

Tabela 6.3.4 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	773	6,7883 x 10 <sup>-7</sup>	10,8885
	CO <sub>2</sub>	1424	2,3685 x 10 <sup>-7</sup>	10,4215
3'	CH <sub>4</sub>	831	6,8213 x 10 <sup>-7</sup>	10,9441
	CO <sub>2</sub>	1653	2,4802 x 10 <sup>-7</sup>	10,9130
6'	CH <sub>4</sub>	894	6,8571 x 10 <sup>-7</sup>	10,9989
	CO <sub>2</sub>	2886	3,0815 x 10 <sup>-7</sup>	13,5585
12'	CH <sub>4</sub>	4481	8,8976 x 10 <sup>-7</sup>	14,2718
	CO <sub>2</sub>	5683	4,4454 x 10 <sup>-7</sup>	19,5598

Tabela 6.3.5 - P<sub>4</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	795	6,8008 x 10 <sup>-7</sup>	10,9085
	CO <sub>2</sub>	1471	2,3914 x 10 <sup>-7</sup>	10,5224
3'	CH <sub>4</sub>	1197	7,0295 x 10 <sup>-7</sup>	11,2754
	CO <sub>2</sub>	2524	2,9050 x 10 <sup>-7</sup>	12,7817
6'	CH <sub>4</sub>	17625	1,6375 x 10 <sup>-7</sup>	26,2650
	CO <sub>2</sub>	16760	9,8470 x 10 <sup>-7</sup>	43,3270
12'	CH <sub>4</sub>	2914	8,0062 x 10 <sup>-7</sup>	12,8420
	CO <sub>2</sub>	4143	3,6944 x 10 <sup>-7</sup>	16,2555



Tabela 6.3.6 - Dissipadores 1, 2 e 3 - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Dissipador	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	52491	3,6209 x 10 <sup>-6</sup>	58,0781
	CO <sub>2</sub>	48194	2,5175 x 10 <sup>-6</sup>	110,7730
2	CH <sub>4</sub>	67497	4,4845 x 10 <sup>-6</sup>	71,7702
	CO <sub>2</sub>	53714	2,7867 x 10 <sup>-6</sup>	122,6167
3	CH <sub>4</sub>	148454	9,0797 x 10 <sup>-6</sup>	145,6390
	CO <sub>2</sub>	141281	7,0569 x 10 <sup>-6</sup>	310,5035

6.3.1-A<sub>2</sub>) Aterro de Araraquara – Segunda Campanha – Data: 04/10/2007.

Tabela 6.3.7 - AR Ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	359	6,5529 x 10 <sup>-7</sup>	10,5107
	CO <sub>2</sub>	421	1,8795 x 10 <sup>-7</sup>	8,2695

Tabela 6.3.8 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	32	6,3668 x 10 <sup>-7</sup>	10,2124
	CO <sub>2</sub>	44	1,6955 x 10 <sup>-7</sup>	7,4606
3'	CH <sub>4</sub>	3689	8,4472 x 10 <sup>-7</sup>	13,5492
	CO <sub>2</sub>	4481	3,8593 x 10 <sup>-7</sup>	16,9807
6'	CH <sub>4</sub>	6339	9,9546 x 10 <sup>-7</sup>	15,9671
	CO <sub>2</sub>	7293	5,2305 x 10 <sup>-7</sup>	23,0143
12'	CH <sub>4</sub>	4389	8,8453 x 10 <sup>-7</sup>	14,1879
	CO <sub>2</sub>	5190	4,2050 x 10 <sup>-7</sup>	18,5020

Tabela 6.3.9 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	14	1,6809 x 10 <sup>-7</sup>	7,3962
3'	CH <sub>4</sub>	506	6,6364 x 10 <sup>-7</sup>	10,6449
	CO <sub>2</sub>	526	1,9306 x 10 <sup>-7</sup>	8,4948
6'	CH <sub>4</sub>	673	6,7314 x 10 <sup>-7</sup>	10,7972
	CO <sub>2</sub>	1539	2,4246 x 10 <sup>-7</sup>	10,6683
12'	CH <sub>4</sub>	4675	9,0080 x 10 <sup>-7</sup>	14,4488
	CO <sub>2</sub>	7771	5,4636 x 10 <sup>-7</sup>	24,0399

Tabela 6.3.10 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	348	6,5466 x 10 <sup>-7</sup>	10,5007
	CO <sub>2</sub>	447	1,8922 x 10 <sup>-7</sup>	8,3253
3'	CH <sub>4</sub>	2650	7,8561 x 10 <sup>-7</sup>	12,6012
	CO <sub>2</sub>	3566	3,4131 x 10 <sup>-7</sup>	15,0175
6'	CH <sub>4</sub>	20696	1,8122 x 10 <sup>-6</sup>	29,0671
	CO <sub>2</sub>	35999	1,9229 x 10 <sup>-6</sup>	84,6068
12'	CH <sub>4</sub>	3043	8,0796 x 10 <sup>-7</sup>	12,9597
	CO <sub>2</sub>	5792	4,4986 x 10 <sup>-7</sup>	19,7937

Tabela 6.3.11 - P<sub>4</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	20	1,6839 x 10 <sup>-7</sup>	7,4091
3'	CH <sub>4</sub>	329	6,5357 x 10 <sup>-7</sup>	10,4834
	CO <sub>2</sub>	391	1,8648 x 10 <sup>-7</sup>	8,2051
6'	CH <sub>4</sub>	3669	8,4358 x 10 <sup>-7</sup>	13,5310
	CO <sub>2</sub>	6103	4,6502 x 10 <sup>-7</sup>	20,4610
12'	CH <sub>4</sub>	3199	8,1683 x 10 <sup>-7</sup>	13,1021
	CO <sub>2</sub>	4950	4,0880 x 10 <sup>-7</sup>	17,9870

Tabela 6.3.12 - P<sub>5</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1797	$7,3708 \times 10^{-7}$	11,8228
	CO <sub>2</sub>	2389	$2,8391 \times 10^{-7}$	12,4921
3'	CH <sub>4</sub>	2381	$7,7030 \times 10^{-7}$	12,3557
	CO <sub>2</sub>	3014	$3,1439 \times 10^{-7}$	13,8331
6'	CH <sub>4</sub>	4238	$8,7594 \times 10^{-7}$	14,0501
	CO <sub>2</sub>	4998	$4,1114 \times 10^{-7}$	18,0900
12'	CH <sub>4</sub>	4905	$9,1388 \times 10^{-7}$	14,6587
	CO <sub>2</sub>	5761	$4,4834 \times 10^{-7}$	19,7272

Tabela 6.3.13 - P<sub>6</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	31	$6,3662 \times 10^{-7}$	10,2114
	CO <sub>2</sub>	45	$1,6892 \times 10^{-7}$	7,4327
3'	CH <sub>4</sub>	1950	$7,4579 \times 10^{-7}$	11,9624
	CO <sub>2</sub>	3269	$3,2682 \times 10^{-7}$	14,3802
6'	CH <sub>4</sub>	17689	$1,6411 \times 10^{-6}$	26,3233
	CO <sub>2</sub>	19961	$1,1408 \times 10^{-6}$	50,1952
12'	CH <sub>4</sub>	3821	$8,5223 \times 10^{-7}$	16,0400
	CO <sub>2</sub>	4661	$3,9470 \times 10^{-7}$	17,3670

Tabela 6.3.14 - P<sub>7</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	913	$6,8680 \times 10^{-7}$	11,0162
	CO <sub>2</sub>	1305	$2,3105 \times 10^{-7}$	10,1662
3'	CH <sub>4</sub>	1831	$7,0909 \times 10^{-7}$	11,3740
	CO <sub>2</sub>	5091	$4,1567 \times 10^{-7}$	18,2896
6'	CH <sub>4</sub>	12694	$1,3570 \times 10^{-6}$	21,7657
	CO <sub>2</sub>	12179	$7,6131 \times 10^{-7}$	33,5000
12'	CH <sub>4</sub>	13764	$1,4179 \times 10^{-6}$	22,7420
	CO <sub>2</sub>	13813	$8,4099 \times 10^{-7}$	37,0038

Tabela 6.3.15 - P<sub>8</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	97	6,4038 x 10 <sup>-7</sup>	10,2717
	CO <sub>2</sub>	177	1,7604 x 10 <sup>-7</sup>	7,7460
3'	CH <sub>4</sub>	9203	1,1583 x 10 <sup>-6</sup>	18,5804
	CO <sub>2</sub>	10252	6,6734 x 10 <sup>-7</sup>	29,3632
6'	CH <sub>4</sub>	9515	1,1761 x 10 <sup>-6</sup>	18,8650
	CO <sub>2</sub>	10116	6,6071 x 10 <sup>-7</sup>	29,0714
12'	CH <sub>4</sub>	9050	1,1497 x 10 <sup>-6</sup>	18,4408
	CO <sub>2</sub>	10172	6,6344 x 10 <sup>-7</sup>	29,1915

Tabela 6.3.16 - Dissipadores 1, 2 e 3 - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Drenos	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	172822	1,0465 x 10 <sup>-5</sup>	167,8731
	CO <sub>2</sub>	167175	8,3196 x 10 <sup>-6</sup>	366,0625
2	CH <sub>4</sub>	21575	1,8622 x 10 <sup>-6</sup>	29,8691
	CO <sub>2</sub>	26053	1,4379 x 10 <sup>-6</sup>	63,2664
3	CH <sub>4</sub>	14545	1,4622 x 10 <sup>-6</sup>	23,4546
	CO <sub>2</sub>	19391	1,1373 x 10 <sup>-6</sup>	50,0450

6.3.2-B<sub>1</sub>) **Aterro de Brotas** – Primeira Campanha – Data: 14/11/2006.

Tabela 6.3.17 - AR ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	329	$6,5358 \times 10^{-7}$	10,4833
	CO <sub>2</sub>	458	$1,8975 \times 10^{-7}$	8,3489

Tabela 6.3.18 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	502	$6,6341 \times 10^{-7}$	10,6412
	CO <sub>2</sub>	621	$1,9769 \times 10^{-7}$	8,6986
3'	CH <sub>4</sub>	781	$6,7928 \times 10^{-7}$	10,8958
	CO <sub>2</sub>	920	$2,1227 \times 10^{-7}$	9,3401
6'	CH <sub>4</sub>	1085	$6,9658 \times 10^{-7}$	11,1732
	CO <sub>2</sub>	1827	$2,5650 \times 10^{-7}$	11,2863
12'	CH <sub>4</sub>	1293	$7,0841 \times 10^{-7}$	11,3630
	CO <sub>2</sub>	2097	$2,6967 \times 10^{-7}$	11,8656

Tabela 6.3.19 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	601	$6,6904 \times 10^{-7}$	10,7315
	CO <sub>2</sub>	760	$2,0447 \times 10^{-7}$	8,9968
3'	CH <sub>4</sub>	892	$6,8560 \times 10^{-7}$	10,9970
	CO <sub>2</sub>	948	$2,1364 \times 10^{-7}$	9,4002
6'	CH <sub>4</sub>	2007	$7,4903 \times 10^{-7}$	12,0144
	CO <sub>2</sub>	2937	$3,1063 \times 10^{-7}$	13,6680
12'	CH <sub>4</sub>	2109	$7,5483 \times 10^{-7}$	12,1075
	CO <sub>2</sub>	2045	$2,6713 \times 10^{-7}$	11,7540

Tabela 6.3.20 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	287	$6,5118 \times 10^{-7}$	10,4450
	CO <sub>2</sub>	393	$1,8657 \times 10^{-7}$	8,2094
3'	CH <sub>4</sub>	409	$6,5812 \times 10^{-7}$	10,5563
	CO <sub>2</sub>	651	$1,9915 \times 10^{-7}$	8,7630
6'	CH <sub>4</sub>	984	$6,9083 \times 10^{-7}$	11,0810
	CO <sub>2</sub>	1209	$2,2636 \times 10^{-7}$	9,9603
12'	CH <sub>4</sub>	1095	$6,9715 \times 10^{-7}$	11,1823
	CO <sub>2</sub>	1430	$2,3714 \times 10^{-7}$	10,4344

Tabela 6.3.21 - P<sub>4</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	128	$6,4214 \times 10^{-7}$	10,3000
	CO <sub>2</sub>	302	$1,8214 \times 10^{-7}$	8,0141
3'	CH <sub>4</sub>	437	$6,5972 \times 10^{-7}$	10,5820
	CO <sub>2</sub>	658	$1,9950 \times 10^{-7}$	8,7780
6'	CH <sub>4</sub>	867	$6,8418 \times 10^{-7}$	10,9743
	CO <sub>2</sub>	1089	$2,2051 \times 10^{-7}$	9,7027
12'	CH <sub>4</sub>	982	$6,9072 \times 10^{-7}$	11,0792
	CO <sub>2</sub>	1234	$2,2758 \times 10^{-7}$	10,0139

Tabela 6.3.22 - P<sub>5</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	184	$6,4532 \times 10^{-7}$	10,3510
	CO <sub>2</sub>	207	$1,7750 \times 10^{-7}$	7,8103
3'	CH <sub>4</sub>	382	$6,5659 \times 10^{-7}$	10,5317
	CO <sub>2</sub>	493	$1,9145 \times 10^{-7}$	8,4240
6'	CH <sub>4</sub>	789	$6,7974 \times 10^{-7}$	10,9031
	CO <sub>2</sub>	1079	$2,2003 \times 10^{-7}$	9,6813
12'	CH <sub>4</sub>	907	$6,8645 \times 10^{-7}$	11,0107
	CO <sub>2</sub>	1206	$2,2622 \times 10^{-7}$	9,9538

### 6.3.2-B<sub>2</sub>) Aterro de Brotas – Segunda Campanha – Data: 02/10/2007

Tabela 6.3.23 – Ar ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	98	$6,4044 \times 10^{-7}$	10,2726
	CO <sub>2</sub>	132	$1,7385 \times 10^{-7}$	7,6494

Tabela 6.3.24 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	364	$1,851633 \times 10^{-7}$	8,1472
3'	CH <sub>4</sub>	3672	$8,437445 \times 10^{-7}$	13,5336
	CO <sub>2</sub>	5210	$4,214756 \times 10^{-7}$	18,5450
6'	CH <sub>4</sub>	7967	$1,088067 \times 10^{-6}$	17,5426
	CO <sub>2</sub>	8215	$5,680127 \times 10^{-7}$	24,9925
12'	CH <sub>4</sub>	559	$6,666602 \times 10^{-7}$	10,7000
	CO <sub>2</sub>	2975	$3,124872 \times 10^{-7}$	13,7500

Tabela 6.3.25 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	283	$6,5096 \times 10^{-7}$	10,4414
	CO <sub>2</sub>	219	$1,7809 \times 10^{-7}$	7,8360
3'	CH <sub>4</sub>	1309	$7,0932 \times 10^{-7}$	11,3776
	CO <sub>2</sub>	1421	$2,3670 \times 10^{-7}$	10,4151
6'	CH <sub>4</sub>	2787	$7,9340 \times 10^{-7}$	12,7262
	CO <sub>2</sub>	3290	$3,2784 \times 10^{-7}$	14,4253
12'	CH <sub>4</sub>	2489	$7,7644 \times 10^{-7}$	12,4542
	CO <sub>2</sub>	3121	$3,1960 \times 10^{-7}$	14,0627



Tabela 6.3.26 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	152	6,4350 x 10 <sup>-7</sup>	10,3220
	CO <sub>2</sub>	128	1,7365 x 10 <sup>-7</sup>	7,6408
3'	CH <sub>4</sub>	384	6,5670 x 10 <sup>-7</sup>	10,5335
	CO <sub>2</sub>	431	1,8843 x 10 <sup>-7</sup>	8,3000
6'	CH <sub>4</sub>	994	6,9140 x 10 <sup>-7</sup>	11,0902
	CO <sub>2</sub>	1048	2,1851 x 10 <sup>-7</sup>	9,6148
12'	CH <sub>4</sub>	2013	7,4937 x 10 <sup>-7</sup>	12,0200
	CO <sub>2</sub>	1937	2,6186 x 10 <sup>-7</sup>	11,5222

Tabela 6.3.27 - P<sub>4</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	31	6,3662 x 10 <sup>-7</sup>	10,2114
	CO <sub>2</sub>	22	1,6848 x 10 <sup>-7</sup>	7,4134
3'	CH <sub>4</sub>	39	6,3707 x 10 <sup>-7</sup>	10,2187
	CO <sub>2</sub>	49	1,6980 x 10 <sup>-7</sup>	7,4713
6'	CH <sub>4</sub>	79	6,3935 x 10 <sup>-7</sup>	10,2552
	CO <sub>2</sub>	119	1,7322 x 10 <sup>-7</sup>	7,6250
12'	CH <sub>4</sub>	239	6,4845 x 10 <sup>-7</sup>	10,4013
	CO <sub>2</sub>	903	2,1145 x 10 <sup>-7</sup>	9,3037

Tabela 6.3.28 - P<sub>5</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	43	1,6951 x 10 <sup>-7</sup>	7,4584
3'	CH <sub>4</sub>	124	6,4191 x 10 <sup>-7</sup>	10,2963
	CO <sub>2</sub>	164	1,7541 x 10 <sup>-7</sup>	7,7180
6'	CH <sub>4</sub>	301	6,5198 x 10 <sup>-7</sup>	10,4578
	CO <sub>2</sub>	396	1,8672 x 10 <sup>-7</sup>	8,2158
12'	CH <sub>4</sub>	674	6,7320 x 10 <sup>-7</sup>	10,7981
	CO <sub>2</sub>	736	2,0330 x 10 <sup>-7</sup>	8,9453

Tabela 6.3.29 - P<sub>6</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	348	6,5465 x 10 <sup>-7</sup>	10,5007
	CO <sub>2</sub>	395	1,8667 x 10 <sup>-7</sup>	8,2137
3'	CH <sub>4</sub>	781	6,8000 x 10 <sup>-7</sup>	10,8958
	CO <sub>2</sub>	1038	2,1792 x 10 <sup>-7</sup>	9,5887
6'	CH <sub>4</sub>	2802	7,9425 x 10 <sup>-7</sup>	12,7400
	CO <sub>2</sub>	3941	3,5960 x 10 <sup>-7</sup>	15,8222
12'	CH <sub>4</sub>	2968	8,0370 x 10 <sup>-7</sup>	12,8913
	CO <sub>2</sub>	4073	3,6603 x 10 <sup>-7</sup>	16,1054

### 6.3.3-C<sub>1</sub>) Aterro de Campinas – Primeira Campanha – Data: 24/10/2006.

Tabela 6.3.30 - AR ambiente – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles(n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	68	6,3873 x 10 <sup>-7</sup>	10,2452
	CO <sub>2</sub>	97	1,7214 x 10 <sup>-7</sup>	7,5743

Tabela 6.3.31 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles(n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	246	1,7941 x 10 <sup>-7</sup>	7,8940
3'	CH <sub>4</sub>	187	6,4550 x 10 <sup>-7</sup>	10,3538
	CO <sub>2</sub>	321	1,8306 x 10 <sup>-7</sup>	8,0550
6'	CH <sub>4</sub>	993	6,9135 x 10 <sup>-7</sup>	11,0892
	CO <sub>2</sub>	2975	3,1249 x 10 <sup>-7</sup>	13,7494
12'	CH <sub>4</sub>	6149	9,8465 x 10 <sup>-7</sup>	15,7938
	CO <sub>2</sub>	4788	4,0090 x 10 <sup>-7</sup>	17,6395

Tabela 6.3.32 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	78	1,7121 x 10 <sup>-7</sup>	7,5335
3'	CH <sub>4</sub>	47	6,3753 x 10 <sup>-7</sup>	10,2260
	CO <sub>2</sub>	96	1,7209 x 10 <sup>-7</sup>	7,5721
6'	CH <sub>4</sub>	109	6,4106 x 10 <sup>-7</sup>	10,2826
	CO <sub>2</sub>	116	1,7307 x 10 <sup>-7</sup>	7,6150
12'	CH <sub>4</sub>	7162	1,0423 x 10 <sup>-6</sup>	16,7181
	CO <sub>2</sub>	9549	6,3306 x 10 <sup>-7</sup>	27,8548

Tabela 6.3.33 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	439	$6,5983 \times 10^{-7}$	10,5837
	CO <sub>2</sub>	614	$1,9735 \times 10^{-7}$	8,6834
3'	CH <sub>4</sub>	1449	$7,1729 \times 10^{-7}$	11,5053
	CO <sub>2</sub>	4795	$4,0123 \times 10^{-7}$	17,6545
6'	CH <sub>4</sub>	2865	$7,9784 \times 10^{-7}$	12,7973
	CO <sub>2</sub>	4280	$3,7612 \times 10^{-7}$	16,5495
12'	CH <sub>4</sub>	4224	$8,7814 \times 10^{-7}$	14,0854
	CO <sub>2</sub>	19434	$1,1151 \times 10^{-6}$	49,0642

Tabela 6.3.34 - P<sub>4</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles(n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	3312	$8,2326 \times 10^{-7}$	13,2052
	CO <sub>2</sub>	4183	$3,7140 \times 10^{-7}$	16,3413
3'	CH <sub>4</sub>	12165	$1,3269 \times 10^{-6}$	21,2830
	CO <sub>2</sub>	14040	$8,5206 \times 10^{-7}$	37,5000
6'	CH <sub>4</sub>	37673	$2,7780 \times 10^{-6}$	45,5576
	CO <sub>2</sub>	36287	$1,9370 \times 10^{-6}$	85,2250
12'	CH <sub>4</sub>	25941	$2,1105 \times 10^{-6}$	33,8528
	CO <sub>2</sub>	28195	$1,5423 \times 10^{-6}$	67,8623

Tabela 6.3.35 - Dissipadores 1 e 2 – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	29521	$2,3141 \times 10^{-6}$	37,1194
	CO <sub>2</sub>	31232	$1,6904 \times 10^{-6}$	74,3786
2	CH <sub>4</sub>	127954	$7,9135 \times 10^{-6}$	126,9337
	CO <sub>2</sub>	138353	$6,9141 \times 10^{-6}$	304,2211

### 6.3.3-C<sub>2</sub>) Aterro de Campinas – Segunda Campanha – Data 27/09/2007.

Tabela 6.3.36 - AR Ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
1	CH <sub>4</sub>	316,366247	$316,366247 \times 10^{-7}$	10,2115
	CO <sub>2</sub>	431,695100	$431,695100 \times 10^{-7}$	7,4584

Tabela 6.3.37 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
0'	CH <sub>4</sub>	36	$6,3691 \times 10^{-7}$	10,2160
	CO <sub>2</sub>	21	$1,6844 \times 10^{-7}$	7,4112
3'	CH <sub>4</sub>	4289	$8,7884 \times 10^{-7}$	14,0966
	CO <sub>2</sub>	4951	$4,0885 \times 10^{-7}$	17,9892
6'	CH <sub>4</sub>	4195	$8,7350 \times 10^{-7}$	14,0108
	CO <sub>2</sub>	30739	$1,6663 \times 10^{-6}$	73,3208
12'	CH <sub>4</sub>	11067	$1,2644 \times 10^{-6}$	20,2817
	CO <sub>2</sub>	11111	$7,0923 \times 10^{-7}$	31,2063

Tabela 6.3.38 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
0'	CH <sub>4</sub>	3693	$8,4494 \times 10^{-7}$	13,5528
	CO <sub>2</sub>	4965	$4,0953 \times 10^{-7}$	18,0192
3'	CH <sub>4</sub>	3985	$8,6155 \times 10^{-7}$	13,8192
	CO <sub>2</sub>	4762	$3,9963 \times 10^{-7}$	17,5837
6'	CH <sub>4</sub>	8136	$1,0977 \times 10^{-6}$	17,6068
	CO <sub>2</sub>	8714	$5,9235 \times 10^{-7}$	26,0632
12'	CH <sub>4</sub>	12767	$1,3611 \times 10^{-6}$	21,8323
	CO <sub>2</sub>	13586	$8,2993 \times 10^{-7}$	36,5167

Tabela 6.3.39 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	489	$1,9126 \times 10^{-7}$	8,4154
3'	CH <sub>4</sub>	651	$6,7190 \times 10^{-7}$	10,7772
	CO <sub>2</sub>	1952	$2,6260 \times 10^{-7}$	11,5545
6'	CH <sub>4</sub>	789	$6,7974 \times 10^{-7}$	10,9031
	CO <sub>2</sub>	1122	$2,2212 \times 10^{-7}$	9,7736
12'	CH <sub>4</sub>	1082	$6,9641 \times 10^{-7}$	11,1704
	CO <sub>2</sub>	1734	$2,5197 \times 10^{-7}$	11,0867

Tabela 6.3.40 - P<sub>4</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	214	$6,4703 \times 10^{-7}$	10,3784
	CO <sub>2</sub>	462	$1,8994 \times 10^{-7}$	8,3574
3'	CH <sub>4</sub>	358	$6,5676 \times 10^{-7}$	10,5345
	CO <sub>2</sub>	1441	$2,3768 \times 10^{-7}$	10,4580
6'	CH <sub>4</sub>	874	$6,8458 \times 10^{-7}$	10,9806
	CO <sub>2</sub>	1885	$2,5933 \times 10^{-7}$	11,4107
12'	CH <sub>4</sub>	958	$6,8936 \times 10^{-7}$	11,0573
	CO <sub>2</sub>	1648	$2,4778 \times 10^{-7}$	10,9022

Tabela 6.3.41 - P<sub>5</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	394	$6,5727 \times 10^{-7}$	10,5427
	CO <sub>2</sub>	391	$1,8648 \times 10^{-7}$	8,2051
3'	CH <sub>4</sub>	9765	$1,1903 \times 10^{-6}$	19,0932
	CO <sub>2</sub>	9486	$6,3000 \times 10^{-7}$	27,7196
6'	CH <sub>4</sub>	25778	$2,1012 \times 10^{-6}$	33,7041
	CO <sub>2</sub>	27049	$1,4913 \times 10^{-6}$	65,6180
12'	CH <sub>4</sub>	18927	$1,7115 \times 10^{-6}$	27,4530
	CO <sub>2</sub>	19097	$1,0986 \times 10^{-6}$	48,3413

Tabela 6.3.42 - P<sub>6</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	N	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	48	$6,3760 \times 10^{-7}$	10,2270
	CO <sub>2</sub>	378	$1,8584 \times 10^{-7}$	8,1772
3'	CH <sub>4</sub>	5452	$9,4500 \times 10^{-7}$	15,1578
	CO <sub>2</sub>	6909	$5,0433 \times 10^{-7}$	22,2000
6'	CH <sub>4</sub>	9683	$1,1857 \times 10^{-6}$	19,0183
	CO <sub>2</sub>	9996	$6,5486 \times 10^{-7}$	28,8140
12'	CH <sub>4</sub>	3502	$8,3407 \times 10^{-7}$	13,3785
	CO <sub>2</sub>	4685	$3,9587 \times 10^{-7}$	17,4185

Tabela 6.3.43 - P<sub>7</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	348	$6,5466 \times 10^{-7}$	10,5007
	CO <sub>2</sub>	912	$2,1188 \times 10^{-7}$	9,3230
3'	CH <sub>4</sub>	16414	$1,5686 \times 10^{-6}$	25,1600
	CO <sub>2</sub>	19528	$1,1197 \times 10^{-6}$	49,2661
6'	CH <sub>4</sub>	18766	$1,7024 \times 10^{-6}$	27,3060
	CO <sub>2</sub>	25334	$1,4028 \times 10^{-6}$	61,7236
12'	CH <sub>4</sub>	21059	$1,8328 \times 10^{-6}$	29,3983
	CO <sub>2</sub>	21371	$1,2095 \times 10^{-6}$	53,2205

Tabela 6.3.44 - P<sub>8</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	145	$1,7448 \times 10^{-7}$	7,6773
3'	CH <sub>4</sub>	203	$6,4641 \times 10^{-7}$	10,3684
	CO <sub>2</sub>	217	$1,7799 \times 10^{-7}$	7,8318
6'	CH <sub>4</sub>	275	$6,5050 \times 10^{-7}$	10,4341
	CO <sub>2</sub>	315	$1,8277 \times 10^{-7}$	8,0420
12'	CH <sub>4</sub>	1454	$7,1757 \times 10^{-7}$	11,5100
	CO <sub>2</sub>	3463	$3,3628 \times 10^{-7}$	14,8000



Tabela 6.3.45 - P<sub>9</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	115	1,7302 x 10 <sup>-7</sup>	7,6130
3'	CH <sub>4</sub>	137	6,4265 x 10 <sup>-7</sup>	10,3082
	CO <sub>2</sub>	536	1,9355 x 10 <sup>-7</sup>	8,5162
6'	CH <sub>4</sub>	2991	8,0500 x 10 <sup>-7</sup>	12,9123
	CO <sub>2</sub>	5162	4,1913 x 10 <sup>-7</sup>	18,4420
12'	CH <sub>4</sub>	3416	8,2918 x 10 <sup>-7</sup>	13,3001
	CO <sub>2</sub>	6714	4,9482 x 10 <sup>-7</sup>	21,7720

Tabela 6.3.46 - P<sub>10</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	323	1,8316 x 10 <sup>-7</sup>	8,0592
3'	CH <sub>4</sub>	179	6,4504 x 10 <sup>-7</sup>	10,3465
	CO <sub>2</sub>	349	1,8443 x 10 <sup>-7</sup>	8,1150
6'	CH <sub>4</sub>	5447	9,4471 x 10 <sup>-7</sup>	15,1532
	CO <sub>2</sub>	4184	3,7144 x 10 <sup>-7</sup>	16,3435
12'	CH <sub>4</sub>	5979	9,7498 x 10 <sup>-7</sup>	15,6386
	CO <sub>2</sub>	6951	5,0637 x 10 <sup>-7</sup>	22,2805

Tabela 6.3.47 - Dissipadores 1, 2, 3 e 4 – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	29992	2,3410 x 10 <sup>-6</sup>	37,5491
	CO <sub>2</sub>	31911	1,7235 x 10 <sup>-6</sup>	75,8355
2	CH <sub>4</sub>	56841	3,8682 x 10 <sup>-6</sup>	62,0472
	CO <sub>2</sub>	63912	3,2840 x 10 <sup>-6</sup>	144,5000
3	CH <sub>4</sub>	34642	2,6054 x 10 <sup>-6</sup>	41,7920
	CO <sub>2</sub>	39674	2,1020 x 10 <sup>-6</sup>	92,5000
4	CH <sub>4</sub>	33987	2,5682 x 10 <sup>-6</sup>	41,2000
	CO <sub>2</sub>	39963	2,1162 x 10 <sup>-6</sup>	93,1121

**6.3.4-D<sub>1</sub>) Aterro de Jaú – Primeira Campanha – Data: 20/11/2006.**

Tabela 6.3.48 - AR Ambiente - Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	127	$6,4208 \times 10^{-7}$	10,3000
	CO <sub>2</sub>	187	$1,7653 \times 10^{-7}$	7,7674

Tabela 6.3.49 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	797	$6,8020 \times 10^{-7}$	10,9104
	CO <sub>2</sub>	328	$1,8341 \times 10^{-7}$	8,0700
3'	CH <sub>4</sub>	1787	$7,3651 \times 10^{-7}$	11,8137
	CO <sub>2</sub>	1209	$2,2637 \times 10^{-7}$	9,9602
6'	CH <sub>4</sub>	14393	$1,4536 \times 10^{-6}$	23,3160
	CO <sub>2</sub>	24671	$1,3705 \times 10^{-6}$	60,3011
12'	CH <sub>4</sub>	19446	$1,7410 \times 10^{-6}$	27,9265
	CO <sub>2</sub>	20119	$1,1485 \times 10^{-6}$	50,5342

Tabela 6.3.50 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	1868	$2,5850 \times 10^{-7}$	11,3742
3'	CH <sub>4</sub>	4031	$8,6416 \times 10^{-7}$	13,8613
	CO <sub>2</sub>	2141	$2,7182 \times 10^{-7}$	11,9600
6'	CH <sub>4</sub>	8187	$1,1006 \times 10^{-6}$	17,6533
	CO <sub>2</sub>	5893	$4,5478 \times 10^{-7}$	20,0104
12'	CH <sub>4</sub>	9135	$1,1545 \times 10^{-6}$	18,5183
	CO <sub>2</sub>	9113	$6,1180 \times 10^{-7}$	26,9200

Tabela 6.3.51 - P<sub>3</sub>(G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	1109	2,2150 x 10 <sup>-7</sup>	9,7457
3'	CH <sub>4</sub>	983	6,9078 x 10 <sup>-7</sup>	11,0801
	CO <sub>2</sub>	1179	2,2491 x 10 <sup>-7</sup>	9,8959
6'	CH <sub>4</sub>	1225	7,0454 x 10 <sup>-7</sup>	11,3009
	CO <sub>2</sub>	1891	2,5962 x 10 <sup>-7</sup>	11,4235
12'	CH <sub>4</sub>	9018	1,1478 x 10 <sup>-6</sup>	18,4116
	CO <sub>2</sub>	11564	7,3133 x 10 <sup>-7</sup>	32,1783

Tabela 6.3.52 - P<sub>4</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	277	6,4493 x 10 <sup>-7</sup>	10,3447
	CO <sub>2</sub>	725	2,0277 x 10 <sup>-7</sup>	8,9218
3'	CH <sub>4</sub>	199	6,4618 x 10 <sup>-7</sup>	10,3647
	CO <sub>2</sub>	1861	2,5816 x 10 <sup>-7</sup>	11,3592
6'	CH <sub>4</sub>	6778	1,0204 x 10 <sup>-6</sup>	16,3677
	CO <sub>2</sub>	7965	5,5582 x 10 <sup>-7</sup>	24,4561
12'	CH <sub>4</sub>	2979	8,0432 x 10 <sup>-7</sup>	12,9013
	CO <sub>2</sub>	4253	3,7481 x 10 <sup>-7</sup>	16,5000

Tabela 6.3.53 - P<sub>5</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	1202	2,2603 x 10 <sup>-7</sup>	9,9452
3'	CH <sub>4</sub>	984	6,9084 x 10 <sup>-7</sup>	11,0810
	CO <sub>2</sub>	1645	2,4763 x 10 <sup>-7</sup>	10,8957
6'	CH <sub>4</sub>	1018	6,9277 x 10 <sup>-7</sup>	11,0912
	CO <sub>2</sub>	1665	2,4861 x 10 <sup>-7</sup>	10,9386
12'	CH <sub>4</sub>	1212	7,0381 x 10 <sup>-7</sup>	11,2900
	CO <sub>2</sub>	1795	2,5495 x 10 <sup>-7</sup>	11,2176

Tabela 6.3.54 – Dissipador - Áreas cromatográficas medidas (**A**), número de moles(**n**) e massa (**m**,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	A	n	m ( $\mu\text{g}$ )
1	CH <sub>4</sub>	36998	$2,7395 \times 10^{-6}$	43,9417
	CO <sub>2</sub>	48590	$2,5369 \times 10^{-6}$	111,6225

### 6.3.4-D<sub>2</sub>) Aterro de Jaú – Segunda Campanha – Data: 02/10/2007.

Tabela 6.3.55 - AR Ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles(*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomadas	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	576	6,6763 x 10 <sup>-7</sup>	10,7087
	CO <sub>2</sub>	1995	2,6470 x 10 <sup>-7</sup>	11,6467
2	CH <sub>4</sub>	769	6,7861 x 10 <sup>-7</sup>	10,8848
	CO <sub>2</sub>	1076	2,1988 x 10 <sup>-7</sup>	9,6749

Tabela 6.3.56 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles(*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	297	1,8190 x 10 <sup>-7</sup>	8,0034
3'	CH <sub>4</sub>	69	6,5175 x 10 <sup>-7</sup>	10,4542
	CO <sub>2</sub>	344	1,8419 x 10 <sup>-7</sup>	8,1043
6'	CH <sub>4</sub>	987	6,9101 x 10 <sup>-7</sup>	11,0837
	CO <sub>2</sub>	551	1,9428 x 10 <sup>-7</sup>	8,5484
12'	CH <sub>4</sub>	793	6,7997 x 10 <sup>-7</sup>	10,9067
	CO <sub>2</sub>	1596	2,4524 x 10 <sup>-7</sup>	10,8000

Tabela 6.3.57 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	771	6,7872 x 10 <sup>-7</sup>	10,8866
	CO <sub>2</sub>	566	1,9501 x 10 <sup>-7</sup>	8,5806
3'	CH <sub>4</sub>	295	6,5164 x 10 <sup>-7</sup>	10,4523
	CO <sub>2</sub>	1245	2,2812 x 10 <sup>-7</sup>	10,0375
6'	CH <sub>4</sub>	2664	7,8640 x 10 <sup>-7</sup>	12,6140
	CO <sub>2</sub>	2643	2,9630 x 10 <sup>-7</sup>	13,0371
12'	CH <sub>4</sub>	1565	7,2389 x 10 <sup>-7</sup>	11,6111
	CO <sub>2</sub>	1122	2,2211 x 10 <sup>-7</sup>	9,7736

Tabela 6.3.58 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	123	1,7342 x 10 <sup>-7</sup>	7,6301
3'	CH <sub>4</sub>	572	6,6740 x 10 <sup>-7</sup>	10,7051
	CO <sub>2</sub>	619	1,9760 x 10 <sup>-7</sup>	8,7000
6'	CH <sub>4</sub>	2930	8,0153 x 10 <sup>-7</sup>	12,8566
	CO <sub>2</sub>	2258	2,7752 x 10 <sup>-7</sup>	12,2110
12'	CH <sub>4</sub>	2516	7,7798 x 10 <sup>-7</sup>	12,4789
	CO <sub>2</sub>	1459	2,3856 x 10 <sup>-7</sup>	10,5000

Tabela 6.1.3.59 - P<sub>4</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	109	6,4106 x 10 <sup>-7</sup>	10,2826
	CO <sub>2</sub>	162	1,7531 x 10 <sup>-7</sup>	7,7138
3'	CH <sub>4</sub>	347	6,5460 x 10 <sup>-7</sup>	10,5000
	CO <sub>2</sub>	294	1,8175 x 10 <sup>-7</sup>	7,9970
6'	CH <sub>4</sub>	1195	7,0284 x 10 <sup>-7</sup>	11,2735
	CO <sub>2</sub>	1769	2,5368 x 10 <sup>-7</sup>	11,1618
12'	CH <sub>4</sub>	2702	7,8856 x 10 <sup>-7</sup>	12,6486
	CO <sub>2</sub>	2719	3,0000 x 10 <sup>-7</sup>	13,2001

Tabela 6.3.60 - P<sub>5</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	22	1,6848 x 10 <sup>-7</sup>	7,4134
3'	CH <sub>4</sub>	804	6,8060 x 10 <sup>-7</sup>	10,9168
	CO <sub>2</sub>	453	1,8950 x 10 <sup>-7</sup>	8,3382
6'	CH <sub>4</sub>	1505	7,2048 x 10 <sup>-7</sup>	11,5564
	CO <sub>2</sub>	2294	2,7928 x 10 <sup>-7</sup>	12,2883
12'	CH <sub>4</sub>	479	6,6211 x 10 <sup>-7</sup>	10,6202
	CO <sub>2</sub>	1349	2,3320 x 10 <sup>-7</sup>	10,2606

Tabela 6.3.61 - P<sub>6</sub>(G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	157	$6,4380 \times 10^{-7}$	10,3264
	CO <sub>2</sub>	191	$1,7673 \times 10^{-7}$	7,7760
3'	CH <sub>4</sub>	2242	$7,6240 \times 10^{-7}$	12,2289
	CO <sub>2</sub>	1783	$2,5436 \times 10^{-7}$	11,1918
6'	CH <sub>4</sub>	2564	$7,8072 \times 10^{-7}$	12,5227
	CO <sub>2</sub>	2577	$2,9308 \times 10^{-7}$	12,8955
12'	CH <sub>4</sub>	2579	$7,8157 \times 10^{-7}$	12,5363
	CO <sub>2</sub>	1471	$2,3915 \times 10^{-7}$	10,5224

Tabela 6.3.62 - Dissipador – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	15831	$1,5354 \times 10^{-6}$	24,6280
	CO <sub>2</sub>	17911	$1,0408 \times 10^{-6}$	45,8000



6.3.5-E<sub>1</sub>) **Aterro de Ribeirão Bonito** – Primeira Campanha – Data: 16/11/2006.

Tabela 6.3.63 - AR ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	783	$6,7940 \times 10^{-7}$	10,9000
	CO <sub>2</sub>	891	$2,1086 \times 10^{-7}$	9,2780

Tabela 6.3.64 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1424	$7,1586 \times 10^{-7}$	11,4825
	CO <sub>2</sub>	984	$2,1540 \times 10^{-7}$	9,4800
3'	CH <sub>4</sub>	1442	$7,1690 \times 10^{-7}$	11,4990
	CO <sub>2</sub>	1389	$2,3515 \times 10^{-7}$	10,3465
6'	CH <sub>4</sub>	1438	$7,1666 \times 10^{-7}$	11,5000
	CO <sub>2</sub>	1570	$2,4398 \times 10^{-7}$	10,7349
12'	CH <sub>4</sub>	1156	$7,0062 \times 10^{-7}$	11,2380
	CO <sub>2</sub>	1539	$2,4246 \times 10^{-7}$	10,6683

Tabela 6.3.65 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	131	$6,4231 \times 10^{-7}$	10,3030
	CO <sub>2</sub>	120	$1,7326 \times 10^{-7}$	7,6236
3'	CH <sub>4</sub>	328	$6,5351 \times 10^{-7}$	10,4824
	CO <sub>2</sub>	421	$1,8794 \times 10^{-7}$	8,2695
6'	CH <sub>4</sub>	794	$6,8002 \times 10^{-7}$	10,9076
	CO <sub>2</sub>	983	$2,1534 \times 10^{-7}$	9,4754
12'	CH <sub>4</sub>	975	$6,9032 \times 10^{-7}$	11,0728
	CO <sub>2</sub>	1008	$2,1656 \times 10^{-7}$	9,5290

Tabela 6.3.66 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1316	$7,0972 \times 10^{-7}$	11,3840
	CO <sub>2</sub>	749	$2,0394 \times 10^{-7}$	8,9732
3'	CH <sub>4</sub>	1836	$7,3930 \times 10^{-7}$	11,8584
	CO <sub>2</sub>	1290	$2,3032 \times 10^{-7}$	10,1340
6'	CH <sub>4</sub>	1166	$7,0119 \times 10^{-7}$	11,2471
	CO <sub>2</sub>	1498	$2,4046 \times 10^{-7}$	10,5803
12'	CH <sub>4</sub>	1436	$7,1655 \times 10^{-7}$	11,5000
	CO <sub>2</sub>	1174	$2,2466 \times 10^{-7}$	9,8851

Tabela 6.3.67 - P<sub>4</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	97	$6,4037 \times 10^{-7}$	10,2717
	CO <sub>2</sub>	132	$1,7385 \times 10^{-7}$	7,6494
3'	CH <sub>4</sub>	231	$6,4800 \times 10^{-7}$	10,3940
	CO <sub>2</sub>	496	$1,9160 \times 10^{-7}$	8,4304
6'	CH <sub>4</sub>	798	$6,8025 \times 10^{-7}$	10,9113
	CO <sub>2</sub>	1028	$2,1754 \times 10^{-7}$	9,5719
12'	CH <sub>4</sub>	1282	$7,0778 \times 10^{-7}$	11,3530
	CO <sub>2</sub>	1673	$2,4899 \times 10^{-7}$	10,9558

Tabela 6.3.68 - P<sub>5</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	714	$6,7547 \times 10^{-7}$	10,8346
	CO <sub>2</sub>	895	$2,1105 \times 10^{-7}$	9,2865
3'	CH <sub>4</sub>	1085	$6,9658 \times 10^{-7}$	11,1732
	CO <sub>2</sub>	1294	$2,3051 \times 10^{-7}$	10,1426
6'	CH <sub>4</sub>	2196	$7,5978 \times 10^{-7}$	12,1869
	CO <sub>2</sub>	3048	$3,1604 \times 10^{-7}$	13,9060
12'	CH <sub>4</sub>	2365	$7,6939 \times 10^{-7}$	12,3411
	CO <sub>2</sub>	3119	$3,1950 \times 10^{-7}$	14,0584

6.3.5-E<sub>2</sub>) **Aterro de Ribeirão Bonito** – Segunda Campanha – Data: 01/10/2007.

Tabela 6.3.69 - AR ambiente - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
1	CH <sub>4</sub>	151	$6,4345 \times 10^{-7}$	10,3210
	CO <sub>2</sub>	1613	$2,4607 \times 10^{-7}$	10,8271

Tabela 6.3.70 - P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
0'	CH <sub>4</sub>	187	$6,4550 \times 10^{-7}$	10,3538
	CO <sub>2</sub>	1049	$2,1842 \times 10^{-7}$	9,6151
3'	CH <sub>4</sub>	239	$6,4845 \times 10^{-7}$	10,4012
	CO <sub>2</sub>	1377	$2,3456 \times 10^{-7}$	10,3207
6'	CH <sub>4</sub>	296	$6,5170 \times 10^{-7}$	10,4532
	CO <sub>2</sub>	3057	$3,1648 \times 10^{-7}$	13,9254
12'	CH <sub>4</sub>	874	$6,8452 \times 10^{-7}$	10,9797
	CO <sub>2</sub>	3311	$3,2887 \times 10^{-7}$	14,4704

Tabela 6.3.71 - P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
0'	CH <sub>4</sub>	150	$6,4340 \times 10^{-7}$	10,3200
	CO <sub>2</sub>	1089	$2,2052 \times 10^{-7}$	9,7028
3'	CH <sub>4</sub>	282	$6,5090 \times 10^{-7}$	10,4405
	CO <sub>2</sub>	1021	$2,1720 \times 10^{-7}$	9,5569
6'	CH <sub>4</sub>	235	$6,4823 \times 10^{-7}$	10,4000
	CO <sub>2</sub>	967	$2,1457 \times 10^{-7}$	9,4410
12'	CH <sub>4</sub>	114	$6,4134 \times 10^{-7}$	10,2872
	CO <sub>2</sub>	2505	$2,8957 \times 10^{-7}$	12,7410

Tabela 6.3.72 - P<sub>3</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	M (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	509	$6,6381 \times 10^{-7}$	10,6478
	CO <sub>2</sub>	972	$2,1481 \times 10^{-7}$	9,4517
3'	CH <sub>4</sub>	4112	$8,6878 \times 10^{-7}$	13,9351
	CO <sub>2</sub>	2092	$2,6942 \times 10^{-7}$	11,8548
6'	CH <sub>4</sub>	16231	$1,5581 \times 10^{-6}$	24,9930
	CO <sub>2</sub>	14783	$8,8830 \times 10^{-7}$	39,0851
12'	CH <sub>4</sub>	9339	$1,1661 \times 10^{-6}$	18,7045
	CO <sub>2</sub>	7671	$5,4148 \times 10^{-7}$	23,8253

Tabela 6.3.73 - P<sub>4</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	176	$6,4487 \times 10^{-7}$	10,3438
	CO <sub>2</sub>	668	$2,0000 \times 10^{-7}$	8,7995
3'	CH <sub>4</sub>	627	$6,7053 \times 10^{-7}$	10,7553
	CO <sub>2</sub>	2909	$3,0927 \times 10^{-7}$	13,6078
6'	CH <sub>4</sub>	981	$6,9066 \times 10^{-7}$	11,0783
	CO <sub>2</sub>	2110	$2,7030 \times 10^{-7}$	11,8935
12'	CH <sub>4</sub>	1165	$7,0113 \times 10^{-7}$	11,2462
	CO <sub>2</sub>	2181	$2,7377 \times 10^{-7}$	12,0458

Tabela 6.3.74 - P<sub>5</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	979	$2,1515 \times 10^{-7}$	9,4668
3'	CH <sub>4</sub>	950	$6,9000 \times 10^{-7}$	11,0515
	CO <sub>2</sub>	1471	$2,4000 \times 10^{-7}$	10,5224
6'	CH <sub>4</sub>	2282	$7,6467 \times 10^{-7}$	12,2654
	CO <sub>2</sub>	172	$1,7580 \times 10^{-7}$	7,7352
12'	CH <sub>4</sub>	1741	$7,3390 \times 10^{-7}$	11,7718
	CO <sub>2</sub>	152	$1,7482 \times 10^{-7}$	7,7000

Tabela 6.3.75 - P<sub>6</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	-	-	-
	CO <sub>2</sub>	-	-	-
3'	CH <sub>4</sub>	115	6,4140 x 10 <sup>-7</sup>	10,2881
	CO <sub>2</sub>	320	1,8302 x 10 <sup>-7</sup>	8,0528
6'	CH <sub>4</sub>	679	6,7348 x 10 <sup>-7</sup>	10,8003
	CO <sub>2</sub>	2821	3,0498 x 10 <sup>-7</sup>	13,4190
12'	CH <sub>4</sub>	2201	7,6006 x 10 <sup>-7</sup>	12,1915
	CO <sub>2</sub>	6715	4,9486 x 10 <sup>-7</sup>	21,7741

6.3.6-F<sub>1</sub>) **Aterro de Ribeirão Preto** – Primeira Campanha – Data: 23/11/2006.

Tabela 6.3.76 – AR ambiente – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	674	6,7320 x 10 <sup>-7</sup>	10,8000
	CO <sub>2</sub>	969	2,1466 x 10 <sup>-7</sup>	9,4453

Tabela 6.3.77 – P<sub>1</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	195	1,7692 x 10 <sup>-7</sup>	7,7846
3'	CH <sub>4</sub>	806	6,4596 x 10 <sup>-7</sup>	10,3611
	CO <sub>2</sub>	389	1,8638 x 10 <sup>-7</sup>	8,2008
6'	CH <sub>4</sub>	7947	1,0870 x 10 <sup>-6</sup>	17,4343
	CO <sub>2</sub>	4189	3,7169 x 10 <sup>-7</sup>	16,3542
12'	CH <sub>4</sub>	2972	8,0392 x 10 <sup>-7</sup>	12,9000
	CO <sub>2</sub>	6951	5,0637 x 10 <sup>-7</sup>	22,2805

Tabela 6.3.78 – P<sub>2</sub> (p) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	403	6,5778 x 10 <sup>-7</sup>	10,5509
	CO <sub>2</sub>	887	2,1067 x 10 <sup>-7</sup>	9,2693
3'	CH <sub>4</sub>	904	6,8631 x 10 <sup>-7</sup>	10,9925
	CO <sub>2</sub>	1559	2,4343 x 10 <sup>-7</sup>	10,7112
6'	CH <sub>4</sub>	1287	7,0807 x 10 <sup>-7</sup>	11,3575
	CO <sub>2</sub>	1363	2,3388 x 10 <sup>-7</sup>	10,3000
12'	CH <sub>4</sub>	1578	7,2462 x 10 <sup>-7</sup>	11,6230
	CO <sub>2</sub>	3459	3,3609 x 10 <sup>-7</sup>	14,7880

Tabela 6.3.79 – P<sub>3</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1439	$7,1671 \times 10^{-7}$	11,4962
	CO <sub>2</sub>	2418	$2,8532 \times 10^{-7}$	12,5543
3'	CH <sub>4</sub>	1116	$6,9834 \times 10^{-7}$	11,2015
	CO <sub>2</sub>	3928	$3,5896 \times 10^{-7}$	15,8000
6'	CH <sub>4</sub>	659	$6,7235 \times 10^{-7}$	10,7845
	CO <sub>2</sub>	4145	$3,6954 \times 10^{-7}$	16,2600
12'	CH <sub>4</sub>	608	$6,6945 \times 10^{-7}$	10,7380
	CO <sub>2</sub>	2187	$2,7406 \times 10^{-7}$	12,0600

Tabela 6.3.80 – P<sub>4</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	793	$6,7997 \times 10^{-7}$	10,9067
	CO <sub>2</sub>	893	$2,1096 \times 10^{-7}$	9,2822
3'	CH <sub>4</sub>	209	$6,4675 \times 10^{-7}$	10,3739
	CO <sub>2</sub>	1312	$2,3140 \times 10^{-7}$	10,1812
6'	CH <sub>4</sub>	5349	$9,3743 \times 10^{-7}$	15,0364
	CO <sub>2</sub>	6419	$4,8043 \times 10^{-7}$	21,1390
12'	CH <sub>4</sub>	4131	$8,6985 \times 10^{-7}$	13,9525
	CO <sub>2</sub>	6893	$5,0354 \times 10^{-7}$	22,1560

Tabela 6.3.81 – P<sub>5</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	394	$1,8662 \times 10^{-7}$	8,2115
3'	CH <sub>4</sub>	7719	$1,0740 \times 10^{-6}$	17,2245
	CO <sub>2</sub>	8418	$5,7791 \times 10^{-7}$	25,4281
6'	CH <sub>4</sub>	8489	$1,1177 \times 10^{-6}$	17,9289
	CO <sub>2</sub>	9656	$6,3828 \times 10^{-7}$	28,0844
12'	CH <sub>4</sub>	8995	$1,1465 \times 10^{-6}$	18,4000
	CO <sub>2</sub>	9945	$6,5237 \times 10^{-7}$	28,7045



Tabela 6.3.82 – Dissipadores 1, 2 e 3. – Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Drenos	Gás	<i>A</i>	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	135448	8,3399 x 10 <sup>-6</sup>	133,7715
	CO <sub>2</sub>	141624	7,0736 x 10 <sup>-6</sup>	311,2400
2	CH <sub>4</sub>	131474	8,1138 x 10 <sup>-6</sup>	130,1455
	CO <sub>2</sub>	141393	7,0623 x 10 <sup>-6</sup>	310,7438
3	CH <sub>4</sub>	243481	1,4485 x 10 <sup>-5</sup>	232,3453
	CO <sub>2</sub>	243296	1,2031 x 10 <sup>-5</sup>	529,3903

6.3.6-F<sub>2</sub>) Aterro de Ribeirão Preto – Segunda Campanha – data: 03/10/2007.

Tabela 6.3.83 – AR ambiente – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	105	$6,4083 \times 10^{-7}$	10,2790
	CO <sub>2</sub>	287	$1,8141 \times 10^{-7}$	7,9820
2	CH <sub>4</sub>	85	$6,3970 \times 10^{-7}$	10,2607
	CO <sub>2</sub>	99	$1,7224 \times 10^{-7}$	7,5786

Tabela 6.3.84 – P<sub>1</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	54	$6,3793 \times 10^{-7}$	6,3793
	CO <sub>2</sub>	714	$2,0223 \times 10^{-7}$	8,9000
3'	CH <sub>4</sub>	206	$6,4658 \times 10^{-7}$	10,3711
	CO <sub>2</sub>	365	$1,8521 \times 10^{-7}$	8,1500
6'	CH <sub>4</sub>	2456	$7,7457 \times 10^{-7}$	12,4241
	CO <sub>2</sub>	4193	$3,7188 \times 10^{-7}$	16,3628
12'	CH <sub>4</sub>	2941	$8,0216 \times 10^{-7}$	12,8666
	CO <sub>2</sub>	4386	$3,8130 \times 10^{-7}$	16,7770

Tabela 6.3.85 – P<sub>2</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	196	$6,4601 \times 10^{-7}$	10,3620
	CO <sub>2</sub>	248	$1,7950 \times 10^{-7}$	7,9000
3'	CH <sub>4</sub>	294	$6,5158 \times 10^{-7}$	10,4514
	CO <sub>2</sub>	347	$1,8433 \times 10^{-7}$	8,1107
6'	CH <sub>4</sub>	2637	$7,8486 \times 10^{-7}$	12,5893
	CO <sub>2</sub>	3889	$3,5706 \times 10^{-7}$	15,7105
12'	CH <sub>4</sub>	7511	$1,0621 \times 10^{-6}$	17,0365
	CO <sub>2</sub>	8084	$5,6162 \times 10^{-7}$	24,7115

Tabela 6.3.86 – P<sub>3</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	2614	$7,8356 \times 10^{-7}$	12,5683
	CO <sub>2</sub>	3844	$3,5483 \times 10^{-7}$	15,6140
3'	CH <sub>4</sub>	2618	$7,8379 \times 10^{-7}$	12,5720
	CO <sub>2</sub>	4338	$3,7895 \times 10^{-7}$	16,6740
6'	CH <sub>4</sub>	4594	$8,9620 \times 10^{-7}$	14,3750
	CO <sub>2</sub>	5450	$4,3318 \times 10^{-7}$	19,0600
12'	CH <sub>4</sub>	3345	$8,2514 \times 10^{-7}$	13,2353
	CO <sub>2</sub>	4123	$3,6847 \times 10^{-7}$	16,2126

Tabela 6.3.87 – P<sub>4</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	624	$6,7036 \times 10^{-7}$	10,7526
	CO <sub>2</sub>	1479	$2,3953 \times 10^{-7}$	10,5396
3'	CH <sub>4</sub>	485	$6,6245 \times 10^{-7}$	10,6258
	CO <sub>2</sub>	1422	$2,3675 \times 10^{-7}$	10,4173
6'	CH <sub>4</sub>	18426	$1,6830 \times 10^{-6}$	27,0000
	CO <sub>2</sub>	19881	$1,1369 \times 10^{-6}$	50,0235
12'	CH <sub>4</sub>	15845	$1,5362 \times 10^{-6}$	24,6408
	CO <sub>2</sub>	16699	$9,8173 \times 10^{-7}$	43,2000

Tabela 6.3.88 – P<sub>5</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	307	$6,5232 \times 10^{-7}$	10,4633
	CO <sub>2</sub>	281	$1,8111 \times 10^{-7}$	7,0691
3'	CH <sub>4</sub>	524	$6,6467 \times 10^{-7}$	10,6613
	CO <sub>2</sub>	1545	$2,4275 \times 10^{-7}$	10,6812
6'	CH <sub>4</sub>	16806	$1,5909 \times 10^{-6}$	25,5200
	CO <sub>2</sub>	18948	$1,0914 \times 10^{-6}$	48,0216
12'	CH <sub>4</sub>	15513	$1,5173 \times 10^{-6}$	24,3400
	CO <sub>2</sub>	16629	$9,7836 \times 10^{-7}$	43,0460

Tabela 6.3.89 - P<sub>6</sub> (G) - Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	270	$6,5022 \times 10^{-7}$	10,4295
	CO <sub>2</sub>	393	$1,8658 \times 10^{-7}$	8,2095
3'	CH <sub>4</sub>	3617	$8,4061 \times 10^{-7}$	13,4835
	CO <sub>2</sub>	4698	$3,9651 \times 10^{-7}$	17,4464
6'	CH <sub>4</sub>	8668	$1,1280 \times 10^{-6}$	18,1000
	CO <sub>2</sub>	9327	$6,2224 \times 10^{-7}$	27,3785
12'	CH <sub>4</sub>	581	$6,6791 \times 10^{-7}$	10,7133
	CO <sub>2</sub>	1451	$2,3817 \times 10^{-7}$	10,4800

Tabela 6.3.90 – P<sub>7</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	922	$6,8731 \times 10^{-7}$	11,0244
	CO <sub>2</sub>	1918	$2,6094 \times 10^{-7}$	11,4815
3'	CH <sub>4</sub>	2433	$7,7326 \times 10^{-7}$	12,4031
	CO <sub>2</sub>	4119	$3,6827 \times 10^{-7}$	16,2040
6'	CH <sub>4</sub>	5349	$9,3914 \times 10^{-7}$	15,0638
	CO <sub>2</sub>	6419	$4,8043 \times 10^{-7}$	21,1400
12'	CH <sub>4</sub>	4990	$9,1872 \times 10^{-7}$	14,7363
	CO <sub>2</sub>	4934	$4,0801 \times 10^{-7}$	17,9527

Tabela 6.3.91 – P<sub>8</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	185	$6,4538 \times 10^{-7}$	10,3520
	CO <sub>2</sub>	442	$1,8897 \times 10^{-7}$	8,3146
3'	CH <sub>4</sub>	261	$6,4971 \times 10^{-7}$	10,4213
	CO <sub>2</sub>	549	$1,9418 \times 10^{-7}$	8,5442
6'	CH <sub>4</sub>	177	$6,4493 \times 10^{-7}$	10,3446
	CO <sub>2</sub>	1265	$2,2910 \times 10^{-7}$	10,0804
12'	CH <sub>4</sub>	2345	$7,6826 \times 10^{-7}$	12,3230
	CO <sub>2</sub>	1938	$2,6192 \times 10^{-7}$	11,5244

Tabela 6.3.92 – Dissipadores 1, 2, 3 e 4 – Áreas cromatográficas medidas ( $A$ ), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	$A$	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
1	CH <sub>4</sub>	133861	$8,2496 \times 10^{-6}$	132,3235
	CO <sub>2</sub>	127517	$6,3857 \times 10^{-6}$	280,9800
2	CH <sub>4</sub>	166912	$1,0130 \times 10^{-5}$	162,4806
	CO <sub>2</sub>	159338	$7,9374 \times 10^{-6}$	349,2472
3	CH <sub>4</sub>	168797	$1,0237 \times 10^{-5}$	164,2006
	CO <sub>2</sub>	164650	$8,1965 \times 10^{-6}$	360,6449
4	CH <sub>4</sub>	57766	$3,9210 \times 10^{-6}$	62,9000
	CO <sub>2</sub>	58528	$3,0215 \times 10^{-6}$	132,9459

6.3.7-G<sub>1</sub>) Aterro de São Carlos – Primeira Campanha - Data 13/11/2006.

Tabela 6.3.93 – AR ambiente – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	606	$6,6933 \times 10^{-7}$	10,7361
	CO <sub>2</sub>	997	$2,1603 \times 10^{-7}$	9,5054

Tabela 6.3.94 – P<sub>1</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1196	$7,0290 \times 10^{-7}$	11,2744
	CO <sub>2</sub>	2769	$3,0244 \times 10^{-7}$	13,3074
3'	CH <sub>4</sub>	4975	$9,1786 \times 10^{-7}$	14,7226
	CO <sub>2</sub>	6298	$4,7453 \times 10^{-7}$	20,8800
6'	CH <sub>4</sub>	9625	$1,1824 \times 10^{-6}$	18,9654
	CO <sub>2</sub>	8646	$5,8903 \times 10^{-7}$	25,9173
12'	CH <sub>4</sub>	16545	$1,5760 \times 10^{-6}$	25,2800
	CO <sub>2</sub>	17896	$1,0400 \times 10^{-6}$	45,7644

Tabela 6.3.95 – P<sub>2</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
3'	CH <sub>4</sub>	974	$6,9027 \times 10^{-7}$	11,0719
	CO <sub>2</sub>	1842	$2,5724 \times 10^{-7}$	11,3184
6'	CH <sub>4</sub>	1020	$6,9288 \times 10^{-7}$	11,1138
	CO <sub>2</sub>	1834	$2,5684 \times 10^{-7}$	11,3513
12'	CH <sub>4</sub>	3961	$8,6018 \times 10^{-7}$	13,7974
	CO <sub>2</sub>	5840	$4,5220 \times 10^{-7}$	19,8967

Tabela 6.3.96 – P<sub>3</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	508	$6,6376 \times 10^{-7}$	10,6467
	CO <sub>2</sub>	1461	$2,3865 \times 10^{-7}$	10,5010
3'	CH <sub>4</sub>	871	$6,8441 \times 10^{-7}$	10,9780
	CO <sub>2</sub>	986	$2,1549 \times 10^{-7}$	9,4818
6'	CH <sub>4</sub>	980	$6,9061 \times 10^{-7}$	11,0774
	CO <sub>2</sub>	1965	$2,6323 \times 10^{-7}$	11,5824
12'	CH <sub>4</sub>	11454	$1,2864 \times 10^{-6}$	20,6343
	CO <sub>2</sub>	14373	$8,6830 \times 10^{-7}$	38,2054

Tabela 6.3.97 – P<sub>4</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	0	0	0
3'	CH <sub>4</sub>	762	$6,7821 \times 10^{-7}$	10,8785
	CO <sub>2</sub>	1415	$2,3641 \times 10^{-7}$	10,4022
6'	CH <sub>4</sub>	1086	$6,9664 \times 10^{-7}$	11,1741
	CO <sub>2</sub>	1278	$2,2973 \times 10^{-7}$	10,7183
12'	CH <sub>4</sub>	986	$6,4043 \times 10^{-7}$	11,2726
	CO <sub>2</sub>	1588	$2,4485 \times 10^{-7}$	10,7735

Tabela 6.3.98 – Dissipadores 1, 2 e 3 – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	A	n	m (µg)
1	CH <sub>4</sub>	252417	$1,4994 \times 10^{-5}$	240,5000
	CO <sub>2</sub>	253329	$1,2521 \times 10^{-5}$	550,9175
2	CH <sub>4</sub>	228347	$1,3625 \times 10^{-5}$	218,5364
	CO <sub>2</sub>	287638	$1,4194 \times 10^{-5}$	624,5320
3	CH <sub>4</sub>	25267	$2,0722 \times 10^{-6}$	33,2379
	CO <sub>2</sub>	27979	$1,5318 \times 10^{-6}$	67,4000



6.3.7-G<sub>2</sub>) Aterro de São Carlos – Segunda Campanha - Data 01/10/2007

Tabela 6.3.99 – AR ambiente – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	859	$6,8372 \times 10^{-7}$	10,9670
	CO <sub>2</sub>	1200	$2,2594 \times 10^{-7}$	9,9410

Tabela 6.3.100 – P<sub>1</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	34	$6,3680 \times 10^{-7}$	10,2142
	CO <sub>2</sub>	1523	$2,4168 \times 10^{-7}$	10,6340
3'	CH <sub>4</sub>	1701	$7,3162 \times 10^{-7}$	11,7352
	CO <sub>2</sub>	3764	$3,5096 \times 10^{-7}$	15,4423
6'	CH <sub>4</sub>	13175	$1,3843 \times 10^{-6}$	22,2046
	CO <sub>2</sub>	14518	$8,7537 \times 10^{-7}$	38,5165
12'	CH <sub>4</sub>	3532	$8,3578 \times 10^{-7}$	13,4060
	CO <sub>2</sub>	5895	$4,5488 \times 10^{-7}$	20,0147

Tabela 6.3.101 – P<sub>2</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	358	$6,5522 \times 10^{-7}$	10,5100
	CO <sub>2</sub>	769	$2,0491 \times 10^{-7}$	9,0162
3'	CH <sub>4</sub>	192	$6,4578 \times 10^{-7}$	10,3584
	CO <sub>2</sub>	5594	$4,4020 \times 10^{-7}$	19,3690
6'	CH <sub>4</sub>	19446	$1,7410 \times 10^{-6}$	27,9265
	CO <sub>2</sub>	20119	$1,1485 \times 10^{-6}$	50,5342
12'	CH <sub>4</sub>	754	$6,7775 \times 10^{-7}$	10,8711
	CO <sub>2</sub>	2641	$2,9620 \times 10^{-7}$	13,0330

Tabela 6.3.102 – P<sub>3</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1089	$6,9680 \times 10^{-7}$	11,1800
	CO <sub>2</sub>	6217	$4,7058 \times 10^{-7}$	20,7056
3'	CH <sub>4</sub>	1369	$7,1273 \times 10^{-7}$	11,4323
	CO <sub>2</sub>	3349	$3,3072 \times 10^{-7}$	14,5520
6'	CH <sub>4</sub>	5945	$9,7304 \times 10^{-7}$	15,6076
	CO <sub>2</sub>	8997	$6,0614 \times 10^{-7}$	26,6704
12'	CH <sub>4</sub>	16244	$1,5590 \times 10^{-6}$	25,0049
	CO <sub>2</sub>	18935	$1,0907 \times 10^{-6}$	47,9937

Tabela 6.3.103 – P<sub>4</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	121	$6,4174 \times 10^{-7}$	10,3000
	CO <sub>2</sub>	1755	$2,5300 \times 10^{-7}$	11,1318
3'	CH <sub>4</sub>	2007	$7,4903 \times 10^{-7}$	12,0144
	CO <sub>2</sub>	3559	$3,4096 \times 10^{-7}$	15,0025
6'	CH <sub>4</sub>	7095	$1,0384 \times 10^{-6}$	16,6570
	CO <sub>2</sub>	12213	$7,6297 \times 10^{-7}$	33,5708
12'	CH <sub>4</sub>	696	$6,7445 \times 10^{-7}$	10,8182
	CO <sub>2</sub>	3848	$3,5506 \times 10^{-7}$	15,6226

Tabela 6.3.104 – P<sub>5</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	8	$6,3531 \times 10^{-7}$	10,1905
	CO <sub>2</sub>	29	$1,6882 \times 10^{-7}$	7,4284
3'	CH <sub>4</sub>	1037	$6,9385 \times 10^{-7}$	11,1294
	CO <sub>2</sub>	2467	$2,8771 \times 10^{-7}$	12,6595
6'	CH <sub>4</sub>	2259	$7,6336 \times 10^{-7}$	12,2444
	CO <sub>2</sub>	2849	$3,0634 \times 10^{-7}$	13,4800
12'	CH <sub>4</sub>	2017	$7,4960 \times 10^{-7}$	12,3236
	CO <sub>2</sub>	3244	$3,2560 \times 10^{-7}$	14,3266

Tabela 6.3.105 – Dissipadores 1, 2 e 3. – Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	<i>A</i>	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	262895	1,5590 x 10 <sup>-5</sup>	250,0600
	CO <sub>2</sub>	261196	1,2904 x 10 <sup>-5</sup>	567,8000
2	CH <sub>4</sub>	187183	1,1282 x 10 <sup>-5</sup>	180,9767
	CO <sub>2</sub>	192876	9,5728 x 10 <sup>-6</sup>	421,2075
3	CH <sub>4</sub>	109977	6,8910 x 10 <sup>-6</sup>	110,5307
	CO <sub>2</sub>	117673	5,9056 x 10 <sup>-6</sup>	259,8494

6.3.8-H) **Aterro Bandeirantes** (Capital) – Campanha Única – Data: 26/09/2007.

Tabela 6.3.106 – AR ambiente – Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tomada	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
1	CH <sub>4</sub>	387	$6,5687 \times 10^{-7}$	10,5363
	CO <sub>2</sub>	2494	$2,8903 \times 10^{-7}$	12,7174
2	CH <sub>4</sub>	289	$5,5130 \times 10^{-7}$	10,4469
	CO <sub>2</sub>	958	$2,1413 \times 10^{-7}$	9,4217

Tabela 6.3.107 – P<sub>1</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (mg)
0'	CH <sub>4</sub>	605	$6,6927 \times 10^{-7}$	10,7352
	CO <sub>2</sub>	873	$2,0998 \times 10^{-7}$	9,2393
3'	CH <sub>4</sub>	751	$6,7758 \times 10^{-7}$	10,8684
	CO <sub>2</sub>	1371	$2,3426 \times 10^{-7}$	10,3078
6'	CH <sub>4</sub>	4823	$9,0922 \times 10^{-7}$	14,5839
	CO <sub>2</sub>	8759	$5,9454 \times 10^{-7}$	26,1600
12'	CH <sub>4</sub>	14597	$1,4652 \times 10^{-6}$	23,5021
	CO <sub>2</sub>	17978	$1,0441 \times 10^{-6}$	45,9404

Tabela 6.3.108 – P<sub>2</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (*A*), número de moles (*n*) e massa (*m*, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	<i>n</i>	<i>m</i> (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1013	$6,9249 \times 10^{-7}$	11,1075
	CO <sub>2</sub>	1554	$2,4319 \times 10^{-7}$	10,7005
3'	CH <sub>4</sub>	1481	$7,1911 \times 10^{-7}$	11,5345
	CO <sub>2</sub>	1387	$2,3505 \times 10^{-7}$	10,3422
6'	CH <sub>4</sub>	15399	$1,5108 \times 10^{-6}$	24,2339
	CO <sub>2</sub>	13209	$8,1154 \times 10^{-7}$	35,7078
12'	CH <sub>4</sub>	33369	$2,5331 \times 10^{-6}$	40,6304
	CO <sub>2</sub>	28614	$1,5627 \times 10^{-6}$	68,7613

Tabela 6.3.109 – P<sub>3</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	-	-	-
	CO <sub>2</sub>	-	-	-
3'	CH <sub>4</sub>	5444	9,4454 x 10 <sup>-7</sup>	15,1505
	CO <sub>2</sub>	11329	7,1986 x 10 <sup>-7</sup>	31,6741
6'	CH <sub>4</sub>	82464	5,3258 x 10 <sup>-6</sup>	85,4267
	CO <sub>2</sub>	74990	3,8243 x 10 <sup>-6</sup>	168,2673
12'	CH <sub>4</sub>	27771	2,2146 x 10 <sup>-6</sup>	45,1467
	CO <sub>2</sub>	24904	1,3751 x 10 <sup>-6</sup>	60,5098

Tabela 6.3.110 – P<sub>4</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1003	6,9191 x 10 <sup>-7</sup>	11,0983
	CO <sub>2</sub>	2206	2,7498 x 10 <sup>-7</sup>	12,0994
3'	CH <sub>4</sub>	2261	7,6348 x 10 <sup>-7</sup>	12,2462
	CO <sub>2</sub>	3112	3,1916 x 10 <sup>-7</sup>	14,0434
6'	CH <sub>4</sub>	996	6,9152 x 10 <sup>-7</sup>	11,0920
	CO <sub>2</sub>	5236	4,2274 x 10 <sup>-7</sup>	18,6007
12'	CH <sub>4</sub>	26396	2,1364 x 10 <sup>-6</sup>	34,2680
	CO <sub>2</sub>	25169	1,3947 x 10 <sup>-6</sup>	61,3696

Tabela 6.3.111 – P<sub>5</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	902	6,8617 x 10 <sup>-7</sup>	11,0062
	CO <sub>2</sub>	2993	3,1336 x 10 <sup>-7</sup>	13,7900
3'	CH <sub>4</sub>	1017	6,9271 x 10 <sup>-7</sup>	11,1111
	CO <sub>2</sub>	2166	2,7303 x 10 <sup>-7</sup>	12,0136
6'	CH <sub>4</sub>	29988	2,3407 x 10 <sup>-6</sup>	37,5455
	CO <sub>2</sub>	27965	1,5311 x 10 <sup>-6</sup>	67,3688
12'	CH <sub>4</sub>	26827	2,1609 x 10 <sup>-6</sup>	34,6612
	CO <sub>2</sub>	24850	1,3792 x 10 <sup>-6</sup>	60,6852

Tabela 6.3.112 – P<sub>6</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	748	6,7741 x 10 <sup>-7</sup>	10,8657
	CO <sub>2</sub>	1622	2,4651 x 10 <sup>-7</sup>	10,8464
3'	CH <sub>4</sub>	20204	1,7841 x 10 <sup>-6</sup>	28,6181
	CO <sub>2</sub>	18343	1,0619 x 10 <sup>-6</sup>	46,7235
6'	CH <sub>4</sub>	25649	2,0940 x 10 <sup>-6</sup>	33,5864
	CO <sub>2</sub>	29889	1,6250 x 10 <sup>-6</sup>	71,4970
12'	CH <sub>4</sub>	14659	1,4687 x 10 <sup>-6</sup>	23,5586
	CO <sub>2</sub>	13851	8,4285 x 10 <sup>-7</sup>	37,0853

Tabela 6.3.113 – P<sub>7</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	800	6,8037 x 10 <sup>-7</sup>	10,9131
	CO <sub>2</sub>	1267	2,2920 x 10 <sup>-7</sup>	10,0847
3'	CH <sub>4</sub>	19639	1,7520 x 10 <sup>-6</sup>	28,1026
	CO <sub>2</sub>	17844	1,0375 x 10 <sup>-6</sup>	45,2130
6'	CH <sub>4</sub>	37491	2,7675 x 10 <sup>-6</sup>	44,3915
	CO <sub>2</sub>	33450	1,7985 x 10 <sup>-6</sup>	79,1376
12'	CH <sub>4</sub>	1198	7,0301 x 10 <sup>-7</sup>	11,2763
	CO <sub>2</sub>	1917	2,6089 x 10 <sup>-7</sup>	11,4793

Tabela 6.3.114 – P<sub>8</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	507	6,6370 x 10 <sup>-7</sup>	10,6458
	CO <sub>2</sub>	1130	2,2251 x 10 <sup>-7</sup>	9,7907
3'	CH <sub>4</sub>	674	6,7320 x 10 <sup>-7</sup>	10,7982
	CO <sub>2</sub>	1693	2,4997 x 10 <sup>-7</sup>	10,9987
6'	CH <sub>4</sub>	15846	1,5362 x 10 <sup>-6</sup>	24,6417
	CO <sub>2</sub>	15385	9,1765 x 10 <sup>-7</sup>	40,3767
12'	CH <sub>4</sub>	2014	7,4943 x 10 <sup>-7</sup>	12,0208
	CO <sub>2</sub>	1485	2,3983 x 10 <sup>-7</sup>	10,5524

Tabela 6.3.115 – P<sub>9</sub> (p) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	904	6,8628 x 10 <sup>-7</sup>	11,0080
	CO <sub>2</sub>	1406	2,3597 x 10 <sup>-7</sup>	10,3830
3'	CH <sub>4</sub>	8656	1,1272 x 10 <sup>-6</sup>	18,0813
	CO <sub>2</sub>	8890	6,0093 x 10 <sup>-7</sup>	26,4408
6'	CH <sub>4</sub>	9502	1,1754 x 10 <sup>-6</sup>	18,8532
	CO <sub>2</sub>	9268	6,1936 x 10 <sup>-7</sup>	27,2519
12'	CH <sub>4</sub>	15293	1,5048 x 10 <sup>-6</sup>	24,1371
	CO <sub>2</sub>	14855	8,9181 x 10 <sup>-7</sup>	39,2395

Tabela 6.3.116 – P<sub>10</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	1056	6,9493 x 10 <sup>-7</sup>	11,1467
	CO <sub>2</sub>	1697	2,5016 x 10 <sup>-7</sup>	11,0073
3'	CH <sub>4</sub>	3151	8,1410 x 10 <sup>-7</sup>	13,0583
	CO <sub>2</sub>	3253	3,2604 x 10 <sup>-7</sup>	14,3460
6'	CH <sub>4</sub>	33282	2,5282 x 10 <sup>-6</sup>	40,5510
	CO <sub>2</sub>	31066	1,6823 x 10 <sup>-6</sup>	74,0224
12'	CH <sub>4</sub>	8656	1,1273 x 10 <sup>-6</sup>	18,0813
	CO <sub>2</sub>	8669	5,9015 x 10 <sup>-7</sup>	25,9666

Tabela 6.3.117 – P<sub>11</sub> (G) – Áreas cromatográficas medidas (A), número de moles (n) e massa (m, µg) de cada gás, correspondentes:

Tempo	Gás	A	n	m (µg)
0'	CH <sub>4</sub>	708	6,7513 x 10 <sup>-7</sup>	10,8292
	CO <sub>2</sub>	1569	2,4392 x 10 <sup>-7</sup>	10,7326
3'	CH <sub>4</sub>	873	6,8452 x 10 <sup>-7</sup>	10,9797
	CO <sub>2</sub>	2824	3,0512 x 10 <sup>-7</sup>	13,4254
6'	CH <sub>4</sub>	665	6,7270 x 10 <sup>-7</sup>	10,7900
	CO <sub>2</sub>	3323	3,2945 x 10 <sup>-7</sup>	14,4961
12'	CH <sub>4</sub>	6491	1,0041 x 10 <sup>-6</sup>	16,1058
	CO <sub>2</sub>	13732	8,3704 x 10 <sup>-7</sup>	36,8300

Tabela 6.3.118 – Dissipadores 1, 2, 3 e 4 – Áreas cromatográficas medidas ( $A$ ), número de moles ( $n$ ) e massa ( $m$ ,  $\mu\text{g}$ ) de cada gás, correspondentes:

Dreno	Gás	$A$	$n$	$m$ ( $\mu\text{g}$ )
1	CH <sub>4</sub>	165632	$1,0056 \times 10^{-5}$	161,3127
	CO <sub>2</sub>	153157	$7,6360 \times 10^{-6}$	335,9850
2	CH <sub>4</sub>	170184	$1,0315 \times 10^{-5}$	165,4662
	CO <sub>2</sub>	155354	$7,7432 \times 10^{-6}$	340,7000
3	CH <sub>4</sub>	207529	$1,2440 \times 10^{-5}$	199,5412
	CO <sub>2</sub>	189889	$9,4272 \times 10^{-6}$	414,8000
4	CH <sub>4</sub>	173983	$1,0531 \times 10^{-5}$	168,9325
	CO <sub>2</sub>	159199	$7,9306 \times 10^{-6}$	348,9500



#### 6.4. Cálculos da concentração de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ambiente dos aterros.

Os cálculos para a concentração do metano e do dióxido de carbono, medida em *ppm*, no ambiente dos aterros, foram feitos a partir de amostras de 30 mL coletadas do ar ambiente do aterro, geralmente, em ponto centralizado da área total do aterro, a aproximadamente, 1,5 metro de altura do solo, com anotação das condições ambientais do aterro (temperatura ambiente e do solo e pressão atmosférica).

Nos itens 6.4.1A a H, desta sessão, foram mostrados os procedimentos dos cálculos para medição das concentrações de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, tomando por base os parâmetros: temperatura ambiente média do aterro [T<sub>amb</sub>(M)(At)], no dia da coleta, a partir de várias tomadas durante o decorrer da coleta; pressão atmosférica do ambiente do aterro [P<sub>atm</sub>(Amb)] e o número de moles obtido da análise cromatográfica para metano(*n*<sub>1</sub>) e dióxido de carbono(*n*<sub>2</sub>), sessão 6.3.

Foi aplicada a equação de estado dos gases ideais (Equação 6.4.1), para a determinação do volume (mL) de *um milimol* do ar ambiente do aterro, nas condições de temperatura (K) e pressão (mmHg) ambientes. Com este dado, calculou-se o número de *milimoles* em *um mL* – volume utilizado na injeção cromatográfica – do ar ambiente do aterro.

A concentração (*ppm*) de cada um dos dois gases na atmosfera dos aterros foi calculada dividindo-se o número de moles de cada gás obtido na cromatografia, pelo número de moles de ar em um mililitro do ar ambiente do aterro,

em cada campanha. A concentração média (*ppm*) estimada para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> no ambiente de cada aterro foi calculada como a média das duas campanhas (C<sub>1</sub> e C<sub>1</sub>' – para metano e C<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>' – para dióxido de carbono).

#### 6.4.1-A) Aterro de Araraquara

##### A<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) (T<sub>amb</sub>(M)= 25,8<sup>0</sup>C ou 299K; P<sub>atm</sub>(Amb)= 698,8 mmHg; n<sub>1</sub>=6,7958 x 10<sup>-7</sup> e n<sub>2</sub>=2,3992 x 10<sup>-7</sup>)

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P}$$

Equação 6.4.1

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mmol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 299 \text{ K}}{698,8 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,68 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 mL de Ar ambiente do aterro.

Se 26,68 mL(Ar) → 1 mmol(Ar)

1,00 mL[Ar<sub>amb</sub>(At)] → n(mmol)( Volume de GAS injetado na cromatografia)

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0374 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração (C<sub>1</sub>, *ppm*) de metano no ar ambiente do aterro:

$$C_1 = \frac{n_1(\text{CH}_4) \text{ moles} \times 10^3 \text{ nmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ nmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,7958 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0374 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{18.170 \text{ ppm}}}$$

Em que:  $n_1(\text{CH}_4)$  é o número de moles de  $\text{CH}_4$  da determinação cromatográfica

$T_{\text{amb}}(\text{M})(\text{At})$  é a temperatura ambiente média do aterro

$P_{\text{atm}}$  é a pressão atmosférica no aterro

$V$  é volume

$n$  é número de moles

$R$  é a constante dos gases ideais =  $62,3637 \text{ mmHg}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

$T$  é a temperatura absoluta (em graus Kelvin)

$C_1[(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de metano no ambiente do aterro (*ppm*) na primeira campanha.

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2 = \frac{n_2(\text{CO}_2)\text{moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar})\text{mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{6.415 \text{ ppm}}}$$

Em que:  $C_2[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro (*ppm*) na primeira campanha.

$n_2$  é o número de moles de  $\text{CO}_2$  da determinação cromatográfica

## A<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{\text{amb}}(M) = 27,3^{\circ}\text{C}$  ou  $300,5$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 698,8 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,5529 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,8795 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 300,5 \text{ K}}{698,8 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,82 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 mL de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,82 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})$$

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0372 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1' = \frac{6,5529 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1'(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{\underline{17.615 \text{ ppm}}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2' = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{\underline{5.052 \text{ ppm}}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

6) Concentração média ( $C_m$ ) do ambiente do aterro de Araraquara:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \underline{17.892 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \underline{5.733 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$

### 6.4.1-B) Aterro de Brotas

#### B<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) ( $T_{\text{amb}}(M) = 25,8^{\circ}\text{C}$  ou  $299,0$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 697,3 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,5358 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,8975 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 299,0 \text{ K}}{697,3 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,74 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1ml de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,74 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})(\text{Volume de GAS injetado})$

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0373 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração(C) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C = \frac{6,5358 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0373 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{\underline{17.522 \text{ ppm}}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

$$C_2' = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{1,8795 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0373 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'[(CO_2)_{amb}(At)] = 5.039 \text{ ppm}}$$

$C_2'[(CO_2)_{amb}(At)]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

## B<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{amb}(M) = 26,9^{\circ}C$  ou  $300,1$ ;  $P_{atm}(Amb) = 697,3 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,4044 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,7385 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 300,1 \text{ K}}{697,3 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,84 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,84 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{amb}(At)] \rightarrow n(\text{mmol})$$

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0372 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração(C) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C = \frac{6,4044 \times 10^{-7} \text{ moles}(CH_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(CH_4)_{amb}(At) = 17.216 \text{ ppm}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

$$C_2' = \frac{n_2(CO_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(Ar) \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{1,7385 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{4.673 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

6) Concentração média do ambiente do aterro de Brotas:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \mathbf{17.369 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \mathbf{4.856 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$



### 6.4.1-C) Aterro de Campinas

#### C<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) ( $T_{\text{amb}}(M) = 29,2^{\circ}\text{C}$  ou  $302,4\text{K}$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 707,7 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,3873 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,7214 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 302,4 \text{ K}}{707,7 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,64 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1ml de Ar ambiente do aterro.

Se  $26,64 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})(\text{Volume de GAS injetado})$

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0375 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,3873 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0375 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow C_1(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{\underline{17.032 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2 = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2 = \frac{1,7214 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0375 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(CO_2)_{amb}(At) = 4.590 \text{ ppm}}$$

$C_2'[(CO_2)_{amb}(At)]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

## C<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{amb}(M) = 28,4^{\circ}C$  ou  $301,6K$ ;  $P_{atm}(Amb) = 707,7 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,3662 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,6951 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 301,6 \text{ K}}{707,7 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times K}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{26,57 \text{ mL}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1ml de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,57 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{amb}(At)] \rightarrow n(\text{mmol})$

$$\Rightarrow \underline{n = 0,0376 \text{ mmol}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1'$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C = \frac{6,3662 \times 10^{-7} \text{ moles}(CH_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0376 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1'(CH_4)_{amb}(At) = 16.931 \text{ ppm}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

$$C_2' = \frac{n_2(CO_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(Ar) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{1,6951 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0376 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{4.508 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

6) Concentração média do ambiente do aterro de Campinas:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \mathbf{16.981 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \mathbf{4.549 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$

#### 6.4.1-D) Aterro de Jaú

##### D<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) ( $T_{amb}(M) = 26,1^{\circ}C$  ou  $299,3K$ ;  $P_{atm}(Amb) = 712,5 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,4208 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,7653 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 299,3 \text{ K}}{712,5 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times K}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,19 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Se  $26,19 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{amb}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})(\text{Volume de GAS injetado})$

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0381 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,4208 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0381 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow C_1(\text{CH}_4)_{amb}(\text{At}) = \underline{\underline{16.852 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2 = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2 = \frac{2,4229 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0381 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(CO_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = 6.359 \text{ ppm}}$$

$C_2[(CO_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

## D<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{\text{amb}}(\text{M}) = 23,8^{\circ}\text{C}$  ou  $307,0\text{K}$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 712,5 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,7312 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,4229 \times 10^{-7}$ )

Obs. Duas tomadas do ar ambiente do aterro:

$$1.1) \text{ Metano: } [n_1(\text{CH}_4) + n_1'(\text{CH}_4)]/2 = \underline{6,7312 \times 10^{-7}}$$

$$1.2) \text{ Dióxido de carbono: } [n_2(\text{CO}_2) + n_2'(\text{CO}_2)]/2 = \underline{2,4229 \times 10^{-7}}$$

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 307 \text{ K}}{712,5 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{26,87 \text{ mL}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,87 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})$

$$\Rightarrow n = \underline{0,0372 \text{ mmol}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1'$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1' = \frac{6,7312 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1'(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{18.094 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2' = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{2,4229 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CO}_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{6.513 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

6) Concentração média do ambiente do aterro de Jaú:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \mathbf{17.473 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \mathbf{6.436 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$

### 6.4.1-E) Aterro de Ribeirão Bonito

#### E<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) ( $T_{\text{amb}}(M) = 26,7^{\circ}\text{C}$  ou  $299,9\text{K}$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 699,2 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,7940 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,1086 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 299,9 \text{ K}}{699,2 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,75 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Se  $26,75 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})$  (Volume de GAS injetado)

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0374 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,7940 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0374 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow C_1(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{\underline{18.166 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2 = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{2,1086 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0374 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(CO_2)_{amb}(At) = 5.638 \text{ ppm}}$$

$C_2'[(CO_2)_{amb}(At)]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na primeira campanha.

## E<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{amb}(M) = 28,3^{\circ}C$  ou  $301,5K$ ;  $P_{atm}(Amb) = 699,2 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,4345 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,4607 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 301,5 \text{ K}}{699,2 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times K}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{26,89 \text{ mL}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1ml de Ar ambiente do aterro.

$$\text{Se } 26,89 \text{ mL(Ar)} \rightarrow 1 \text{ mmol(Ar)}$$

$$1,00 \text{ mL}[Ar_{amb}(At)] \rightarrow n(\text{mmol})$$

$$\Rightarrow n = \underline{0,0372 \text{ mmol}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1'$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1' = \frac{6,4345 \times 10^{-7} \text{ moles}(CH_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1'(CH_4)_{amb}(At) = 17.297 \text{ ppm}}$$



5) Idem para cálculos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

$$C_2' = \frac{n_2(CO_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(Ar) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{2,4607 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0372 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{6.615 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro (*ppm*) na segunda campanha.

6) Concentração média do ambiente do aterro de Jaú:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \mathbf{17.731 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \mathbf{6.126 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$

### 6.4.1-F) Aterro de Ribeirão Preto

#### F<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) ( $T_{amb}(M) = 29,6^{\circ}C$  ou  $302,8K$ ;  $P_{atm}(Amb) = 705,3 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,7320 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,1466 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 302,8 \text{ K}}{705,3 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times K}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{\underline{26,77 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,77 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{amb}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})(\text{Volume de GAS injetado})$

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0373 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,7320 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0373 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow C_1(\text{CH}_4)_{amb}(\text{At}) = \underline{\underline{18.048 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2 = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2 = \frac{2,1466 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CO}_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0373 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = 5.755 \text{ ppm}}$$

$C_2[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na primeira campanha.

## F<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{\text{amb}}(\text{M}) = 27,2^\circ\text{C}$  ou  $300,4\text{K}$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 705,3 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,4026 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 1,7682 \times 10^{-7}$ )

Obs. Duas tomadas do ar ambiente do aterro:

$$1.1) \text{ Metano: } [n_1(\text{CH}_4) + n_1'(\text{CH}_4)]/2 = \underline{6,4026 \times 10^{-7}}$$

$$1.2) \text{ Dióxido de carbono: } [n_2(\text{CO}_2) + n_2'(\text{CO}_2)]/2 = \underline{1,7682 \times 10^{-7}}$$

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 300,4 \text{ K}}{705,3 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{26,56 \text{ mL}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Então: Se  $26,56 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})$

$$\Rightarrow n = \underline{0,0376 \text{ mmol}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1'$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1' = \frac{6,4026 \times 10^{-7} \text{ moles}(CH_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0376 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1'(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{17.028 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2' = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{1,7682 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CO}_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0376 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{4.702 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na segunda campanha.

6) Concentração média do ambiente do aterro de Ribeirão Preto:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \mathbf{17.538 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \mathbf{5.228 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$

### 6.4.1-G) Aterro de São Carlos

#### G<sub>1</sub>) Campanha 2006

1) ( $T_{\text{amb}}(M) = 26,9^{\circ}\text{C}$  ou  $300,1\text{K}$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 691,8 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,6933 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,1603 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 300,1\text{K}}{691,8 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol Ar}) = \underline{\underline{27,05 \text{ mL}}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

Se  $27,05 \text{ mL}(\text{Ar}) \rightarrow 1 \text{ mmol}(\text{Ar})$

$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})$  (Volume de GAS injetado)

$$\Rightarrow n = \underline{\underline{0,0369 \text{ mmol}}}$$

4) Cálculo para concentração ( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,6933 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0369 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow C_1(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{\underline{18.139 \text{ ppm}}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

$$C_2 = \frac{n_2(\text{CO}_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(\text{Ar}) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2 = \frac{2,1603 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0369 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(CO_2)_{amb}(At) = 5.854 \text{ ppm}}$$

$C_2[(CO_2)_{amb}(At)]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro(ppm) na primeira campanha.

## G<sub>2</sub>) Campanha 2007

1) ( $T_{amb}(M) = 22,5^{\circ}C$  ou  $295,7K$ ;  $P_{atm}(Amb) = 691,8 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,8372 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,2594 \times 10^{-7}$ )

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 295,7 \text{ K}}{691,8 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times K}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{26,65 \text{ mL}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1ml de Ar ambiente do aterro.

$$\text{Se } 26,65 \text{ mL(Ar)} \rightarrow 1 \text{ mmol(Ar)}$$

$$1,00 \text{ mL}[Ar_{amb}(At)] \rightarrow n(\text{mmol})$$

$$\Rightarrow n = \underline{0,0375 \text{ mmol}}$$

4) Cálculo para concentração( $C_1'$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1' = \frac{6,8372 \times 10^{-7} \text{ moles}(CH_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0375 \text{ mmoles.ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1'(CH_4)_{amb}(At) = 18.232 \text{ ppm}}$$

5) Idem para cálculos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

$$C_2' = \frac{n_2(CO_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(Ar) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C_2' = \frac{2,2594 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0375 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2'(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{6.025 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(\text{CO}_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro (*ppm*) na segunda campanha.

6) Concentração média do ambiente do aterro de São Carlos:

$$6.1) C_m(\text{CH}_4) = [C_1 + C_1'] / 2 \Rightarrow \mathbf{18.185 \text{ ppm}}; \text{ para Metano.}$$

$$6.2) C_m(\text{CO}_2) = [C_2 + C_2'] / 2 \Rightarrow \mathbf{5.939 \text{ ppm}}; \text{ para Dióxido de carbono.}$$

### 6.4.1-H) Aterro Bandeirantes

#### H<sub>1</sub>) Campanha Única 2007

1) ( $T_{\text{amb}}(M) = 30,0^{\circ}\text{C}$  ou  $303,2\text{K}$ ;  $P_{\text{atm}}(\text{Amb}) = 693,9 \text{ mmHg}$ ;  $n_1 = 6,0408 \times 10^{-7}$  e  $n_2 = 2,5158 \times 10^{-7}$ )

Obs. Duas tomadas do ar ambiente do aterro:

$$1.1) \text{ Metano: } [n_a(\text{CH}_4) + n_b(\text{CH}_4)]/2 = \underline{6,0408 \times 10^{-7}}$$

$$1.2) \text{ Dióxido de carbono: } [n_c(\text{CO}_2) + n_d(\text{CO}_2)]/2 = \underline{2,5158 \times 10^{-7}}$$

2) Da equação de estado dos gases ideais:

$$\Rightarrow V = \frac{1 \text{ mol} \times 62,3637 \text{ L} \times \text{mmHg} \times 303,2 \text{ K}}{693,9 \text{ mmHg} \times \text{mol} \times \text{K}}$$

$$\Rightarrow V(1 \text{ mmol AR}) = \underline{27,25 \text{ mL}}$$

3) Cálculo do número de moles de ar em 1 ml de Ar ambiente do aterro.

$$\text{Se } 27,25 \text{ mL(Ar)} \rightarrow 1 \text{ mmol(Ar)}$$

$$1,00 \text{ mL}[\text{Ar}_{\text{amb}}(\text{At})] \rightarrow n(\text{mmol})$$

$$\Rightarrow n = \underline{0,0367 \text{ mmol}}$$

4) Cálculo para concentração( $C_1$ ) de metano no ar ambiente do aterro:

$$\Rightarrow C_1 = \frac{6,0408 \times 10^{-7} \text{ moles}(\text{CH}_4) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0367 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_1(\text{CH}_4)_{\text{amb}}(\text{At}) = \underline{16.460 \text{ ppm}}}$$



5) Idem para cálculos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

$$C = \frac{n_2(CO_2) \text{ moles} \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{n(Ar) \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$C = \frac{2,5158 \times 10^{-7} \text{ moles}(CO_2) \times 10^3 \text{ mmoles} \times 10^6}{0,0367 \text{ mmoles} \cdot \text{ml}^{-1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_2(CO_2)_{\text{amb}}(\text{At}) = \mathbf{6.855 \text{ ppm}}}$$

$C_2'[(CO_2)_{\text{amb}}(\text{At})]$  é a concentração de dióxido de carbono no ambiente do aterro.

6) Concentração do ambiente do aterro Bandeirantes:

6.1)  $C(\text{CH}_4) = \mathbf{16.460 \text{ ppm}}$ ; para Metano.

6.2)  $C(\text{CO}_2) = \mathbf{6.855 \text{ ppm}}$ ; para Dióxido de carbono.

## 6.5. Cálculos da emissão solo-ar para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> de cada sítio de coleta (P<sub>n</sub>) dos aterros estudados.

Nesta sessão foram desenvolvidos os cálculos da taxa de emissão solo-ar (T<sub>x</sub>E), para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio de coleta (P<sub>n</sub>), por aterro e campanha.

Para a determinação da T<sub>x</sub>E, foram considerados: o tamanho das câmaras de difusão/coleta de gases - se grande (G) ou pequena (p) - seus volumes (V<sub>G</sub>=33.200 mL e V<sub>p</sub>=1200 mL) e as áreas das suas bases (A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup> e A<sub>p</sub>=0.01815 m<sup>2</sup>), respectivamente.

Os resultados das massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, obtidos da análise cromatográfica (Sessão 6.3), foram lançados numa planilha *Excel* e plotados, para cada sítio de coleta (P<sub>n</sub>), considerando a variação da **massa** de cada um dos gases, acumuladas nas câmaras **versus** o **tempo** de coleta (0, 3, 6 e 12 minutos).

Os gráficos resultantes forneceram equações – y<sub>1</sub> e y<sub>2</sub>, para metano e dióxido de carbono, respectivamente – com a inclinação da reta para cada conjunto de dados lançado (quatro valores de massa).

A taxa de emissão (T<sub>x</sub>E) para cada gás, em cada sítio de coleta de cada aterro, foi calculada pela aplicação da equação:

$$TxE(Gás) = \frac{\omega(\mu g \cdot \min^{-1} \cdot mL^{-1}) \times V(mL) \times t(\min \cdot d^{-1}) \times g}{mL \times \min \times A(m^2) \times dia \times 10^6 \mu g}$$

Em que: T<sub>x</sub>E = Taxa de emissão do gás no sítio (g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>)

ω = Inclinação da reta para um gás específico (termo em x nas

equações da reta, μg.min<sup>-1</sup>.mL<sup>-1</sup>)

$V$  = Volume da câmara de coleta ( $mL$ ,  $V_G$ =Grande e  $V_p$ =pequena)

$t$  = tempo( com fator de conversão,  $min.d^{-1}$ )

$10^6$  = fator de conversão,  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$A$  = Área da base da câmara de coleta ( $m^2$ ,  $A_G$ =Grande e  $A_p$ =pequena)

Obtida a taxa de emissão ( $T_xE$ ) de cada sítio  $P_n$ , foi determinada a taxa de emissão média ( $T_xE_m$ ) para cada aterro; multiplicando-se  $T_xE$  pela área total do aterro ( $A_{at}$ ,  $m^2$ ); medida em toneladas por ano ( $t.a^{-1}$ ), em cada campanha.

A Emissão Total Média ( $E_tM$ ,  $t.a^{-1}$ ) solo-ar, para cada aterro, foi calculada como a média das duas campanhas, 2006 e 2007.

### 6.5.1-A) Aterro de Araraquara

#### A<sub>1</sub>) Campanha 2006

$P_1$  (G;  $V_G=33.200 mL$  e  $A_G=0,664 m^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.1 - Sítio de coleta  $P_1$  - Araraquara 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) de  $CH_4$  e  $CO_2$ .

Tempo ( $min$ )	Massa do $CH_4$ ( $\mu g$ )	Massa do $CO_2$ ( $\mu g$ )
0	10,4588	8,7608
3	11,0299	9,6741
6	11,0582	9,9581
12	11,8411	9,5418

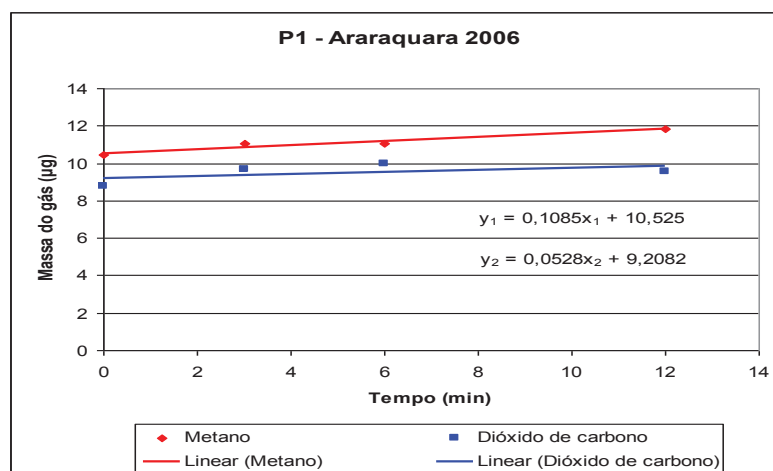


Gráfico 6.5.1 – Sítio P<sub>1</sub> - Araraquara 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1085 x_1 + 10,525 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,0528 x_2 + 9,2082 \quad \text{Equação do dióxido}$$

### b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_{xE}(CH_4) = \frac{0,1085 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$= 7,82 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$0,0984 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(CO_2) = \frac{0,0528 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$= 3,81 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \text{ No sítio de coleta } P_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$0,0543 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$1.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para g; e,

$0,664 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  (p;  $V_p=1.200 mL$  e  $A_p=0,01815 m^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.2 - Sítio de coleta  $P_2$  - Araraquara 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para  $CH_4$  e  $CO_2$ .

Tempo (min)	Massa do $CH_4$ ( $\mu g$ )	Massa do $CO_2$ ( $\mu g$ )
0	10,8976	10,4237
3	11,5126	10,7155
6	11,5865	12,7045
12	11,6768	10,5395

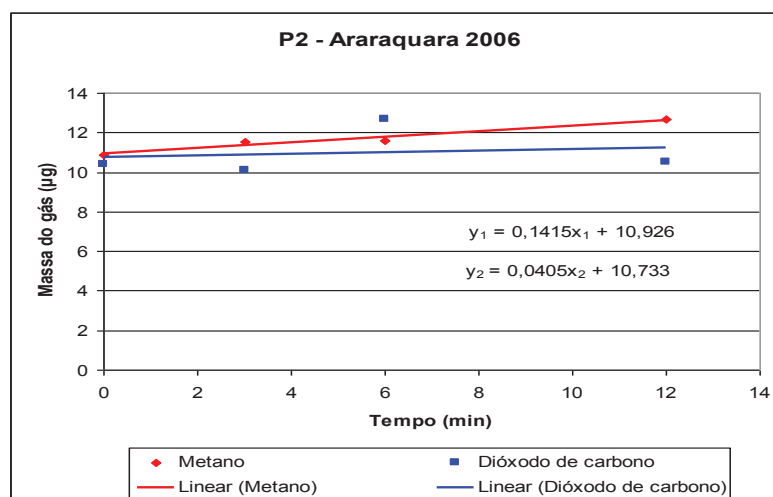


Gráfico 6.5.2 – Sítio P<sub>2</sub>- Araraquara 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0415 x_1 + 10,928 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,0405 x_2 + 10,733 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0415 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 3,95 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,0405 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 3,85 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

$P_3$  (G;  $V_G=33.200 \text{ mL}$  e  $A_G=0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.3 - Sítio de coleta  $P_3$  - Araraquara 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,8885	10,4215
3	10,9441	10,9130
6	10,9989	13,5585
12	14,2718	19,5598

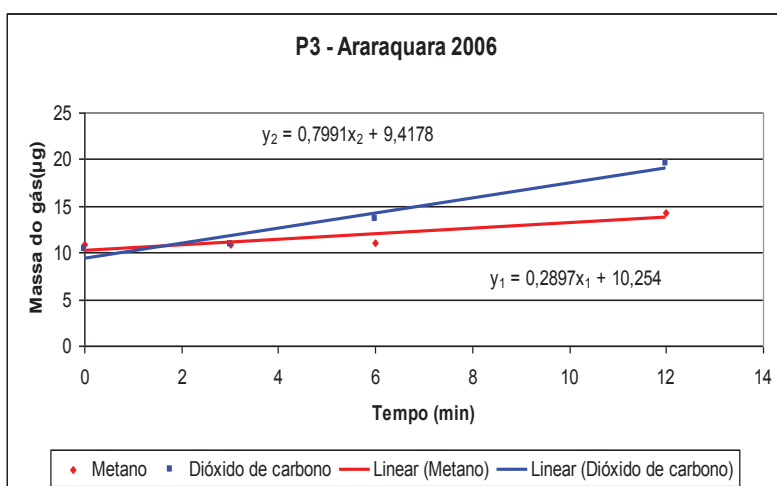


Gráfico 6.5.3 – Sítio  $P_3$  - Araraquara 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2897 x_1 + 10,254 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,7991 x_2 + 9,4178 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2897 \mu g(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 20,86 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,7991 \mu g(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 57,53 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub> =0,664 m<sup>2</sup> )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.4 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** - Araraquara 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,9085	10,5224
3	11,2754	12,7817
6	26,2650	43,3270
12	12,8429	16,2555

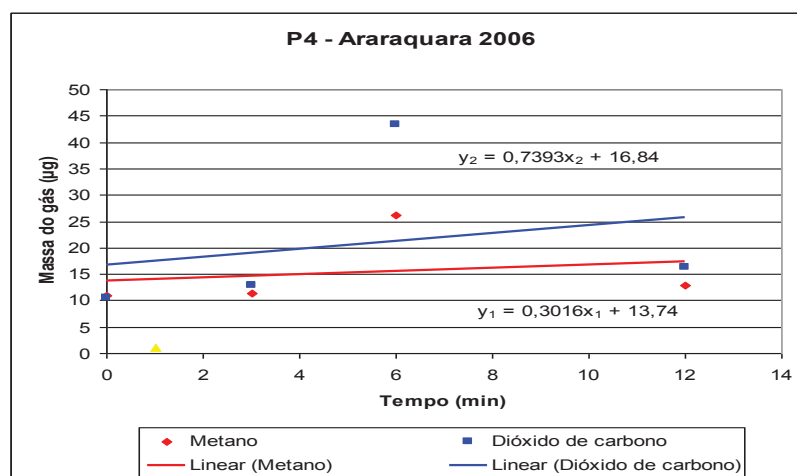


Gráfico 6.5.4 – Sítio P<sub>4</sub> - Araraquara 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.



Equações das retas:

$$y_1 = 0,3016 x_1 + 13,74 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,7393 x_2 + 16,84 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,3017 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 21,72 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,7393 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 53,23 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

### Emissão solo-ar - campanha 2006:

A tabela 6.5.5, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Araraquara, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.5 – Resumo da taxa de emissão solo-ar - Araraquara 2006

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	7,82
	CO <sub>2</sub>	3,81
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	3,95
	CO <sub>2</sub>	3,85
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	20,86
	CO <sub>2</sub>	57,53
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	21,72
	CO <sub>2</sub>	53,25

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_xE_m (CH_4)$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m (CH_4) = (P_1 + \dots + P_4)/4 = 13,59 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_xE_m (t)(CH_4)$ ) no aterro :

$$\Rightarrow T_xE_m (t) = T_xE_m (13,59 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (80.000 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d} \cdot 10^{-6} = 396,83 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_m (t)(CH_4) = 396,83 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_xE_m (t)$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias para ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de  $g$  para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_m (CO_2)$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m (CO_2) = (P_1 + \dots + P_4)/4 = 29,60 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_m (t)(CO_2)$ ) no aterro :

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_m (t) = T_xE_m \cdot A_{at} \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 864,61 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**A<sub>2</sub>) Campanha 2007**

**P<sub>1</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL; A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.6 - Sítio de coleta **P<sub>1</sub>** - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,2124	7,4606
3	13,5492	16,9807
6	15,9671	23,0143
12	14,1879	18,5020

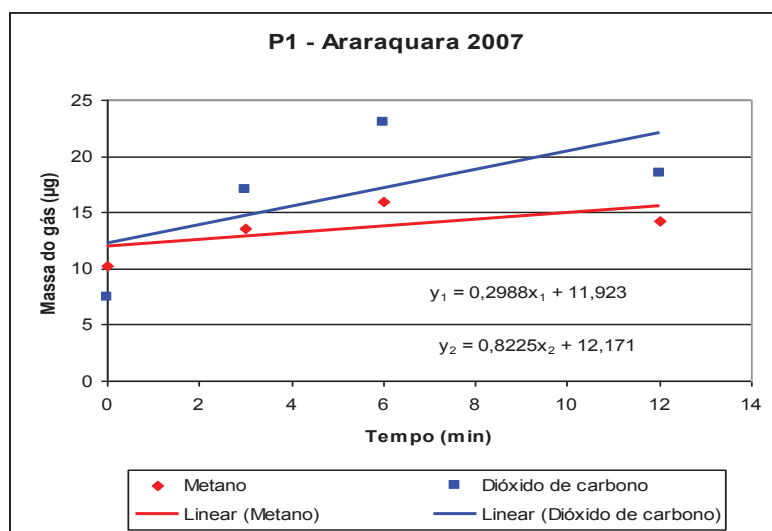


Gráfico 6.5.5 – Sítio P<sub>1</sub>- Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2988 x_1 + 11,923 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,8225 x_2 + 12,171 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2988 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 21,51 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

b<sub>2</sub>) dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,8225 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 59,22 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

**P<sub>2</sub>** (p; V<sub>p</sub>=1.200 mL e A<sub>p</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.7 - Sítio de coleta **P<sub>2</sub>** - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	7,3962
3	10,6449	8,4948
6	10,7972	10,6682
12	14,4488	24,0300

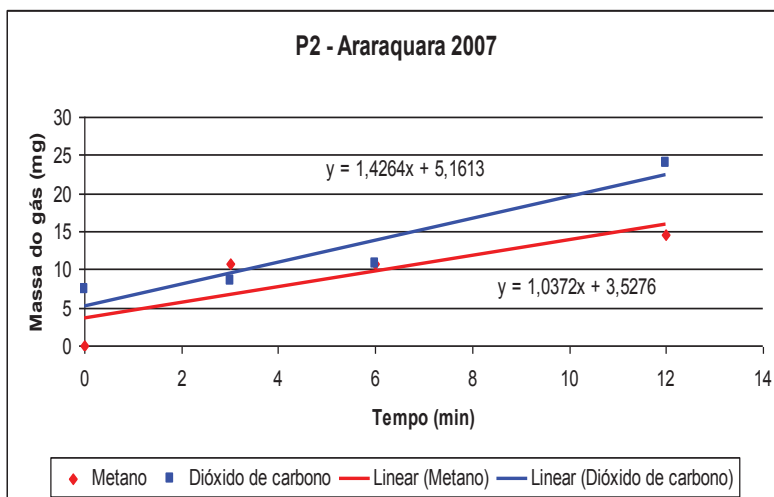


Gráfico 6.5.6 – Sítio P<sub>2</sub> - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,0372 x_1 + 3,5276 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,4226 x_2 + 5,1613 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,0372 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 98,75 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,4226 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 135,44 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

$P_3$  (G;  $V_G=33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G=0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.8 - Sítio de coleta  $P_3$  - Araraquara 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,5007	8,3253
3	12,6012	15,0175
6	29,0671	84,6068
12	12,9597	19,7937

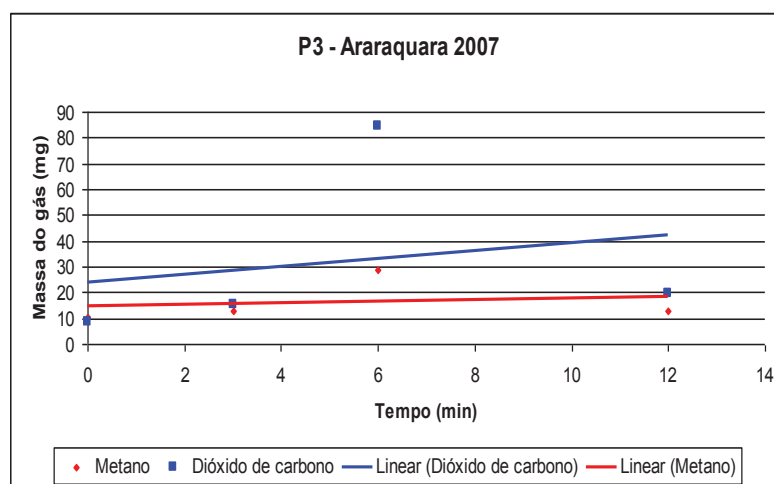


Gráfico 6.5.7 – Sítio  $P_3$ - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,3276 x_1 + 14,562 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,5190 x_2 + 23,959 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,3276 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 23,59 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \text{ No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,5190 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 109,37 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \text{ No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL; A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.9 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	7,4091
3	10,4834	8,2051
6	13,5310	20,4610
12	13,1021	17,9870

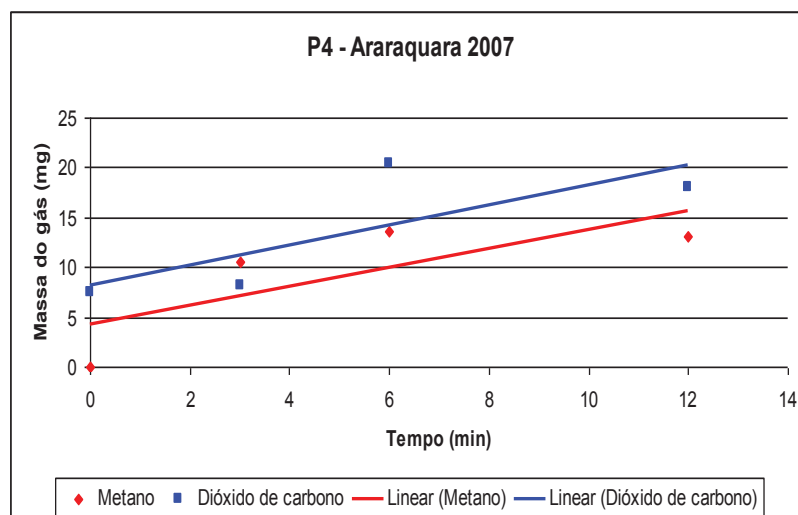


Gráfico 6.5.8 – Sítio P<sub>4</sub> - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,9524 x_1 + 4,2791 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,0082 x_2 + 8,2223 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,9524 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 68,57 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$Tx(CO_2) = \frac{1,0082 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 72,59 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$



$P_5$  ( $\rho$ ;  $V_P=1.200 \text{ mL}$  e  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.10 - Sítio de coleta  $P_5$  - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	11,8228	12,4921
3	12,3557	13,8331
6	14,0501	18,0900
12	14,6587	19,7272

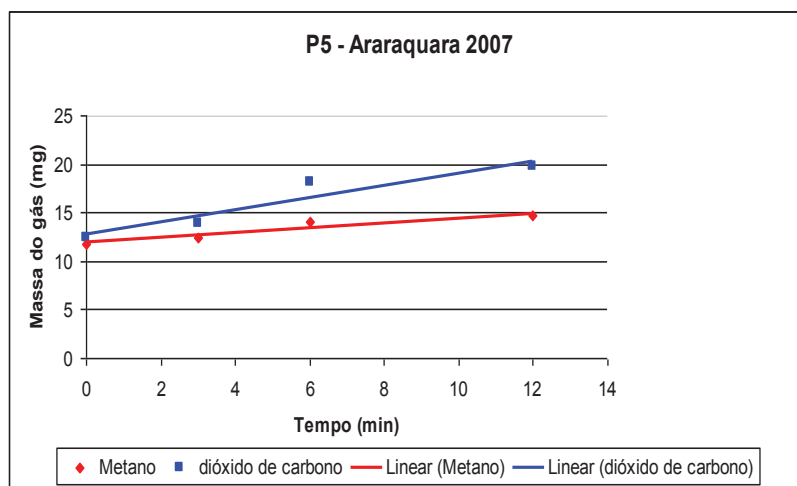


Gráfico 6.5.9 – Sítio  $P_5$  - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2491 x_1 + 11,914 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,6352 x_2 + 12,701 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2491 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 23,71 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,6352 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 60,47 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

**P<sub>6</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL; A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.11 - Sítio de coleta **P<sub>6</sub>** - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,2114	7,4327
3	11,9624	14,3802
6	26,3233	50,1952
12	16,0400	17,3670

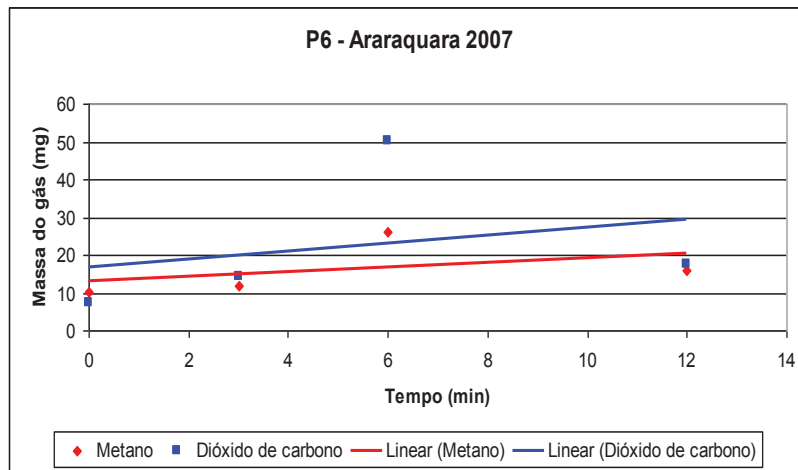


Gráfico 6.5.10 – Sítio P<sub>6</sub> - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,603 x_1 + 12,968 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,0603 x_2 + 16,777 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,603 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 43,41 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,0603 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 76,34 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

$P_7$  (G;  $V_G=33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G=0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.12 - Sítio de coleta  $P_7$  - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,2114	7,4327
3	11,9624	14,3802
6	26,3233	50,1952
12	16,0400	17,3670

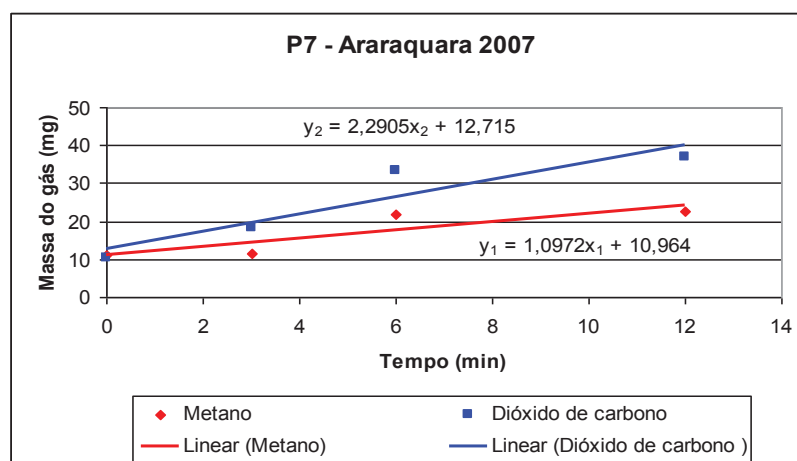


Gráfico 6.5.11 – Sítio  $P_7$  - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,0972 x_1 + 10,964 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,2905 x_2 + 12,715 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{1,0972 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 79,00 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{2,2905 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 164,92 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

P<sub>8</sub> (p; V<sub>P</sub>=1.200 mL e A<sub>P</sub>=0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.13 - Sítio de coleta P<sub>8</sub> - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,2114	7,4327
3	11,9624	14,3802
6	26,3233	50,1952
12	16,0400	17,3670

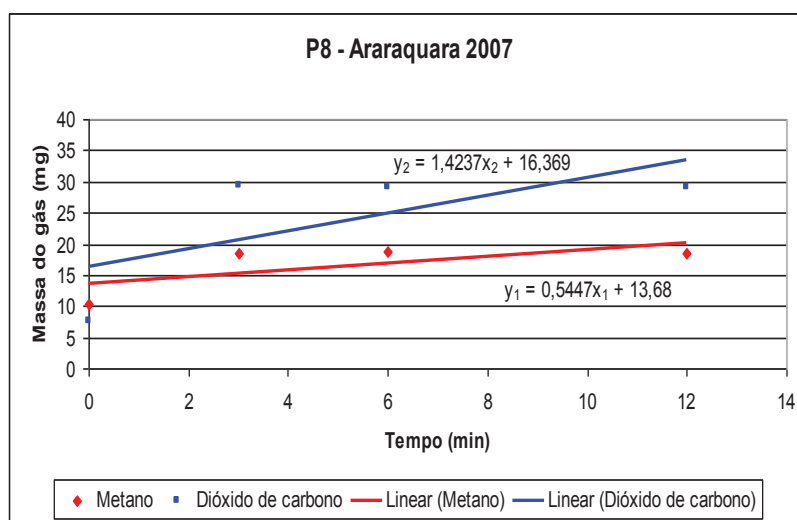


Gráfico 6.5.12 – Sítio P<sub>8</sub> - Araraquara 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,5447 x_1 + 13,68 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,4237 x_2 + 16,396 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,5447 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 518,60 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,4237 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 135,54 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

**Emissão solo-ar campanha 2007:**

A tabela 6.5.14, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Araraquara, na campanha de 2007.

Tabela 6.5.14 – Resumo das taxas de emissão solo-ar - Araraquara 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E(g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	21,51
	CO <sub>2</sub>	59,22
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	98,75
	CO <sub>2</sub>	135,44
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	23,59
	CO <sub>2</sub>	109,37
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	68,57
	CO <sub>2</sub>	72,59
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	23,71
	CO <sub>2</sub>	60,47
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	43,41
	CO <sub>2</sub>	76,34
P <sub>7</sub>	CH <sub>4</sub>	79,00
	CO <sub>2</sub>	164,92
P <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>	518,60
	CO <sub>2</sub>	135,54

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub> (CH<sub>4</sub>)) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_{xE_m}(\text{CH}_4) = (P_1 + \dots + P_8)/8 = 109,64 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa da emissão média total do metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(t)</sub>(CH<sub>4</sub>)) no aterro :

$$\Rightarrow T_{xE_{m(t)}} = T_{xE_m} \cdot A_{\text{at}} \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-9} = 3.201,49 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_{xE_{m(t)}}(\text{CH}_4) = 3.201,49 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $80.000 m^2$ )

$T_xE_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2007 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias para ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de mg para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m(CO_2) = (P_1 + \dots + P_8)/8 = 101,73 g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro :

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)}(CO_2) = 2.970,52 t \cdot a^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_tM$ ) solo-ar do aterro de Araraquara:** Consideradas as campanhas 2006 e 2007:

1) Para o Metano:  $\boxed{E_tM(CH_4) = 1.799,16 t \cdot a^{-1}}$

2) Para o Dióxido de Carbono:  $\boxed{E_tM(CO_2) = 1.917,56 t \cdot a^{-1}}$



### 6.5.1-B) Aterro de Brotas

#### B<sub>1</sub>) Campanha 2006

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL, A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.15 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> - Brotas 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,6412	8,6986
3	10,8958	9,3401
6	11,1732	11,2863
12	11,3630	11,8656

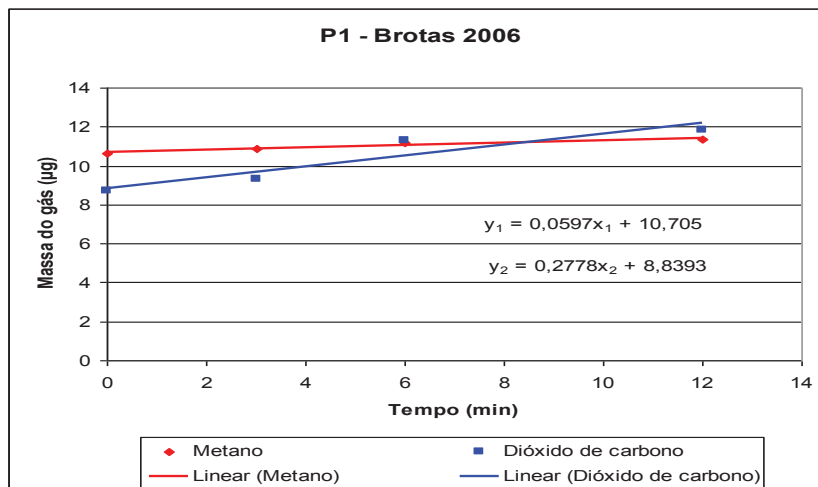


Gráfico 6.5.13 – Sítio P<sub>1</sub> - Brotas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0597 x_1 + 10,705 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2778 x_2 + 8,8393 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_{xE}(CH_4) = \frac{0,0597 \mu\text{g}(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{T_{xE}(CH_4) = 4,30 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4)} \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$0,0597 \mu\text{g} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu\text{g}$  para  $\text{g}$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(CO_2) = \frac{0,2778 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{T_{xE}(CO_2) = 20,00 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2)} \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$0,2778 \mu\text{g} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu\text{g}$  para  $\text{g}$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  – (p;  $V_P=1.200 \text{ mL}$ ,  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.16 - Sítio de coleta  $P_2$  - Brotas 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,7315	8,9968
3	10,9970	9,4002
6	12,0144	13,6680
12	12,1075	11,7540

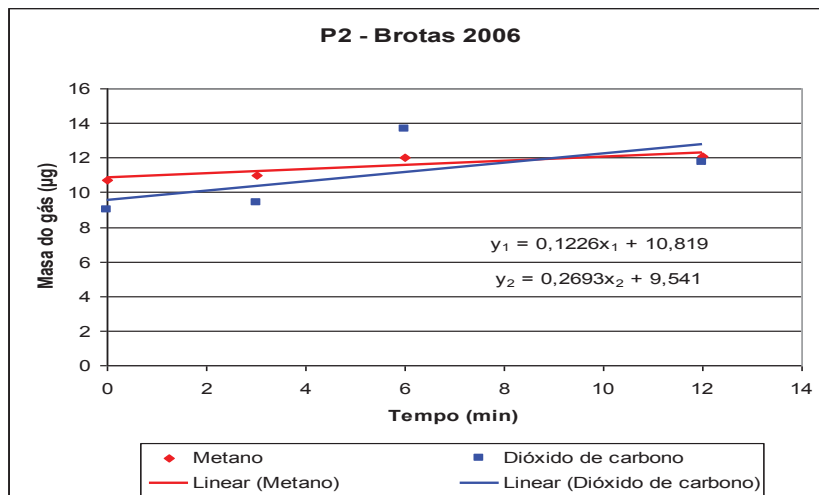


Gráfico 6.5.14 – Sítio  $P_2$  - Brotas 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,11226 x_1 + 10,819 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2693 x_2 + 9,541 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,1126 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 10,72 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \text{ No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,2693 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 25,67 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \text{ No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** – (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL, A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.17 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** - Brotas 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,4450	8,2094
3	10,5563	8,7630
6	11,0810	9,9603
12	11,1823	10,3444

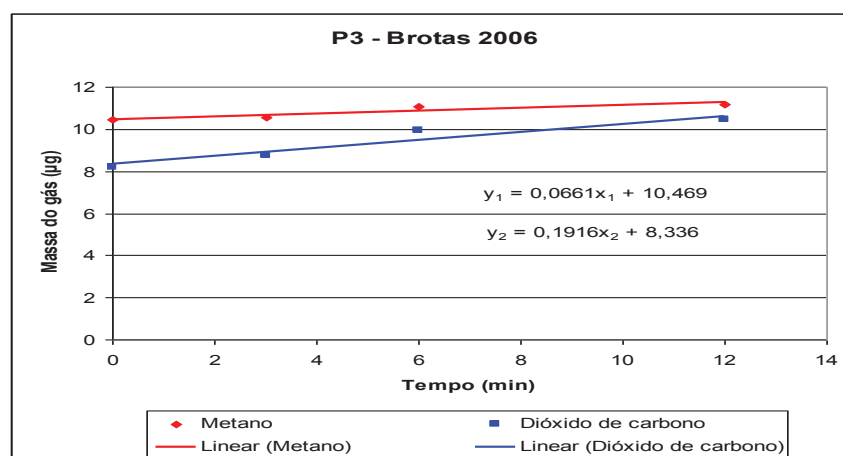


Gráfico 6.5.15 – Sítio **P<sub>3</sub>** - Brotas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0661 x_1 + 10,469 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1916 x_2 + 8,336 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0661 \mu g(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 4,76 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1916 \mu g(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 13,80 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** – (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL, A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.18 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** - Brotas 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,3000	8,0141
3	10,5820	8,7780
6	10,9743	9,7027
12	11,0792	10,0139

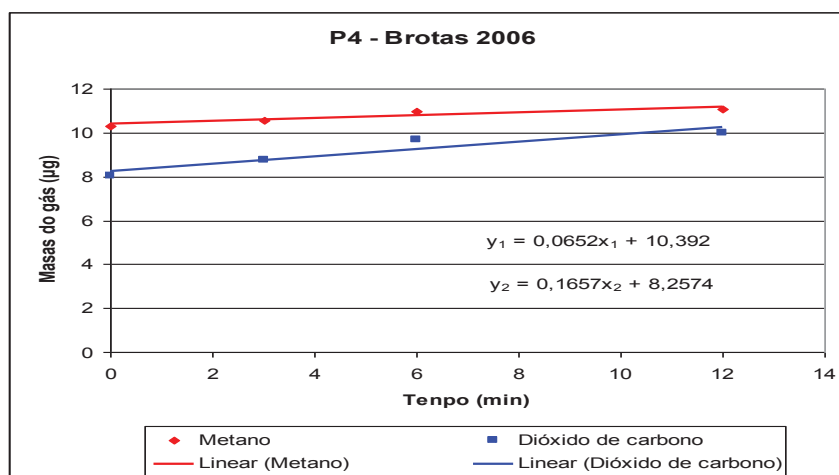


Gráfico 6.5.16 – Sítio P<sub>4</sub> - Brotas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0652 x_1 + 10,392 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1657 x_2 + 8,2574 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,0652 \mu\text{g}(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 4,70 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{0,1657 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 11,93 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$P_5$  – (p;  $V_p=1.200 \text{ mL}$ ,  $A_p=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.19 - Sítio de coleta  $P_5$  - Brotas 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3510	7,8103
3	10,5317	8,4240
6	10,9031	9,6813
12	11,0107	9,9538

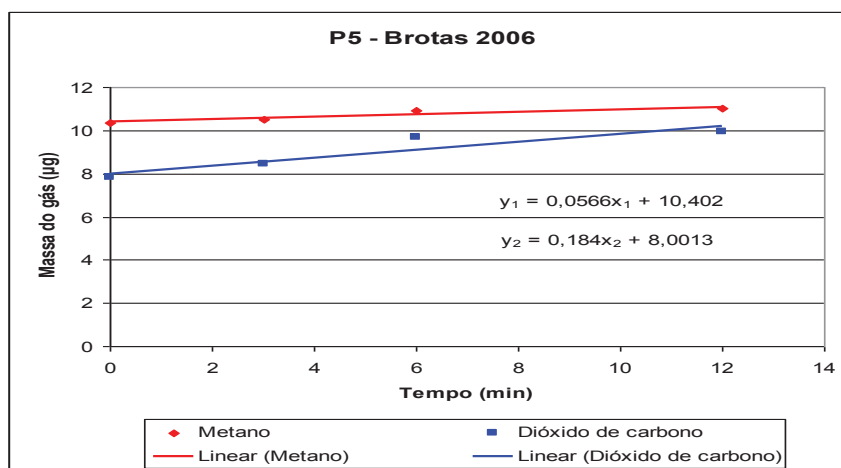


Gráfico 6.5.17 – Sítio  $P_5$  - Brotas 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0566 x_1 + 10,402 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,184 x_2 + 8,0013 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,0566 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{TxE(CH_4) = 5,39 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4)} \text{ No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,184 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{TxE(CO_2) = 17,52 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2)} \text{ No sítio de coleta P}_5.$$

### Aterro de Brotas - Emissão solo-ar campanha 2006:

A tabela 6.5.20, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub>, do aterro de Brotas, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.20 - Resumo das taxas de emissão solo-ar do aterro de Brotas na campanha de 2006.

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E(g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	4,30
	CO <sub>2</sub>	20,00
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	10,72
	CO <sub>2</sub>	25,67
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	4,76
	CO <sub>2</sub>	13,80
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	4,70
	CO <sub>2</sub>	11,93
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	5,39
	CO <sub>2</sub>	17,52

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(CH<sub>4</sub>)) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_{xE_m}(CH_4) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 5,97 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$$



2) Taxa de emissão média total do metano ( $TxE_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro :

$$\Rightarrow T_{x_{m(t)}} = T_{x E_m} \cdot A_{at} \cdot 365 \text{ d} \cdot 10^{-6} = 117,67 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_{x E_m(t)}(CH_4) = 117,67 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_{x E_m}$  = Taxa de Emissão média ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $54.000 \text{ m}^2$ )

$T_{x E_m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas  $\cdot$  ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias p ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de mg para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_{x E_m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_{x E_m(CO_2)} = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 17,78 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_{x E_m(t)(CO_2)}$ ) no aterro :

$$\Rightarrow \boxed{T_{x E_m(t)}(CO_2) = 350,44 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}$$

## B<sub>2</sub>) Campanha - 2007

P<sub>1</sub> – (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL; A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.21 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> - Brotas 2007: tempos e coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	0	8,1472
3	13,5336	18,5450
6	17,5426	24,9925
12	10,7000	13,7500

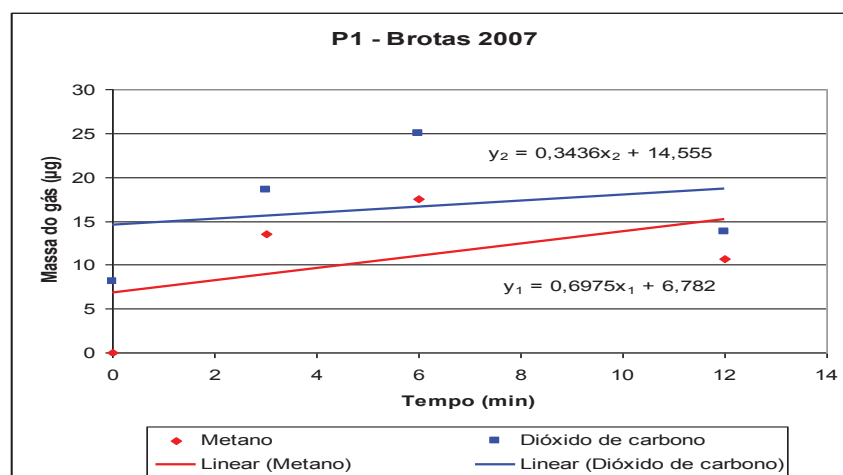


Gráfico 6.5.18 – Sítio P<sub>1</sub> - Brotas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,6975 x_1 + 6,782 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,3436 x_2 + 14,555 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$T_{xE}(\text{CH}_4) = \frac{0,6975 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 50,22 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta } P_1.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{0,3436 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$TxE(CO_2) = 24,74 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta } P_1.$$

**P<sub>2</sub>** – (p; V<sub>p</sub>=1.200 mL, A<sub>p</sub>=0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.22 - Sítio de coleta P<sub>2</sub>- Brotas 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,4414	7,8360
3	11,3776	10,4151
6	12,7262	14,4253
12	12,4542	14,0627

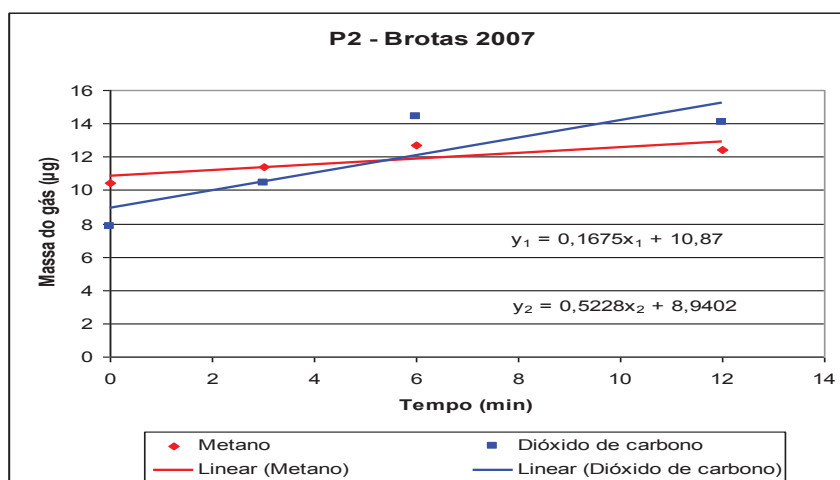


Gráfico 6.5.19 – Sítio P<sub>2</sub> - Brotas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1675 x_1 + 10,87 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,5228 x_2 + 8,9402 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,1675 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 15,95 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,5228 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 49,77 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** – (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL, A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.23 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** - Brotas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,3220	7,6408
3	10,5335	8,3000
6	11,0902	9,6148
12	12,0200	11,5222

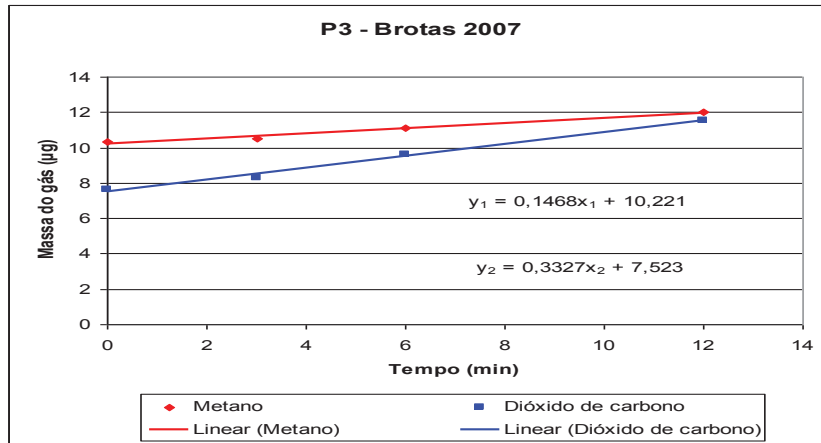


Gráfico 6.5.20 – Sítio P<sub>3</sub> - Brotas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1468 x_1 + 10,221 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,3327 x_2 + 7,523 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_xE(CH_4) = \frac{0,1468 \mu g(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$T_xE(CH_4) = 10,57 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_xE(CO_2) = \frac{0,3327 \mu g(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$T_xE(CO_2) = 23,95 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

P<sub>4</sub> – (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL, A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.24 - Sítio de coleta P<sub>4</sub> - Brotas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	10,2114	7,4134
3	10,2184	7,4713
6	10,2552	7,6250
12	10,4013	9,3037

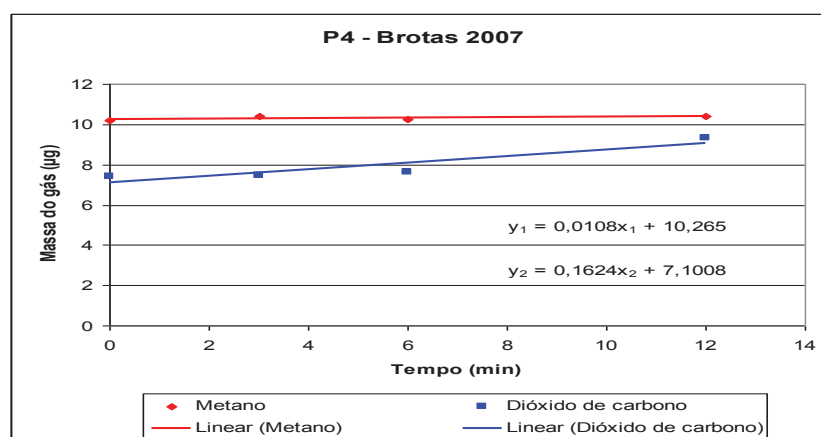


Gráfico 6.5.21 – Sítio P<sub>4</sub> - Brotas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0108 x_1 + 10,265 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1624 x_2 + 7,1008 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_{xE}(\text{CH}_4) = \frac{0,0108 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$T_{xE}(\text{CH}_4) = 0,78 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CH}_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(\text{CO}_2) = \frac{0,1624 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$T_{xE}(\text{CO}_2) = 11,70 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CO}_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$P_5$  - ( $p$ ;  $V_P=1.200 \text{ mL}$ ,  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.25 - Sítio de coleta  $P_5$  - Brotas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	-	7,4584
3	10,2963	7,7180
6	10,4578	8,2158
12	10,7981	8,9453

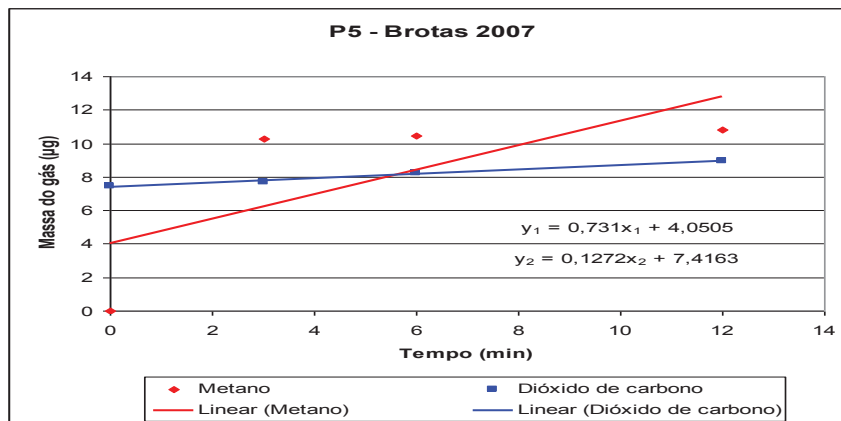


Gráfico 6.5.22 – Sítio  $P_5$  - Brotas 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,731x_1 + 4,0505 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2172x_2 + 7,4163 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,731 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(\text{CH}_4) = 69,60 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CH}_4) \quad \text{No sítio de coleta } P_5.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{0,2172 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 20,68 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

**P**<sub>6</sub> – (ρ; V<sub>P</sub>=1.200 mL, A<sub>P</sub>=0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.26 - Sítio de coleta **P**<sub>6</sub> - Brotas 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,5007	8,2137
3	10,8958	9,5887
6	12,7400	15,8222
12	12,8913	16,1054

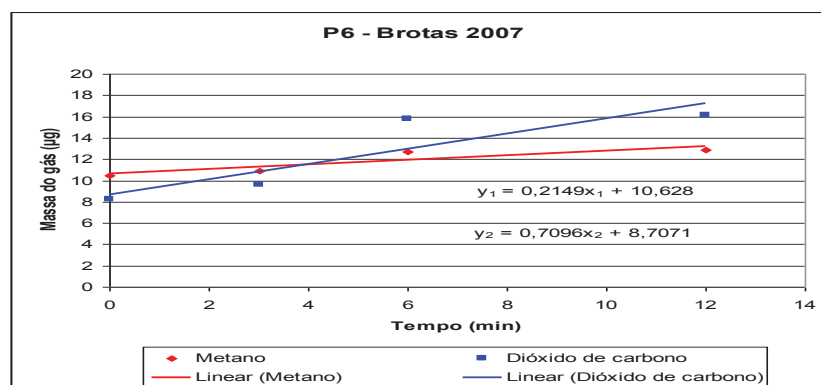


Gráfico 6.5.23 – Sítio **P**<sub>6</sub> - Brotas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2149 x_1 + 10,628 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,7096 x_2 + 8,7071 \quad \text{Equação do dióxido}$$



b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2149 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 20,46 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,7096 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 67,56 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

### Aterro de Brotas - Emissão solo-ar campanha 2007:

A tabela 6.5.27, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Brotas, na campanha de 2007.

Tabela 6.5.27 – Resumo das taxas de emissão solo-ar - Brotas 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E(g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	50,22
	CO <sub>2</sub>	24,74
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	15,95
	CO <sub>2</sub>	49,77
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	10,57
	CO <sub>2</sub>	23,95
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	0,78
	CO <sub>2</sub>	11,70
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	69,60
	CO <sub>2</sub>	20,68
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	20,46
	CO <sub>2</sub>	67,56

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_xE_m(CH_4)$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m(CH_4) = (P_1 + \dots + P_6)/6 = 27,93 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_xE_m(t)(CH_4)$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_{x_m(t)} = T_xE_m \cdot A_{at} \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = 458,75 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_m(t)(CH_4) = 550,50 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ );

$A_{at}$  = Área do aterro ( $54.000 \text{ m}^2$ )

$T_xE_m(t)$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365=fator de conversão de dias p ano;

$10^{-6}$ = fator de conversão de g para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_m(CO_2)$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m(CO_2) = (P_1 + \dots + P_6)/6 = 33,06 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

1) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_m(t)(CO_2)$ ) no aterro :

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_m(t)(CO_2) = 651,61 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_tM$ ) do aterro de Brotas:** Consideradas as campanhas

2006 e 2007:

1) Para o Metano:  $\boxed{E_tM(CH_4) = 278,40 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

2) Para o Dióxido de carbono:  $\boxed{E_tM(CO_2) = 417,52 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

### 6.5.1-C) Aterro de Campinas

#### C<sub>1</sub>) Campinas 2006

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.28 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> - Campinas 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	0	7,8940
3	10,3538	8,0550
6	11,0892	13,7494
12	15,7938	17,6395

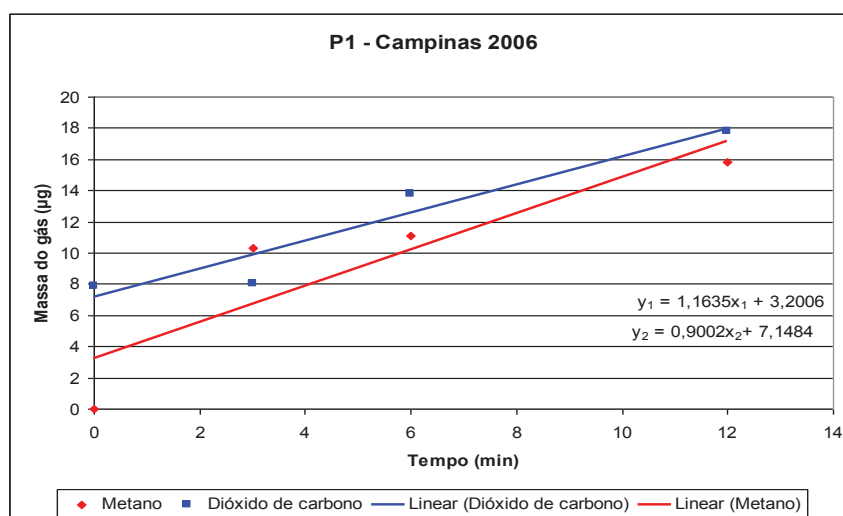


Gráfico 6.5.24 – Sítio P<sub>1</sub> - Campinas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,1635 x_1 + 3,2006 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,9002 x_2 + 7,1484 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_{xE}(CH_4) = \frac{1,1635 \mu g(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$= 83,77 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \times \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1635 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \text{ mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(CO_2) = \frac{0,9002 \mu g(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$= 64,81 \text{ mg} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$0,9002 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  ( $p$ ;  $V_P=1200 \text{ mL}$  e  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.29 - Sítio de coleta  $P_2$  - Campinas 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	0	7,5335
3	10,2260	7,5721
6	10,2826	7,6150
12	16,7181	27,8548

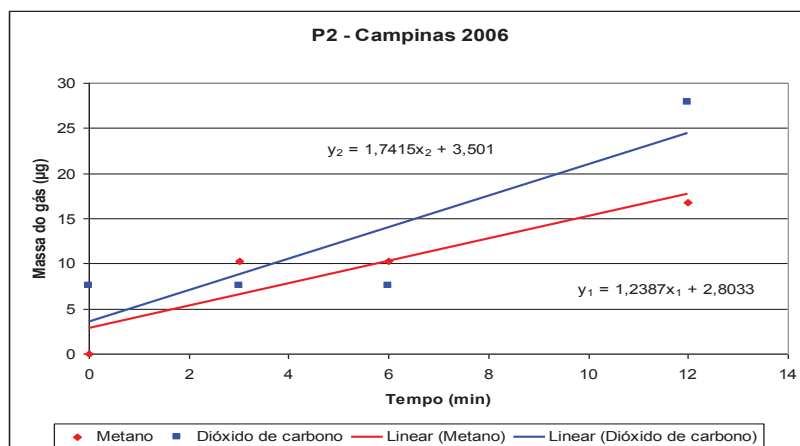


Gráfico 6.5.25 – Sítio  $P_2$  - Campinas 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,2387 x_1 + 2,8033 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,7415 x_2 + 3,501 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{1,2387 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \text{ g}}$$

$$TxE(CH_4) = 117,93 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,7415 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 165,86 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.30 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** - Campinas 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,5837	8,6834
3	11,5053	17,6545
6	12,7973	16,5495
12	14,0854	49,0642

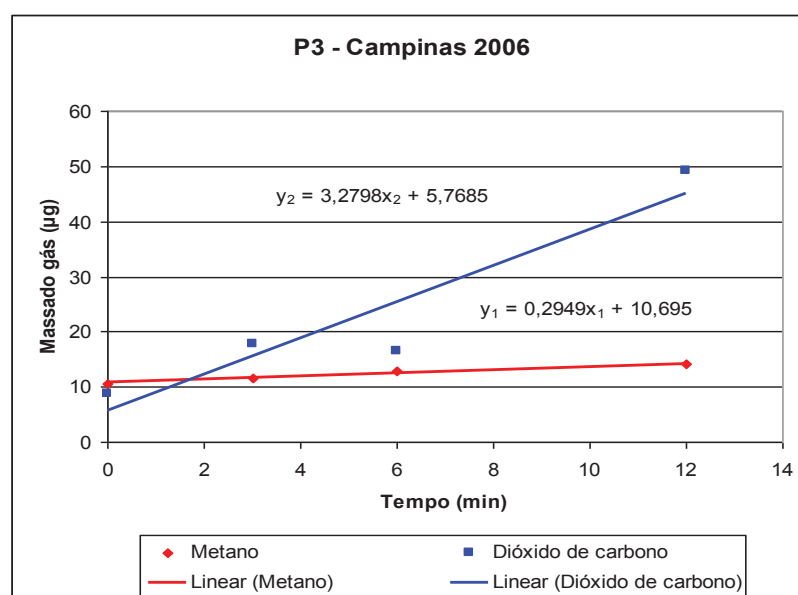


Gráfico 6.5.26 – Sítio P<sub>3</sub> - Campinas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2949 x_1 + 10,695 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 3,2798 x_2 + 5,7685 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2949 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 21,23 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{3,2798 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 236,15 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (p; V<sub>P</sub>=1.200 mL e A<sub>P</sub>=0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.31 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** - Campinas 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

TEMPO (MIN)	MASSA DO CH <sub>4</sub> ( $\mu G$ )	MASSA DO CO <sub>2</sub> ( $\mu G$ )
0	13,2052	16,3413
3	21,2830	37,5000
6	45,5576	85,2250
12	33,8528	67,8623

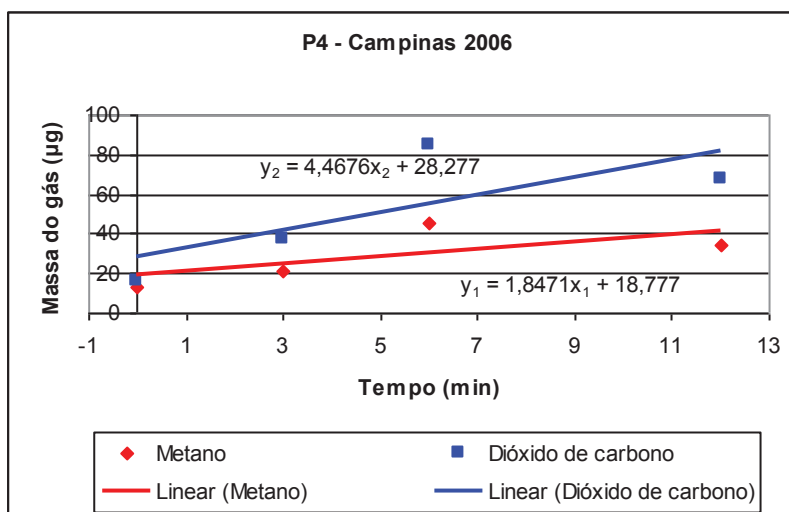


Gráfico 6.5.27 – Sítio P<sub>4</sub> - Campinas 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,8471 x_1 + 18,777 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 4,4676 x_2 + 28,277 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,8471 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 175,85 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{4,4676 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 g}$$

$$TxE(CO_2) = 425,34 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$



**Aterro de Campinas - Emissão solo-ar campanha 2006:**

A tabela 6.5.32, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Campinas, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.32 – Resumo das taxas de emissão solo-ar - Campinas 2006

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	83,77
	CO <sub>2</sub>	64,81
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	117,93
	CO <sub>2</sub>	165,86
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	21,23
	CO <sub>2</sub>	236,15
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	175,85
	CO <sub>2</sub>	425,34

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub> (CH<sub>4</sub>)) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_{xE_m}(\text{CH}_4) = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)/4 = 99,70 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub> (t)(CH<sub>4</sub>)) no aterro:

$$\Rightarrow T_{xE_m(t)} = T_{xE_m} (99,70 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{\text{at}} (260.000 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = \text{Ton}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_{xE_m(t)}(\text{CH}_4) = 9.461,53 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que: T<sub>x</sub>E = Taxa de emissão

T<sub>x</sub>E<sub>m</sub> = Taxa de Emissão média (g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>)

A<sub>at</sub> = Área do aterro (m<sup>2</sup>)

$T_{xE_m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas·ano<sup>-1</sup>)

365 = fator de conversão de dias para ano

10<sup>-6</sup> = fator de conversão de mg para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_{xE_m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$\Rightarrow T_{xE_m(CO_2)} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)4 = 223,04 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_{xE_m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_{xE_m(t)(CO_2)} = \mathbf{21.166,50 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

## **C<sub>2</sub>) Campinas 2007**

$P_1$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.33 - Sítio de coleta  $P_1$  - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa do <math>\text{CH}_4</math> (<math>\mu\text{g}</math>)</b>	<b>Massa do <math>\text{CO}_2</math> (<math>\mu\text{g}</math>)</b>
0	10,2160	7,4112
3	14,0966	17,9892
6	14,0108	73,3208
12	20,2817	31,2063

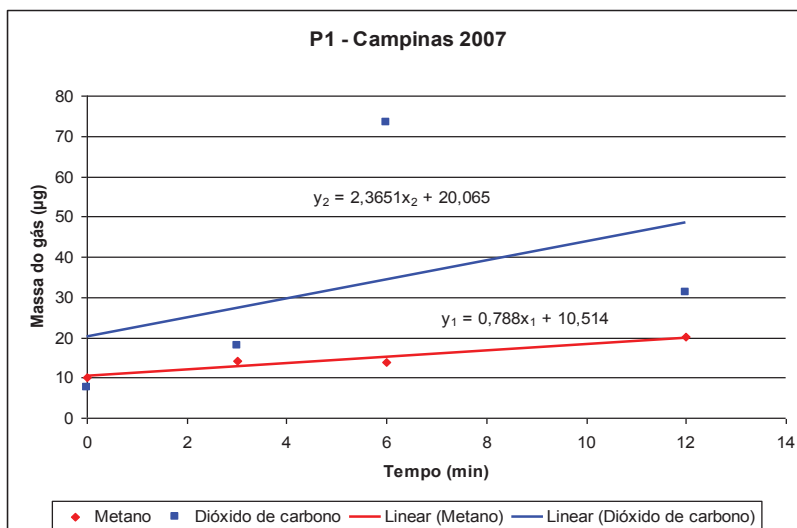


Gráfico 6.5.28 – Sítio P<sub>1</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,788 \cdot x_1 + 10,514 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,3651 \cdot x_2 + 20,065 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,788 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 56,74 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{2,3651 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 170,29 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

$P_2$  (p;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$ ;  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.34 - Sítio de coleta  $P_2$  - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	13,5528	18,0192
3	13,8192	17,5837
6	17,6068	26,0632
12	21,8323	36,5167

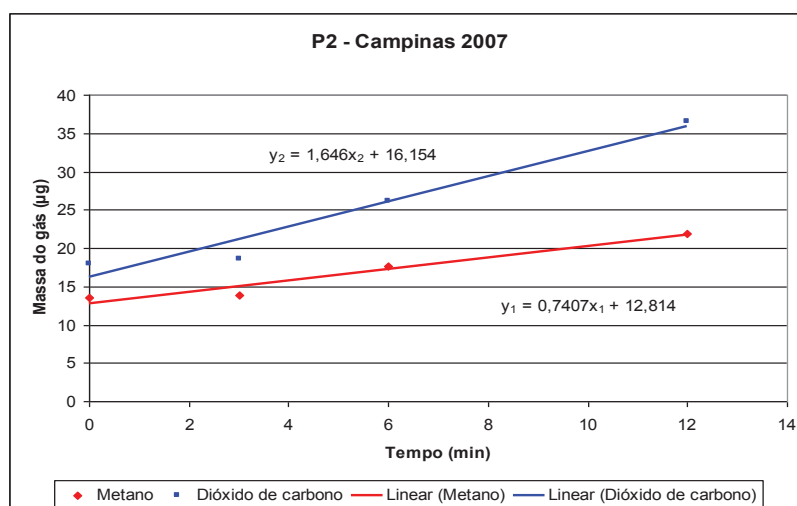


Gráfico 6.5.29 – Sítio  $P_2$  - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7407 x_1 + 12,814 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,646 x_2 + 16,154 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,7407 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 70,52 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \text{ No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,646 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 156,71 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \text{ No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.35 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	8,4154
3	10,7772	11,5545
6	10,9031	9,7736
12	11,1704	11,0867

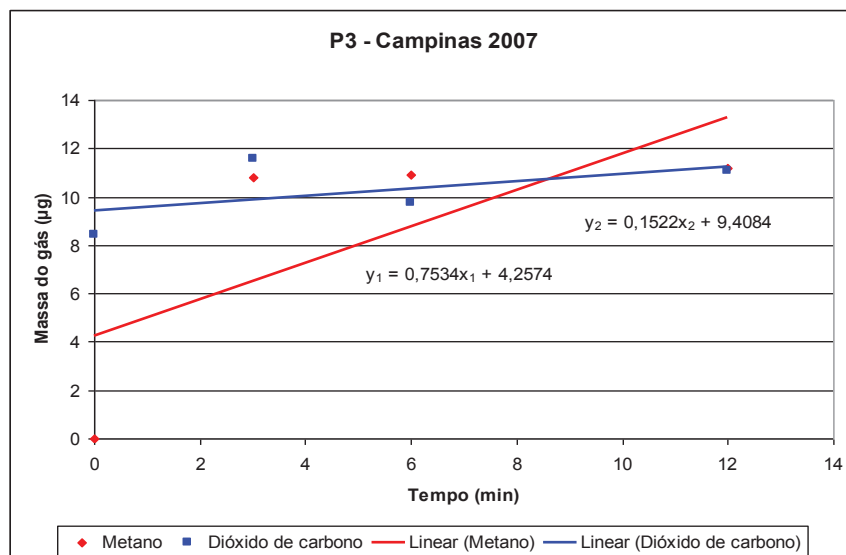


Gráfico 6.5.30 – Sítio P<sub>3</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7534 x_1 + 4,2574 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1522 x_2 + 9,4084 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,7534 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 g}$$

$$TxE(CH_4) = 54,25 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1522 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 10,96 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$P_4$  (p;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$ ;  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.36 - Sítio de coleta  $P_4$  - Araraquara 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3784	8,3574
3	10,5345	10,4580
6	10,9806	11,4107
12	11,0573	10,9022

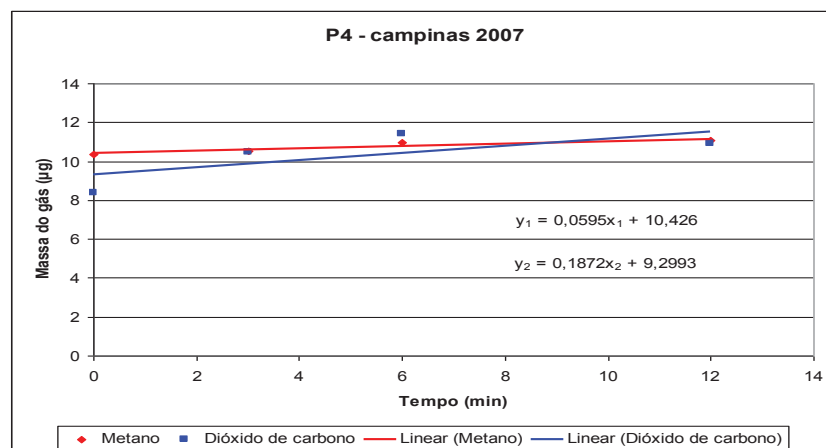


Gráfico 6.5.31 – Sítio  $P_4$  - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0595 x_1 + 10,426 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1872 x_2 + 9,2993 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,0595 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 156,73 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1872 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 17,80 \text{ mg} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

**P<sub>5</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.37 - Sítio de coleta **P<sub>5</sub>** - Campinas 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,5427	8,2051
3	19,0932	27,7196
6	33,7041	65,6180
12	27,4530	48,3413

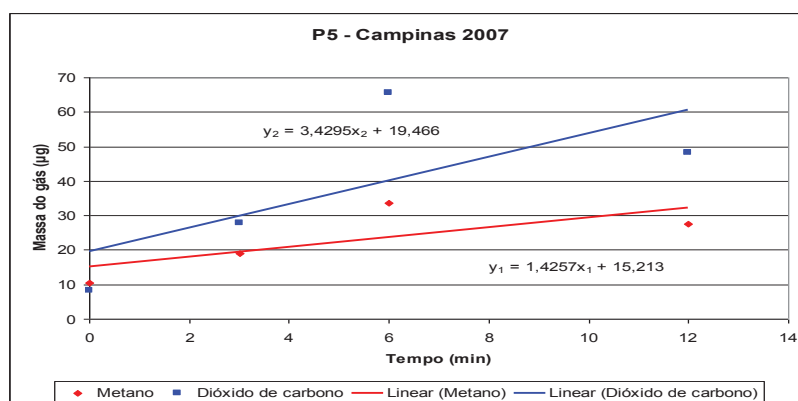


Gráfico 6.5.32 – Sítio P<sub>5</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.



Equações das retas:

$$y_1 = 1,4257 x_1 + 15,213 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 3,4295 x_2 + 19,466 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,4257 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 g}$$

$$TxE(CH_4) = 102,65 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{3,4295 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 246,93 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

**P<sub>6</sub>** (p; V<sub>P</sub> = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.38 - Sítio de coleta **P<sub>6</sub>** - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,2270	8,1772
3	15,1578	22,2000
6	19,0183	28,8140
12	13,3785	17,4185

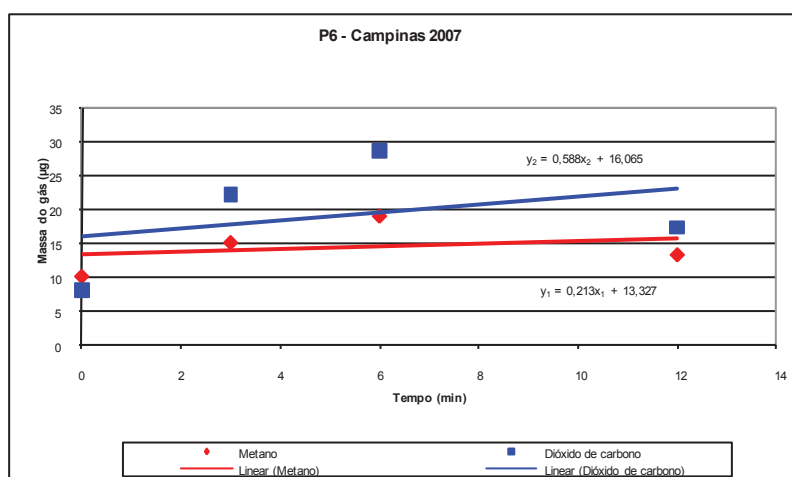


Gráfico 6.5.33 – Sítio P<sub>6</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,213 x_1 + 13,327 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,588 x_2 + 16,065 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,213 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 20,28 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,588 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 55,98 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

P<sub>7</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.39 - Sítio de coleta P<sub>7</sub> - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	10,5007	9,3230
3	25,1600	49,2661
6	27,3060	61,7236
12	29,3983	53,2205

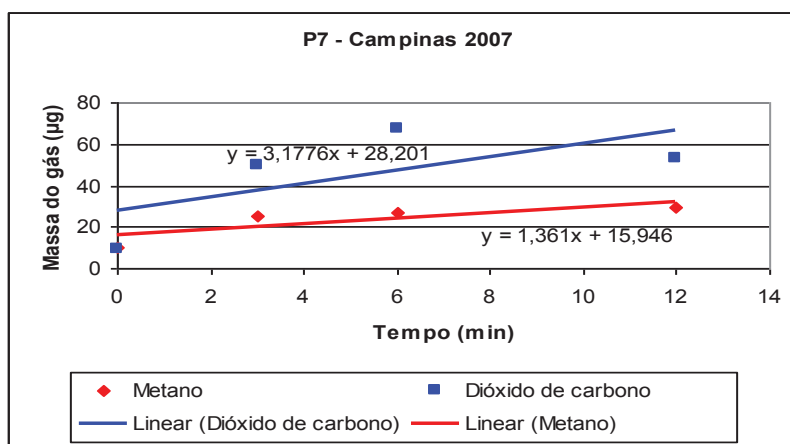


Gráfico 6.5.34 – Sítio P<sub>7</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,361x_1 + 15,946 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 3,1776x_2 + 28,201 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,361 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \text{ g}}$$

$$TxE(CH_4) = 98,00 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{3,1776 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 228,79 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

**P**<sub>8</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.40 - Sítio de coleta **P**<sub>8</sub> - Campinas 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	0	7,6773
3	10,3684	7,8318
6	10,4341	8,0420
12	11,5100	14,8000

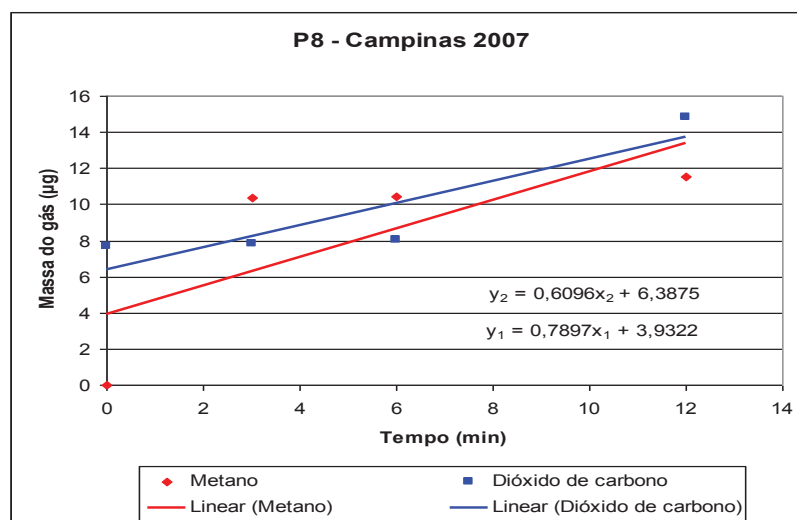


Gráfico 6.5.35 – Sítio **P**<sub>8</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7897 x_1 + 3,9322 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,6096 x_2 + 6,3875 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,7897 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 g}$$

$$TxE(CH_4) = 56,86 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,6096 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 43,90 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

**P<sub>9</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.41 - Sítio de coleta **P<sub>9</sub>** - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	7,6130
3	10,3082	8,5162
6	12,9123	18,4420
12	13,3001	21,7720

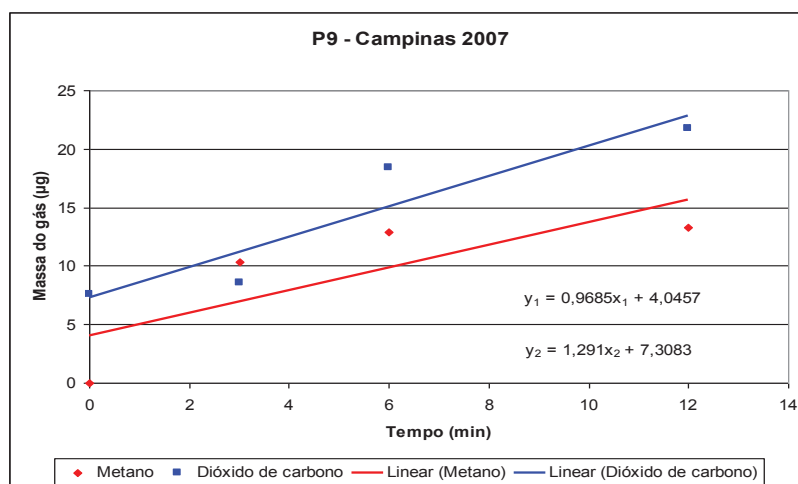


Gráfico 6.5.36– Sítio P<sub>9</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,9685 x_1 + 4,0457 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,291 x_2 + 7,3083 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,9685 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 g}$$

$$TxE(CH_4) = 69,73 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_9.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,291 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 92,95 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_9.$$

P<sub>10</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.42 - Sítio de coleta P<sub>10</sub> - Campinas 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	0	8,0592
3	10,3465	8,1150
6	15,1532	16,3435
12	15,6386	22,2805

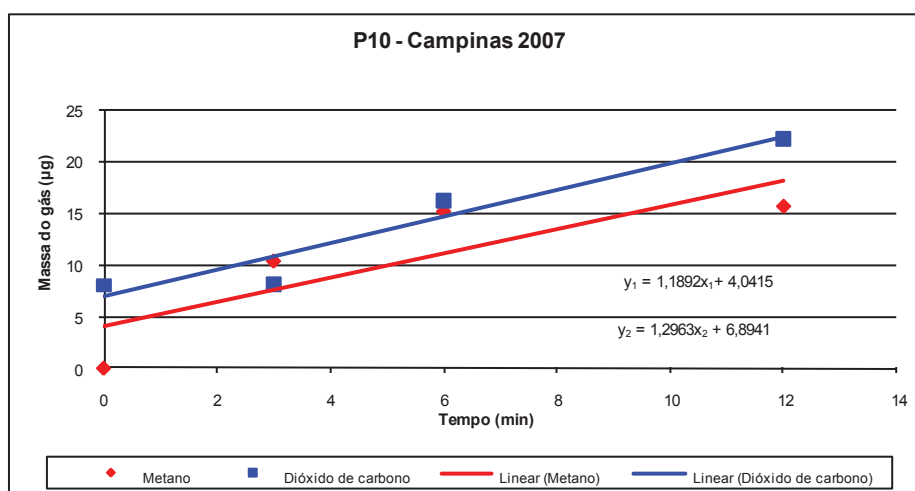


Gráfico 6.5.37 – Sítio P<sub>10</sub> - Campinas 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,1892 x_1 + 4,0415 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,2963 x_2 + 6,8941 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{1,1892 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \text{ g}}$$

$$TxE(CH_4) = 85,62 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_{10}.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(CO_2) = \frac{1,2963 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$T_{xE}(CO_2) = 93,33 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_{10}.$$

### Aterro de Campinas - Emissão solo-ar campanha 2007:

A tabela 6.5.43, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Campinas, na campanha de 2007.

Tabela 6.5.43 – Resumo das taxas de emissão solo-ar - Campinas 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	56,74
	CO <sub>2</sub>	170,29
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	70,52
	CO <sub>2</sub>	156,71
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	54,25
	CO <sub>2</sub>	10,96
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	156,73
	CO <sub>2</sub>	17,80
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	102,65
	CO <sub>2</sub>	246,93
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	20,28
	CO <sub>2</sub>	55,98
P <sub>7</sub>	CH <sub>4</sub>	98,00
	CO <sub>2</sub>	228,79
P <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>	56,86
	CO <sub>2</sub>	43,90
P <sub>9</sub>	CH <sub>4</sub>	69,73
	CO <sub>2</sub>	92,95
P <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	85,62
	CO <sub>2</sub>	93,33



1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_x E_{m(CH_4)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CH_4) = (P_1 \dots + P_{10})/10 = 77,14 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_x E_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_x E_{m(t)} = T_x E_m (77,14 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (260.000 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = \text{t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)}(CH_4) = 7.320,58 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_x E_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_x E_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2007 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias p ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de  $\text{g}$  para  $\text{Ton}$

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CO_2) = (P_1 + \dots + P_{10})/10 = 111,76 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)} = 10.606,02 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_t M$ ) solo-ar do aterro de Campinas:** Consideradas as campanhas 2006 e 2007:

1) Para o Metano:  $\boxed{E_t M (CH_4) = 8.391,05 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

2) Para o Dióxido de Carbono:  $\boxed{E_t M (CO_2) = 15.886,26 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

### 6.5.1-D) Aterro de Jaú

#### D<sub>1</sub>) Aterro de Jaú 2006

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.44 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> - Jaú 2006: tempos

de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,9104	8,0700
3	11,8137	9,9602
6	23,3160	60,3011
12	27,9265	50,5342

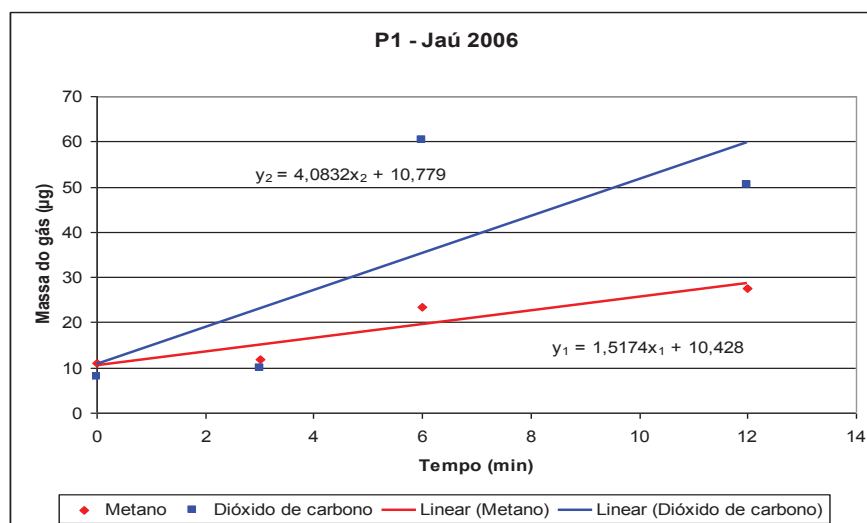


Gráfico 6.5.38 – Sítio P<sub>1</sub> - Jaú 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,5174 x_1 + 10,428 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 4,0832 x_2 + 10,779 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{1,1535 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 83,05 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_xE(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1535 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{4,0832 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 294,01 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_xE(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$0,9002 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  ( $p$ ;  $V_P=1200 \text{ mL}$  e  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.45 - Sítio de coleta  $P_2$  - Jaú 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	0	11,3742
3	13,8613	11,9600
6	17,6533	20,0104
12	18,5183	26,9200

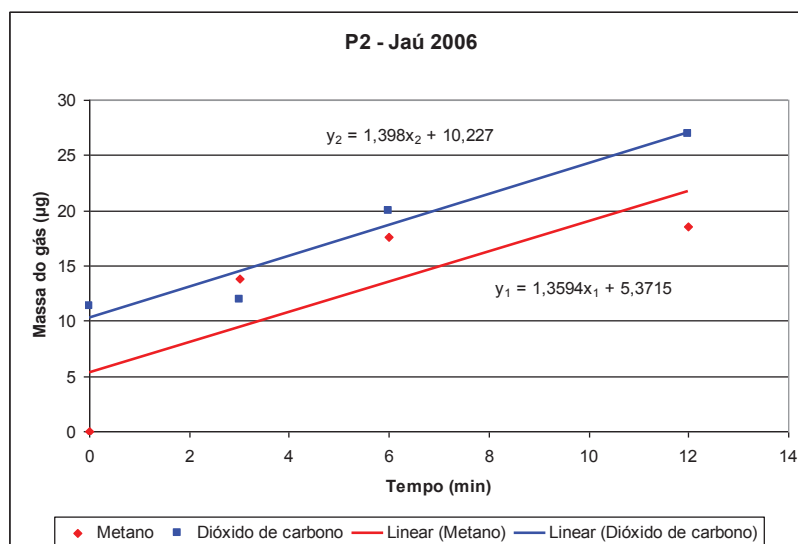


Gráfico 6.5.39 – Sítio  $P_2$  - Jaú 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,3594 x_1 + 5,3715 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,398 x_2 + 10,227 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,3594 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 129,42 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,398 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 133,10 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.46 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** - Jaú 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	9,7457
3	11,0801	9,8959
6	11,3009	11,4235
12	18,4116	32,1783

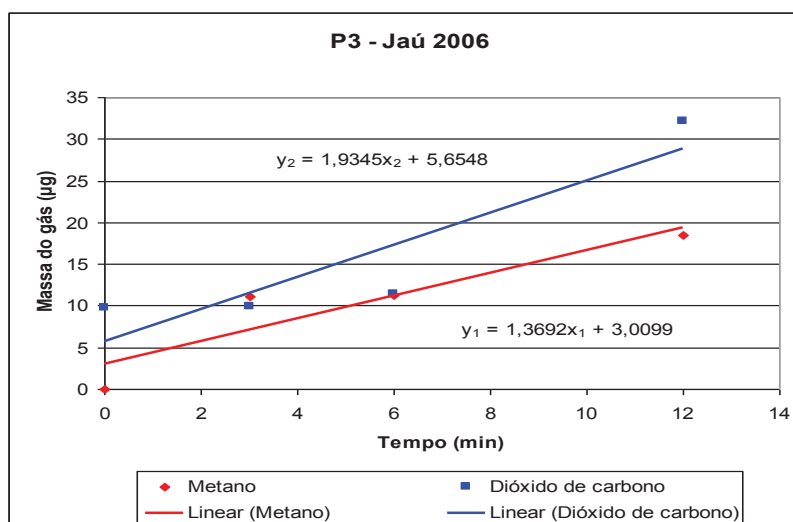


Gráfico 6.5.40 – Sítio P<sub>3</sub> - Jaú 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,3692 x_1 + 3,0099 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,9345 x_2 + 5,6548 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,3692 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 72,00 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,9345 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 139,28 mg \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$P_4$  (G;  $V_G=33.200 \text{ mL}$  e  $A_G=0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.47 - Sítio de coleta  $P_4$  - Jaú 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3447	8,9218
3	10,3647	11,3592
6	16,3677	24,4561
12	12,9013	16,5000

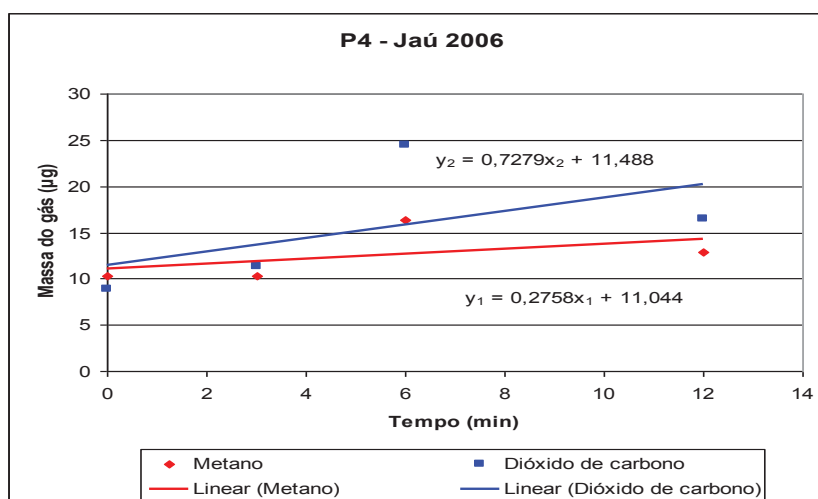


Gráfico 6.5.41 – Sítio  $P_4$  - Jaú 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2758 x_1 + 11,044 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,7279 x_2 + 11,488 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2758 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 19,86 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,7279 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 52,41 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

**P<sub>5</sub>** (p; V<sub>P</sub>= 1.200 mL e A<sub>P</sub>=0,01815 m<sup>2</sup> )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.48 - Sítio de coleta **P<sub>5</sub>** - Jaú 2006: tempos

de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	9,9452
3	11,0810	10,8957
6	11,0912	10,9386
12	11,2900	11,2176



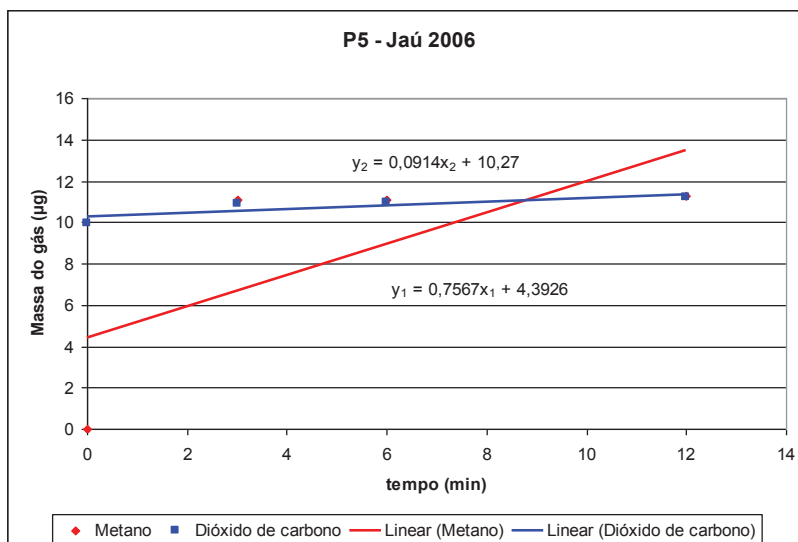


Gráfico 6.5.42 – Sítio P<sub>5</sub> - Jaú 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7567 x_1 + 4,3926 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,0914 x_2 + 10,27 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,7567 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 72,04 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,0914 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 8,70 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

**c) Aterro de Jaú - Emissão solo-ar campanha 2006:**

A tabela 6.5.49, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Jaú, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.49 – Resumo das taxas de emissão solo-ar - Jaú 2006

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	83,05
	CO <sub>2</sub>	294,01
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	129,42
	CO <sub>2</sub>	133,10
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	72,00
	CO <sub>2</sub>	139,28
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	19,86
	CO <sub>2</sub>	52,41
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	72,04
	CO <sub>2</sub>	8,70

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(CH<sub>4</sub>)</sub>) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_{xE_m}(\text{CH}_4) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 75,30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(t)(CH<sub>4</sub>)</sub>) no aterro:

$$\Rightarrow T_{xE_{m(t)}} = T_{xE_m} (75,30 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{\text{at}} (48.400 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = \text{t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_{xE_{m(t)}}(\text{CH}_4) = 1.330,25 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que: T<sub>x</sub>E<sub>m</sub> = Taxa de Emissão média (g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>); A<sub>at</sub> = Área do aterro (m<sup>2</sup>)

T<sub>x</sub>E<sub>m(t)</sub> = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas·ano<sup>-1</sup>)

365 = fator de conversão de dias p ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de g para Ton

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_m(CO_2)$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m(CO_2) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 125,50 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_m(t)(CO_2)$ ) no aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_m(t)(CO_2) = 2.217,08 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

## D<sub>2</sub>) Campanha 2007

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.50 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> - Jaú 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	0	8,0034
3	10,4542	8,1043
6	11,0837	8,5484
12	10,9067	10,8000

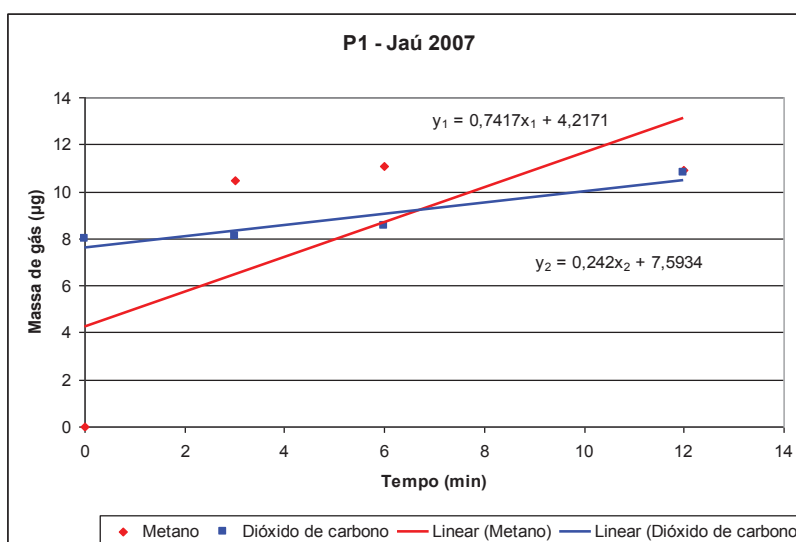


Gráfico 6.5.43 – Sítio P<sub>1</sub> - Jaú 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7417 x_1 + 4,2171 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,242 x_2 + 7,5934 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,7417 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 53,40 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,242 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 17,42 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

**P<sub>2</sub>** (p; VP = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.51 - Sítio de coleta **P<sub>2</sub>** - Jaú 2007: tempos

de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,8866	8,5806
3	10,4523	10,0375
6	12,6140	13,0371
12	11,6111	9,7736

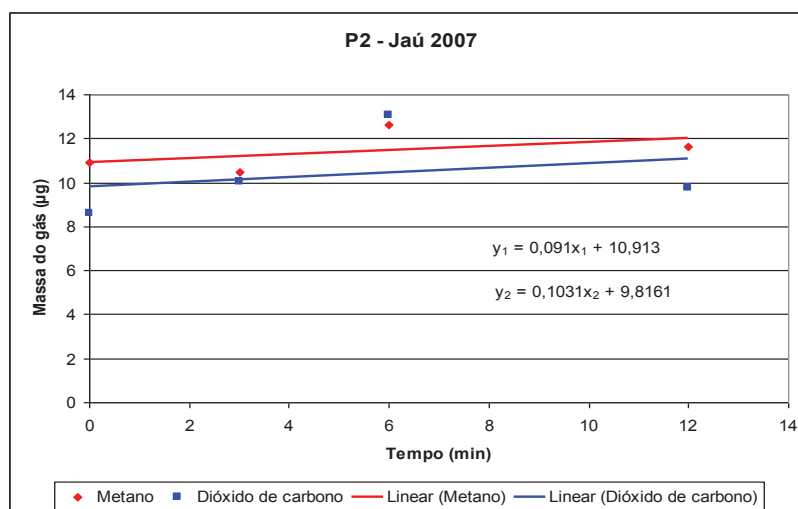


Gráfico 6.5.44 – Sítio P<sub>2</sub> - Jaú 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,091x_1 + 10,913 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1031x_2 + 9,8161 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,091 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 8,66 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1031 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 9,81 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

$P_3$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.52 - Sítio de coleta  $P_3$  - Jaú 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	0	7,6301
3	10,7051	8,7000
6	12,8566	12,2110
12	12,4789	10,5000

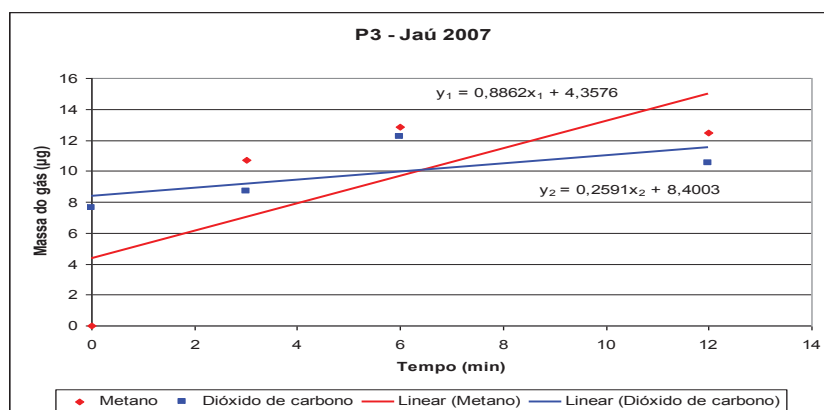


Gráfico 6.5.45 – Sítio  $P_3$  - Jaú 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,8862 x_1 + 4,3576 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2591 x_2 + 8,4003 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,8862 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 63,80 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{0,2591 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$TxE(CO_2) = 18,65 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (ρ; V<sub>P</sub> = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.53 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** - Jaú 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,2826	7,7138
3	10,5000	7,9970
6	11,2735	11,1618
12	12,6486	13,2001

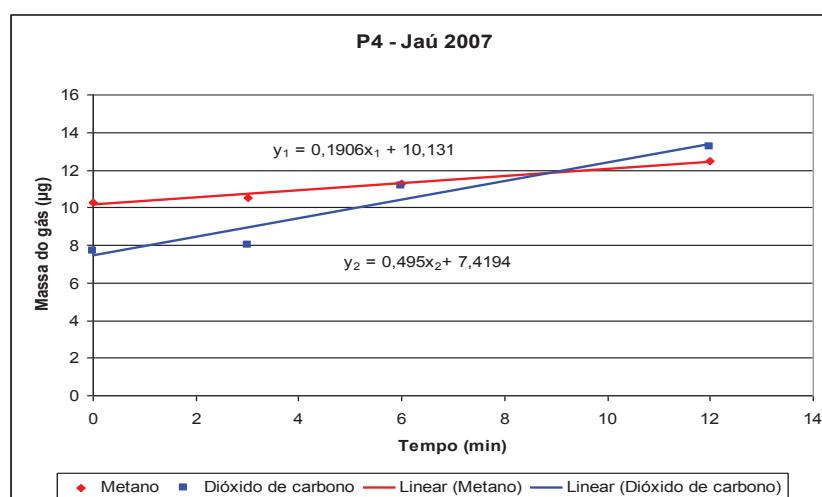


Gráfico 6.5.46 – Sítio **P<sub>4</sub>** - Jaú 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.



Equações das retas:

$$y_1 = 0,1906 x_1 + 10,131 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,495 x_2 + 7,4194 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,1906 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 18,15 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{0,495 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 47,13 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

**P<sub>5</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>) – Jaú 2007

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.54 - Sítio de coleta **P<sub>5</sub>**- Jaú 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	0	7,4134
3	10,9168	8,3382
6	11,5564	12,2883
12	10,6202	10,2606

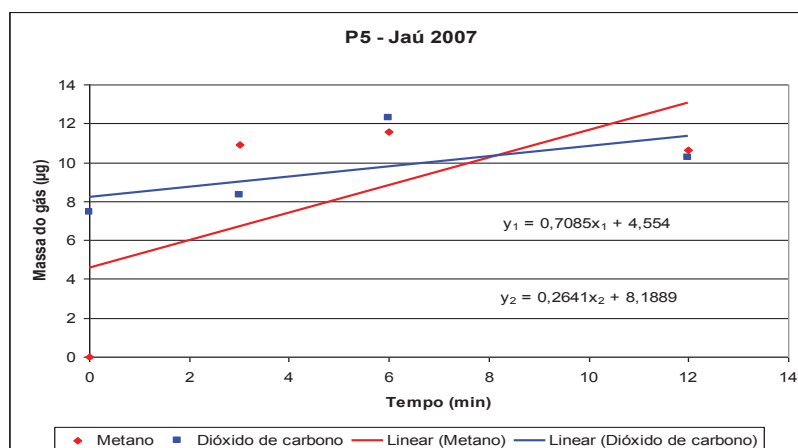


Gráfico 6.5.47 – Sítio P<sub>5</sub> - Jaú 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7085 x_1 + 4,554 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2641 x_2 + 8,1889 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,7085 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 51,01 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{0,2641 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 19,01 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

P<sub>6</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.55 - Sítio de coleta P<sub>6</sub> - Jaú 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3264	7,7760
3	12,2289	11,1918
6	12,5227	12,8955
12	12,5363	10,5224

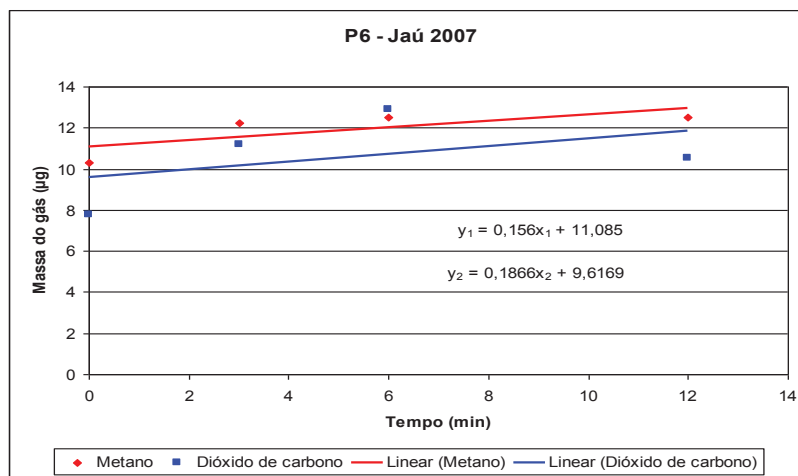


Gráfico 6.5.48 – Sítio P<sub>6</sub> - Jaú 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,156 \cdot x_1 + 11,085 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1866 \cdot x_2 + 9,6169 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,156 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 11,23 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{0,1866 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 13,43 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta } P_6.$$

**c) Aterro de Jaú - Emissão solo-ar campanha 2007:**

A tabela 6.5.56, a seguir, resume a emissão solo-ar de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub>, do aterro de Jaú na campanha de 2007.

Tabela 6.5.56 – Resumo da emissão solo-ar - Jaú 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	53,40
	CO <sub>2</sub>	17,42
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	8,66
	CO <sub>2</sub>	9,81
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	63,80
	CO <sub>2</sub>	18,65
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	18,15
	CO <sub>2</sub>	47,13
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	51,01
	CO <sub>2</sub>	19,01
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	11,23
	CO <sub>2</sub>	13,43

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(CH<sub>4</sub>)) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_{xE_m}(CH_4) = (P_1 + \dots + P_6)/6 = 41,25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_xE_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_{x_{m(t)}} = T_xE_m (41,25 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (48.400 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = 728,72 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)}(CH_4) = 728,72 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_xE_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias para ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de g para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$\Rightarrow T_xE_m(CO_2) = (P_1 + \dots + P_6)/6 = 34,37 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)} = 602,16 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_tM$ ) solo-ar do aterro de Jaú:** Consideradas as campanhas 2006 e 2007:

1) Metano:  $\boxed{E_tM(CH_4) = 1.773,66 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}}$

2) Dióxido de carbono:  $\boxed{E_tM(CO_2) = 1.409,70 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}}$

### 6.5.1-E) Aterro de Ribeirão Bonito

#### E<sub>1</sub>) Campanha 2006

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup> )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.57 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	11,4825	9,4800
3	11,4990	10,3465
6	11,5000	10,7349
12	11,8923	10,6683

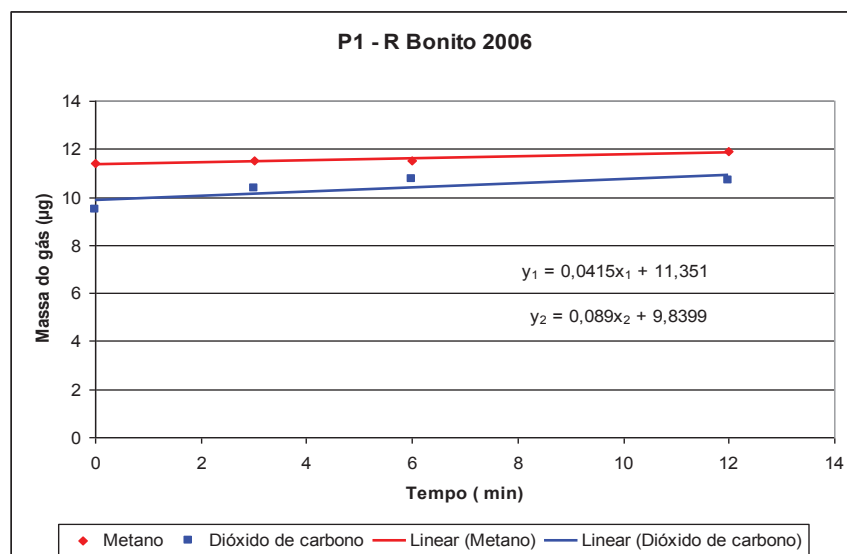


Gráfico 6.5.49 – Sítio P<sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0415 x_1 + 11,351 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,089 x_2 + 9,8399 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0415 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 3,00 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_xE(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1535 \mu g \cdot min^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de  $CH_4$ ;

$33.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,089 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 6,41 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_xE(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$0,089 \mu g \cdot min^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de  $CO_2$ ;

$33.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  (p; VP=1200 mL e AP=0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.58 - Sítio de coleta  $P_2$  – R Bonito 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3030	7,6236
3	10,4824	8,2695
6	10,9076	9,4754
12	11,0728	9,5290

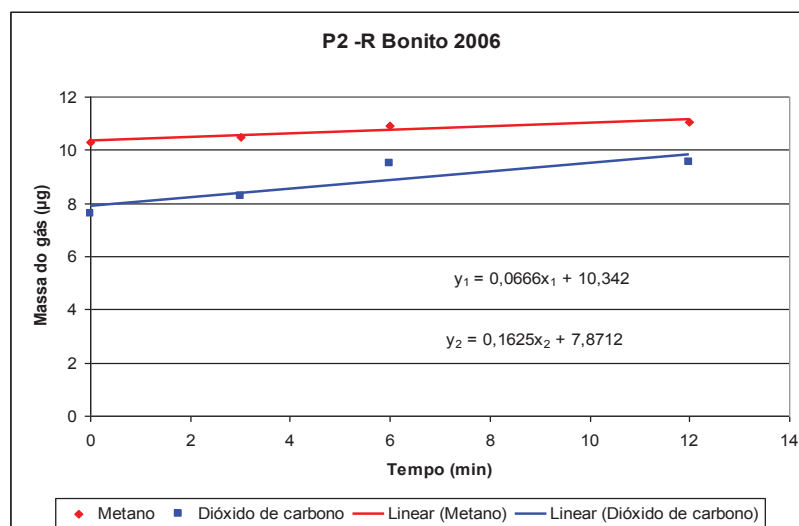


Gráfico 6.5.50 – Sítio  $P_2$  – R Bonito 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0666 x_1 + 10,342 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1625 x_2 + 7,8712 \quad \text{Equação do dióxido}$$



b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0666 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 6,34 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1625 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 15,47 mg \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.59 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** – R Bonito 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	11,3840	8,9732
3	11,8584	10,1340
6	11,2471	10,5803
12	11,5000	9,8851

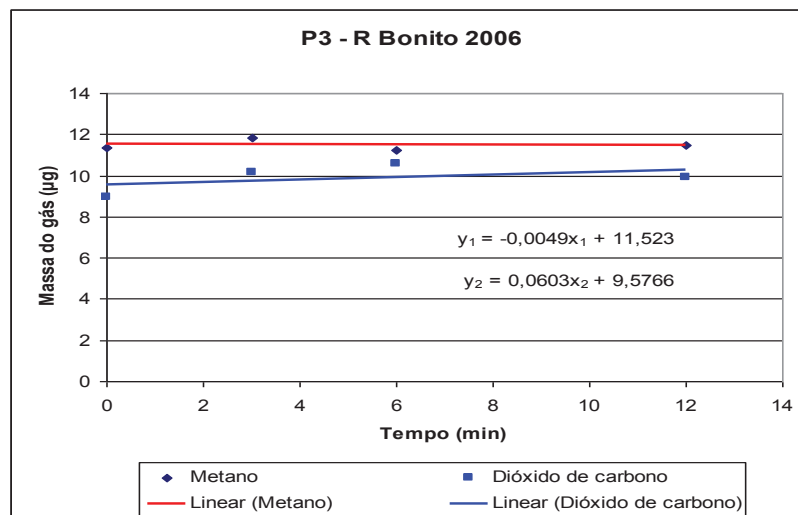


Gráfico 6.5.51 – Sítio P<sub>3</sub> – R Bonito 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = -0,0049 x_1 + 11,523 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,6003 x_2 + 9,5766 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0049 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 0,35 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,6003 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 43,22 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$P_4$  (p;  $V_P= 1.200 \text{ mL}$  e  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$  )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.60 - Sítio de coleta  $P_4$  – R Bonito 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,2717	7,6494
3	10,3940	8,4304
6	1,09113	9,5719
12	11,3530	10,9558

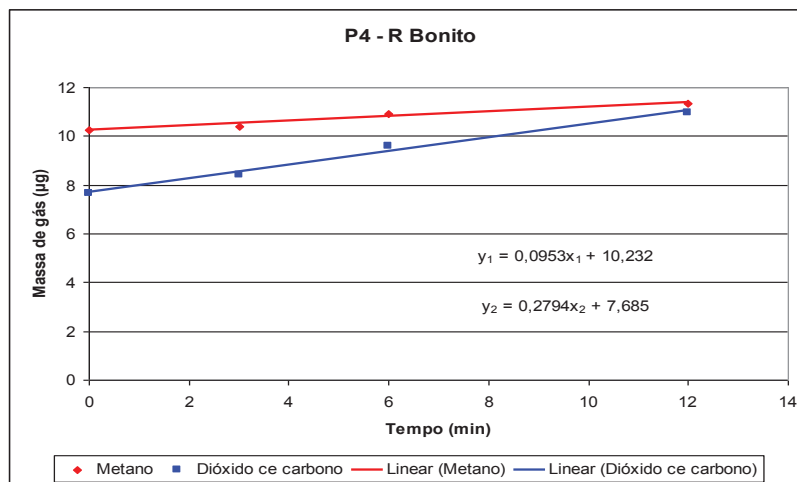


Gráfico 6.5.52 – Sítio  $P_4$  – R Bonito 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0953 x_1 + 10,232 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2794 x_2 + 7,685 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0953 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 9,07 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \text{ No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,2794 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 26,60 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \text{ No sítio de coleta P}_4.$$

**P<sub>5</sub>** (G; V<sub>G</sub>= 33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.61 - Sítio de coleta **P<sub>5</sub>** – R Bonito 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,8346	9,2865
3	11,1732	10,1426
6	12,1869	13,9060
12	12,3411	14,0584

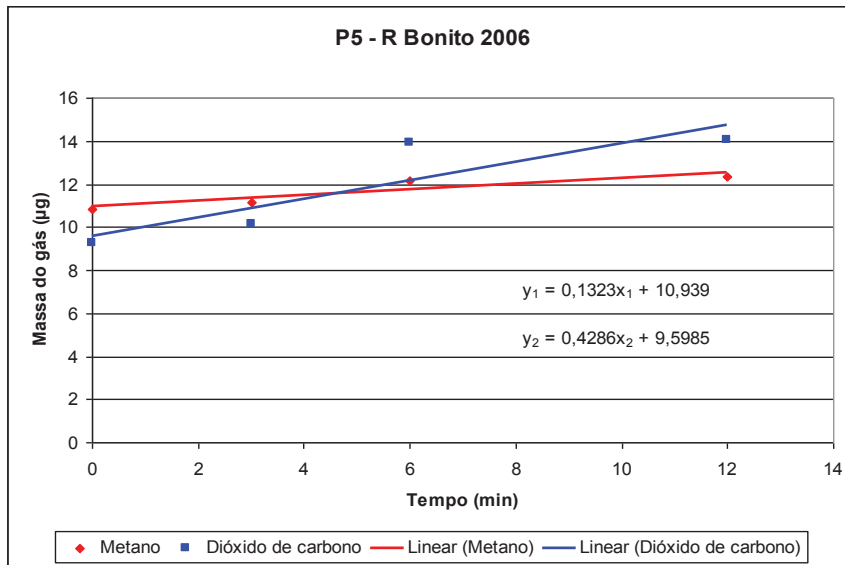


Gráfico 6.5.53 – Sítio P<sub>5</sub> – R Bonito 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1323 x_1 + 10,939 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,4286 x_2 + 9,5985 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,1323 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$Tx(CH_4) = 9,52 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,4286 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 30,86 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

### Emissão solo-ar 2006 – aterro de Ribeirão bonito:

A tabela 6.5.62, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Ribeirão Bonito, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.62 – Resumo da emissão solo-ar – Ribeirão Bonito 2006

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	3,00
	CO <sub>2</sub>	6,14
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	6,34
	CO <sub>2</sub>	15,42
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	0,35
	CO <sub>2</sub>	43,22
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	9,07
	CO <sub>2</sub>	26,60
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	9,52
	CO <sub>2</sub>	30,86

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(CH<sub>4</sub>)</sub>) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_{xE_m}(\text{CH}_4) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 5,66 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(t)(CH<sub>4</sub>)</sub>) no aterro:

$$\Rightarrow T_{xE_m(t)} = T_{xE_m}(5,66 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at}(40.000 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d} \cdot 10^{-6} = \text{t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_{xE_m(t)}(\text{CH}_4) = 82,64 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que: T<sub>x</sub>E = Taxa de emissão; T<sub>x</sub>E<sub>m</sub> = Taxa de Emissão média (g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>)

$$A_{at} = \text{Área do aterro (m}^2\text{)}$$

$$T_x E_m (t) = \text{Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas}\cdot\text{ano}^{-1}\text{)}$$

365 = fator de conversão de dias para ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de g para t

4) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_x E_m(\text{CO}_2)$ ) nos sítios ( $P_n$ ):

$$\Rightarrow T_x E_m (\text{CO}_2) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 24,46 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_m (t) = 375,12 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

## **E<sub>2</sub>) Campanha 2007**

$P_1$  ( $G$ ;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.63 - Sítio de coleta  $P_1$  – Ribeirão Bonito 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa do <math>\text{CH}_4</math> (<math>\mu\text{g}</math>)</b>	<b>Massa do <math>\text{CO}_2</math> (<math>\mu\text{g}</math>)</b>
0	10,3538	9,6151
3	10,4012	10,3207
6	10,4532	13,9254
12	10,9797	14,4704

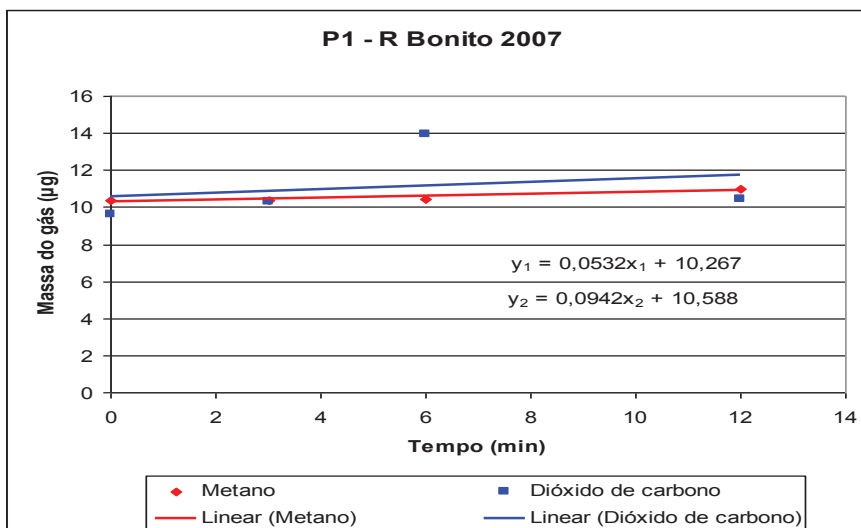


Gráfico 6.5.54 – Sítio P<sub>1</sub> – Ribeirão Bonito 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0532 x_1 + 10,267 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,0942 x_2 + 10,588 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0532 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$Tx(CH_4) = 3,83 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,0942 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 4,50 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$



$P_2$  ( $p$ ;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$ ;  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.64 - Sítio de coleta  $P_2$  – R Bonito 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3200	9,7028
3	10,4405	9,5569
6	10,4000	9,4410
12	10,2872	12,7410

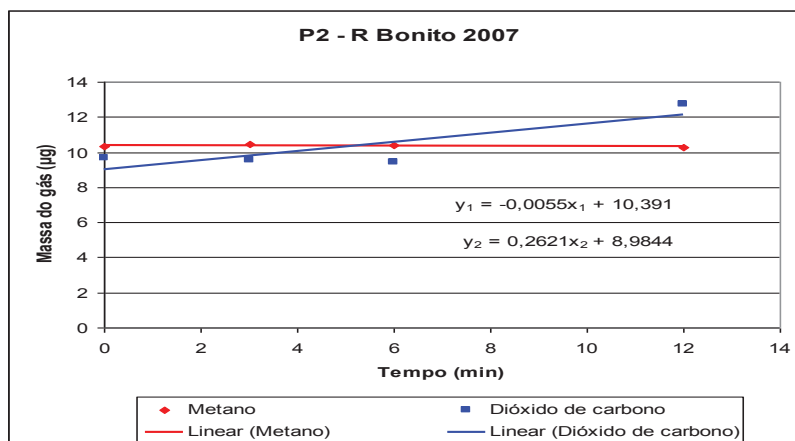


Gráfico 6.5.55 – Sítio  $P_2$  – R Bonito 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = -0,0055 x_1 + 10,391 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2621 x_2 + 8,9844 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,0055 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 0,53 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{0,2621 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$TxE(CO_2) = 24,95 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.65 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** – R Bonito 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,6478	9,4517
3	13,9351	11,8548
6	24,9930	39,0851
12	18,7045	23,8253

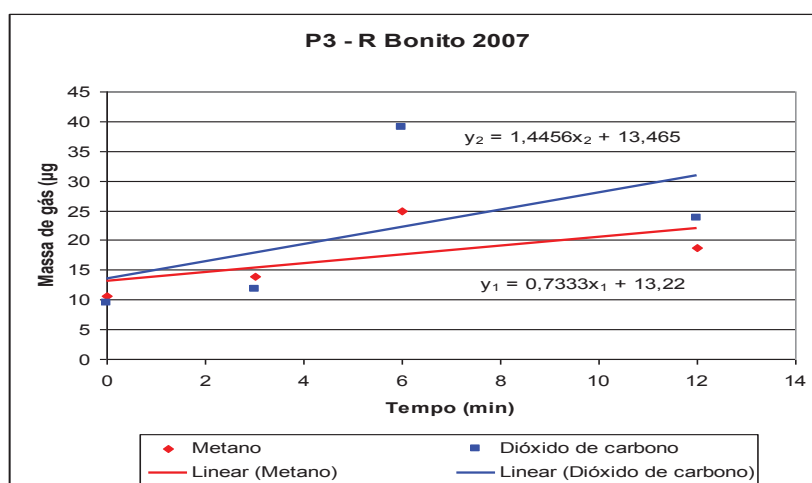


Gráfico 6.5.56 – Sítio **P<sub>3</sub>** – R Bonito 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7333 x_1 + 13,22 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,4456 x_2 + 13,465 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,7333 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 52,80 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,4456 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 104,10 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.66 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** – R Bonito 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,3438	8,7995
3	10,7553	13,6078
6	11,0782	11,8935
12	11,2462	12,0458

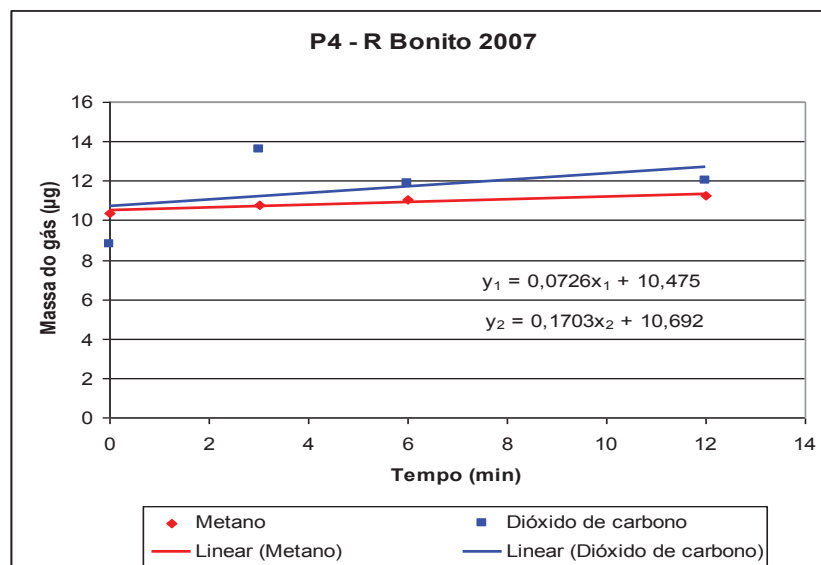


Gráfico 6.5.57 – Sítio P<sub>4</sub> – R Bonito 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0726 x_1 + 10,475 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1703 x_2 + 10,692 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0726 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 5,23 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1703 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 12,26 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$P_5$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.67 - Sítio de coleta  $P_5$  – R Bonito 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	0	9,4668
3	11,0515	10,5224
6	12,2654	7,7352
12	11,7718	7,7000

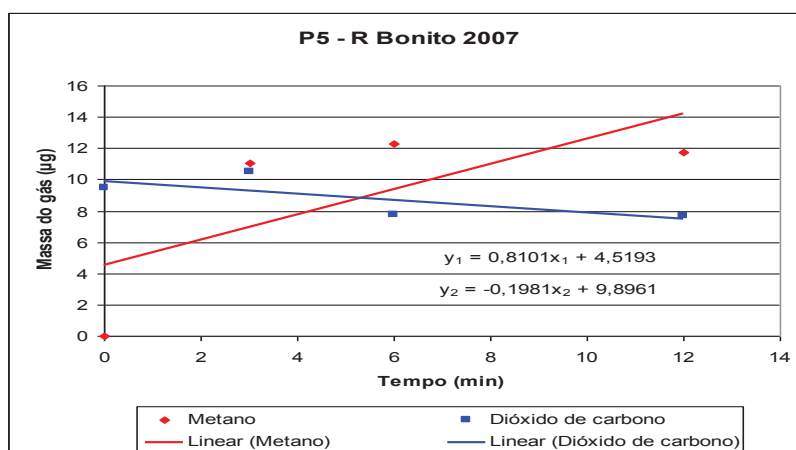


Gráfico 6.5.58 – Sítio  $P_5$  – R Bonito 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,8101 x_1 + 4,5193 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = -0,1981 x_2 + 9,9861 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,8101 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$Tx(CH_4) = 58,33 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{0,1981 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$TxE(CO_2) = 14,26 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

**P**<sub>6</sub> (p; V = 1.200 mL; A = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.68 - Sítio de coleta **P**<sub>6</sub> – R Bonito 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	-	-
3	10,2881	8,1528
6	10,8003	13,4190
12	12,1915	21,7741

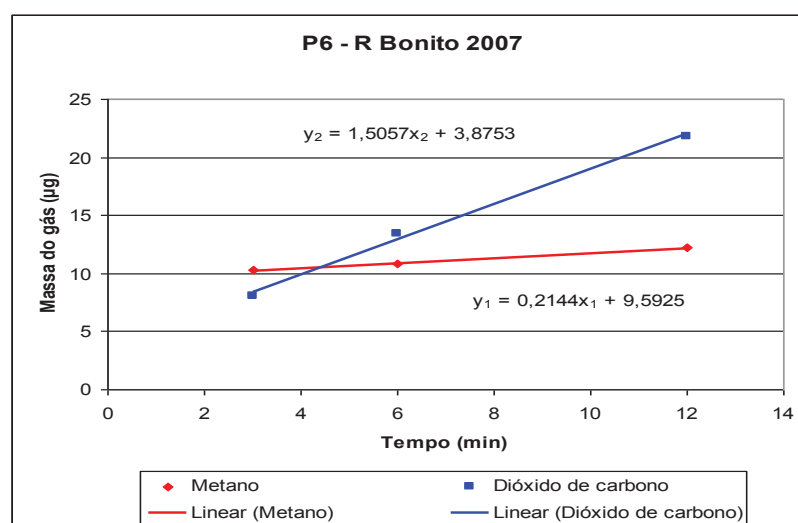


Gráfico 6.5.59 – Sítio **P**<sub>6</sub> – R Bonito 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2144 x_1 + 9,5925 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,5057 x_2 + 3,8753 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2144 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 20,41 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,5057 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 143,35 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

### Aterro de Ribeirão Bonito - Emissão solo-ar campanha 2007:

A tabela 6.5.69, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Ribeirão Bonito, na campanha de 2007.

Tabela 6.5.69 – Resumo das taxas de emissão solo-ar – Ribeirão Bonito 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	3,83
	CO <sub>2</sub>	4,50
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	0,53
	CO <sub>2</sub>	24,95
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	52,80
	CO <sub>2</sub>	104,10
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	5,23
	CO <sub>2</sub>	12,26
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	58,33
	CO <sub>2</sub>	14,26
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	20,41
	CO <sub>2</sub>	143,35

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(CH<sub>4</sub>)</sub>) nos sítios(P<sub>n</sub>):

$$T_x E_m (CH_4) = (P_1 + \dots + P_6)/6 = 32,26 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano (T<sub>x</sub>E<sub>m(t)(CH<sub>4</sub>)</sub>) no aterro:

$$\Rightarrow T_{x_m(t)} = T_x E_m (32,26 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (40.000\text{m}^2) \cdot 365 \text{ d} \cdot 10^{-6} = 471,00 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_m(t) (CH_4) = 471,00 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$



Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $m^2$ )

$T_xE_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2007 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365=fator de conversão de dias p ano;

$10^{-6}$  = fator de conversão de  $g$  para  $T$

3)Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m(CO_2) = (P_1 + \dots + P_6)/6 = 50,57 \text{ g} \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$$

4)Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(t)(CO_2)}$ ) no

aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)} = 738,32 \text{ t} \cdot a^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_tM$ ) solo-ar do aterro de Ribeirão Bonito:** Consideradas as campanhas, 2006 e 2007:

1) Metano:  $\boxed{E_tM(CH_4) = 276,82 \text{ t} \cdot a^{-1}}$

2) Dióxido de carbono:  $\boxed{E_tM(CO_2) = 556,71 \text{ t} \cdot a^{-1}}$

### 6.5.1-F) Aterro de Ribeirão Preto

#### F<sub>1</sub>) Campanha 2006

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup> )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.70 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	0	7,7846
3	10,3611	8,2008
6	17,4343	16,3542
12	12,9000	22,2805

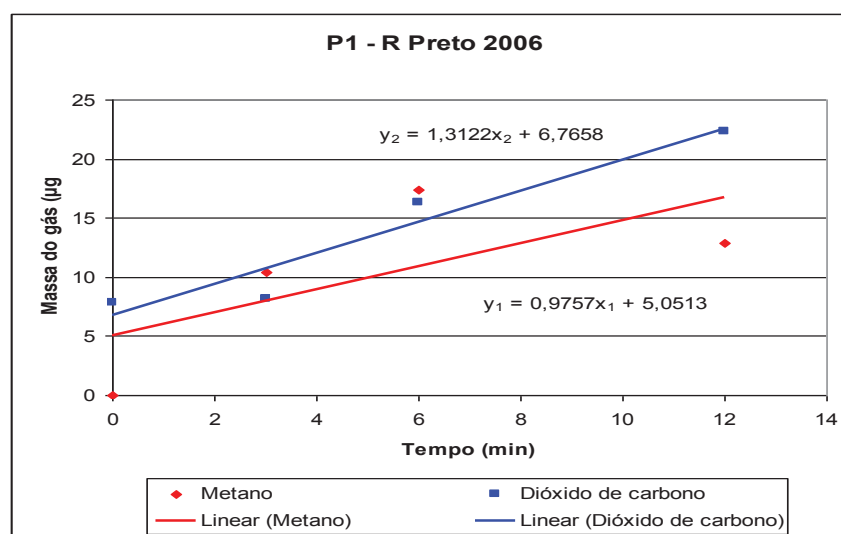


Gráfico 6.5.60 – Sítio P<sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,9757 x_1 + 5,0513 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,3122 x_2 + 6,7658 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_{xE}(CH_4) = \frac{0,9757 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$= 70,25 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1535 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^{-6}$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(CO_2) = \frac{1,3122 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$= 94,48 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$0,9002 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de  $CO_2$ ;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  ( $p$ ;  $V_P=1200 \text{ mL}$  e  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.71 - Sítio de coleta  $P_2$  - Araraquara 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,5509	9,2693
3	10,9925	10,7112
6	11,3575	10,3000
12	11,6230	14,7880

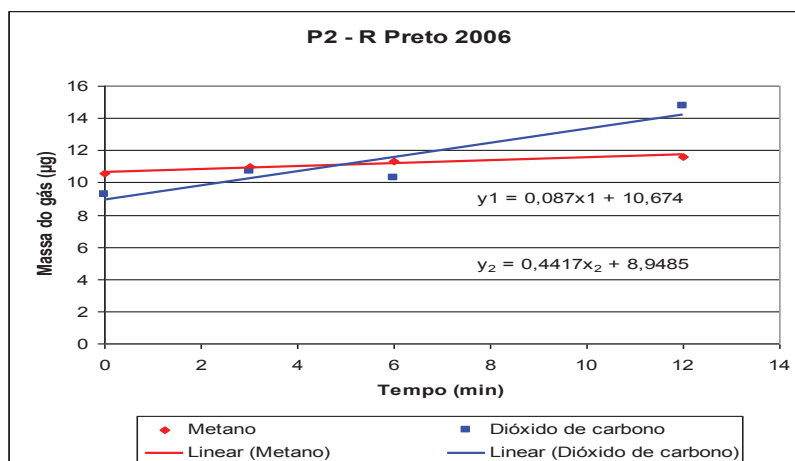


Gráfico 6.5.61 – Sítio  $P_2$  – R Preto 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,087 x_1 + 10,674 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,4417 x_2 + 8,9485 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,087 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 8,28 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{0,4417 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$TxE(CO_2) = 42,05 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

P<sub>3</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.72 - Sítio de coleta P<sub>3</sub> – R Preto 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	11,4962	12,5543
3	11,2015	15,8000
6	10,7845	16,2600
12	10,7380	12,0600

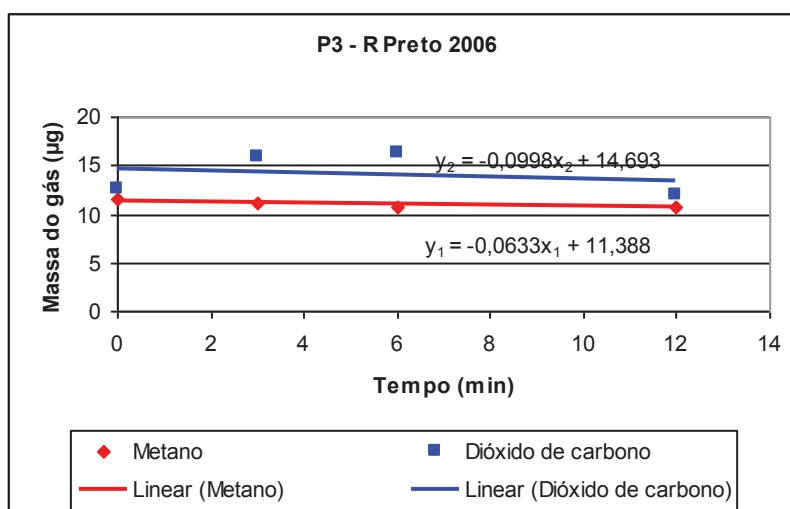


Gráfico 6.5.62 – Sítio P<sub>3</sub> – R Preto 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = -0,0633 x_1 + 11,388 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = -0,0998 x_2 + 14,693 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0633 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 4,56 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,0998 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 7,18 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (G; V<sub>G</sub>= 33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.73 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** – R Preto 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,9067	9,2822
3	10,3739	10,1812
6	15,0364	21,1390
12	13,9525	22,1560

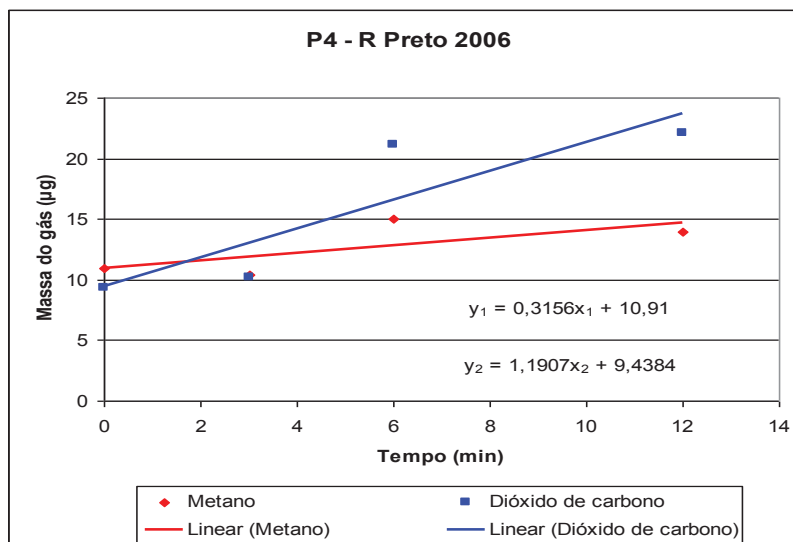


Gráfico 6.5.63 – Sítio  $P_4$  – R Preto 2006. Equações de retas e inclinações para  $CH_4$  e  $CO_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,3156 x_1 + 10,91 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,1907 x_2 + 9,4384 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,3156 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 22,72 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta } P_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{1,1907 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$

$$TxE(CO_2) = 85,73 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta } P_4.$$

$P_5$  (p;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$  e  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.74 - Sítio de coleta  $P_5$  – R Preto 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	0	8,2115
3	17,2245	25,4281
6	17,9289	28,0844
12	18,4000	28,7045

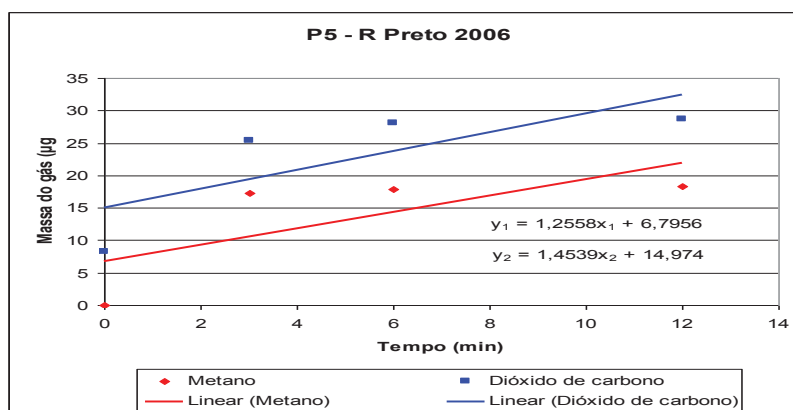


Gráfico 6.5.64 – Sítio  $P_5$  – R Preto 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,2558 x_1 + 6,7958 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,4539 x_2 + 14,974 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{1,2558 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$



$$\boxed{TxE(CH_4) = 119,56 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4)} \text{ No sítio de coleta P}_5.$$

$$\text{b}_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{1,4539 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{TxE(CO_2) = 138,42 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2)} \text{ No sítio de coleta P}_5.$$

### Aterro de Ribeirão Preto - Emissão solo-ar campanha 2006:

A tabela 6.5.75, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de Ribeirão Preto, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.75 – Resumo da emissão solo-ar – Ribeirão Preto 2006

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	70,25
	CO <sub>2</sub>	94,48
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	8,28
	CO <sub>2</sub>	42,05
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	4,56
	CO <sub>2</sub>	7,18
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	22,72
	CO <sub>2</sub>	85,73
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	119,56
	CO <sub>2</sub>	138,42

c<sub>1</sub>) Metano

$T_xE$  = Taxa de emissão

$$\Rightarrow T_xE_m (\text{CH}_4) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 45,07 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

$$\Rightarrow T_{xEm(t)} = T_xE_m (45,07 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (218.000 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = 3.586,22 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)} (\text{CH}_4) = 3.586,22 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ );  $A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_{xEm(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias para ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de  $\text{g}$  para  $\text{Ton}$

c<sub>2</sub>) Dióxido de carbono (cálculos/dados idem)

$$\Rightarrow T_xE_m (\text{CO}_2) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 73,57 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)} = 5.853,96 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

## F<sub>2</sub>) Campanha 2007

$P_1$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.76 - Sítio de coleta  $P_1$  – Ribeirão Preto 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	6,3793	8,9000
3	10,3711	8,1500
6	12,4241	16,3628
12	12,8666	16,7770

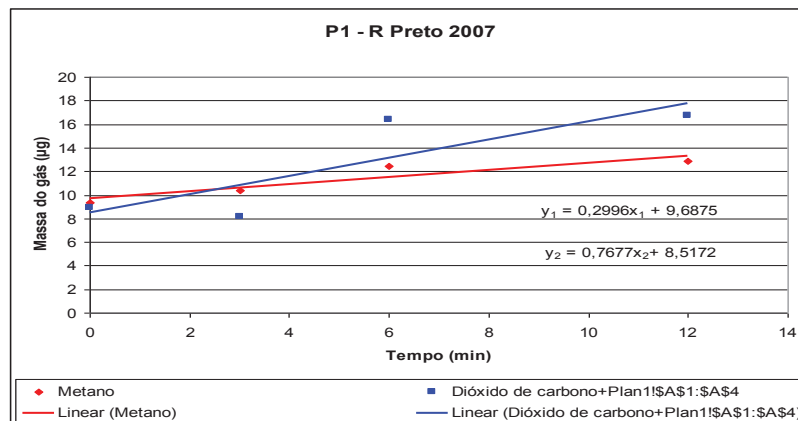


Gráfico 6.5.65 – Sítio P<sub>1</sub> – Ribeirão Preto 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2996 x_1 + 9,6875 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,7677 x_2 + 8,5172 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,2996 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 21,57 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{0,7677 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 55,28 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

P<sub>2</sub> (p; V<sub>P</sub> = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.77 - Sítio de coleta P<sub>2</sub> – R Preto 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3620	7,9000
3	10,4514	8,1107
6	12,5893	15,7105
12	17,0365	24,7115

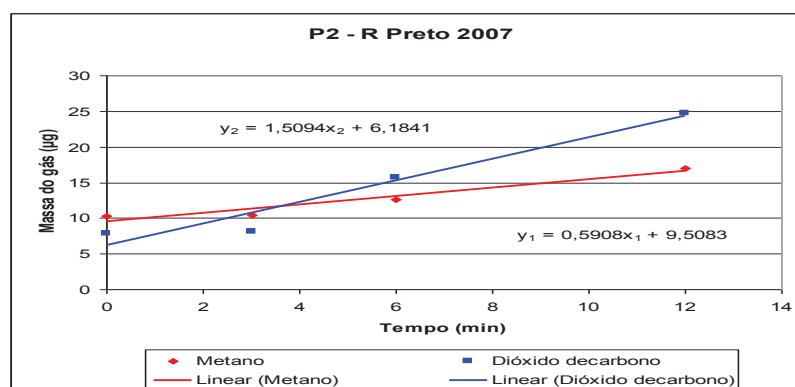


Gráfico 6.5.66 – Sítio P<sub>2</sub> – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,5908 x_1 + 9,5083 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,5094 x_2 + 6,1841 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,5908 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 56,25 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{1,5094 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 143,70 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

$P_3$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.78 - Sítio de coleta  $P_3$  – R Preto 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	12,5683	15,6140
3	12,5720	16,6740
6	14,3750	19,0666
12	13,9989	16,2126

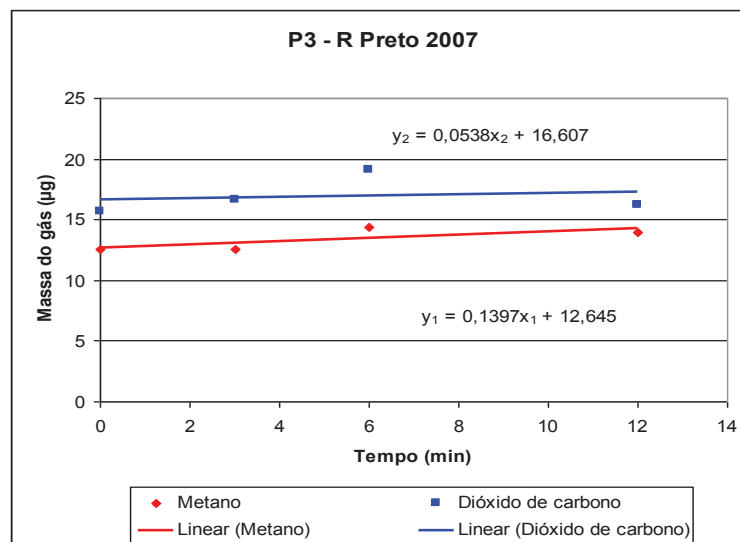


Gráfico 6.5.67 – Sítio  $P_3$  – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1397 x_1 + 12,645 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,0538 x_2 + 16,607 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,1397 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 10,06 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,0538 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 3,87 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (p; V<sub>P</sub> = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.79 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** – R Preto 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,7526	10,5396
3	10,6258	10,4173
6	27,0000	50,0235
12	24,6408	43,2000

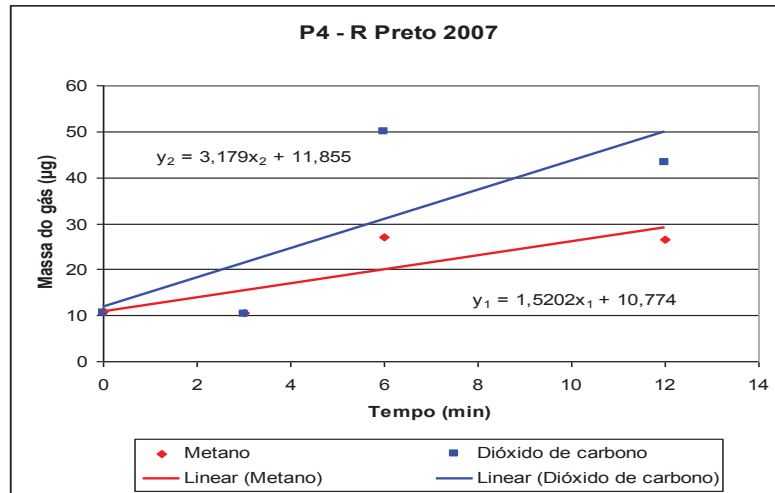


Gráfico 6.5.68 – Sítio P<sub>4</sub> – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,5202 x_1 + 10,774 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 3,179 x_2 + 11,855 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{1,5202 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 144,73 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{3,179 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 302,66 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$P_5$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.80 - Sítio de coleta  $P_5$  – R Preto 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,4633	7,0691
3	10,6613	10,6812
6	25,5200	48,0216
12	24,3400	43,0360

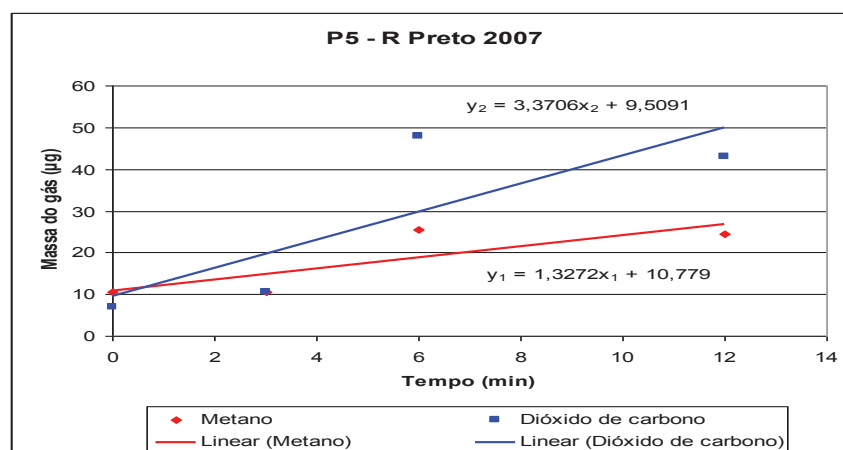


Gráfico 6.5.69 – Sítio  $P_5$  – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,3272 x_1 + 10,779 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 3,3706 x_2 + 9,5091 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b1) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{1,3272 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$



$$TxE(CH_4) = 95,56 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \text{ No sítio de coleta P}_5.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{3,3706 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 242,68 \text{ g} \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \text{ No sítio de coleta P}_{5_3}.$$

**P**<sub>6</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.81 - Sítio de coleta **P**<sub>6</sub> – R Preto 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,4295	8,2095
3	13,4835	17,4464
6	18,1000	27,3785
12	10,7133	10,4800

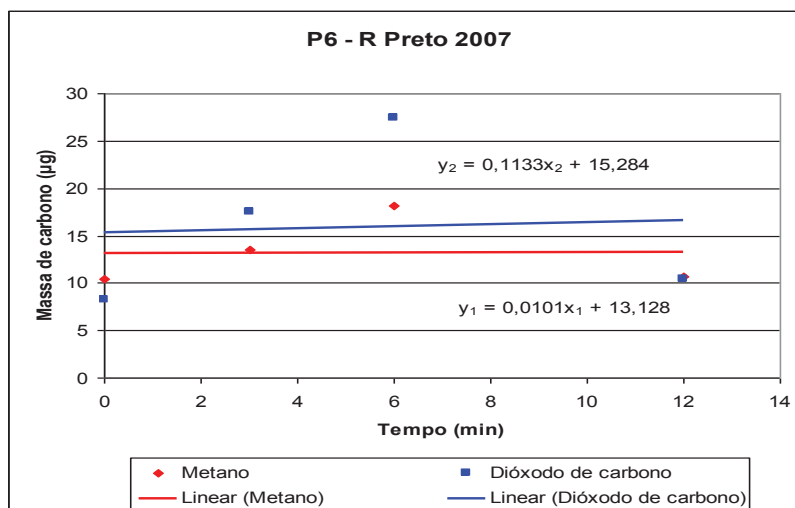


Gráfico 6.5.70 – Sítio **P**<sub>6</sub> – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0101 x_1 + 13,128 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1133 x_2 + 15,284 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0101 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 0,72 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,1133 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 8,16 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

**P<sub>7</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.82 - Sítio de coleta **P<sub>7</sub>** – R Preto 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	11,0244	11,4815
3	12,4031	16,2040
6	15,0638	21,1400
12	14,7363	17,9527

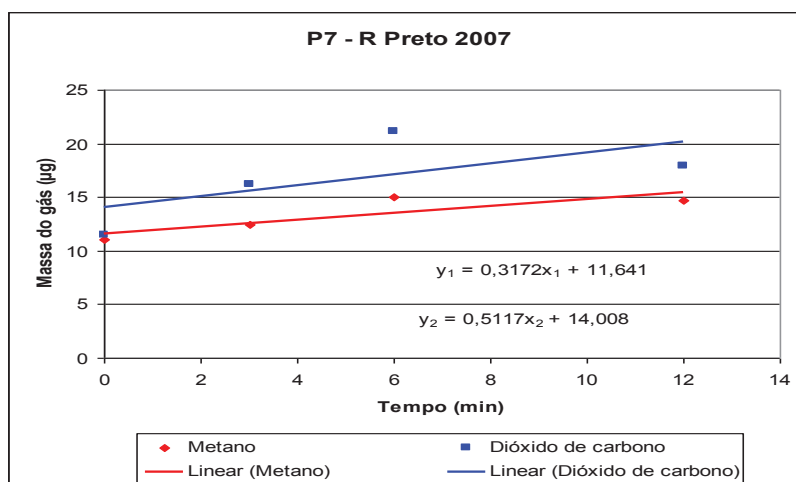


Gráfico 6.5.71 – Sítio P<sub>7</sub> – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,3172 x_1 + 11,641 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,5117 x_2 + 14,008 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } TxE(CH_4) = \frac{0,3172 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 22,84 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{0,5117 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 36,84 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

$P_8$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.83 - Sítio de coleta  $P_8$  – R Preto 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,3520	8,3146
3	10,4213	8,5442
6	10,3446	10,0804
12	12,323	11,5244

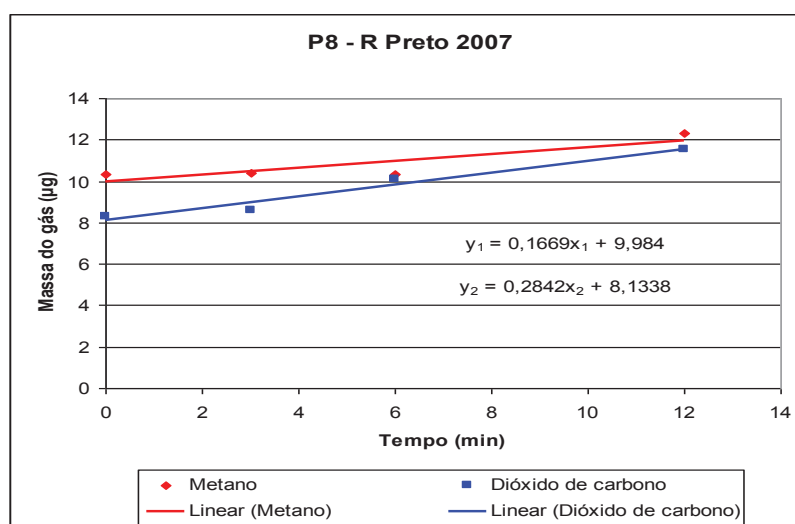


Gráfico 6.5.72 – Sítio  $P_8$  – R Preto 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1669 x_1 + 9,984 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2842 x_2 + 8,1338 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,1669 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 12,02 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

$$\text{b}_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{0,2842 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CO_2) = 20,46 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

### Aterro de Ribeirão Preto - Emissão solo-ar campanha 2007:

A tabela 6.5.84, a seguir, resume a emissão solo-ar de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub>, do aterro de Ribeirão Preto na campanha de 2007.

Tabela 6.5.84 – Resumo da emissão solo-ar – Ribeirão Preto 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	21,57
	CO <sub>2</sub>	55,28
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	56,25
	CO <sub>2</sub>	143,70
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	10,06
	CO <sub>2</sub>	3,87
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	144,73
	CO <sub>2</sub>	302,66
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	95,56
	CO <sub>2</sub>	242,68
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	0,72
	CO <sub>2</sub>	8,16
P <sub>7</sub>	CH <sub>4</sub>	22,84
	CO <sub>2</sub>	36,84
P <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>	12,02
	CO <sub>2</sub>	20,46

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_x E_{m(CH_4)}$ ) nos sítios ( $P_n$ ):

$$T_x E_{m(CH_4)} = (P_1 + \dots + P_8)/8 = 45,47 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_x E_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_x E_{m(t)} = T_x E_m (45,47 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (218.000) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = 3.618,05 \text{ Ton}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)}(CH_4) = 3.618,05 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_x E_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ );  $A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_x E_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2007 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias para ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de g para Tonelada

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(CO_2)}$ ) nos sítios ( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CO_2) = (P_1 + \dots + P_8)/8 = 101,70 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)} = 8.092,27 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_t M$ ) solo-ar do aterro de Ri Preto:** Consideradas as campanhas 2006 e 2007:

1) Metano:  $\boxed{E_t M (CH_4) = 3.602,13 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

2) Dióxido de carbono:  $\boxed{E_t M (CO_2) = 6.973,11 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

### 6.5.1-G) Aterro de São Carlos

#### G<sub>1</sub>) Campanha 2006

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.85 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> – São Carlos 2006: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	11,2744	13,3074
3	14,7226	20,8800
6	18,9654	25,9173
12	25,2800	45,7644

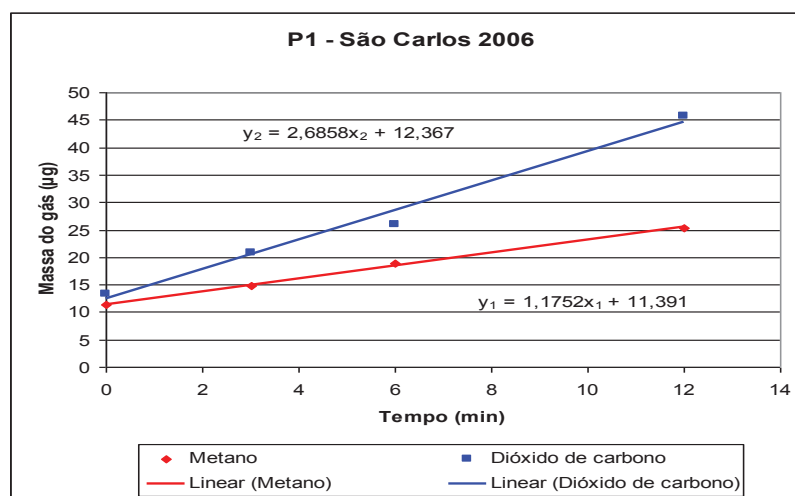


Gráfico 6.5.73 – Sítio P<sub>1</sub> – São Carlos 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,1752 x_1 + 11,391 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,6858 x_2 + 12,367 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } TxE(CH_4) = \frac{1,1752 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$\boxed{TxE(CH_4) = 84,61 g \times m^{-2} \times d^{-1}(CH_4)} \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_xE(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1752 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } Tx(CO_2) = \frac{2,6858 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$\boxed{= 193,38 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2)} \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_xE(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$2,6858 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$33.200 \text{ mL}$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos·dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 \text{ m}^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).



$P_2$  ( $p$ ;  $V_P=1200 \text{ mL}$  e  $A_P=0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.86 - Sítio de coleta  $P_2$  – São Carlos 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	-	-
3	11,0719	11,3184
6	11,1138	11,3513
12	13,9774	19,8967

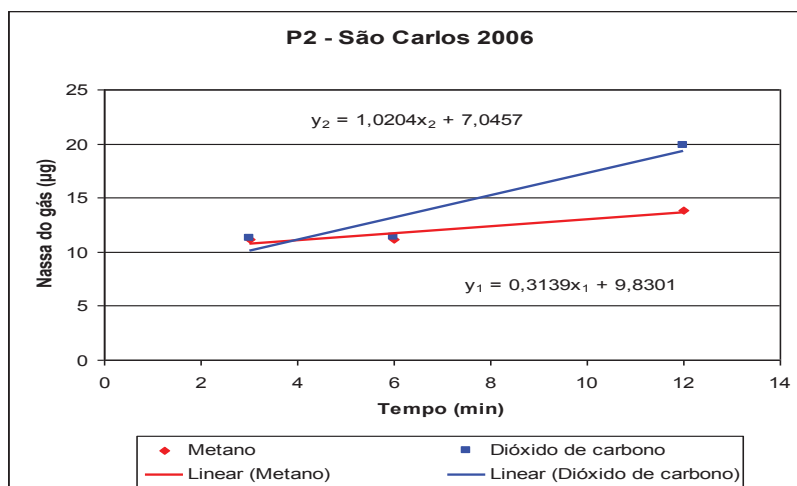


Gráfico 6.5.74 – Sítio  $P_2$  – São Carlos 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,3139 x_1 + 9,8301 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,0204 x_2 + 7,0457 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$Tx(CH_4) = \frac{0,3139 \mu g(CH_4) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CH_4) = 29,88 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$Tx(CO_2) = \frac{1,0204 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CO_2) = 97,15 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

**P<sub>3</sub>** (G; V<sub>G</sub>=33.200 mL e A<sub>G</sub>=0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.87 - Sítio de coleta **P<sub>3</sub>** – São Carlos 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,6467	10,5010
3	10,9780	9,4818
6	11,0774	11,5824
12	20,6343	38,2054

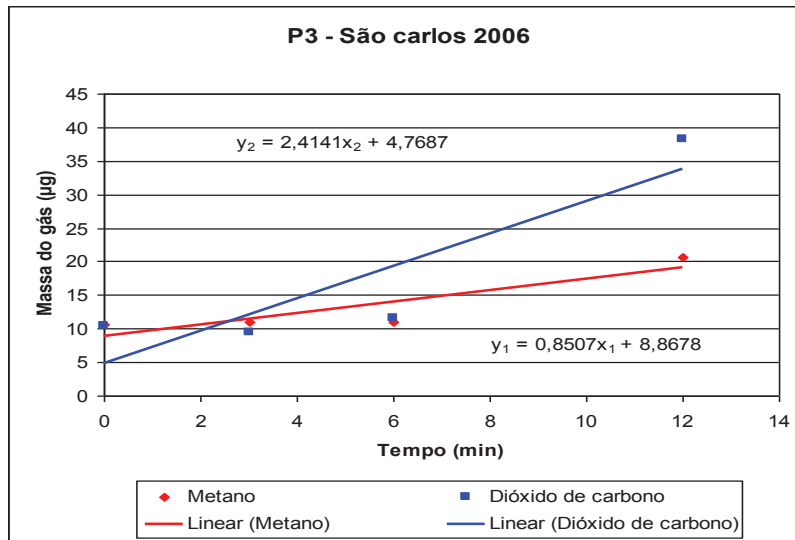


Gráfico 6.5.75 – Sítio P<sub>3</sub> – São Carlos 2006. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,8507 x_1 + 8,8678 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,4141 x_2 + 4,7687 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,8507 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 61,25 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{2,4141 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CO_2) = 173,81 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$P_4$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$  e  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.88 - Sítio de coleta  $P_4$  – São Carlos 2006: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	-	-
3	10,8785	10,4022
6	11,1741	10,7183
12	11,2726	10,7735

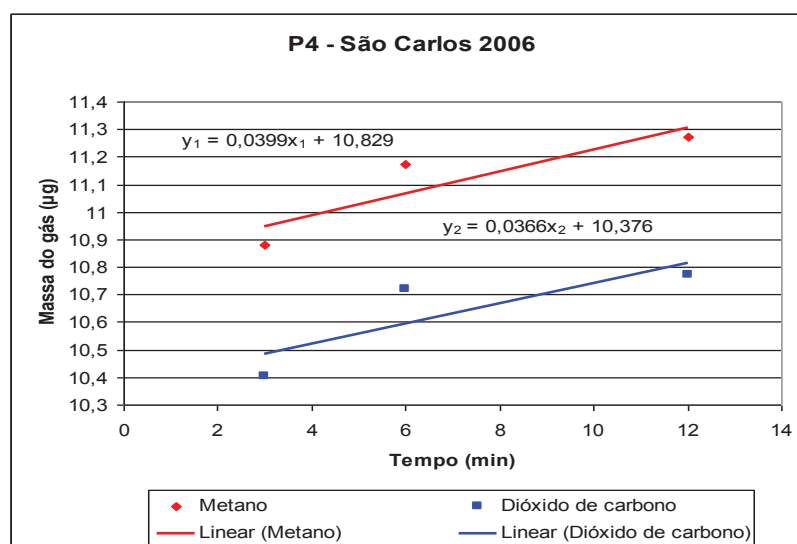


Gráfico 6.5.76 – Sítio  $P_4$  – São Carlos 2006. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,0399 x_1 + 10,829 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,0366 x_2 + 10,376 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,0399 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 3,80 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,0366 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 3,48 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

### Aterro de São Carlos - Emissão solo-ar campanha 2006:

A tabela 6.5.89, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de São Carlos, na campanha de 2006.

Tabela 6.5.89 – Resumo das taxas de emissão solo-ar – São Carlos 2006

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	84,61
	CO <sub>2</sub>	193,38
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	29,88
	CO <sub>2</sub>	97,15
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	61,25
	CO <sub>2</sub>	173,81
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	3,80
	CO <sub>2</sub>	3,48

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_x E_{m(CH_4)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CH_4) = (P_1 + \dots + P_4)/4 = 44,88 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_x E_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_x E_{m(t)} = T_x E_m (44,88 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (180.000) \cdot 365 \text{ d} \cdot 10^{-6} = 2.948,61 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)} (CH_4) = 2.948,61 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_x E_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_x E_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias p ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de g para Ton

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CO_2) = (P_1 + \dots + P_4)/4 = 116,95 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)} = 7.683,61 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**G<sub>2</sub>) Aterro de São Carlos 2007**

**P<sub>1</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.90 - Sítio de coleta **P<sub>1</sub>** – São Carlos 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g}$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}$ )
0	10,2142	10,6340
3	11,7352	15,4423
6	22,2046	38,5165
12	13,4060	20,0147

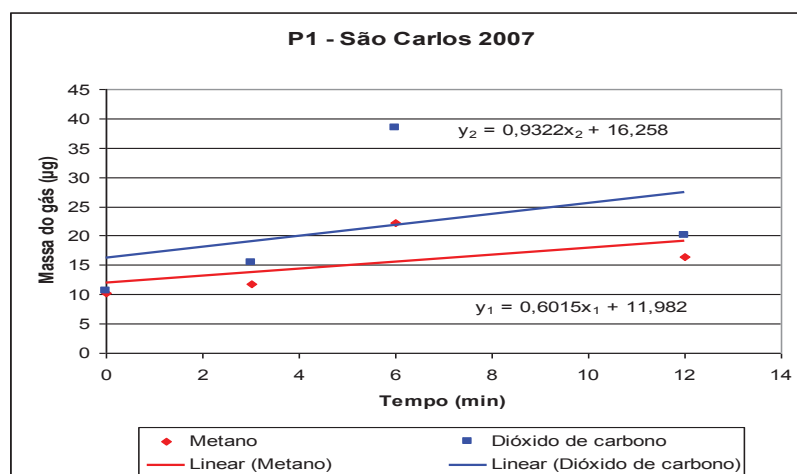


Gráfico 6.5.77 – Sítio **P<sub>1</sub>** – São Carlos 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,6015 x_1 + 11,982 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,9322 x_2 + 16,258 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,6015 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 43,31 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,9322 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 67,12 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>2</sub>** (p; V<sub>P</sub> = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.91 - Sítio de coleta **P<sub>2</sub>** – São Carlos 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,5100	9,0162
3	10,3584	19,3690
6	27,9265	50,5342
12	10,8711	13,0330



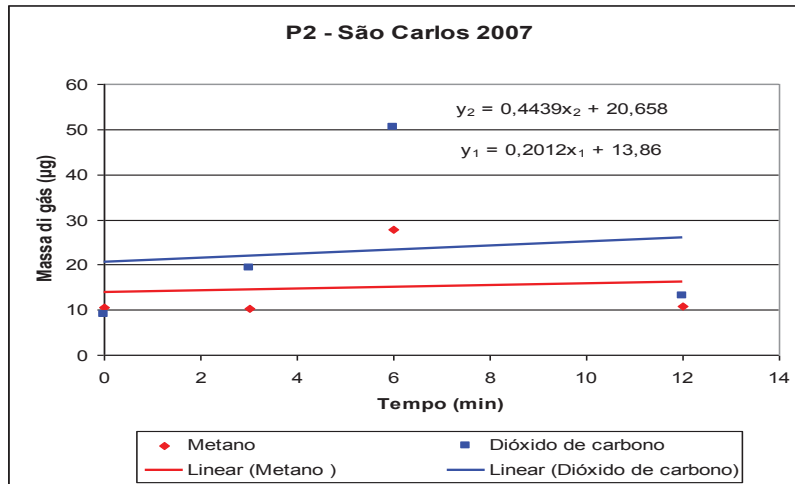


Gráfico 6.5.78 – Sítio P<sub>2</sub> – São Carlos 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,4439 x_1 + 20,658 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,2012 x_2 + 13,86 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,4439 \mu\text{g}(CH_4) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 42,26 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{0,2012 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$TxE(CO_2) = 19,15 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

$P_3$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.92 - Sítio de coleta  $P_3$  – São Carlos 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	11,1800	20,7056
3	11,4323	14,5520
6	15,6076	26,6704
12	25,0049	47,9937

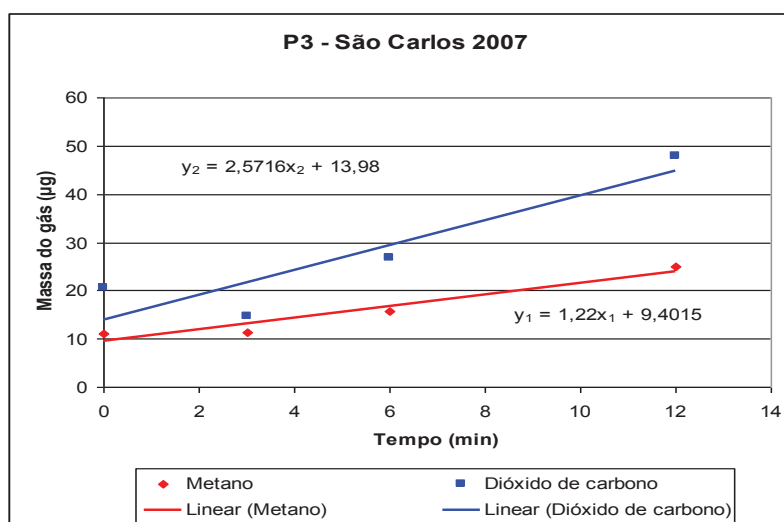


Gráfico 6.5.79 – Sítio  $P_3$  – São Carlos 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,22x_1 + 9,4015 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,5716x_2 + 13,98 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{1,22 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 87,84 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{2,571 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$Tx(CO_2) = 185,11 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

**P<sub>4</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.93 - Sítio de coleta **P<sub>4</sub>** – São Carlos 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,3000	11,1318
3	12,0144	15,0025
6	16,6570	33,5708
12	10,8182	15,6226

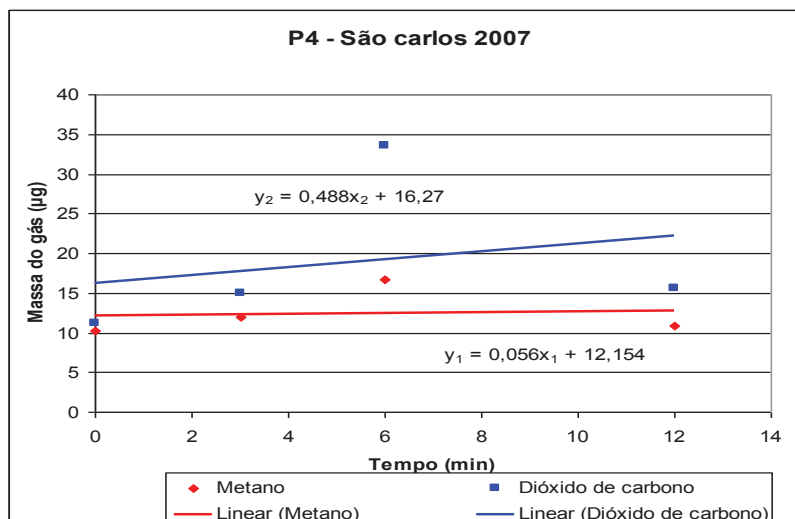


Gráfico 6.5.80 – Sítio P<sub>4</sub> – São Carlos 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,056 x_1 + 12,154 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,488 x_2 + 16,27 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,056 \mu\text{g}(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$TxE(CH_4) = 4,03 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,488 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$Tx(CO_2) = 35,14 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$P_5$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.94 - Sítio de coleta  $P_5$  – São Carlos 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,1905	7,4284
3	11,1294	12,6595
6	12,2444	13,4800
12	12,3236	14,3266

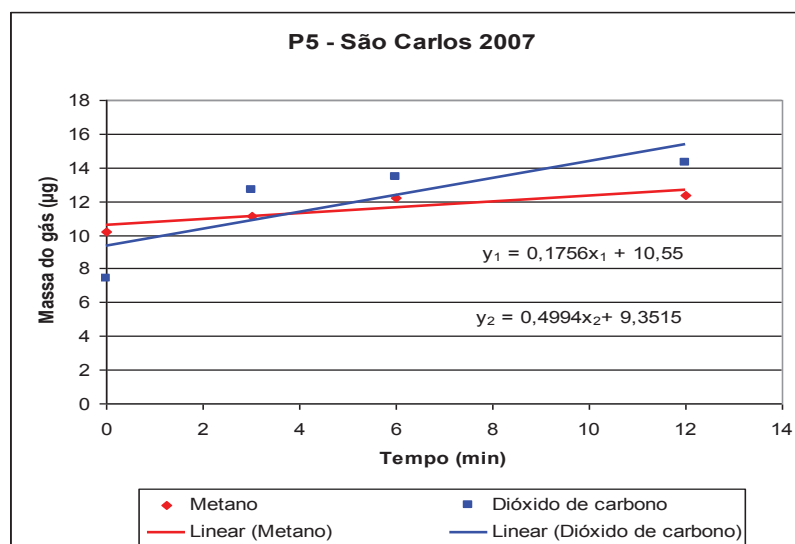


Gráfico 6.5.81 – Sítio  $P_5$  – São Carlos 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,1756 x_1 + 10,55 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,4994 x_2 + 9,3515 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,1756 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CH_4) = 12,65 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,4994 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$TxE(CO_2) = 35,95 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

### Aterro de São Carlos - Emissão solo-ar campanha 2007:

A tabela 6.5.95, resume as taxas de emissão solo-ar para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro de São Carlos, na campanha de 2007.

Tabela 6.5.95 – Resumo das taxas de emissão solo-ar – São Carlos 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	43,31
	CO <sub>2</sub>	67,12
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	42,26
	CO <sub>2</sub>	19,15
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	87,84
	CO <sub>2</sub>	185,11
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	4,03
	CO <sub>2</sub>	35,14
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	12,65
	CO <sub>2</sub>	35,95

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_x E_{m(CH_4)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CH_4) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 38,02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_x E_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_x E_{m(t)} (CH_4) = T_x E_m (38,02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}) \cdot A_{at} (180.000 \text{ m}^2) \cdot 365 \text{ d} \cdot 10^{-6} = 2.497,91 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)} (CH_4) = 2.497,91 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_x E_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_x E_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2007 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias p ano

$10^{-6}$  = fator de conversão de mg para Ton

3) Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_x E_m (CO_2) = (P_1 + \dots + P_5)/5 = 68,50 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

4) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_x E_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow \boxed{T_x E_{m(t)} = 4.500,45 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

**Emissão Total Média ( $E_t M$ ) solo-ar do aterro de São Carlos:** Consideradas as campanhas, 2006 e 2007.

1) Metano:  $\boxed{E_t M (CH_4) = 2.723,29 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

2) Dióxido de carbono:  $\boxed{E_t M (CO_2) = 6.092,03 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$

### 6.5.1-H) Aterro Bandeirantes

#### H<sub>1</sub>) Aterro Bandeirantes 2007 - Única

P<sub>1</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.96 - Sítio de coleta P<sub>1</sub> - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	10,7352	9,2393
3	10,8684	10,3078
6	14,5839	26,1600
12	23,5021	45,9404

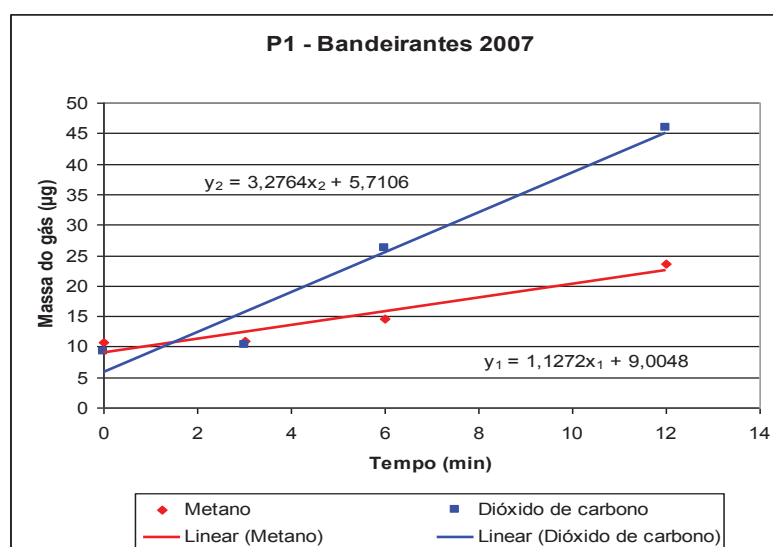


Gráfico 6.5.82 – Sítio P<sub>1</sub> - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,1272 x_1 + 9,0048 \quad \text{Equação do metano}$$



$$y_2 = 3,2764 x_2 + 5,7106 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } T_{xE}(CH_4) = \frac{1,1272 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{min} \times mL \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 81,16 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1272 \mu g \cdot min^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$33.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 min$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } T_{xE}(CO_2) = \frac{3,2764 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$T_{xE} = 235,90 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_1.$$

Em que:  $T_{xE}(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$3,2764 \mu g \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$33.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (grande);

$1440 min$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,664 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (grande).

$P_2$  ( $p$ ;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$ ;  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.97 - Sítio de coleta  $P_2$  - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	11,1075	10,7005
3	11,5345	10,3422
6	24,2339	35,7078
12	40,6304	68,7613

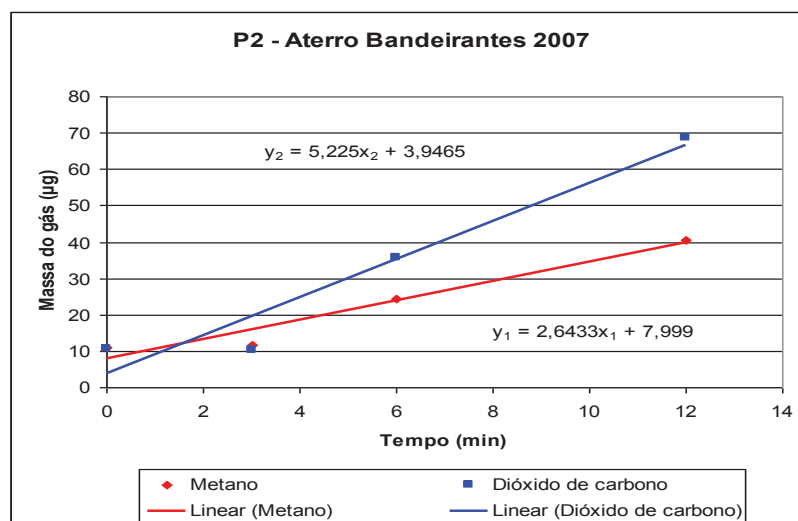


Gráfico 6.5.83 – Sítio  $P_2$  - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 2,6433 x_1 + 7,999 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 5,225 x_2 + 3,9465 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{2,6433 \mu g(CH_4) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$\boxed{= 251,66 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4)} \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

Em que:  $T_{xE}(CH_4)$  = Taxa de emissão de metano no sítio;

$1,1272 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de metano;

$1.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (pequena);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,01815 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (pequena).

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{5,225 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$

$$\boxed{= 497,45 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2)} \quad \text{No sítio de coleta P}_2.$$

Em que:  $T_{xE}(CO_2)$  = Taxa de emissão de dióxido de carbono no sítio;

$5,225 \mu g \cdot \text{min}^{-1} \cdot mL^{-1}$  = Inclinação da reta do gráfico de dióxido de carbono;

$1.200 mL$  = Volume da câmara de coleta (pequena);

$1440 \text{ min}$  = número de minutos-dia<sup>-1</sup>;

$10^6$  = fator de conversão de  $\mu g$  para  $g$ ; e,

$0,01815 m^2$  = Área da base da câmara de coleta (pequena).

$P_3$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.98 - Sítio de coleta  $P_3$  - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	-	-
3	15,1505	31,6741
6	85,4267	168,2673
12	35,5226	56,5098

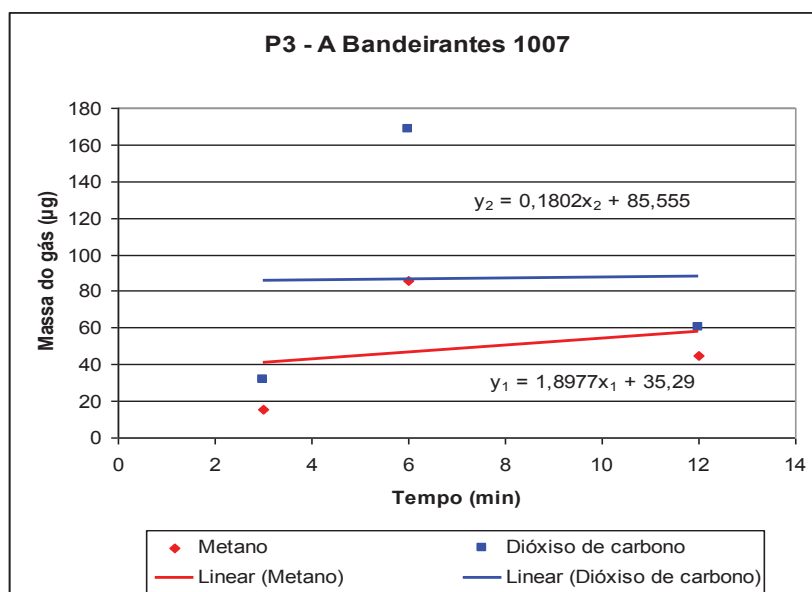


Gráfico 6.5.84 – Sítio  $P_3$  - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 1,8977 x_1 + 35,29 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,1802 x_2 + 85,555 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } TxE(CH_4) = \frac{1,8977 \mu\text{g}(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 136,46 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{0,1802 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 12,97 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_3.$$

$P_4$  (p;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$ ;  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.99 - Sítio de coleta  $P_4$  - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $CH_4$  e  $CO_2$ .

Tempo (min)	Massa do $CH_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $CO_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	11,0983	12,0994
3	12,2462	14,0434
6	11,0920	18,6007
12	34,2680	61,3693

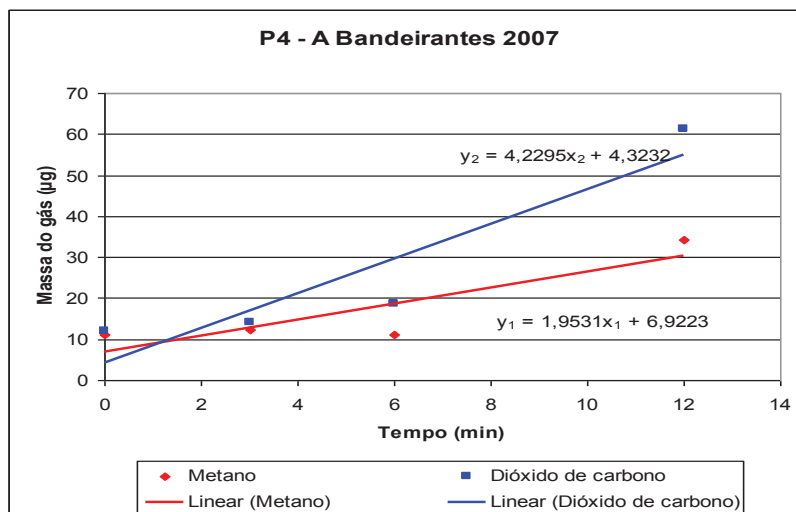


Gráfico 6.5.85 – Sítio P<sub>4</sub> - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 1,9531 x_1 + 6,9223 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 4,2295 x_2 + 4,3232 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } TxE(CH_4) = \frac{1,9531 \mu\text{g}(CH_4) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 185,97 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$$b_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(CO_2) = \frac{4,2295 \mu\text{g}(CO_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 402,67 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_4.$$

$P_5$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.100 - Sítio de coleta  $P_5$  - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	11,0062	13,7900
3	11,1111	12,0136
6	37,5455	67,3688
12	34,6612	60,6852

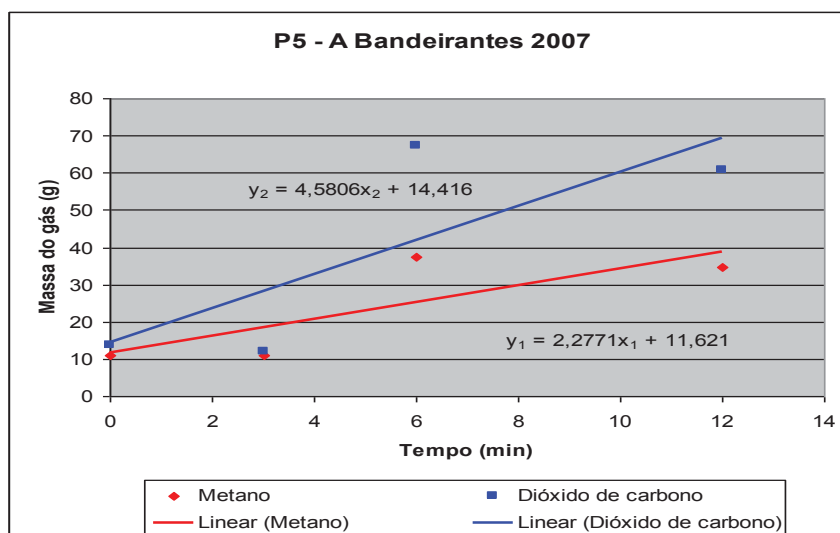


Gráfico 6.5.86 – Sítio  $P_5$  - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 2,2771 x_1 + 11,621 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 4,5806 x_2 + 14,416 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{2,2771 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 163,95 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{4,5806 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 329,80 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_5.$$

**P<sub>6</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.101 - Sítio de coleta **P<sub>6</sub>** - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,8657	10,8464
3	28,6181	46,7235
6	33,5864	71,4970
12	23,5586	37,0853



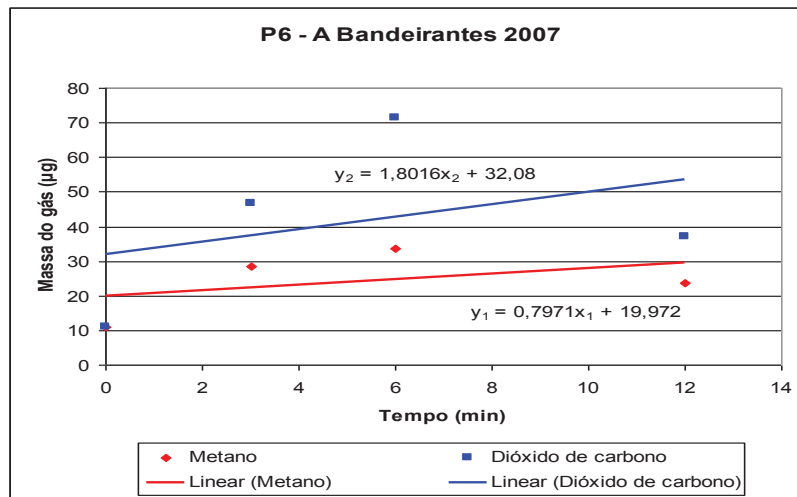


Gráfico 6.5.87 – Sítio **P<sub>6</sub>** - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,7971 x_1 + 19,972 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,8016 x_2 + 32,08 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,7971 \mu\text{g}(CH_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 57,50 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:  $TxE(CO_2) = \frac{1,8016 \mu\text{g}(CO_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$

$$= 129,72 \text{ mg} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_6.$$

$P_7$  (G;  $V_G = 33.200 \text{ mL}$ ;  $A_G = 0,664 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.102 - Sítio de coleta  $P_7$  - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	10,9131	10,0847
3	28,1026	45,2130
6	44,3915	79,1376
12	11,2763	11,4793

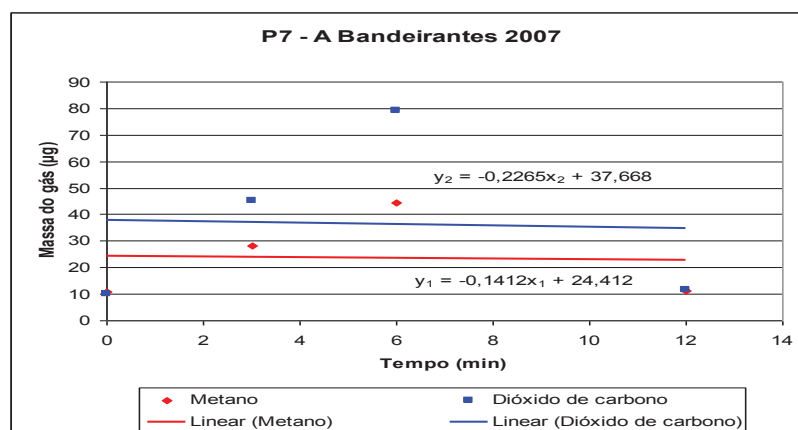


Gráfico 6.5.88 – Sítio  $P_7$  - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = -0,1412 x_1 + 24,412 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = -0,2265 x_2 + 37,665 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,1412 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{= 10,20 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CH}_4)} \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

$$\text{b}_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(\text{CO}_2) = \frac{0,2265 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 33.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,664 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$\boxed{= 16,31 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CO}_2)} \quad \text{No sítio de coleta P}_7.$$

Obs.: O sinal negativo significa que na coleta houve uma reabsorção do GAS pelo aterro

**P**<sub>8</sub> (p; V<sub>P</sub> = 1.200 mL; A<sub>P</sub> = 0,01815 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.103 - Sítio de coleta **P**<sub>8</sub> - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa do CH<sub>4</sub> (<math>\mu\text{g}</math>)</b>	<b>Massa do CO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{g}</math>)</b>
0	10,6458	9,7907
3	10,7982	10,9987
6	24,6417	40,3767
12	12,0208	10,5524

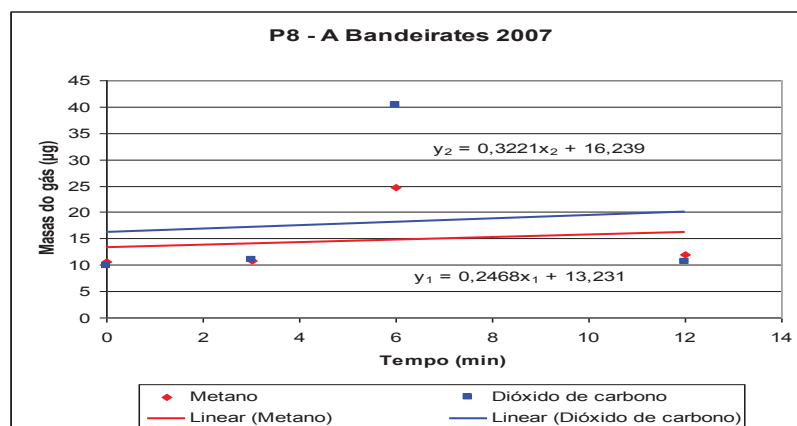


Gráfico 6.5.89 – Sítio P<sub>8</sub> - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,2468 x_1 + 13,231 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 0,3221 x_2 + 16,239 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,2468 \mu g(CH_4) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 23,50 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{0,3221 \mu g(CO_2) \times 1.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,01815 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 30,66 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_8.$$

$P_9$  (p;  $V_P = 1.200 \text{ mL}$ ;  $A_P = 0,01815 \text{ m}^2$ )

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.104 - Sítio de coleta  $P_9$  - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu\text{g}$ ) para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Tempo (min)	Massa do $\text{CH}_4$ ( $\mu\text{g}$ )	Massa do $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g}$ )
0	11,0080	10,3830
3	18,0813	26,4408
6	18,8532	27,2519
12	24,1371	39,2395

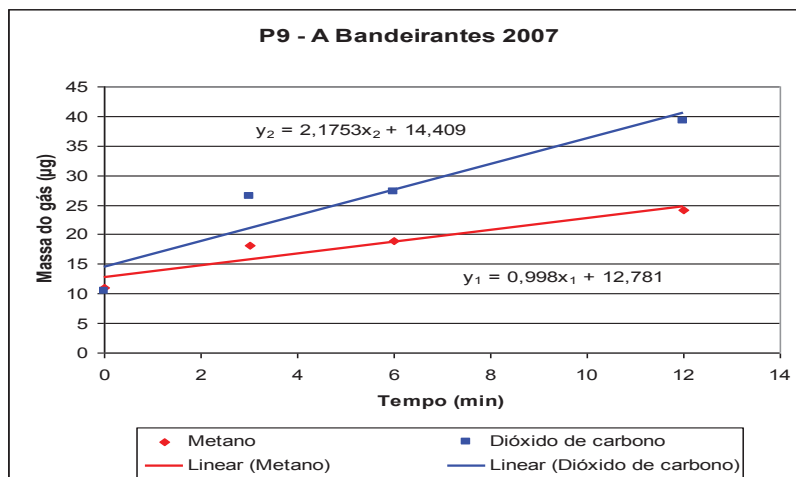


Gráfico 6.5.90 – Sítio  $P_9$  - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

Equações das retas:

$$y_1 = 0,998 x_1 + 12,781 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,1753 x_2 + 14,409 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

$$b_1) \text{ Metano: } TxE(\text{CH}_4) = \frac{0,998 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times g}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 95,05 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CH}_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_9.$$

$$\text{b}_2) \text{ Dióxido de carbono: } TxE(\text{CO}_2) = \frac{2,1753 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 1.200 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times \text{g}}{\text{mL} \times \text{min} \times 0,01815 \text{ m}^2 \times \text{dia} \times 10^6 \mu\text{g}}$$

$$= 207,10 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}(\text{CO}_2) \quad \text{No sítio d coleta P}_9.$$

**P**<sub>10</sub> (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.105 - Sítio de coleta **P**<sub>10</sub> - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas (μg) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> (μg)	Massa do CO <sub>2</sub> (μg)
0	11,1467	11,0073
3	13,0583	14,3460
6	40,5510	74,0224
12	18,0813	25,9666

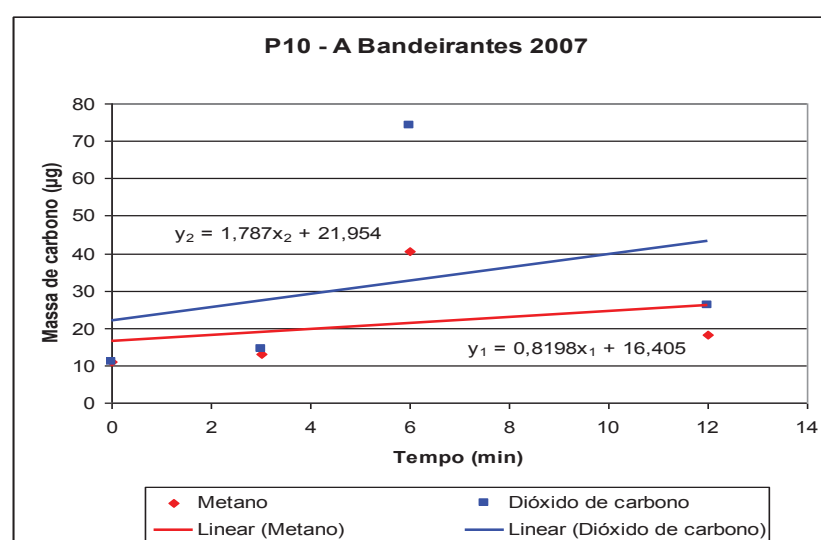


Gráfico 6.5.91 – Sítio **P**<sub>10</sub> – Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,8198 x_1 + 16,405 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 1,787 x_2 + 21,954 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano: 
$$TxE(CH_4) = \frac{0,8198 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 591,02 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_{10}.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono: 
$$TxE(CO_2) = \frac{1,787 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 128,66 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_{10}.$$

**P<sub>11</sub>** (G; V<sub>G</sub> = 33.200 mL; A<sub>G</sub> = 0,664 m<sup>2</sup>)

a) Tabela com tempos de coleta e massas correspondentes, gráfico com equações de retas e inclinações:

Tabela 6.5.106 - Sítio de coleta **P<sub>11</sub>** - Bandeirantes 2007: tempos de coleta e massas ( $\mu g$ ) para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Tempo (min)	Massa do CH <sub>4</sub> ( $\mu g$ )	Massa do CO <sub>2</sub> ( $\mu g$ )
0	10,8292	10,7326
3	10,9797	13,4254
6	10,7900	14,4961
12	16,1058	36,8300

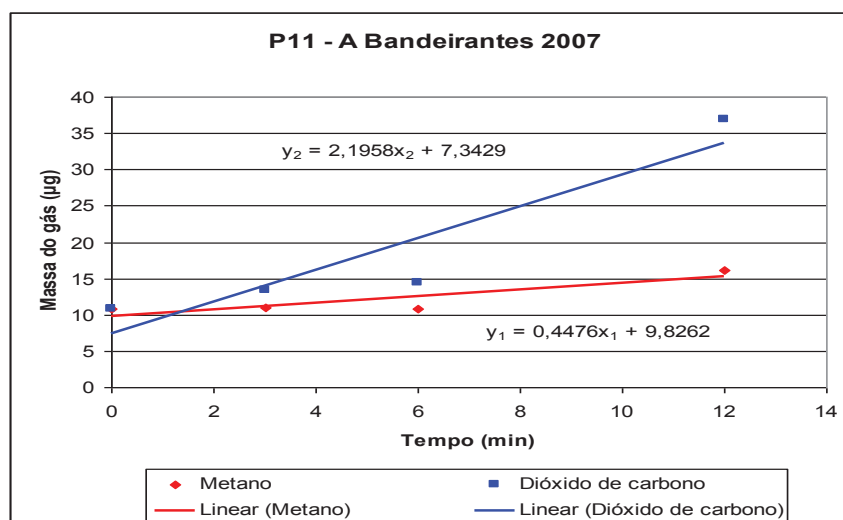


Gráfico 6.5.92 – Sítio P<sub>11</sub> - Bandeirantes 2007. Equações de retas e inclinações para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Equações das retas:

$$y_1 = 0,4476 x_1 + 9,8262 \quad \text{Equação do metano}$$

$$y_2 = 2,1958 x_2 + 7,3429 \quad \text{Equação do dióxido}$$

b) Cálculo da taxa de emissão:

b<sub>1</sub>) Metano:

$$TxE(CH_4) = \frac{0,4476 \mu g(CH_4) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 32,23 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CH_4) \quad \text{No sítio de coleta P}_{11}.$$

b<sub>2</sub>) Dióxido de carbono:

$$TxE(CO_2) = \frac{2,1958 \mu g(CO_2) \times 33.200 mL \times 1440 \text{ min} \times g}{mL \times \text{min} \times 0,664 m^2 \times dia \times 10^6 \mu g}$$

$$= 158,10 g \times m^{-2} \cdot d^{-1}(CO_2) \quad \text{No sítio de coleta P}_{11}.$$



**Aterro Bandeirantes - Emissão solo-ar campanha 2007:**

A tabela 6.5.107, resume as taxas de emissão solo-ar, medidas para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em cada sítio P<sub>n</sub> do aterro Bandeirantes, na campanha de 2007.

Tabela 6.5.107 – Resumo as taxas de emissão solo-ar - Bandeirantes 2007

Sítio amostrado	Gás	T <sub>x</sub> E (mg·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
P <sub>1</sub>	CH <sub>4</sub>	81,16
	CO <sub>2</sub>	235,90
P <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	251,66
	CO <sub>2</sub>	487,45
P <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	136,46
	CO <sub>2</sub>	12,97
P <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	185,97
	CO <sub>2</sub>	402,67
P <sub>5</sub>	CH <sub>4</sub>	163,95
	CO <sub>2</sub>	329,80
P <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>	57,50
	CO <sub>2</sub>	129,72
P <sub>7</sub>	CH <sub>4</sub>	10,20
	CO <sub>2</sub>	16,31
P <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>	23,50
	CO <sub>2</sub>	30,66
P <sub>9</sub>	CH <sub>4</sub>	95,05
	CO <sub>2</sub>	207,10
P <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	591,02
	CO <sub>2</sub>	128,66
P <sub>11</sub>	CH <sub>4</sub>	32,23
	CO <sub>2</sub>	158,10

1) Cálculo da taxa de emissão média do Metano ( $T_xE_{m(CH_4)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m (CH_4) = (P_1 + \dots + P_{11})/11 = 148,20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

2) Taxa de emissão média total do metano ( $T_xE_{m(t)(CH_4)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_xE_{m(t)} (CH_4) = T_xE_m (148,20) \cdot A_{at} (1.400.000\text{m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = \text{t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)} (CH_4) = 75.730,20 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Em que:  $T_xE_m$  = Taxa de Emissão média ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$A_{at}$  = Área do aterro ( $\text{m}^2$ )

$T_xE_{m(t)}$  = Taxa de Emissão média total para 2006 (Toneladas $\cdot$ ano $^{-1}$ )

365 = fator de conversão de dias p ano

10-6

= fator de

conversão de mg para Ton

3)Cálculo da taxa de emissão média do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(CO_2)}$ ) nos sítios( $P_n$ ):

$$T_xE_m (CO_2) = (P_1 + \dots + P_{11})/11 = 149,34 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$$

3) Cálculo da taxa de emissão média total do dióxido de carbono ( $T_xE_{m(t)(CO_2)}$ ) no aterro:

$$\Rightarrow T_xE_{m(t)} (CO_2) = T_xE_m (149,34) \cdot A_{at} (1.400.000\text{m}^2) \cdot 365 \text{ d}\cdot 10^{-6} = \text{t}\cdot\text{a}^{-1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_xE_{m(t)} (CO_2) = 76.312,74 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

## 6.6. Cálculo da emissão dos dissipadores verticais, nos aterros que dispunham de tais:

Nesta sessão foram desenvolvidos os cálculos para a determinação da emissão ou fluxo estimativo, em toneladas por ano ( $t.a^{-1}$ ), pelos dissipadores naqueles aterros que dispunham de tais.

Para cada dissipador(D) escolhido, em cada aterro, os cálculos foram feitos considerando: o volume (V, mL) do GAS coletado e o tempo (min), decorrido para o preenchimento do saco coletor (min) – que forneceram a vazão (v) – e as massas ( $\mu g$ ) dos dois gases, obtidas da análise cromatográfica (Sessão 6.3).

Na determinação da massa (M,  $t.a^{-1}$ ) emitida de cada gás, foi aplicada a equação:

$$M_{(D,g)anual}(gás) = \frac{M(gás; \mu g) \times v(mL \cdot min^{-1}) \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

Em que:  $M_{(D,g)anual}$  = massa anual do gás considerado, emitida pelo dissipador( $t.a^{-1}$ ).

Os índices **D**(dissipador) e **g**(gás) específico(1=CH<sub>4</sub> e 2=CO<sub>2</sub>).

M = massa do gás considerado, obtida da análise cromatográfica ( $\mu g \cdot mL^{-1}$ )

v = vazão do GAS em cada dissipador, estimada na coleta: volume coletado no saco pelo tempo de preenchimento -  $V(mL)/t(\text{min})$ ;

e, os fatores de conversão:

1440 min por dia,

$10^{12}$  conversão de  $\mu\text{g}$  para toneladas e 365 dias por ano.

### 6.6.1 - Aterro de Araraquara

#### A<sub>1</sub>) Campanha 2006

##### 1) Dissipador (D<sub>1</sub>)

(V=50L; t=2,00min; massas cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 58,0781  $\mu\text{g}$  e CO<sub>2</sub> = 110,7730  $\mu\text{g}$ )

a) Vazão(v) = 50L/2,00min  $\Rightarrow v = \underline{25,00 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}}$  do GAS.

1) Cálculo para a emissão CH<sub>4</sub> no dissipador:

$$\text{Equação: } M_{(1.1)\text{anual}}(\text{CH}_4) = \frac{M(\text{CH}_4; \mu\text{g}) \times V(\text{mL}) \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.1)\text{anual}}(\text{CH}_4) = \frac{58,0781 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 25.000 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.1)\text{anual}}(\text{CH}_4) = \underline{\mathbf{0,763 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}(\text{CH}_4)}}$$

2) Cálculo para a emissão de CO<sub>2</sub> no dissipador:

$$\text{Equação: } M_{(1.2)\text{anual}}(\text{CO}_2) = \frac{M(\text{CO}_2; \mu\text{g}) \times V(\text{mL}) \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)\text{anual}}(\text{CO}_2) = \frac{110,773 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 25.000 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)\text{anual}}(\text{CO}_2) = \underline{\mathbf{1,455 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}(\text{CO}_2)}}$$

Em que:

$$M_{(1.1)\text{anual}}(\text{CH}_4) = \text{Massa anual de metano emitida pelo D}_1(\text{t}\cdot\text{a}^{-1})$$

$$M_{(1.2)\text{anual}}(\text{CO}_2) = \text{Massa anual de dióxido emitida pelo D}_1(\text{t}\cdot\text{a}^{-1})$$

**2) D<sub>2</sub>**

(40L em 1,50min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 71,7702 μg e CO<sub>2</sub> = 122,6167 μg)

a)  $v = 60L/1,02min \Rightarrow v = \underline{58.823,52 mL \cdot min^{-1}}$  de GAS.

Então; para o dreno 2, temos:

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{71,7702 \mu g(CH_4) \times 58.823,52 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{2,219 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{122,6167 \mu g(CO_2) \times 58.823,52 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{3,791 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(50L em 1,60min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 145,6390 μg e CO<sub>2</sub> = 310,5035 μg.)

a)  $v = 50L/1,60 \text{ min} \Rightarrow V = \underline{31,25 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{145,6390 \mu g(CH_4) \times 31.250 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{2,392 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{310,5035 \mu g(CO_2) \times 31.250 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{5,100 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

## A<sub>2</sub>) Aterro de Araraquara 2007

### 1) Dissipador (D<sub>1</sub>)

(60L em 1,42min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 167,8731 μg e CO<sub>2</sub> = 366,0625 μg)

a)  $v = 60L/1,42min \Rightarrow v = \underline{42.254,00 mL \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{167,8731 \mu g(CH_4) \times 42.254,00 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{3,728 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{366,0625 \mu g(CO_2) \times 42.255,00 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{8,130 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

### 2) D<sub>2</sub>

(60L em 1,30min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 29,8691 μg e CO<sub>2</sub> = 63,2664 μg).

a)  $v = 60L/1,30min \Rightarrow v = \underline{46.154,00 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{29,8691 \mu g(CH_4) \times 46.154 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{0,725 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{63,2664 \mu g(CO_2) \times 46.154 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{1,535 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(50L em 1,08min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 23,4546μg e CO<sub>2</sub> = 50,0450μg)

a)  $v = 50L/1,08min \Rightarrow v = \underline{46,297 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{23,4546 \mu g(CH_4) \times 46.297 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{0,571 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{50,0450 \mu g(CO_2) \times 46.297 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{1,218 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**A<sub>3</sub>) Cálculo da Taxa de Emissão média (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>) dos dissipadores(D) amostrados, nas duas campanhas:**

$$T_x E_m (CH_4) = (0,763 + 2,219 + 2,392 + 3,728 + 0,725 + 0,571)/6 = \underline{1,733 t \cdot a^{-1}}$$

$$T_x E_m (CO_2) = (1,455 + 1,791 + 5,100 + 8,130 + 1,535 + 1,218)/6 = \underline{3,538 t \cdot a^{-1}}$$

O aterro dispõe de **81** dissipadores:

**A<sub>4</sub>) Cálculo da Taxa de Emissão Média estimada para o Aterro -T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(At)**

$$\boxed{T_x E_m(At) (CH_4) = 1,733 t \cdot a^{-1} \times 81 = \underline{140,37 t \cdot a^{-1}}}$$

$$\boxed{T_x E_m(At) (CO_2) = 3,538 t \cdot a^{-1} \times 81 = \underline{286,58 t \cdot a^{-1}}}$$

Obs.: (Nas duas campanhas desse trabalho foi observado que o aterro controlado de Araraquara não estava queimando o GAS).

## 6.6.2 - Aterro de Campinas

### C<sub>1</sub>) Aterro de Campinas 2006

#### 1) Dissipador (D<sub>1</sub>)

(60L em 1,50min; Áreas cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 37,1194 μg e CO<sub>2</sub> = 74,3786 μg)

a)  $v = 60L/1,50min \Rightarrow v = \underline{40.000,00 mL \cdot min^{-1}}$  de GAS.

Então; para o dissipador D<sub>1</sub>, temos:

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{37,1194 \mu g(CH_4) \times 40.000 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{\mathbf{0,780 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{74,3786 \mu g(CO_2) \times 40.000 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{\mathbf{1,564 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$

#### 2) D<sub>2</sub>

(60L em 1,02min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> =126,9337 μg e CO<sub>2</sub> =304,2211 μg)

a)  $v = 60L/1,02min \Rightarrow v = \underline{58.823 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{126,9337 \mu g(CH_4) \times 58.823 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{\mathbf{3,924 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{304,2211 \mu g(CO_2) \times 58.823 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{\mathbf{9,406 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$



**C<sub>2</sub>) Aterro de Campinas 2007****1) Dissipador (D<sub>1</sub>)**

(60L em 2,20min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 37,5491 μg e CO<sub>2</sub> = 75,83555 μg)

a)  $v = 60L/2,20min \Rightarrow v = \underline{27.2727 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{37,5491 \mu g(CH_4) \times 27.273 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{\mathbf{0,538 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{75,8355 \mu g(CO_2) \times 27.273 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{\mathbf{1,087 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}}(CO_2)$$

**2) D<sub>2</sub>**

(50L em 1,60min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 62,0472 μg e CO<sub>2</sub> = 144,5000 μg)

a)  $v = 50L/1,60min \Rightarrow v = \underline{31.250 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{62,0472 \mu g(CH_4) \times 31.250 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{\mathbf{1,019 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{144,5000 \mu g(CO_2) \times 31.250 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{\mathbf{2,373 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(60L em 1,50min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 41,7920 μg e CO<sub>2</sub> = 92,5000 μg)

a)  $v = 50L/1,60min \Rightarrow v = \underline{31.250 mL \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{41,7920 \mu g(CH_4) \times 31.250 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{0,686 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{92,5000 \mu g(CO_2) \times 31.250 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{1,519 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**4) D<sub>4</sub>**

(60L em 1,05min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 41,2000 μg e CO<sub>2</sub> = 93,1121 μg)

a)  $v = 60L/1,05min \Rightarrow v = \underline{57.143 mL \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(4.1)anual}(CH_4) = \frac{41,20 \mu g(CH_4) \times 57.143 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(4.1)anual}(CH_4) = \underline{1,237 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(4.2)anual}(CO_2) = \frac{93,1121 \mu g(CO_2) \times 57.143 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(4.2)anual}(CO_2) = \underline{2,796 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**C<sub>3</sub>) Cálculo da Taxa de Emissão média (T<sub>xEm</sub>) dos dissipadores(D) amostrados, nas duas campanhas:**

$$T_{xEm}(CH_4) = (0,780 + 3,924 + 0,538 + 1,019 + 0,686 + 1,237)/6 = \underline{1,364 t \cdot a^{-1}}$$

$$T_{xEm}(CO_2) = (1,564 + 9,406 + 1,087 + 2,373 + 1,519 + 2,796)/6 = \underline{3,124 t \cdot a^{-1}}$$

O aterro de Campinas dispõe de **110** drenos

**C<sub>4</sub>) Cálculo da Taxa de Emissão Média estimada para o Aterro -T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(At)**

$$\boxed{T_x E_m(\text{At}) (\text{CH}_4) = 1,364 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1} \times 110 = \underline{150,04 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

$$\boxed{T_x E_m(\text{At}) (\text{CO}_2) = 3,124 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1} \times 110 = \underline{343,64 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}$$

Obs.: (Nas duas campanhas deste trabalho foi observado que o aterro de Campinas estava queimando o GAS, no entanto constavam entre três e cinco queimadores/dissipadores apagados. Naqueles acesos, chama bastante vigorosa).

### 6.6.3 - Aterro de Jaú

#### D<sub>1</sub>) Campanha 2006

(60L em 1,05min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 43,9417 μg e CO<sub>2</sub> = 111,6225 μg)

a)  $v = 60L/1,05 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{57.143 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(\text{CH}_4) = \frac{43,9417 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 57.143 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(\text{CH}_4) = \underline{1,320 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(\text{CH}_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(\text{CO}_2) = \frac{111,6225 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 57.143 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(\text{CO}_2) = \underline{3,352 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(\text{CO}_2)$$

#### D<sub>2</sub>) Campanha 2007

(60L em 0,58min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 24,6280 μg e CO<sub>2</sub> = 45,8000 μg)

a)  $v = 60L/1,02 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{58.824 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(\text{CH}_4) = \frac{24,6280 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 58.824 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(\text{CH}_4) = \underline{0,762 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(\text{CH}_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(\text{CO}_2) = \frac{45,8000 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 58.824 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(\text{CO}_2) = \underline{1,416 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(\text{CO}_2)$$

#### **D<sub>3</sub>) Taxa de Emissão média (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>) do dreno nas duas campanhas:**

$$T_xE_m(\text{CH}_4) = (1,320 + 0,762)/2 = \underline{1,041 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(\text{CH}_4)$$

$$T_xE_m(\text{CO}_2) = (3,352 + 1,416)/2 = \underline{2,384 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(\text{CO}_2)$$

### 6.6.4 - Aterro de Ribeirão Preto

#### F<sub>1</sub>) Aterro de Ribeirão Preto 2006

##### 1) Dissipador (D<sub>1</sub>)

(60L em 1,23 min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 133,7715 μg e CO<sub>2</sub> = 311,2400 μg)

a)  $v = 60L/1,23min \Rightarrow v = \underline{48.780 mL \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{133,7715 \mu g(CH_4) \times 48.780 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{3,430 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{311,2400 \mu g(CO_2) \times 48.780 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{7,980 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

##### 2) D<sub>2</sub>

(60L em 1,16min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 130,1455 μg e CO<sub>2</sub> = 310,7438 μg)

a) Vazão:  $60L/1,16min \Rightarrow V = \underline{51,724 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{130,1455 \mu g(CH_4) \times 51.724 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{3,538 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{310,7438 \mu g(CO_2) \times 51.724 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{8,448 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(60L em 1,22 min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 232,3453 μg e CO<sub>2</sub> = 529,3903 μg)

a)  $v = 60L/1,02 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{49,180 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{232,3453 \mu\text{g}(CH_4) \times 58.823 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{7,183 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{529,3903 \mu\text{g}(CO_2) \times 58.823 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{16.367 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CO_2)$$

**F<sub>2</sub>) Aterro de Ribeirão Preto 2007****1) D<sub>1</sub>**

(60L em 2,01 min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 132,3235 μg e CO<sub>2</sub> = 280,9800 μg)

a)  $v = 60L/2,01 \text{ min} \Rightarrow V = \underline{29.850 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{132,3235 \mu\text{g}(CH_4) \times 29.850 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{2,076 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{280,9800 \mu\text{g}(CO_2) \times 29.850 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{4,408 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CO_2)$$

**2) D<sub>2</sub>**

(50L em 1,28min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 162,4806μg e CO<sub>2</sub> = 349,2472μg)

a)  $v = 50L/1,28min \Rightarrow v = \underline{39,062 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{162,4806 \mu g(CH_4) \times 39,062 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{3,336 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{349,2472 \mu g(CO_2) \times 39,062 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{7,170 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(60L em 1,05min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 164,2006μg e CO<sub>2</sub> = 360,6449μg)

a)  $v = 60L/1,05min \Rightarrow v = \underline{57,143 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{164,2006 \mu g(CH_4) \times 57,143 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{4,932 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{360,6449 \mu g(CO_2) \times 57,143 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{10,832 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**4) D<sub>4</sub>**

(60L em 1,31 min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 62,9000 μg e CO<sub>2</sub> = 132,9459 μg)

a)  $v = 60L/1,31 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{45,801 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(4.1)anual}(\text{CH}_4) = \frac{62,9000 \mu\text{g}(\text{CH}_4) \times 45,801 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(4.1)anual}(\text{CH}_4) = \underline{1,514 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}(\text{CH}_4)$$

$$2) M_{(4.2)anual}(\text{CO}_2) = \frac{132,9459 \mu\text{g}(\text{CO}_2) \times 45,801 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(4.2)anual}(\text{CO}_2) = \underline{3,200 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}(\text{CO}_2)$$

**F<sub>3</sub>) Taxa de Emissão média dos dissipadores medidos (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>):**

$$T_{xEm}(\text{CH}_4) = (3,430 + 3,538 + 7,183 + 2,076 + 3,336 + 4,932 + 1,514)/7 = \underline{3,715 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}$$

$$T_{xEm}(\text{CO}_2) = (7,98 + 8,448 + 16,367 + 4,408 + 7,17 + 10,832 + 3,3)/7 = \underline{8,343 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}$$

O aterro de Ribeirão Preto dispõe de **85** dissipadores:

**F<sub>4</sub>) Cálculo da Taxa de Emissão Média do Aterro -T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(At)**

$$\boxed{T_{xEm}(\text{At})(\text{CH}_4) = 3,715 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1} \times 85 = 315,77 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}$$

$$\boxed{T_{xEm}(\text{At})(\text{CO}_2) = 8,343 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1} \times 85 = 709,15 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}$$

Obs.: (Nas duas campanhas deste trabalho foi observado que o aterro de Ribeirão Preto não estava queimando o GAS. Nenhum dreno aceso e muitos desmoronados).



### 6.6.5 - Aterro de São Carlos

#### G<sub>1</sub>) Campanha 2006

##### 1) Dissipador (D<sub>1</sub>)

(60L em 1,14min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 240,5000μg e CO<sub>2</sub> = 550,9175μg)

a)  $v = 60L/1,14 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{52,631 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)\text{anual}}(CH_4) = \frac{240,5000 \mu\text{g}(CH_4) \times 52,631 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times \text{Ton}}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times \text{ano}}$$

$$M_{(1.1)\text{anual}}(CH_4) = \underline{6,653 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)\text{anual}}(CO_2) = \frac{550,9175 \mu\text{g}(CO_2) \times 52,631 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(1.2)\text{anual}}(CO_2) = \underline{15,239 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CO_2)$$

##### 2) D<sub>2</sub>

(60L em 1,12min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 218,5264μg e CO<sub>2</sub> = 624,5320μg)

a)  $v = 60L/1,12 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{53,571 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(2.1)\text{anual}}(CH_4) = \frac{218,5264 \mu\text{g}(CH_4) \times 53,571 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(2.1)\text{anual}}(CH_4) = \underline{6,153 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)\text{anual}}(CO_2) = \frac{624,5320 \mu\text{g}(CO_2) \times 53,571 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu\text{g} \times a}$$

$$M_{(2.2)\text{anual}}(CO_2) = \underline{17,586 \text{ t}\cdot\text{a}^{-1}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(50L em 1,32min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 33,2379μg e CO<sub>2</sub> = 67,4000μg)

a)  $v = 60L/1,02 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{58.823 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{33,2379 \mu g(CH_4) \times 58.823 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{1,028 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{67,4000 \mu g(CO_2) \times 58.823 \text{ mL} \times 1440 \text{ min} \times 365 \text{ d} \times t}{\text{mL} \times \text{min} \times \text{d} \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{2,084 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}}(CO_2)$$

**G<sub>2</sub>) Aterro de São Carlos 2007****1) Dissipador (D<sub>1</sub>)**

(60L em 2,09min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 250,0600μg e CO<sub>2</sub> = 567,8000μg)

a)  $v = 60L/2,09min \Rightarrow v = \underline{28,708 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{250,0600 \mu g(CH_4) \times 28.708 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{3,773 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{567,8000 \mu g(CO_2) \times 28.708 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{8,567 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**2) D<sub>2</sub>**

(50L em 1,16min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 180,9767μg e CO<sub>2</sub> = 421,2075μg)

a)  $v = 50L/1,16 \text{ min} \Rightarrow v = \underline{43,103 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{180,9767 \mu g(CH_4) \times 43.103 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{4,100 t \cdot a^{-1}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{421,2075 \mu g(CO_2) \times 43.103 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{9,542 t \cdot a^{-1}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(60L em 1,31min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> =110,5307 μg e CO<sub>2</sub> =259,8494 μg.)

a)  $v = 60L/1,31min \Rightarrow v = \underline{45,801 L \cdot min^{-1}}$  de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{110,5307 \mu g(CH_4) \times 45.801 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{2,660 t \cdot a^{-1}(CH_4)}$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{259,8494 \mu g(CO_2) \times 45.801 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{6,255 t \cdot a^{-1}(CO_2)}$$

**G<sub>3</sub>) Taxa de Emissão média (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>) dos dissipadores amostrados:**

$$T_xE_m(CH_4) = (6,653 + 6,153 + 1,028 + 3,773 + 4,1 + 2,66)/6 = \underline{4,061 t \cdot a^{-1}}$$

$$T_xE_m(CO_2) = (15,239 + 17,586 + 2,084 + 8,567 + 9,542 + 6,255)/6 = \underline{9,878 t \cdot a^{-1}}$$

O aterro dispõe de **17** drenos.

**G<sub>4</sub>) Cálculo da Taxa média de Emissão Média do Aterro -T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>(At)**

$$\boxed{T_xE_m(At)(CH_4) = 4,325 t \cdot a^{-1} \times 17 = \underline{73,52 t \cdot a^{-1}}}$$

$$\boxed{T_xE_m(At)(CO_2) = 9,755 t \cdot a^{-1} \times 17 = \underline{165,83 t \cdot a^{-1}}}$$

Obs.: Nas duas campanhas foi observado que o aterro de São Carlos estava queimando o GAS. Todos os queimadores com muita chama. Para a coleta das amostra neste aterro, foi necessária a intervenção de operadores, que apagavam a chama dos queimadores escolhidos, no início da manhã, para que ao fim da amostragem solo-ar, se pudesse coletar nestes queimadores. Logo após os mesmos eram reacesos.

### 6.6.6 - Aterro Bandeirantes – Campanha Única 2007

#### 1) Dissipador (D<sub>1</sub>)

(60L em 0,52min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 161,3127 μg e CO<sub>2</sub> = 335,9850 μg)

a) v: 60L/0,52min ⇒ v = 115,384 L·min<sup>-1</sup> de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{161,3127 \mu g(CH_4) \times 115,384 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{\underline{9,783 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{335,9850 \mu g(CO_2) \times 115,384 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{\underline{20,376 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$

#### 2) D<sub>2</sub>

(50L em 1,16min; M. cromatográficas: CH<sub>4</sub> = 165,4662 μg e CO<sub>2</sub> = 340,7000 μg)

a) v = 50L/1,16 min ⇒ v = 42,857 L·min<sup>-1</sup> de GAS.

$$1) M_{(2.1)anual}(CH_4) = \frac{165,4662 \mu g(CH_4) \times 42,857 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.1)anual}(CH_4) = \underline{\underline{3,748 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(2.2)anual}(CO_2) = \frac{340,7000 \mu g(CO_2) \times 42,857 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{-12} \mu g \times a}$$

$$M_{(2.2)anual}(CO_2) = \underline{\underline{7,718 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$

**3) D<sub>3</sub>**

(50L em 1,01min; M. cromatográfica.: CH<sub>4</sub> = 199,5412μg e CO<sub>2</sub> = 414,8000μg.)

a) v: 50L/1,01min ⇒ v = 49,505 L·min<sup>-1</sup> de GAS.

$$1) M_{(3.1)anual}(CH_4) = \frac{199,5412 \mu g(CH_4) \times 49.505 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.1)anual}(CH_4) = \underline{\underline{5,192 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(3.2)anual}(CO_2) = \frac{414,8000 \mu g(CO_2) \times 49.505 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(3.2)anual}(CO_2) = \underline{\underline{10,793 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$

**4) D<sub>4</sub>**

(60L em 1,10min; M. cromatográficas.: CH<sub>4</sub> = 168,9325μg e CO<sub>2</sub> = 348,9500μg)

a) v: 60L/1,10 min ⇒ v = 54,545 L·min<sup>-1</sup> de GAS.

$$1) M_{(1.1)anual}(CH_4) = \frac{168,9325 \mu g(CH_4) \times 54.545 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.1)anual}(CH_4) = \underline{\underline{4,843 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$2) M_{(1.2)anual}(CO_2) = \frac{348,9500 \mu g(CO_2) \times 54.545 mL \times 1440 \text{ min} \times 365 d \times t}{mL \times \text{min} \times d \times 10^{12} \mu g \times a}$$

$$M_{(1.2)anual}(CO_2) = \underline{\underline{10,004 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$

4) Taxa de Emissão media dos dissipadores medidos (T<sub>x</sub>E<sub>m</sub>):

$$T_xE_m(CH_4) = (9,783 + 3,748 + 5,192 + 4,843)/4 = \underline{\underline{5,891 t \cdot a^{-1}}}(CH_4)$$

$$T_xE_m(CO_2) = (20,376 + 7,718 + 10,793 + 10,004)/4 = \underline{\underline{12,223 t \cdot a^{-1}}}(CO_2)$$

## 7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

**“Se não podemos compreender o mínimo de uma flor ou de um inseto, como poderemos compreender o máximo do Universo!”**

**Marquês de Maricá**

Nas secções seguintes, são discutidos os resultados obtidos para os cálculos das concentrações de metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ar ambiente dos aterros, para a emissão solo-ar e para a emissão dos dissipadores; esta, para aqueles aterros que dispunham de tais.

### **7.1. Concentrações de metano ( $\text{CH}_4$ ) e de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ar ambiente dos aterros**

A tabela 7.1.1a e o gráfico 7.1.1, seguintes, mostram, em síntese, os resultados obtidos para as concentrações (*ppm*) do metano e do dióxido de carbono no ar ambiente dos aterros, para cada campanha, a concentração média por gás e aterro e a concentração média total (última linha Tab. 7.1.1a).

Foi observado que as concentrações médias ( $C_m$ ) para metano ( $\text{CH}_4$ ) e para dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ar ambiente dos aterros, para as duas campanhas foram, respectivamente, de 17.596 *ppm* e 5.552 *ppm*.

Tabela 7.1.1a - Resumo das concentrações (C) medidas para metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ar ambiente dos aterros em cada campanha, a concentração média (C<sub>m</sub>) por aterro e a concentração média total nos aterros.

<b>Aterro</b>	<b>Gás</b>	<b>C(ppm) 2006</b>	<b>C(ppm) 2007</b>	<b>C<sub>m</sub>(ppm)</b>
Araraquara	CH <sub>4</sub>	18.170	17.615	17.892
	CO <sub>2</sub>	6.415	5.052	5.733
Brotas	CH <sub>4</sub>	17.522	17.216	17.369
	CO <sub>2</sub>	5.039	4.673	4.856
Campinas	CH <sub>4</sub>	17.032	16.931	16.981
	CO <sub>2</sub>	4.590	4.508	4.549
Jaú	CH <sub>4</sub>	16.852	18.094	17.473
	CO <sub>2</sub>	6.359	6.513	6.436
R. Bonito	CH <sub>4</sub>	18.166	17.297	17.731
	CO <sub>2</sub>	5.638	6.615	6.126
R. Preto	CH <sub>4</sub>	18.048	17.028	17.538
	CO <sub>2</sub>	5.755	4.702	5.228
São Carlos	CH <sub>4</sub>	18.139	18.232	18.185
	CO <sub>2</sub>	5.854	6.025	5.939
<b>Concentração Média Total</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>17.704</b>	<b>17.359</b>	<b>17.596</b>
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>5.664</b>	<b>5.441</b>	<b>5.552</b>

Estes resultados mostraram que as concentrações de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> no ar ambiente dos aterros sanitários ou lixões são muito maiores que aquelas registradas em locais distantes (*background*) destes ambientes; como já relatadas neste trabalho, de 1,8 ppm e de 375 ppm, respectivamente (SIKAR and LA SCALA JR., 2004; BAIRD, 2002; AVALA, KICHHOFF e PAVÃO, 1999; HOUGHTON *et al*, 1995; KHALIL and RASMUSSEN, 1987).

As diferenças, entre o dado da literatura e os resultados obtidos neste trabalho, corresponderam a um fator de quase dez mil vezes mais para o metano e de quinze vezes mais para o dióxido de carbono, em ambientes utilizados para a



disposição de resíduos sólidos urbanos.

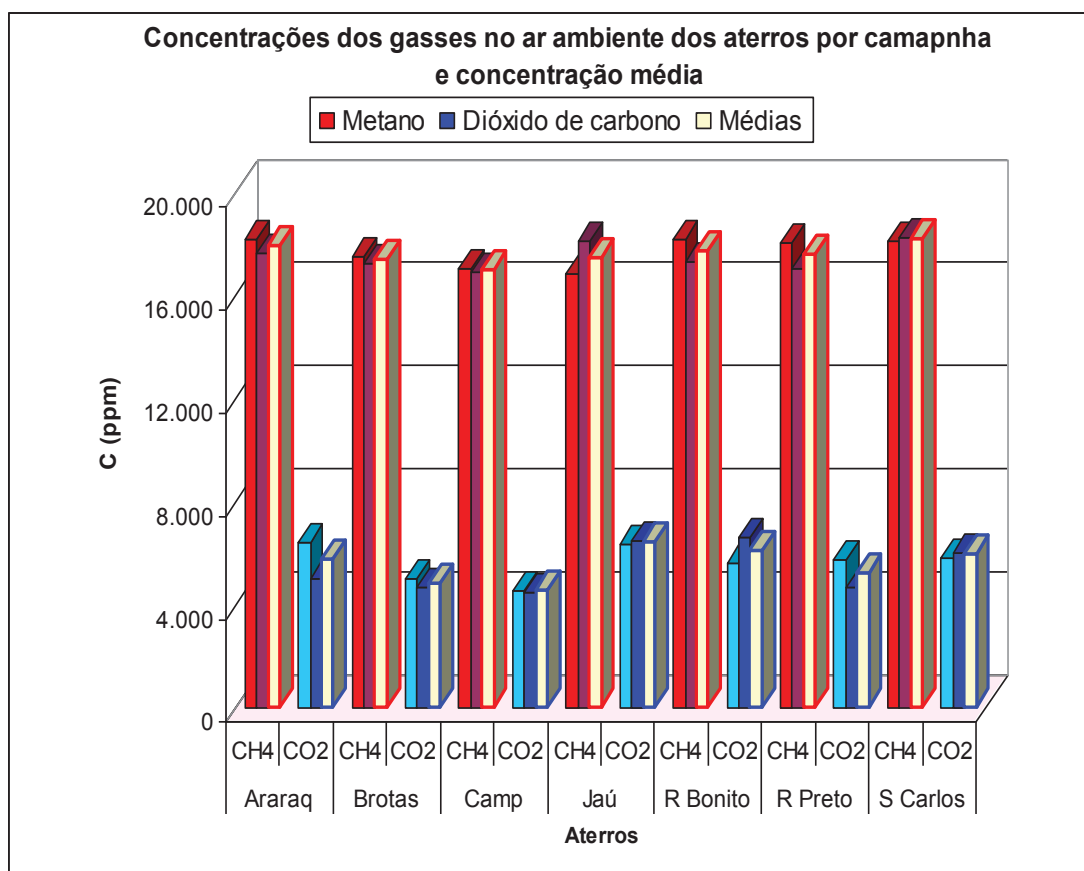


Gráfico 7.1.1 – Concentrações de metano e dióxido de carbono no ar ambiente dos aterros, por campanha e as concentrações médias.

Estes resultados mostraram que no ambiente dos aterros sanitários ou lixões estudados, as concentrações destes dois gases não apresentaram diferenças significativas, variando um pouco mais, apenas, com relação ao dióxido de carbono.

Estes resultados também mostraram que a atmosfera ambiente de aterros sanitários, considerados adequados – Campinas, São Carlos e São Paulo – com práticas de disposição recomendadas como corretas ou mais apropriadas, não diferiu dos lixões e aterros controlados, ou considerados inadequados – Araraquara,

Brotas, Jaú, Ribeirão Bonito e Ribeirão Preto.

Como só se fez uma campanha para o aterro Bandeirantes, em São Paulo - Capital, mostra-se na tabela 7.1.1b, que a inclusão deste aterro, no que diz respeito à concentração dos gases no ar ambiente dos aterros, não alterou a magnitude dos resultados dos demais, pois resultou uma leve queda na concentração de metano (17.596 *ppm* para 17.028 *ppm*), com uma diferença para menos de 568 *ppm* de metano, ou aproximadamente, 3%; mas elevou ainda mais a concentração do dióxido de carbono, aumentando a média junto aos demais aterros de 5.552 para 6.203 *ppm*; uma diferença de 652 *ppm*, ou 10,5%. Quer para um gás quer para o outro, mesmo nas diferenças, são valores extremamente grandes, em se tratando de poluição ambiental por estes gases.

Tabela 7.1.1b – Resumo das concentrações (C) medidas de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> no ar ambiente dos aterros, considerando o aterro Bandeirantes na campanha 2007.

Gás	C <sub>m</sub> dos outros aterros (2006/2007)	Bandeirantes (2007)	C <sub>m</sub> (ppm)
CH <sub>4</sub>	17.596	16.460	<b>17.028</b>
CO <sub>2</sub>	5.552	6.855	<b>6.203</b>

Excetuando-se o aterro Bandeirantes, a concentração média máxima registrada para o metano foi de 18.185 *ppm* para o aterro de São Carlos e a mínima registrada foi de 16.981 *ppm* para o aterro de Campinas. A diferença entre a concentração máxima e mínima foi de 6,62 % ou 1.204 *ppm* de metano. Já para o dióxido de carbono, a concentração média máxima medida foi de 6.436 *ppm* para o aterro de Jaú e a mínima de 4.549 *ppm* para o aterro de Campinas. Neste caso

registrou-se uma diferença percentual de 29,32 %, ou 1.887 *ppm* de dióxido de carbono.

As concentrações dos dois gases analisados; para aqueles aterros que se poderia considerar como menores; ou mesmo com operação deficitária; estiveram dentro dos limites máximo e mínimo daqueles considerados maiores ou grandes aterros. Todos impactaram muito e negativamente a atmosfera dos locais aonde instalados.

Este resultado, acredita-se, possa ser extrapolado para qualquer espaço que se destine ao armazenamento de resíduos sólidos urbanos. Quer se opere estes locais, seguindo ou não, normas e procedimentos vigentes e próprios para tais.

O aterro Bandeirantes é um dos aterros sanitários que apresentou operação das mais completas, seja para o âmbito nacional ou mundial. Dispõe, como já mostrado, da usina termelétrica (UTEB) com aproveitamento e queima do GAS para a produção de eletricidade, com um sistema de sucção do GAS, compactação e recobrimento, dentro dos parâmetros recomendados pela engenharia. Mesmo assim, apresentou concentrações do ar ambiente do aterro de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> em níveis que não o diferenciaram dos outros aterros ou lixões. Isto mostra que, independente das operações desenvolvidas no manejo e disposição final dos resíduos sólidos urbanos nestes equipamentos, o ambiente em que estão implantados sofre sério impacto deletério, sendo totalmente modificado e poluído pelo GAS.

Efetivamente, nenhuma grande diferença foi constatada, no que diz respeito à concentração de metano, nos ambientes dos diferentes aterros. O

montante de lixo, a operação e controles dispensados pareceram não influenciaram na concentração dos gases no ambiente.

Mesmos aqueles depósitos de operação menos cuidadosa, com IQR – Índice de Qualidade de aterros de Resíduos – baixo e enquadramento inadequado; casos dos depósitos de Jaú (CETESB, 2000 a 2007), Araraquara (CETESB, 2007) e Ribeirão Preto (CETESB, 2006 a 2007); apresentaram concentrações que não diferem daqueles operados segundo as melhores normas vigentes; casos dos aterros de Campinas (CETESB, 2002 a 2007); São Carlos (CETESB, 2005 a 2007) e do aterro Bandeirantes (CETESB, 2000 a 2006), com IQR's altos e enquadramentos adequados. Vide tabela 5.3.

Individualmente, ressalta-se a maior concentração média máxima de CO<sub>2</sub> registrada para o aterro de Jaú. Aterro este que se apresentou em situação das mais críticas. Nas duas campanhas ali empreendidas, presenciaram-se muitos resíduos orgânicos – principalmente, materiais e sobras da indústria calçadista e despejos de batatas em decomposição – em locais onde o aterro já estaria encerrado. Entretanto, em relação à concentração ambiente de metano, não diferiu dos demais. Poder-se-ia inferir que a degradação aeróbica destes resíduos influenciou na concentração ambiente do CO<sub>2</sub>. No entanto, presenciaram-se também, muito material orgânico disposto, pós-encerramento, em áreas do aterro de Ribeirão Preto; mas para este, aquela inferência referente ao aterro de Jaú, não se confirmou. No aterro de Ribeirão Preto a média da concentração ambiente para CO<sub>2</sub> esteve dentro dos limites médios, para o conjunto.

Por outro lado, há que se estudar com mais atenção, a concentração média máxima de metano registrada no caso do aterro de São Carlos, de 18.185 ppm, bem como os seus resultados para as duas campanhas. Estiveram acima da

média para o conjunto e da média daqueles aterros que lhe são similares. Este aterro apresentou boas práticas de disposição, com compactação e cobertura vegetal onde se apresentou encerrado. No entanto, superou os demais, com a maior concentração ambiente registrada para metano. Para o dióxido de carbono, também resultou com valores acima da média. Aliás, no que diz respeito à quantidade de resíduos aterrada, este aterro apresentou valores bem abaixo daqueles que lhe são similares, como, p ex., os aterros de Araraquara, Campinas e Ribeirão Preto.

Os gráficos 7.1.2 e 7.1.3, seguintes, mostram de forma mais clara, as concentrações médias medidas para metano e dióxido de carbono, respectivamente, nos ambientes dos aterros.

Ficou bem ilustrado a pouca diferença nas concentrações dos dois gases, individualmente, tanto para cada aterro, como para cada campanha – intervalo de um ano – especialmente, em se tratando do metano. Para este gás, as diferenças percentuais medidas apresentaram valores de 6,6%, se comparadas a média máxima de São Carlos (18.185 *ppm*) com a média mínima de Campinas (16.981 *ppm*), ou ainda, a média máxima de São Carlos com a média mínima do aterro Bandeirantes (16.460 *ppm*), que resultou em uma diferença de 9,5%.

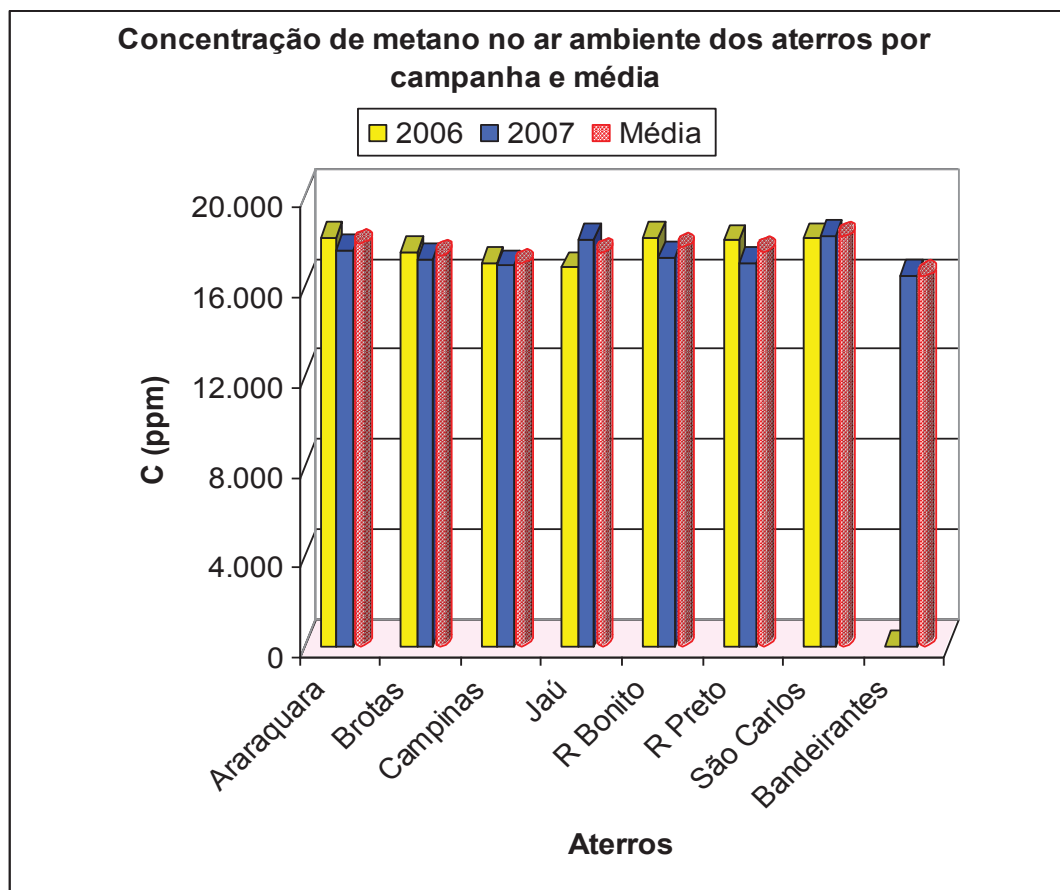


Gráfico 7.1.2 – Concentrações de metano ( $\text{CH}_4$ ) no ar ambiente dos aterros por campanha e concentração média.

Já para o dióxido de carbono, a média máxima do aterro Bandeirantes (6.855 ppm) diferiu da média mínima do aterro de Campinas (4508 ppm) em 33,6%; ou ainda; se compararmos a média máxima de Jaú (6.436 ppm) com a média mínima de Campinas, que resultou em 29,3% de diferença.

Em se tratando de poluição ambiental por estes gases, as diferenças registradas, de no máximo 10% para metano e em torno de 30% para dióxido de carbono, diante dos valores nominais tão altos registrados, é realmente muito significativo o impacto ambiental dos aterros, nas suas atmosferas e ambientes de entorno.

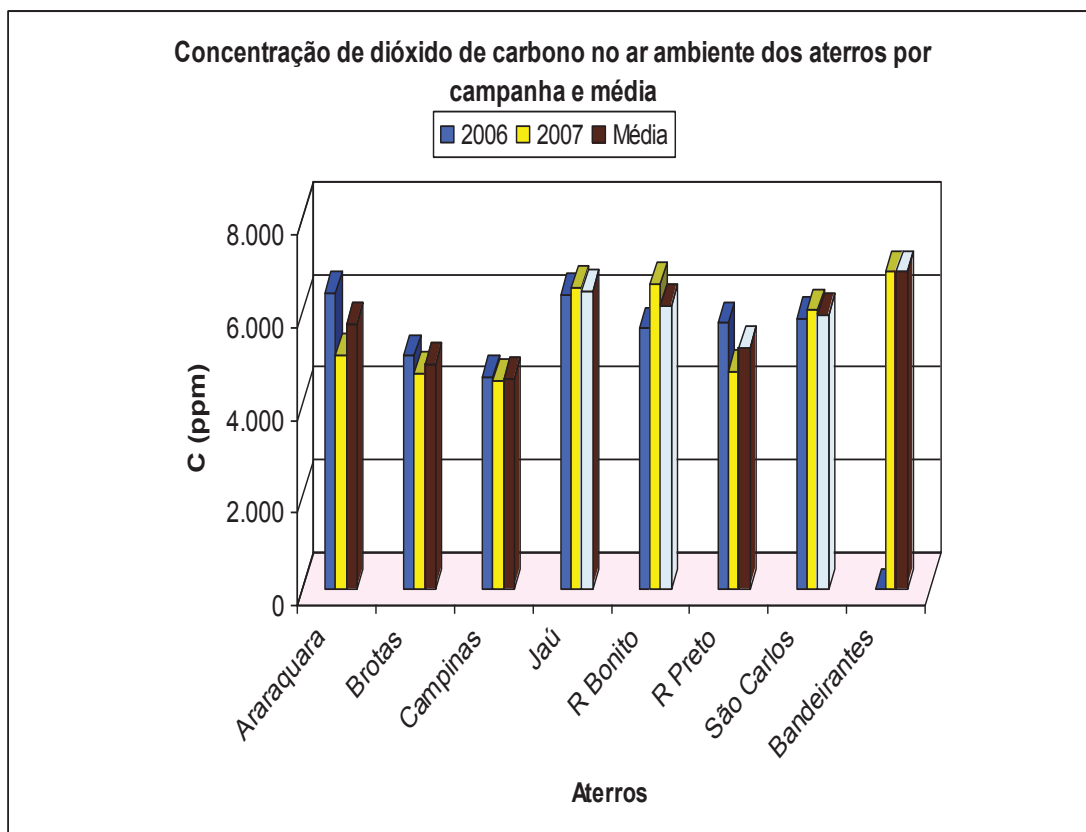


Gráfico 7.1.3 – Concentrações de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ar ambiente dos aterros, por campanha e concentração média.

As concentrações médias medidas para o dióxido de carbono estiveram sempre abaixo daquelas medidas para metano, com diferenças que variaram em torno de até quatro vezes a menor. Por exemplo, a máxima concentração registrada para metano no aterro de São Carlos com a mínima de dióxido de carbono registrada para o aterro de Campinas. Isto pode ser visualizado melhor no gráfico 7.1.4.

Pode-se inferir que a 'dinâmica da química' do dióxido de carbono é tal, especificamente, na atmosfera dos aterros de resíduos sólidos urbanos, que este gás, ao contrário do metano, encontra 'sumidouros' próprios, resultando na

diferença constatada. A solubilidade deste gás em água e talvez a absorção pela vegetação de cobertura do aterro e do seu entorno, são possíveis variáveis a serem consideradas.

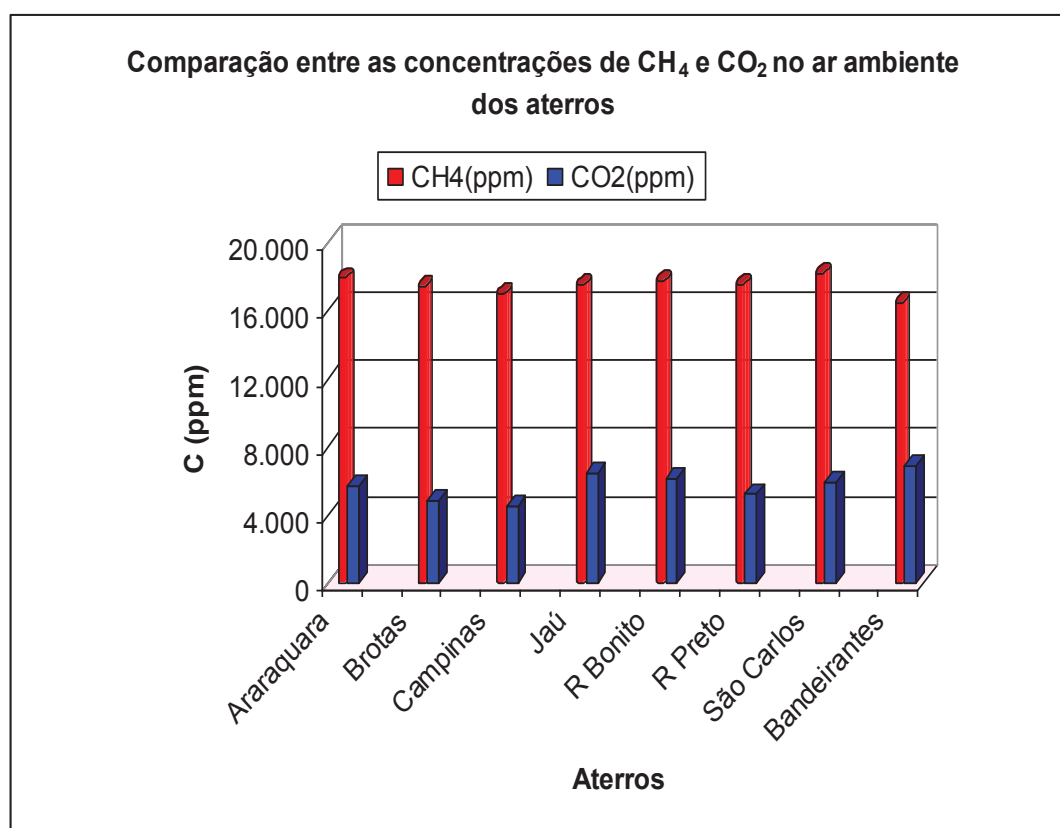


Gráfico 7.1.4 – Comparação entre as concentrações médias de metano e dióxido de carbono, por aterro.

Portanto, ficou bem caracterizado o quanto um aterro sanitário ou qualquer outro espaço que se lhe assemelhe, para a disposição de resíduos sólidos urbanos, impacta significativa e deletariamente a atmosfera local, com concentrações de gases como metano e dióxido de carbono, em valores que ultrapassam, exageradamente, qualquer daquelas medidas, quando feitas para locais que não apresentam estes equipamentos de disposição.



Igualmente, diante da questão do aquecimento global, ambos os gases estão presentes no ambiente dos aterros e são dispersos para a atmosfera terrestre, em quantidades consideráveis, reforçando o efeito estufa antrópico. Isto deve induzir tomadas de decisões nas quais se repensem a gestão e o gerenciamento dos RSU's, especialmente, quanto ao seu tratamento e à sua disposição final, para que os impactos a partir dos aterros sejam minimizados o máximo possível. Especial atenção deve ser dispensada para o metano, com seu potencial de aquecimento global 23 vezes maior que o dióxido de carbono (IPCC, 2006).

## 7.2. Emissão solo-ar de metano (CH<sub>4</sub>) e de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pelos aterros

Para a emissão solo-ar a variabilidade da taxa de emissão pontual para cada sítio (P<sub>n</sub>) de coleta, em cada aterro, foi das mais significativas.

Isto ficou explícito tanto na variação da proporção CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, em um mesmo sítio, como na emissão de um sítio (P<sub>n</sub>) para outro, em um aterro específico, tanto quanto para os aterros entre si e de uma campanha para outra.

Pelos resultados, observou-se variações acentuadas na proporção dos dois gases. Alguns sítios emitiram muito mais metano que dióxido de carbono e vice-versa. Em outros, levando-se em consideração os tempos de coletas e os resultados cromatográficos, notou-se que nas tomadas iniciais da coleta, emitiram uma maior quantidade para metano, p. ex., e nas tomadas finais, apresentavam maior emissão para o dióxido de carbono. A recíproca também esteve presente.

Isto pode ser observado em vários dos gráficos e tabelas constantes da secção 6.5 deste trabalho. Veja-se o caso dos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, Brotas 2006. P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>, e P<sub>6</sub>, Brotas 2007. P<sub>3</sub> Campinas 2006. P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub> Campinas 2007. P<sub>5</sub> Jaú 2006. P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>, Jaú 2007. P<sub>5</sub> Ribeirão Bonito 2006. P<sub>2</sub>, P<sub>5</sub> e P<sub>6</sub>, Ribeirão Bonito 2007. P<sub>2</sub> e P<sub>4</sub>, Ribeirão Preto 2006. P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, Ribeirão Preto 2007. P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, São Carlos 2006. P<sub>5</sub>, São Carlos 2007. P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>11</sub>, aterro Bandeirantes 2007.

Neste aspecto, também não se registrou diferenças entre os vários aterros. Todos apresentaram o mesmo comportamento, mesmo que para situações de gerenciamento da disposição bem diferentes.

Outros sítios ainda mostraram um comportamento de possível absorção do GAS pelo próprio solo do aterro. Vejam-se os casos, p ex., de P<sub>3</sub> e P<sub>7</sub>, Ribeirão Preto, 2006 (Tabela 6.5.72 e Gráfico 6.5.62) e Bandeirantes, 2007(Tabela 6.5.102 e gráfico 6.5.88), respectivamente. O sinal negativo para o coeficiente angular das retas indica um decréscimo no ‘enriquecimento’ da câmara de coleta, que em momento anterior apresentava maior conteúdo dos dois gases. Ainda nesse viés de comportamento, observou-se que alguns sítios foram bem característicos, com um aumento do conteúdo dos gases, principalmente dos tempos 0’ a 3’ou 6’; e depois diminuíram, sensivelmente, a massa de GAS.

Ainda, observando-se os resultados da emissão solo-ar nos sítios pontuais – vide tabela 7.2.1(síntese da emissão pontual solo-ar, onde também se destacam as taxas máximas e mínimas, por aterro e campanha, além das médias máximas e mínimas) – resultou que alguns sítios emitiram quantidades muito reduzidas, enquanto outros emitiram quantidades muito maiores, comparativamente. Este resultado pode significar que dependendo do local do ponto de coleta, a influência na emissão seja muito grande.

Pode-se inferir que: se a câmara de coleta for posta em local onde a compactação e a cobertura finais, foram deficientes, por outro lado, se existiam rachaduras no solo de cobertura, ou ainda, ‘canais’ próprios para a migração do GAS, idem se, naquele local específico, na massa de lixo enterrada, preponderou materiais orgânicos – esta coleta foi favorecida com muita emissão. Entretanto, se o sítio de coleta coincidiu com local onde a compactação e a cobertura finais, foram mais consistentes; ou naquele ponto específico preponderou, p. ex., maior disposição de resíduos inorgânicos – como resíduos da construção e demolição (RCD), p.ex. – esta coleta foi desfavorecida e captou menos GAS.

Determinados sítios apresentaram aumento de massa dos gases nas câmaras de coleta com variação linear, com o tempo de coleta. Outros apresentaram aumento de massa nos tempos iniciais da coleta; de 0 até 6 minutos e na 'tomada' de 12 minutos, apresentaram diminuição de massa, indicando que o enriquecimento da câmara com o GAS, parece chegar a um limite de saturação, quando ao invés de continuar efluindo do aterro, o GAS retorna ao solo, pela influência da câmara.

Observando-se as tabelas-resumo da emissão solo-ar, taxas pontuais ( $P_n$ 's) – itens (c) da subsecção 6.5.1(A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>; B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>;..., G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>; e H); correspondentes às campanhas 2006 e 2007; para os aterros na ordem utilizada neste trabalho, ou seja: Araraquara, Brotas, Campinas, Jaú, Ribeirão Bonito, Ribeirão Preto, São Carlos e Bandeirantes – bem como a tabela 7.2.1, seguinte, pode-se inferir que na emissão solo-ar, os aterros maiores e com maiores quantidades de resíduos aterradas, modo geral, foram 'mais produtivos', emitiram quantidades maiores de gases que aqueles menores, em extensão e quantidades de resíduos depositadas, relativamente. Veja-se o caso dos aterros Bandeirantes, de Campinas e de Ribeirão Preto; que apresentaram as maiores taxas médias de emissão pontual.

O aterro Bandeirantes, mesmo considerando-se a campanha única, em 2007, mas com o maior número de sítios ( $P_n$ ) de coleta, apresentou a maior taxa média, tanto para metano como para dióxido de carbono, com valores de  $148,20 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  e  $149,34 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , respectivamente, como pode ser observado nas tabelas 7.2.1 e 7.2.2. Foi também uma das taxas médias mais uniformes entre os dois gases, com 50% para cada. Vide coluna cinco da tabela 7.2.2 – média total.

Tabela 7.2.1 – Síntese dos resultados da taxa de emissão ( $T_xE$ ) pontual; por aterro, campanha, gás e a taxa de emissão média ( $T_xE_m$ ).

Aterro	Ano	Gás	Taxa de Emissão pontual/solo-ar [ $T_xE$ ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )/ Sítio( $P_n$ )]											$T_xE_m$ ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )				
			P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>11</sub>					
A	2006	CH <sub>4</sub>	7,82	3,95	20,86	21,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,59	
	2007	CO <sub>2</sub>	3,81	3,85	57,53	53,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,60
B	2006	CH <sub>4</sub>	21,51	98,75	23,59	68,57	23,71	43,41	79,00	518,60	-	-	-	-	-	-	-	109,64
	2007	CO <sub>2</sub>	59,22	135,44	109,37	72,59	60,47	76,34	164,92	135,54	-	-	-	-	-	-	-	101,73
C	2006	CH <sub>4</sub>	4,30	10,72	4,76	4,70	5,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,97
	2007	CO <sub>2</sub>	20,00	25,67	13,80	11,93	17,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,78
D	2006	CH <sub>4</sub>	50,22	15,95	10,57	0,78	69,60	20,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,93
	2007	CO <sub>2</sub>	24,74	49,77	23,95	11,70	20,68	67,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,06
E	2006	CH <sub>4</sub>	83,77	117,93	21,23	175,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,70
	2007	CO <sub>2</sub>	64,81	165,86	236,15	425,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	223,04
F	2006	CH <sub>4</sub>	56,74	70,52	54,25	156,73	102,65	2,28	98,00	56,86	69,73	85,62	-	-	-	-	-	77,14
	2007	CO <sub>2</sub>	170,29	156,71	10,96	17,80	246,93	55,98	228,79	43,90	92,95	93,33	-	-	-	-	-	111,76
G	2006	CH <sub>4</sub>	83,05	129,42	72,00	19,86	72,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75,30
	2007	CO <sub>2</sub>	294,01	133,10	139,28	52,41	8,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125,50
H	2006	CH <sub>4</sub>	53,40	8,66	63,80	18,15	51,01	11,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,25
	2007	CO <sub>2</sub>	17,42	9,81	18,65	47,13	19,01	13,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,37
I	2006	CH <sub>4</sub>	3,00	6,34	0,35	9,07	9,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,66
	2007	CO <sub>2</sub>	6,14	15,42	43,22	26,60	30,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,46
J	2006	CH <sub>4</sub>	3,83	0,53	52,80	5,23	58,33	20,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,26
	2007	CO <sub>2</sub>	4,50	24,95	104,10	12,26	14,26	143,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,57
K	2006	CH <sub>4</sub>	70,25	8,28	4,56	22,72	119,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45,07
	2007	CO <sub>2</sub>	94,48	42,05	7,18	85,73	138,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73,57
L	2006	CH <sub>4</sub>	21,57	56,25	10,06	144,73	95,56	0,72	22,84	12,02	-	-	-	-	-	-	-	45,47
	2007	CO <sub>2</sub>	55,28	143,70	3,87	302,66	242,68	8,16	36,84	20,46	-	-	-	-	-	-	-	101,70
M	2006	CH <sub>4</sub>	84,61	29,88	61,25	3,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,88
	2007	CO <sub>2</sub>	193,38	97,15	173,81	3,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116,95
N	2006	CH <sub>4</sub>	43,31	42,26	87,84	4,03	12,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,02
	2007	CO <sub>2</sub>	67,12	19,15	185,11	35,14	35,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68,50
O	2006	CH <sub>4</sub>	81,16	251,66	136,46	185,97	163,95	57,50	10,20	23,50	95,05	591,02	32,23	148,20	-	-	-	148,20
	2007	CO <sub>2</sub>	235,90	487,45	12,97	402,67	329,80	129,72	16,31	30,66	207,10	128,66	158,10	149,34	-	-	-	149,34

Onde: A=Araraquara; B=Brotas; C=Campinas; D=Jaú; E=R Bonito; F=R Preto; G=São Carlos e H= Bandeirantes.

Pontualmente, as taxas de emissão do Bandeirantes variaram de 10,20  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  de CH<sub>4</sub> no sítio P<sub>7</sub> a 591,02  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  de CH<sub>4</sub> no sítio P<sub>10</sub>, com uma diferença de 98%, em massa. Em relação ao dióxido de carbono esta variação foi de 12,97  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  no sítio P<sub>3</sub> a 487,45  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  no sítio P<sub>2</sub>, com diferença de 97%, em massa.

Novamente, vale salientar que o sistema de sucção do GAS, existente no aterro para alimentar a UTEB, também parece não influenciar na emissão solo-ar do mesmo; que, como para a concentração do ar ambiente do local; apresentou taxas de emissão semelhante aos demais aterros, inclusive, com variabilidades semelhantes, quer para os dois gases quer para os sítios de coleta, entre si.

Depois do Bandeirantes, os aterros de Campinas, Ribeirão Preto e São Carlos, em geral, foram os que apresentaram as maiores taxas médias de emissão solo-ar – com massas medidas em  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  – respectivamente, para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> de: 88,42 e 167,40; 45,27 e 87,64; 41,45 e 92,73, como pode ser observado nas tabelas 7.2.1 e 7.2.2.

Os aterros em valas de Brotas e Ribeirão Bonito, que apresentaram os menores quantitativos de resíduos dispostos; com 25.289 e 32.000 toneladas; respectivamente, resultaram nas menores taxas médias de emissão solo-ar. Estas foram de 16,95  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  de CH<sub>4</sub> e 25,42  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  de CO<sub>2</sub> para Brotas e 18,96  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  de CH<sub>4</sub> e 37,51  $mg.m^{-2}.d^{-1}$  de CO<sub>2</sub> para Ribeirão Bonito. Tabelas 7.2.1 e 7.2.2.

Pontualmente, as taxas de emissão também variaram significativamente. Desde valores mínimos de 0,53  $g.m^{-2}.d^{-1}$  de CH<sub>4</sub> (P<sub>4</sub> – Ribeirão Bonito –2007); 0,72  $g.m^{-2}.d^{-1}$  de CH<sub>4</sub> (P<sub>6</sub> – Ribeirão Preto –2007); 0,78  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CH<sub>4</sub> (P<sub>4</sub> – Brotas –2007) a valores máximos de 591,02  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CH<sub>4</sub> (P<sub>10</sub> –

Bandeirantes –2007); 518,60  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CH<sub>4</sub> (P<sub>8</sub> – Araraquara – 2007); 175  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CH<sub>4</sub> (P<sub>4</sub> – Campinas –2006). Tabela 7.2.1.

Para o dióxido de carbono, este aspecto não foi diferente. Resultaram variações desde valores mínimos de 3,48  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CO<sub>2</sub> (P<sub>2</sub> – São Carlos –2006); 3,81  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CO<sub>2</sub> (P<sub>1</sub> – Araraquara –2006) ou 3,87  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CO<sub>2</sub> (P<sub>3</sub> – R Preto –2007) a valores máximos de 487,45  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CO<sub>2</sub> (P<sub>2</sub> – Bandeirantes – 2007); 425,34  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CO<sub>2</sub> (P<sub>4</sub> – Campinas –2006), ou, 302,66  $g.m^{-2}.d^{-1}$  CO<sub>2</sub> (P<sub>4</sub> – Ribeirão Preto –2007). Tabela 7.2.1.

A tabela 7.2.2, mostra a taxa média calculada para a emissão solo-ar dos aterros, e a média total das duas campanhas, excetuando-se o aterro Bandeirantes com só uma campanha.

Tabela 7.2.2 – Taxa de emissão média ( $T_{xE_m}$ ) solo-ar para os aterros e a média total.

Aterro	Gás	$T_{xE_m}$ (2006) ( $g.m^{-2}.d^{-1}$ )	$T_{xE_m}$ (2007) ( $g.m^{-2}.d^{-1}$ )	Média Total ( $g.m^{-2}.d^{-1}$ )
Araraquara	CH <sub>4</sub>	13,59	109,64	61,61
	CO <sub>2</sub>	29,60	101,73	65,66
Brotas	CH <sub>4</sub>	5,97	27,93	16,95
	CO <sub>2</sub>	17,78	33,06	25,42
Campinas	CH <sub>4</sub>	99,70	77,14	88,42
	CO <sub>2</sub>	223,04	111,76	167,40
Jaú	CH <sub>4</sub>	75,30	41,25	58,30
	CO <sub>2</sub>	125,50	34,37	79,94
R Bonito	CH <sub>4</sub>	5,66	32,26	18,96
	CO <sub>2</sub>	24,46	50,57	37,51
R Preto	CH <sub>4</sub>	45,07	45,47	45,27
	CO <sub>2</sub>	73,57	101,70	87,64
S Carlos	CH <sub>4</sub>	44,88	38,02	41,45
	CO <sub>2</sub>	116,95	68,50	92,73
Bandeirantes	CH <sub>4</sub>	-	148,20	148,20
	CO <sub>2</sub>	-	149,34	149,34

Estes parâmetros – taxa de emissão média ( $T_{xE_m}$ ) e média total – se mostraram mais práticos para a comparação da emissão solo-ar entre os aterros, uma vez que, na emissão média total, está embutido um fator que acarreta grandes variações que é o tamanho da área de disposição (Vide tabela 7.2.4).



O gráfico 7.2.1, mostra os resultados da taxa de emissão média por campanha e a média total, ficando bem claro as variações registradas e já relatadas, anteriormente.

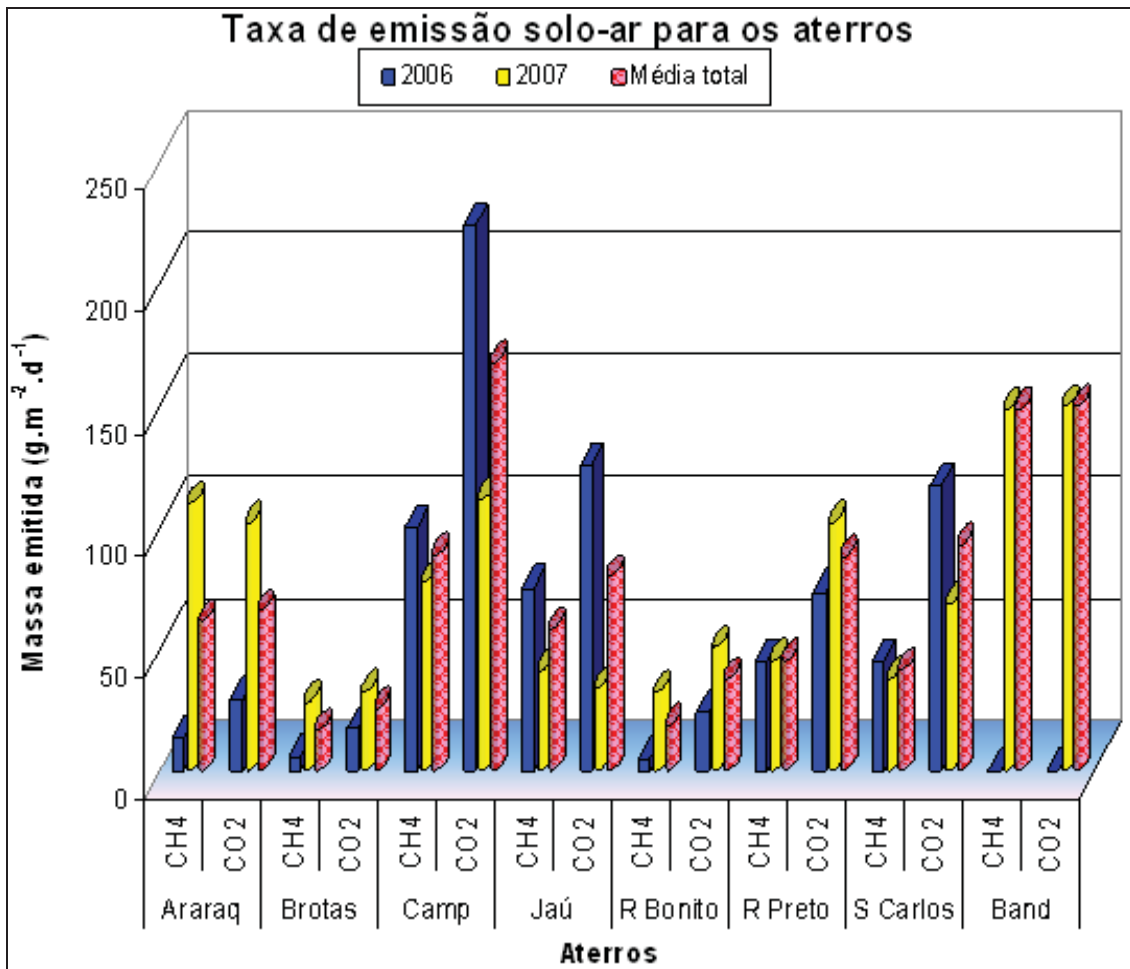


Gráfico 7.2.1 – Taxas de emissão média solo-ar e a média total, para os aterros.

O gráfico 7.2.1 ainda confirma que a variabilidade na emissão solo-ar esteve presente também entre uma campanha e outra, tanto em cada aterro, quanto entre eles. Mesmo sem que se tenha detectado variáveis outras, a não ser a

‘dinâmica intrínseca’ de cada um, como dito por Schalch (1992) – *cada aterro é um aterro* – que tivessem influenciado este comportamento.

O clima, modo geral, a pluviosidade, em particular, e o método de trabalho, como possíveis variáveis que poderiam interferir na emissão do solo dos aterros, estiveram iguais. Fazia parte, inicialmente, desta proposta de trabalho, pesquisar a possível influência da chuva – analisar período seco e chuvoso – mas, nos dois anos nos quais a pesquisa foi desenvolvida, não aconteceram chuvas em quantidades que permitissem atingir tal intento.

Os aterros de Araraquara, Brotas e Ribeirão Bonito produziram, na emissão solo-ar, bem menos metano que dióxido de carbono na campanha de 2006, em relação à de 2007. Os valores nominais e as diferenças percentuais, para mais, entre as campanhas, constam da tabela 7.2.3a.

Tabela 7.2.3a – Valores medidos da maior emissão solo-ar em 2007 e a diferença percentual por campanha.

<b>Aterro</b>	<b>Gás</b>	<b>Valor nominal (2006→2007)</b>	<b>Diferença % para mais</b>
Araraquara	CH <sub>4</sub>	13,59 → <b>109,64</b>	87,60
	CO <sub>2</sub>	29,60 → <b>101,73</b>	71,00
Brotas	CH <sub>4</sub>	5,97 → <b>27,93</b>	78,62
	CO <sub>2</sub>	17,78 → <b>33,06</b>	46,21
Ribeirão Bonito	CH <sub>4</sub>	5,66 → <b>32,26</b>	82,45
	CO <sub>2</sub>	24,46 → <b>50,57</b>	51,63
Ribeirão Preto*	CH <sub>4</sub>	45,07 → 45,47	1,00
	CO <sub>2</sub>	73,57 → 101,70	27,66

\* O aterro de Ribeirão Preto fugiu a este comportamento no que diz respeito à emissão de metano.

Como se pode notar na tabela 7.2.3a, última linha, o aterro de Ribeirão Preto fugiu ao comportamento dos outros três, neste grupo, com diferença de menos de 1% a maior na campanha 2007 em relação a 2006. Com relação ao dióxido de carbono, este aterro também apresentou diferença percentual bem menor, 27,66%, distante das diferenças dos outros. Essas diferenças podem ser melhor visualizadas no gráfico 7.2.2.

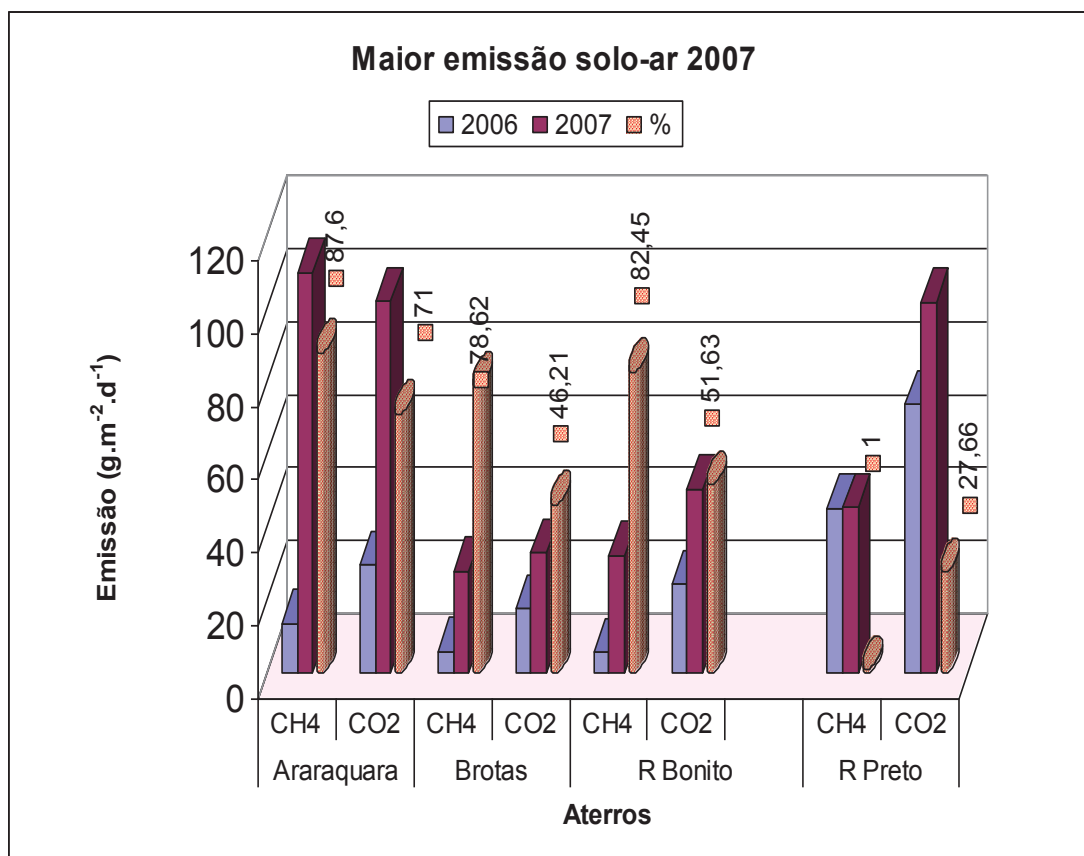


Gráfico 7.2.2 – Aterros com maior emissão na campanha de 2007. Destaque para as diferenças percentuais e diferenças registradas no aterro de Ribeirão Preto.

O gráfico 7.2.2 explicita as maiores emissões para os aterros mais

produtivos em 2007. Mostra também as diferenças percentuais, evidenciando serem mínimas em relação ao gás metano e com maior variabilidade no que diz respeito ao dióxido de carbono. Neste aspecto, nos quantitativos medidos, também não se detectou grandes diferenças na emissão. A diferença percentual para o metano foi menos que 10%, para os três aterros. Já para o dióxido de carbono, neste grupo, esta diferença foi maior, em torno de 25%.

Em média, o aterro de Araraquara produziu  $13,59 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  de metano em 2006 e aumentou esta produção para  $109,64 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  em 2007, com uma diferença percentual de 87,60%. Para o dióxido de carbono, a emissão medida em 2006 foi de  $29,69 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  e em 2007 de  $101,73 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , com diferença percentual de 71,00%.

Já os aterros de Campinas, Jaú e São Carlos diminuíram as suas emissões na campanha de 2007, em relação à de 2006. A tabela 7.2.3b, mostra estes resultados evidenciando que a 'queda de produção' observada foi bem menor, relativamente, que o aumento de emissão anotado para aqueles aterros que foram mais produtivos em 2007.

Tabela 7.2.3b - Valores medidos da maior emissão solo-ar em 2006 e diferença percentual por campanha.

Aterro	Gás	Valor nominal (2006→2007)	Diferença % para menos
Campinas	CH <sub>4</sub>	<b>99,70</b> → 77,14	22,63
	CO <sub>2</sub>	<b>223,04</b> → 111,76	50,00
Jaú	CH <sub>4</sub>	<b>75,30</b> → 41,25	45,22
	CO <sub>2</sub>	<b>125,50</b> → 34,26	72,70
São Carlos	CH <sub>4</sub>	<b>44,88</b> → 38,02	15,28
	CO <sub>2</sub>	<b>116,95</b> → 68,50	41,43

Neste grupo, a maior queda de produção do metano foi anotada no aterro de Jaú, com 45,22% e a menor para o aterro de São Carlos, com 15,28%, uma diferença de 31%. Estas diferenças são mostradas também no gráfico 7.2.3, a seguinte.

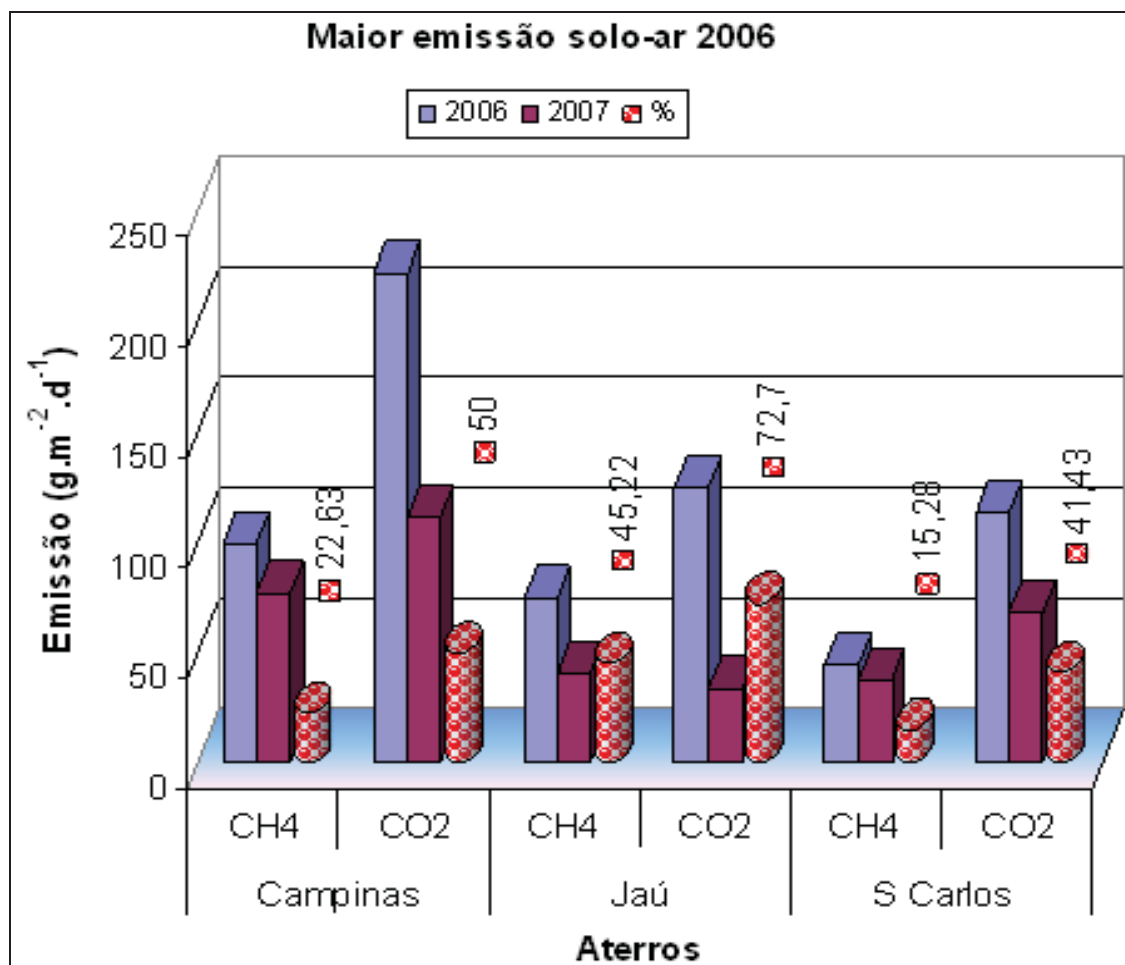


Gráfico 7.2.3 – Aterros com maior emissão na campanha de 2006. Destaque para as diferenças percentuais.

A emissão média solo-ar das duas campanhas por aterro, gás e a emissão estimada para cada aterro, como um todo, constam da tabela 7.2.4. Para estes cálculos, entrou o fator área de disposição de cada aterro, o que,

proporcionalmente, leva a grandes diferenças da emissão para cada um deles e da emissão estimada.

Tabela 7.2.4 - Emissão média solo-ar de cada campanha e emissão estimada para os aterros estudados (em toneladas por ano) e a proporção percentual entre os dois gases.

Aterro	Gás	Emissão média ( $t \cdot a^{-1}$ )		Emissão estimada ( $t \cdot a^{-1}$ )	Proporção Percentual (em massa)
		2006	2007		
Araraquara	CH <sub>4</sub>	396,83	3.201,49	<b>1.799,16</b>	<b>48,41</b>
	CO <sub>2</sub>	864,61	2.970,52	<b>1.917,56</b>	<b>51,59</b>
Brotas	CH <sub>4</sub>	117,66	550,50	<b>334,08</b>	40,00
	CO <sub>2</sub>	350,44	651,61	<b>501,02</b>	60,00
Campinas	CH <sub>4</sub>	9.461,53	7.320,58	<b>8.391,05</b>	<b>34,60</b>
	CO <sub>2</sub>	21.166,50	10.606,02	<b>15.886,26</b>	<b>65,40</b>
Jaú	CH <sub>4</sub>	1.330,25	728,72	<b>1.029,48</b>	42,20
	CO <sub>2</sub>	2.217,08	602,16	<b>1.409,70</b>	57,80
R Bonito	CH <sub>4</sub>	82,64	471,00	<b>276,82</b>	<b>33,22</b>
	CO <sub>2</sub>	375,12	738,32	<b>556,71</b>	<b>66,78</b>
R Preto	CH <sub>4</sub>	3.586,22	3.618,05	<b>3.602,14</b>	34,07
	CO <sub>2</sub>	5.853,96	8.092,27	<b>6.973,11</b>	65,93
São Carlos	CH <sub>4</sub>	2.948,61	2.497,91	<b>2.723,20</b>	<b>30,90</b>
	CO <sub>2</sub>	7.683,61	4.500,45	<b>6.092,03</b>	<b>69,10</b>
Bandeirantes	CH <sub>4</sub>	-	75.730,20	<b>75.730,20</b>	49,80
	CO <sub>2</sub>	-	76.312,74	<b>76.312,74</b>	50,20

De um modo geral, para a emissão solo-ar, média e estimada para cada aterro, preponderou uma grande variabilidade nos resultados. As diferenças da emissão para aterros diferentes são consideráveis, embora se depreenda da tabela 7.2.4 e gráfico 7.2.1, que os maiores aterros emitiram muito mais que os menores.

Para a emissão solo-ar, o aterro de Campinas foi o que mais emitiu;

entre aqueles que lhe são semelhantes, em tamanho e quantidade de resíduos depositada, como os aterros de Araraquara, Ribeirão Preto e São Carlos.

Especialmente, na campanha de 2006, o aterro de Campinas apresentou a máxima emissão média de 9.461,53 toneladas por ano para CH<sub>4</sub> e de 21.166,50 toneladas por ano para CO<sub>2</sub>. Esta emissão medida foi muito maior que aquela registrada para os demais aterros, com exceção para o Bandeirantes, que na campanha única de 2007 apresentou uma emissão solo-ar de 75.730 t.a<sup>-1</sup> para metano e de 76.312 t.a<sup>-1</sup> para dióxido de carbono.

Como as taxas médias de emissão do aterro Bandeirantes (148,42 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> e 149,34 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) e do aterro de Campinas (88,42g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> e 167,40 g.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) – Tabela 7.2.2 – não foram muito diferentes, na ordem de grandeza das emissões calculadas, infere-se que o montante de resíduos depositados, a área de deposição e a idade do aterro, e, a altura da montanha de lixo, no aterro Bandeirantes, sejam possíveis fatores que influenciaram na disparidade entre as emissões estimadas.

O gráfico 7.2.4, seguinte, mostra a emissão solo-ar por campanha e a emissão estimada. Veja-se que, se excluído o aterro Bandeirantes, para a emissão solo-ar, ficam bem caracterizadas as diferenças deste processo, para os aterros menores (Brotas, Ribeirão Bonito e Jaú) em comparação àqueles de maior porte, ou intermediários.

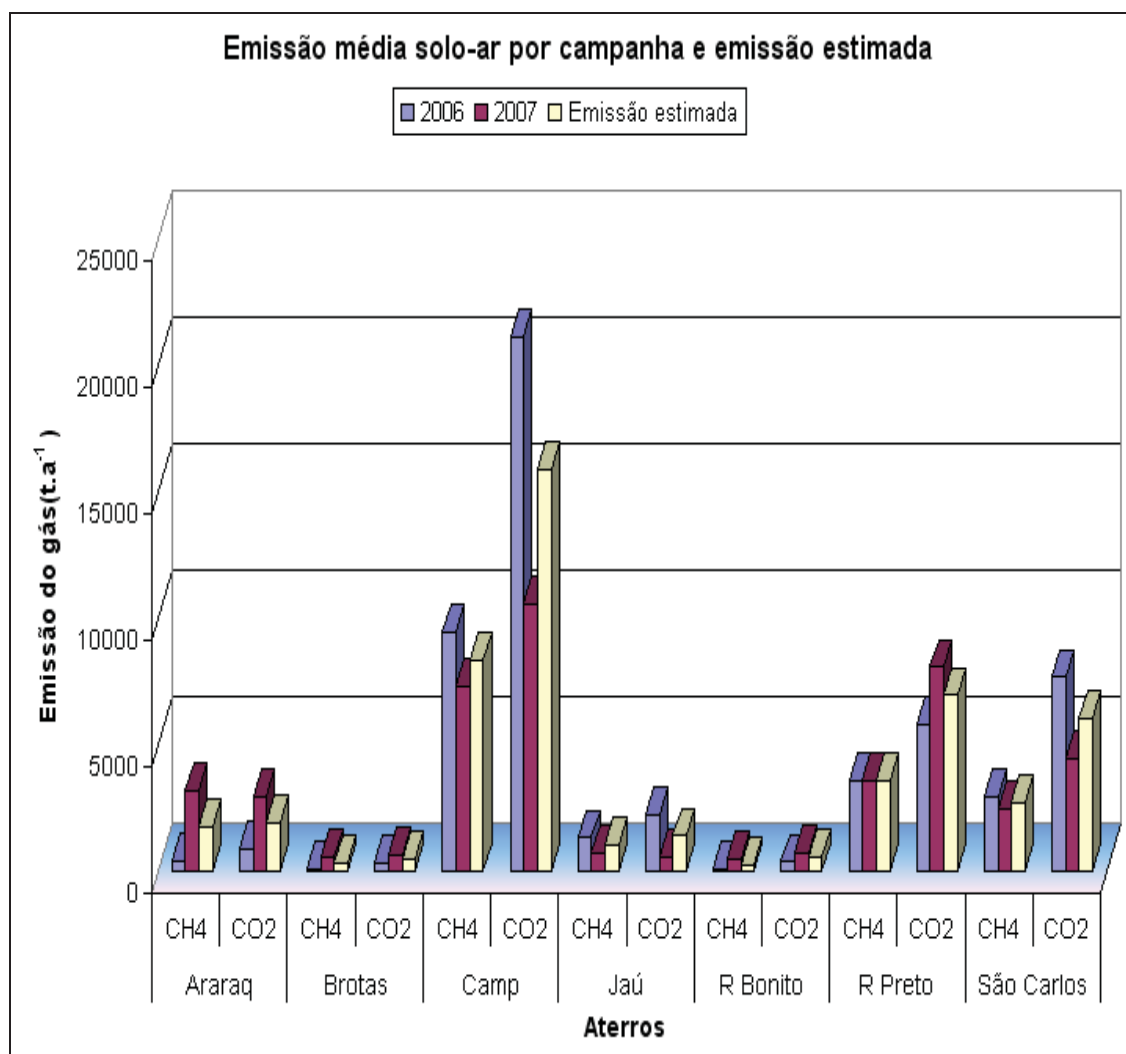


Gráfico 7.2.4 – Emissão média solo-ar por campanha e aterros.

Pela análise dos resultados, se tomados os oito aterros estudados e divididos em três blocos, resultaria um primeiro bloco que se denominaria de “aterros pequenos”, formado pelos aterros de Brotas, Jaú e Ribeirão Bonito, com áreas de disposição variando entre 40.000 m<sup>2</sup> (Ribeirão Bonito) a 54.000 m<sup>2</sup> (Brotas) e uma quantidade de resíduos disposta variando entre 25.000 (Brotas) a 670.000 (Jaú), toneladas.

Neste bloco a emissão estimada individual variou, em média, entre 276,82 toneladas por ano (Ribeirão Bonito) e 1.029,40 toneladas por ano de



metano, caso de Jaú. Considerando os três juntos, teriam emitido, em média, 546,79 toneladas de metano por ano. Para o dióxido de carbono, a emissão individual esteve entre 501,02 toneladas por ano, caso de Brotas e 1.409,48 toneladas por ano para o aterro de Jaú. Os três juntos teriam emitido, em média, 822,22 toneladas-ano de dióxido de carbono.

Um segundo bloco seria formado pelos aterros de Araraquara, São Carlos, Ribeirão Preto e Campinas; com áreas de disposição variando entre 80.000 m<sup>2</sup>, caso de Araraquara a 260.000 m<sup>2</sup>, caso de Campinas. A quantidade de resíduos disposta neste bloco variou entre 608.907 toneladas (São Carlos) e 4.334.717 toneladas (Campinas). O aterro de Campinas foi o de maior emissão, com valores médios estimados de 8.391,15 toneladas por ano para CH<sub>4</sub> e 15.886,26 toneladas por ano de CO<sub>2</sub>, enquanto o aterro controlado de Araraquara apresentou a menor emissão estimada em 1.799,16 toneladas por ano para metano e 1.917,56 toneladas por ano de dióxido de carbono. Os quantitativos do aterro de Campinas, bem maiores que os dos outros três deste bloco, parecem mostrar alguma correlação com a extensão do aterro e a maior quantidade de resíduos disposta; esta, em média, o dobro dos demais.

Ainda do aterro de Campinas, a emissão estimada mostrou que a quantidade de CO<sub>2</sub> foi da ordem de duas vezes a de CH<sub>4</sub>, tanto por campanha como em média.

Para estes quatro aterros a massa estimada para a emissão de metano foi sempre menor que para dióxido de carbono. As diferenças entre metano e dióxido de carbono foram de: 55% no aterro de São Carlos; 48% no aterro de Ribeirão Preto; 47% no aterro de Campinas e de 7% no aterro de Araraquara. Observou-se que, para o aterro de Araraquara, a proporção dos dois gases esteve

bem próxima da igualdade, com ligeira superação do dióxido.

Os gráficos 7.2.5, (a) e (b), mostram as contribuições percentuais de metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na emissão solo-ar para os aterros. Veja-se que a inclusão do aterro Bandeirantes, com emissão muito maior para os dois gases, fez alterar os percentuais médios, aumentando, inclusive, a participação do metano, de 35% para 46%.

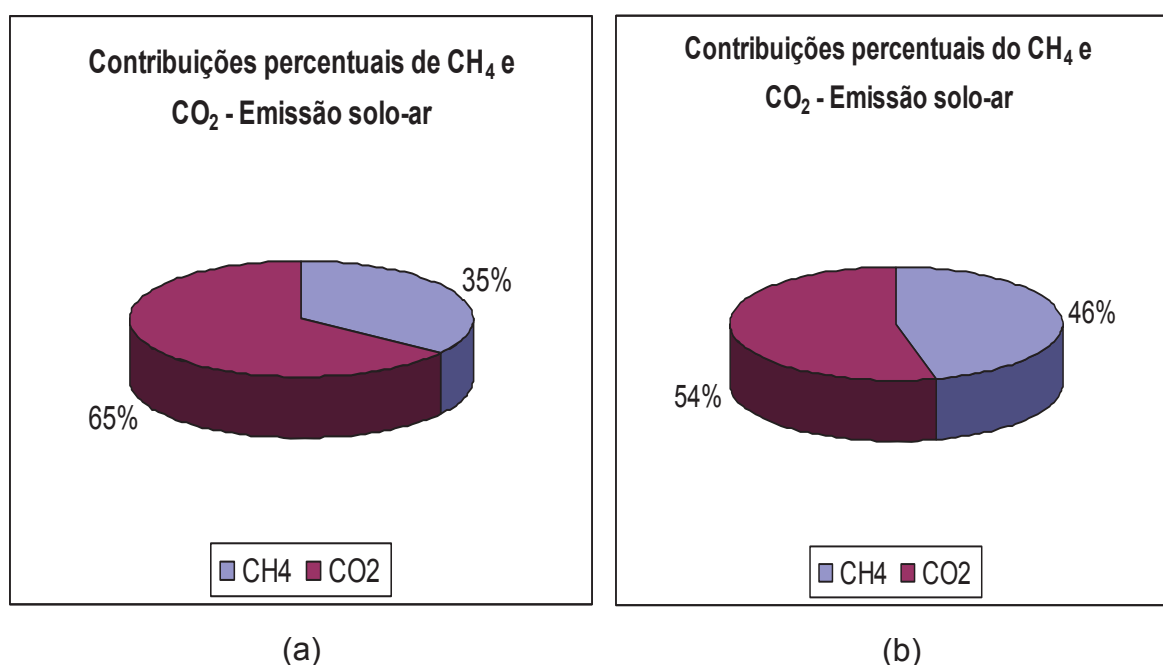


Gráfico 7.2.5 – Contribuições percentuais de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , na emissão solo-ar dos aterros. Sem (a) e Com (b) o aterro Bandeirantes.

A tabela 7.2.5, mostra os resultados para a emissão solo-ar dos aterros, considerando-se a população coberta pela coleta e a área de disposição dos aterros, por habitante por ano.

Tabela 7.2.5 - Emissão solo-ar, população coberta pela coleta, área de disposição e número de habitantes por hectare de aterro.

Aterro	População coberta p/Coleta	Área de disposição (ha)	Hab. por hectare de aterro	Emissão	
				Gás	Kg.hab <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup>
Araraquara	197.034	8,00	24.629,25	CH <sub>4</sub>	73,04
				CO <sub>2</sub>	77,85
Brotas	21.695	5,40	4.017,59	CH <sub>4</sub>	83,15
				CO <sub>2</sub>	124,70
Campinas	1.045.706	26,00	40.219,46	CH <sub>4</sub>	208,63
				CO <sub>2</sub>	395,00
Jaú	123.374	4,84	25.490,49	CH <sub>4</sub>	40,39
				CO <sub>2</sub>	55,30
R Bonito	11.821	4,00	2.955,25	CH <sub>4</sub>	93,67
				CO <sub>2</sub>	188,40
R Preto	551.312	21,80	25.289,54	CH <sub>4</sub>	142,43
				CO <sub>2</sub>	275,73
São Carlos	214.760	18,00	11.931,11	CH <sub>4</sub>	228,24
				CO <sub>2</sub>	510,60
Bandeirantes	4.200.000	140,00	30.000,00	CH <sub>4</sub>	2.524,34
				CO <sub>2</sub>	2.543,76

Nos gráficos seguintes; 7.2.6 a 7.2.12, buscou-se encontrar alguma correlação da emissão solo-ar, entre variáveis como: taxa de emissão total dos aterros, emissão estimada e emissão do número de habitantes por hectare de aterro com área de disposição, número de habitantes por hectare de disposição nos aterros, quantidade de resíduos depositada e idade dos aterros. Os resultados não apontaram para tendências melhor definidas entre estas variáveis.

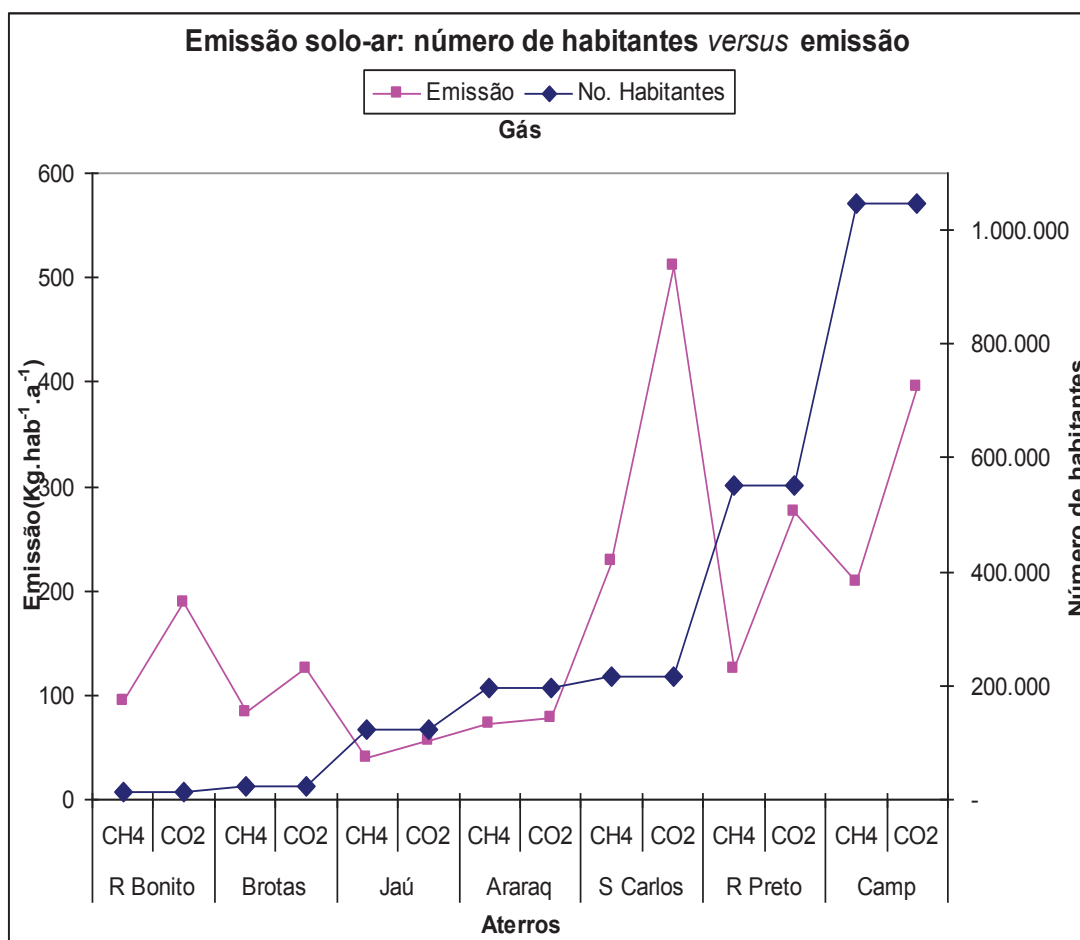


Gráfico 7.2.6 – Emissão solo-ar por aterro e número de habitantes cobertos pela coleta.

No gráfico 7.2.6, excluído o aterro Bandeirantes, a variação da emissão não ficou clara quando correlacionada com o número de habitantes cobertos pela coleta destinada aos aterros. Apenas os aterros de Jaú e Araraquara mostraram alguma tendência, muito tênue, para as duas variáveis. Destacam-se picos de altas para a emissão do aterro de São Carlos, para os dois, com incremento maior para o CO<sub>2</sub> e picos de baixas para a emissão do aterro de Ribeirão Preto, especialmente para CH<sub>4</sub>, ambos com populações semelhantes.

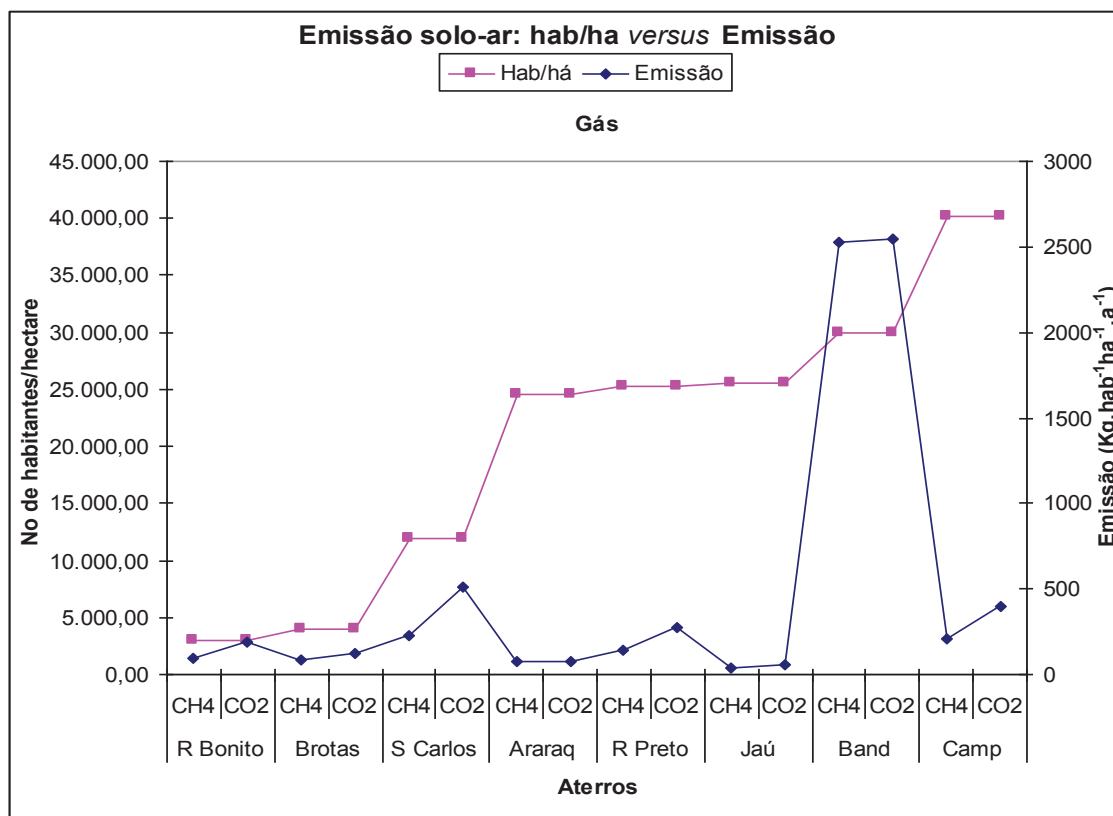


Gráfico 7.2.7 – Emissão solo-ar por aterro e número de habitantes por hectare de aterro.

O gráfico 7.2.7 mostra que também não resultou uma correlação direta da variação da emissão solo-ar com o número de habitantes por hectare de área dos aterros. O gráfico apresenta uma leve proporcionalidade entre emissão e número de habitantes por área nos aterros de Ribeirão Bonito, Brotas e São Carlos. Mas, ao aumento da razão número de habitantes por área nos aterros de Araraquara, Ribeirão Preto e Jaú, não correspondeu a aumentos nas emissões. Pelo contrário, levou a uma queda desta variável. Para o aterro Bandeirantes, resultou um forte aumento – maior emissão neste parâmetro – e para o aterro de Campinas, a maior relação número de habitantes por hectare de aterro, a emissão também caiu, inversamente proporcional.

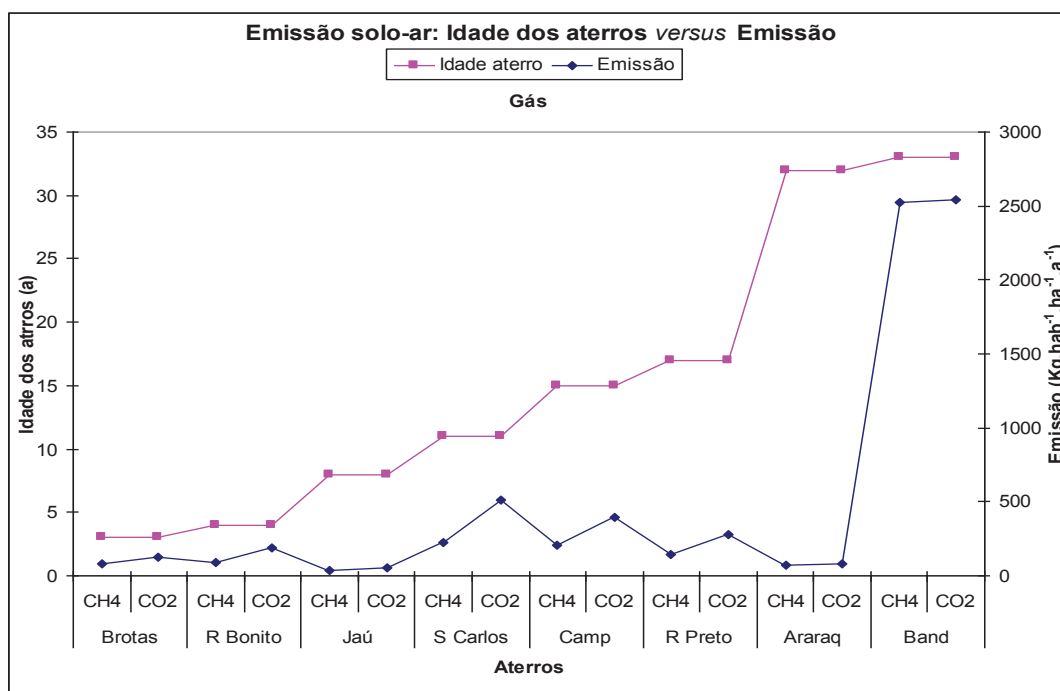


Gráfico 7.2.8 – Emissão solo-ar por habitante/área e idade dos aterros.

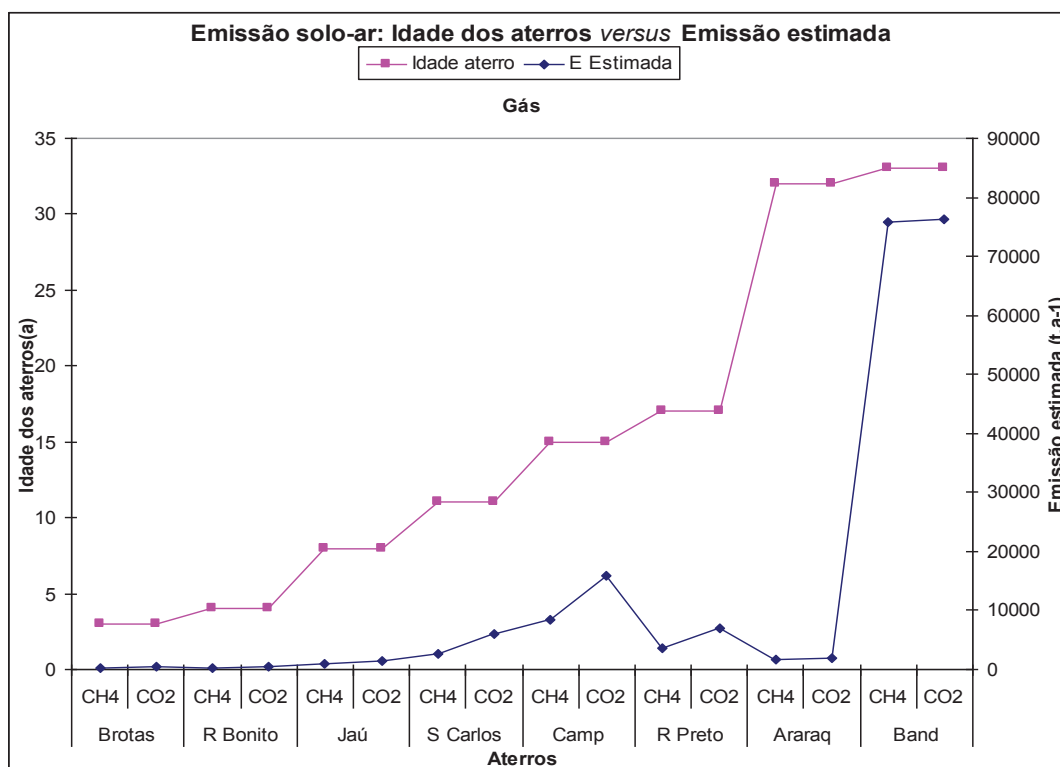


Gráfico 7.2.9 – Emissão estimada solo-ar e idade dos aterros.

Nos gráficos 7.2.8 e 7.2.9, foram traçadas as relações idade dos aterros e a emissão (em massa por habitante e área de aterro -  $\text{Kg.hab.}^{-1}\text{ha}^{-1}.\text{a}^{-1}$ ) e a emissão estimada por aterro ( $\text{t.a}^{-1}$ ), respectivamente. Novamente, não apareceu uma tendência de correlação bem definida. Para os aterros de Brotas, Ribeirão Bonito, Jaú e São Carlos, os dois gráficos mostraram alguma semelhança, com uma leve proporcionalidade na emissão *versus* idade dos aterros, a partir daí, isto não se confirma. Especialmente, para os aterros de Araraquara e Bandeirantes, com idades iguais, e emissões completamente distintas.

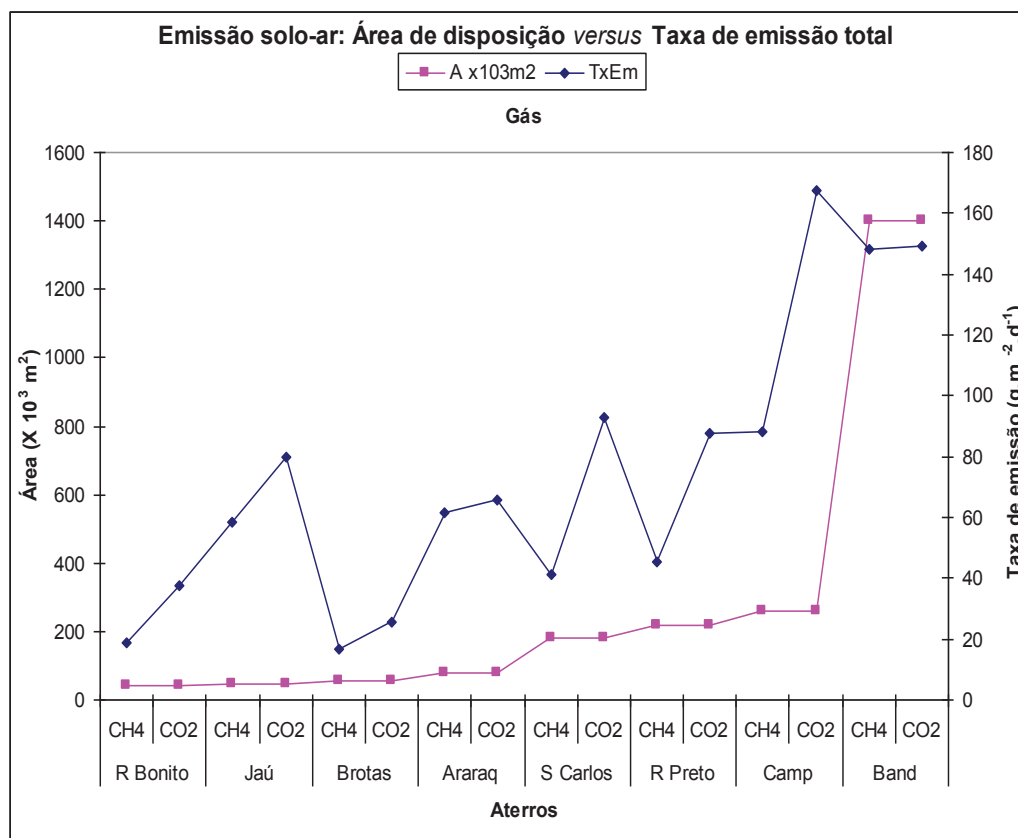


Gráfico 7.2.10 – Relaciona a taxa de emissão total (solo-ar) com a área de disposição dos aterros.

Também no que diz respeito à relação área de disposição *versus* taxa

de emissão total, gráfico 7.2.10, anterior, não ficou evidenciada nenhuma tendência mais geral. Embora se depreenda deste gráfico que o aumento da área de disposição aumenta a emissão, como naturalmente esperado.

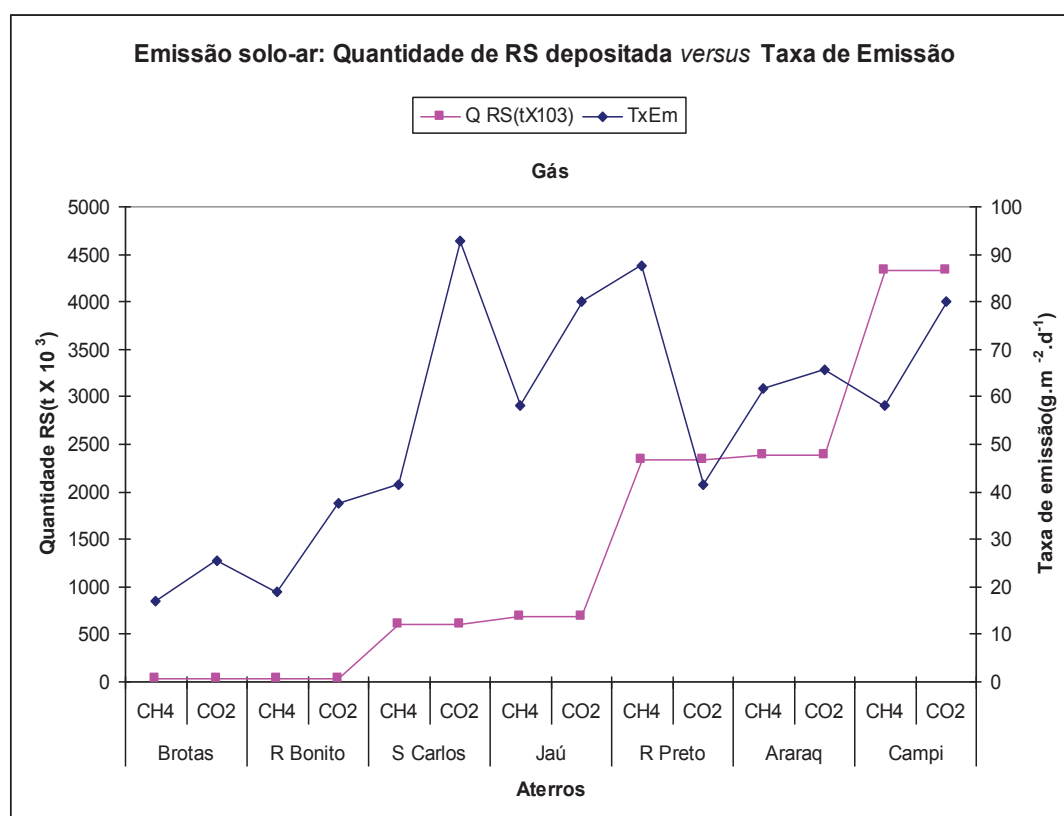


Gráfico 7.2.11 – Relaciona a quantidade de resíduos depositada e a taxa de emissão total (solo-ar).

Para a relação quantidade de resíduos disposta com a taxa de emissão média dos aterros, gráfico 7.2.11, mostra novamente a variabilidade desta taxa, medida em  $g.m^{-2}.d^{-1}$ , não apresentou correlação com a massa de resíduos. Idem para a relação massa de resíduos com a emissão estimada dos aterros, medida em  $t.a^{-1}$ , gráfico 7.2.12.



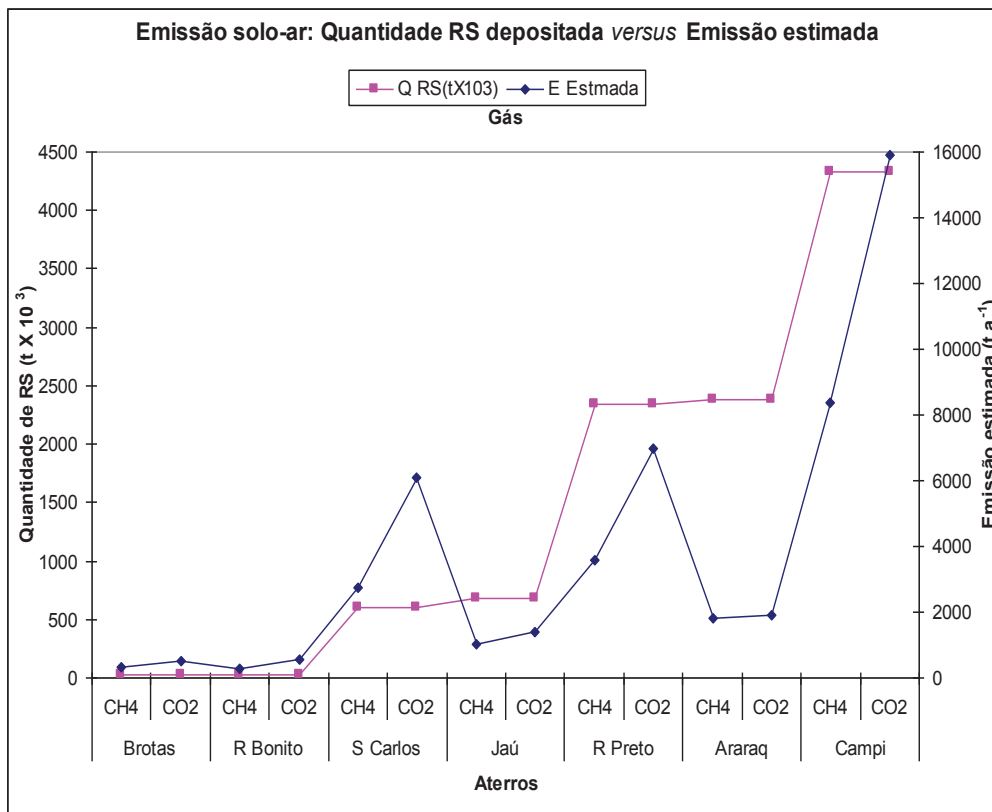


Gráfico 7.2.12 – Relaciona quantidade de RS depositada e emissão estimada (solo-ar).

Com se pôde observar da série de gráficos, a variabilidade preponderante na emissão solo-ar de aterros de resíduos sólidos urbanos, é muito significativa e parece independer de condições quaisquer para o processo.

Pelos resultados deste trabalho notou-se que, quer para aqueles aterros sanitários bem construídos e bem gerenciados, quer para lixões e/ou aterros controlados, o processo da emissão solo-ar de gases por estes equipamentos de disposição final, segue 'regras próprias' a cada um e não se detectou correlações entre variáveis deste processo, que se possa generalizar para tais.

Há que se aprofundar estudos nesta área, a fim de que se possam estabelecer tendências dos processos de emissão e assim, aprimorar ou projetar

políticas públicas na questão dos resíduos sólidos urbanos, para que sejam minimizados os impactos ambientais que podem causar.

### **7.3. Estimativa da emissão a partir dos queimadores verticais nos aterros que apresentaram estes equipamentos**

A medida estimativa para a emissão pelos queimadores dos aterros foi aquela que talvez tenha os resultados mais distantes da realidade. Nos quatro aterros equipados com tais, a saber: Araraquara, Campinas, Ribeirão Preto e São Carlos; foram escolhidos entre dois e quatro dissipadores, por campanha, em posições o mais centralizado possível no espaço dos aterros. O número de dissipadores medidos foi muito pequeno o que pode tornar os resultados menos representativos.

Por outro lado, enquanto para os sítios de coleta ( $P_n$ ) da emissão solo-ar; embora determinados geograficamente em cada aterro; possam ter acontecidos pequenos desvios na localização, entre uma campanha e outra, para os dissipadores esta possibilidade não existe e a medição em cada campanha foi feita no mesmo dissipador. Se modificações aconteceram de uma para outra campanha, estas estariam ligadas à própria dinâmica interna de cada aterro, com já ressaltado.

A tabela 7.3.1, mostra os aterros com seus números totais de queimadores, quantos deles foram escolhidos para a pesquisa e o percentual que representaram para o aterro. O aterro de São Carlos foi o que apresentou maior quantidade de queimadores medidos, relativamente, com uma percentagem de 17,7% e 35,0%, considerando-se, a quantidade escolhida por campanha e total. Ressalte-se, este aterro apresentou a menor quantidade deles. O menor percentual ficou com o aterro de Campinas, que dos seus 110 queimadores, foram

escolhidos dois e quatro, por campanha, representando 2% e 5,5% do total, respectivamente.

Tabela 7.3.1 – Número de queimadores total e escolhidos nos aterros e o percentual que representaram.

Aterro	Queimadores por aterro	Queimadores escolhidos		Percentual Ano/total
		2006	2007	
Araraquara	81	3	3	4,0 e 8,0%
Campinas	110	2	4	2,0 e 5,5%
R Preto	85	3	4	3,5 e 8,0%
S Carlos	17	3	3	17,7 e 35,0%

A tabela 7.3.2, mostra os resultados obtidos da medição da emissão a partir dos dissipadores verticais, estruturas próprias para a captação e tratamento finais do GAS.

Para o caso do aterro Bandeirantes; que tem seus drenos adaptados e conectados para o sistema de coleta do GAS na alimentação da UTEB; a emissão não é “natural”, como nos outros aterros. As coletas que foram feitas dos drenos deste aterro, se deram a partir de válvulas na saída dos drenos, que apresentavam pressão muito grande. Portanto, extrapolações e estimativas da emissão a partir dos drenos deste aterro, foram desconsideradas.

Entretanto, ficou evidente que a emissão média dos drenos medida para metano no Bandeirantes, de 5,887 toneladas por ano, na campanha única de 2007, não se diferenciou em muito de aterros como São Carlos e Ribeirão Preto,

nas campanhas de 2006, com 5,138 toneladas e 4,263 toneladas, por ano, respectivamente. Em relação ao dióxido de carbono, a diferença resultou em quantitativos maiores, mas, também sem grandes diferenças.

Também foi desconsiderado o 'dreno' do aterro de Jaú, que foi ali instalado para efeitos de pesquisa anterior a esta (LOPES, 2007). Trata-se de um tubo de PVC enterrado no lixo para captação de chorume, mas se revelou tão produtivo em GAS, quanto os drenos comuns dos outros aterros. Os resultados da emissão deste dreno estiveram; quer nas duas campanhas, individualmente, quer na média; bem semelhantes aos aterros de Araraquara e de Campinas, p. ex.; ou seja, dentro dos limites daqueles aterros equipados com drenos verticais.

A tabela 7.3.2 e o gráfico 7.3.1, seguintes, mostram os resultados obtidos para a emissão média por campanha e a emissão estimada para cada aterro, em toneladas por ano.

Tabela 7.3.2 - Emissão Média Total dos dissipadores nos aterros em que existem.

Aterro	Gás	E. média( $t.a^{-1}$ )		E. média( $t.a^{-1}$ ) 2006+2007	Emissão estimada para o aterro ( $t.a^{-1}$ )
		2006	2007		
Araraquara	CH <sub>4</sub>	1,387	1,674	1,530	123,93
	CO <sub>2</sub>	2,757	3,627	3,193	258,63
Campinas	CH <sub>4</sub>	2,352	0,918	1,635	179,85
	CO <sub>2</sub>	5,485	2,050	3,767	414,37
Jaú*	CH <sub>4</sub>	1,358	1,339	1,348	-
	CO <sub>2</sub>	3,451	2,490	2,971	-
Ribeirão Preto	CH <sub>4</sub>	4,263	2,062	3,612	307,31
	CO <sub>2</sub>	9,894	6,397	8,145	692,32
São Carlos	CH <sub>4</sub>	5,138	3,511	4,325	73,52
	CO <sub>2</sub>	11,388	8,121	9,755	165,83
Bandeirantes**	CH <sub>4</sub>	-	5,887	-	-
	CO <sub>2</sub>	-	12,212	-	-

\*Não se trata de queimador ou dissipador de GAS, é apenas um dreno de PVC que serviu a uma pesquisa anterior (LOPES, 2007).

\*\*Como o aterro Bandeirantes tem seus drenos adaptados para a coleta do GAS para a UTEB, a emissão destes não é 'natural', como nos outros aterros. Portanto, não dá para fazer extrapolações da emissão dos mesmos para o aterro como um todo.

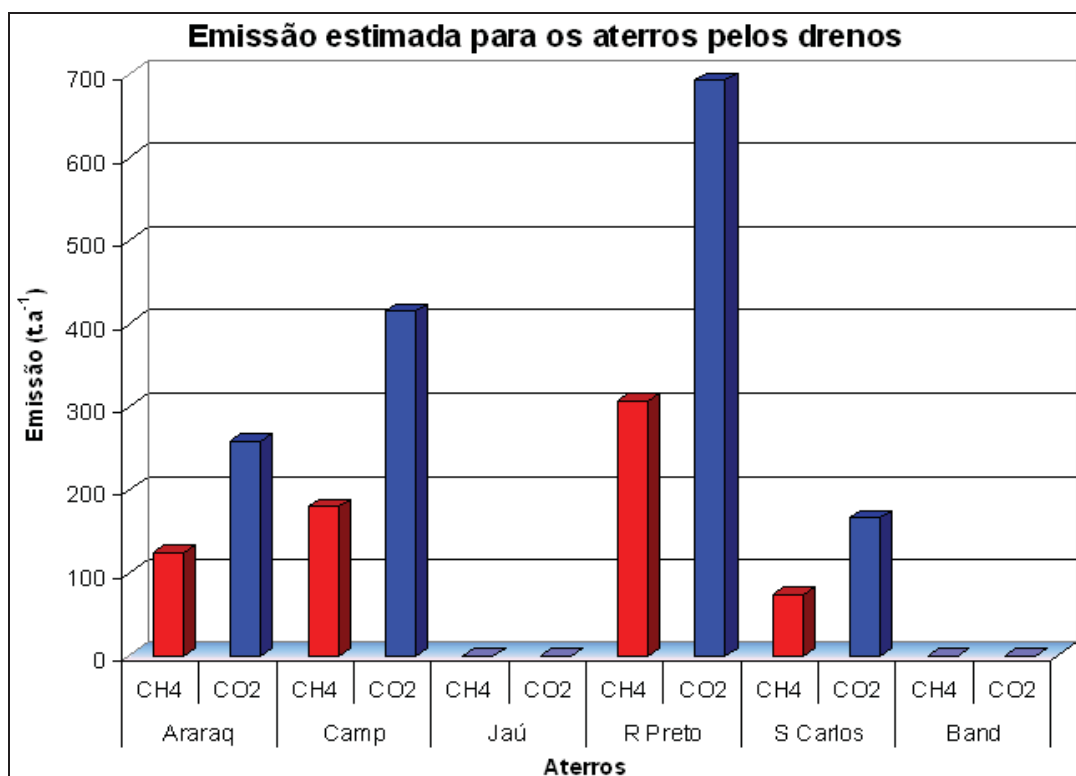


Gráfico 7.3.1 – Emissão estimada para os aterros, por gás, a partir dos dissipadores verticais.

Os gráficos 7.3.2 e 7.3.3, mostram as proporções entre a emissão dos dissipadores, estimadas para os aterros, e a quantidade de resíduos sólidos dispostas. Também destes gráficos depreende-se não haver correlação entre estas variáveis. Os aterros de Araraquara e Ribeirão Preto, com quantidades semelhantes de resíduos resultaram com quantitativos da emissão diferentes entre si. O aterro de Campinas, com o dobro de massa de lixo, em relação aos de Araraquara e Ribeirão Preto, emitiu igual ou menos que estes.

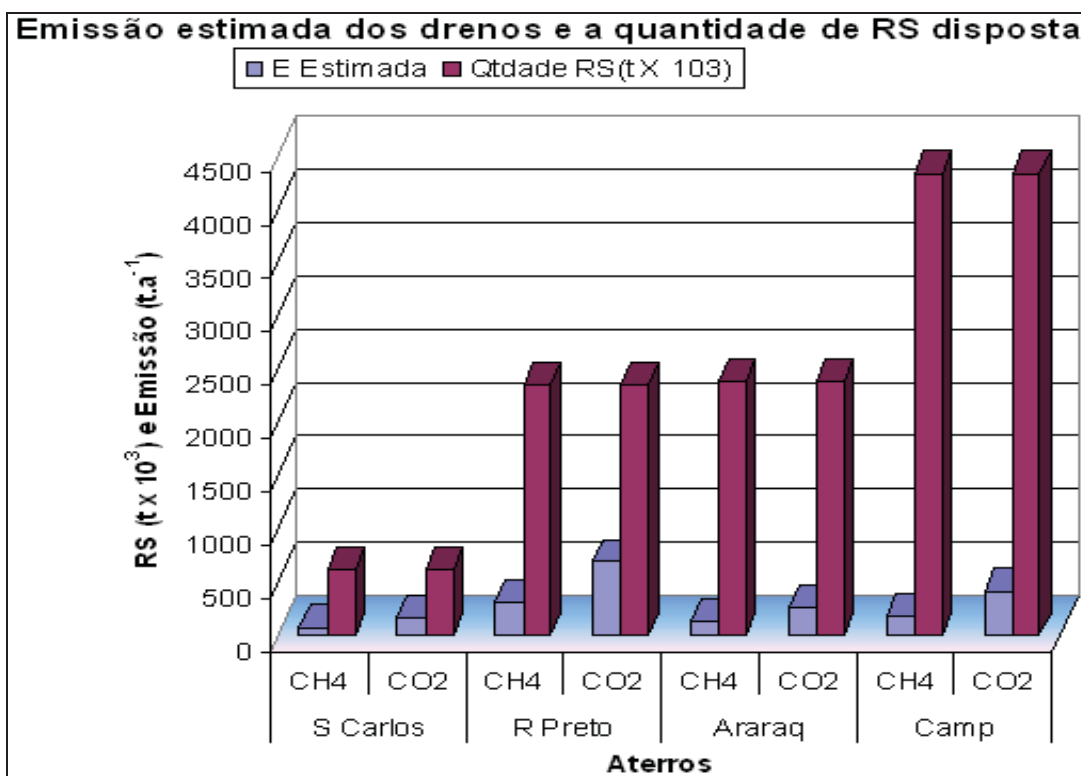


Gráfico 7.3.2 – Proporções entre a emissão estimada pelos dissipadores e a quantidade de resíduos dispostas nos aterros.

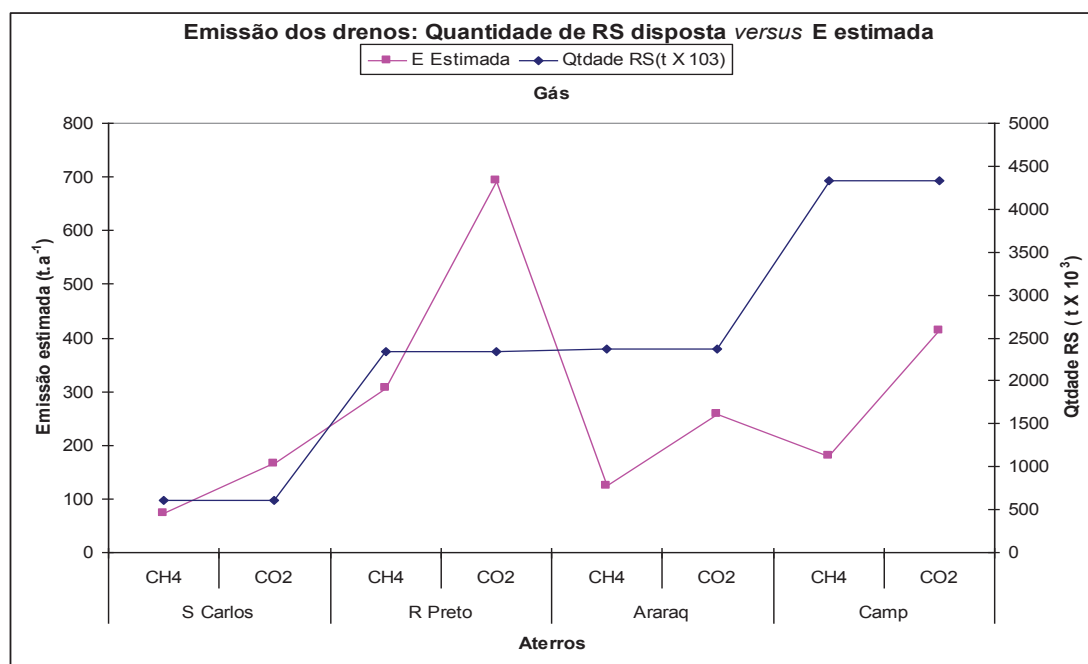


Gráfico 7.3.3 – Relação entre quantidades de RS e Emissão estimadas para os dissipadores.



#### 7.4. Emissão estimada total para os aterros

Reunindo a emissão estimada solo-ar e a emissão estimada para os dissipadores verticais, a tabela 7.4.1, apresenta a emissão estimada total por aterro, em média, por gás e contribuição percentual de cada gás.

Tabela 7.4.1 – Emissão estimada( $t.a^{-1}$ ) total solo-ar, por dissipadores(quando presentes) e a contribuição percentual de cada gás.

Aterro	Gás	E estimada solo-ar	E estimada dissipadores	E estimada total	% de cada gás
Araraquara	CH <sub>4</sub>	1.799,16	123,93	961,54	46,92
	CO <sub>2</sub>	1.917,56	258,63	1.088,10	53,08
Brotas	CH <sub>4</sub>	334,08	-	334,08	41,00
	CO <sub>2</sub>	501,02	-	501,02	59,00
Campinas	CH <sub>4</sub>	8.397,05	179,85	4.285,45	34,50
	CO <sub>2</sub>	15.886,26	414,32	8.150,29	65,50
Jaú	CH <sub>4</sub>	1.029,48	-	1.029,48	42,20
	CO <sub>2</sub>	1.409,70	-	1.409,70	57,80
R Bonito	CH <sub>4</sub>	276,82	-	276,82	33,21
	CO <sub>2</sub>	556,71	-	556,71	66,79
R Preto	CH <sub>4</sub>	3.602,14	307,31	1.954,73	33,77
	CO <sub>2</sub>	6.973,11	692,32	3.832,71	66,23
S Carlos	CH <sub>4</sub>	2.723,20	73,52	1.462,86	31,86
	CO <sub>2</sub>	6.092,03	165,83	3.128,93	68,14
Bandeirantes	CH <sub>4</sub>	75.730,20	-	75.730,20	49,80
	CO <sub>2</sub>	76.312,74	-	76.312,74	50,20

Pelos resultados deste trabalho, a tabela 7.4.1, mostra que o aterro Bandeirantes emitiu sozinho, numa única campanha solo-ar, uma massa de 152.042,94 toneladas por ano dos dois gases. Esta emissão é superior em 68,00%, à emissão conjunta dos demais aterros, nas duas campanhas, considerando as suas emissões solo-ar e dos dissipadores; estes quando presentes.

O gráfico 7.4.1, mostra as emissões totais dos dois gases para o conjunto dos aterros sem e com a inclusão do aterro Bandeirantes.

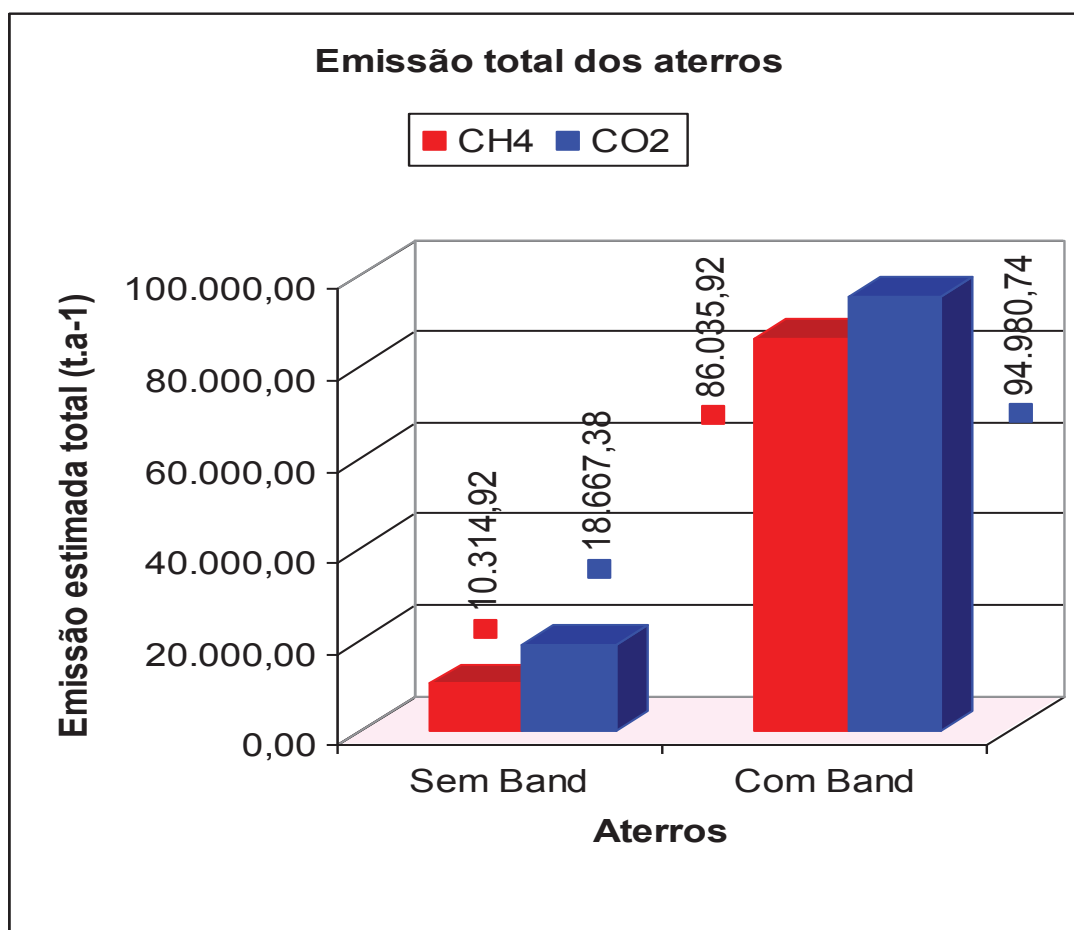


Gráfico 7.4.1 – Emissão total estimada para os aterros sem e com a inclusão do aterro Bandeirantes.

O gráfico 7.4.2, mostra as emissões estimativas solo-ar e dos dissipadores verticais e a emissão total, por gás e aterro; para aqueles aterros onde nas duas campanhas, se fez o estudo de ambas.

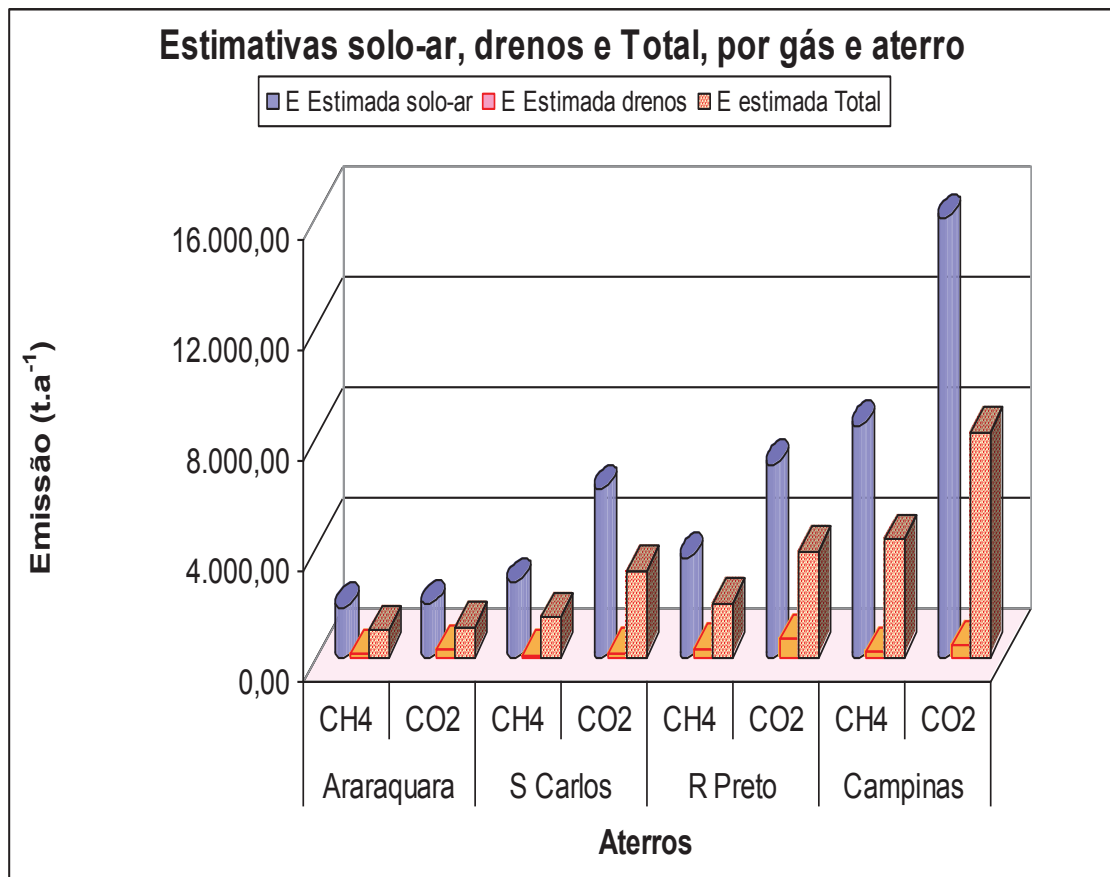
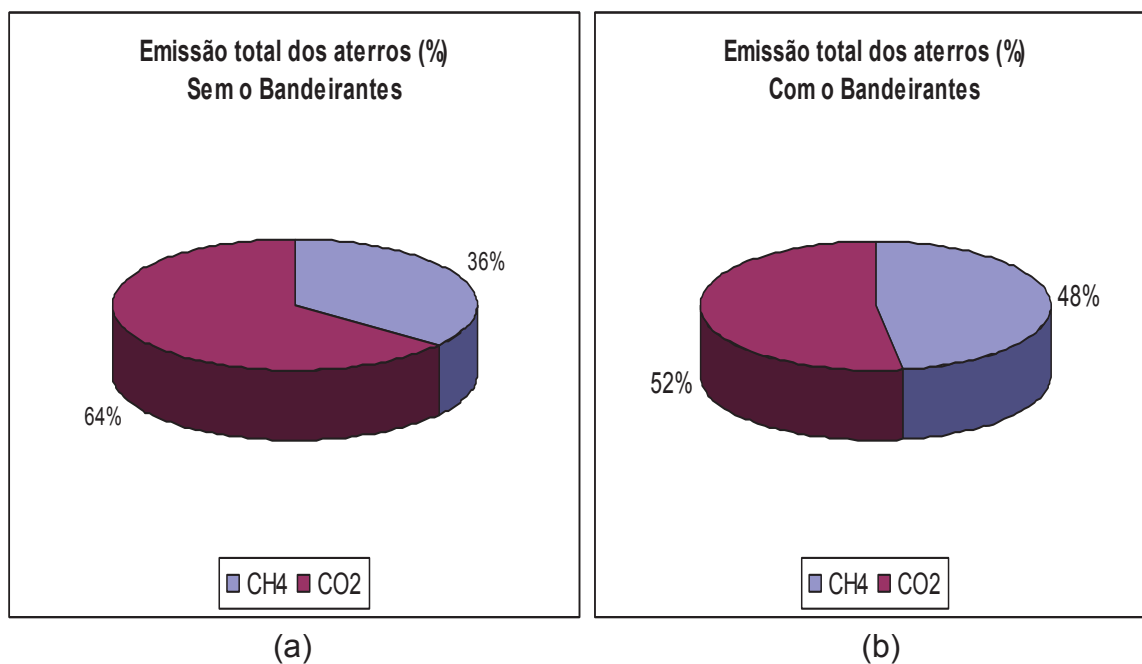


Gráfico 7.4.2 – Emissões estimativas solo-ar, dos dissipadores e a estimativa total, nos quatro aterros que dispunha de queimadores.

Deste gráfico ficou evidente a diferença entre a emissão solo-ar, muito maior, e a emissão pelos queimadores. É possível que esta última esteja subestimada, como consequência do número reduzido de dissipadores amostrados em cada um destes aterros.



Gráficos 7.4.3 – Contribuições percentuais dos aterros na emissão total do metano (CH<sub>4</sub>) e do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sem (a) e com (b) a inclusão do aterro Bandeirantes.

Os gráficos 7.4.3, (a) e (b), mostram as contribuições percentuais na emissão total dos aterros para metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), deixando evidente mais uma vez que a emissão do aterro Bandeirantes contribuiu, significativamente, e aumentou o percentual do metano de 36% para 48%.

No gráfico 7.4.4, buscou-se uma correlação entre a estimativa total da emissão com as quantidades de resíduos sólidos dispostas nos aterros. Depreende-se do gráfico que não houve correlação. Os pontos em que estão mostrando aumentos de emissão não têm relação direta com aumentos da massa de resíduos depositada. Ao contrário, p. ex., a queda observada na emissão dos dois gases para o aterro de Araraquara, é inversa com o aumento na sua massa de resíduos. Idem, para a emissão de metano no aterro de Ribeirão Preto.

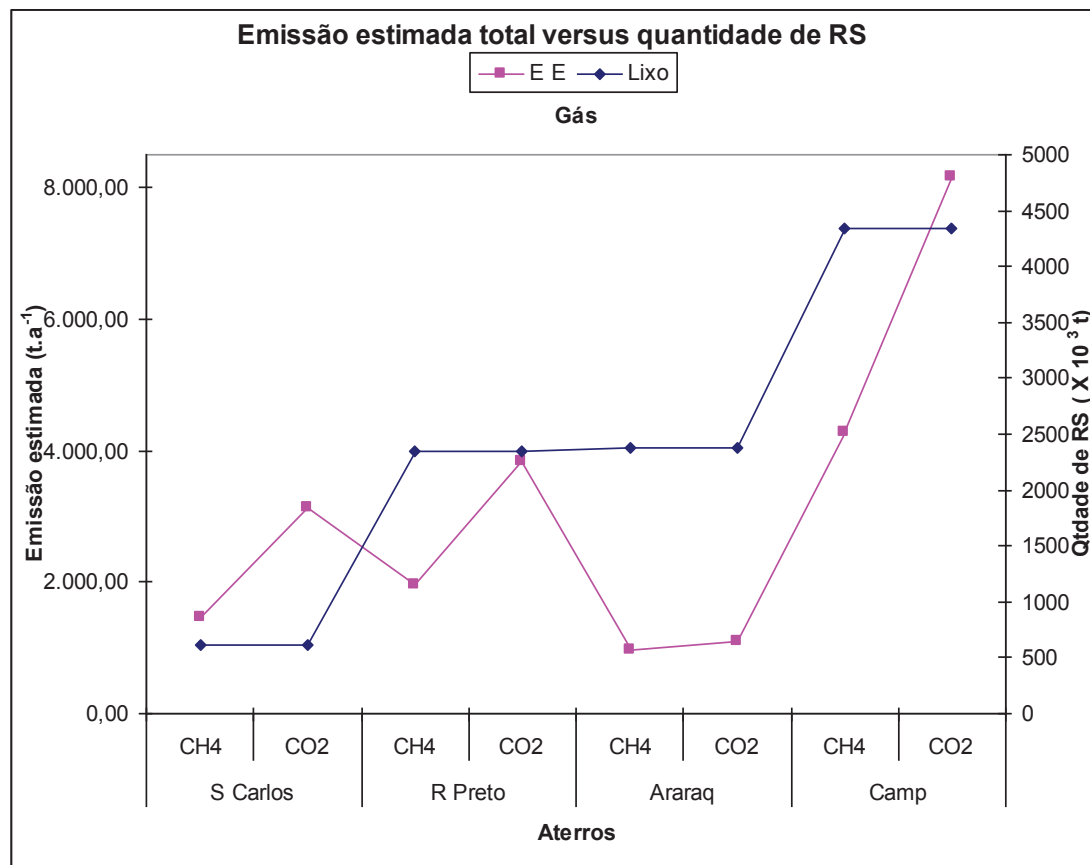


Gráfico 7.4.4 – Emissão estimada total em relação à quantidade de resíduos sólidos nos aterros.

Para o aterro de Campinas, mesmo surgindo uma tendência de aumento da emissão com o correspondente aumento da massa de resíduos deste aterro em relação aos outros, este incremento foi muito mais significativo para o dióxido de carbono que para o metano.

## 8. CONCLUSÕES

“AH, SE EU PUDESSE DIZER TUDO QUE TENHO TRANCADO NO PEITO.  
MAS NÃO POSSO.  
EU NÃO POSSO NEM CHORAR.  
EU ACHO QUE, SE EU CHORASSE, IRIAM SAIR PEDRAS DOS MEUS OLHOS.”  
VINICIUS DE MORAIS

Considerando a importância dos constituintes do Gás de Aterros Sanitários (GAS) – ou aterros controlados ou lixões – na indução do efeito estufa antrópico, torna-se imperioso o desenvolvimento de pesquisas que resultem em melhor compreensão e dimensionamento do impacto real causado por estes equipamentos de disposição de RSU.

É necessário também o surgimento de tecnologias novas, capazes de mitigar a emissão deste GAS, especialmente, do metano, com potencial de aquecimento global da ordem de vinte e três vezes maior que o dióxido de carbono.

No que diz respeito às emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pelos aterros de resíduos sólidos urbanos, a partir dos objetivos propostos e dos resultados obtidos por este trabalho, pode-se concluir que os aterros, independentes do gerenciamento e operação a eles dispensados, se grandes ou pequenos, com maiores ou menores quantidades de resíduos dispostas, geram um ambiente deletério e impactante, uma vez que:

1. As concentrações destes gases no ar ambiente dos mesmos foram muito superiores àquelas registradas em ambientes onde estes equipamentos não estão presentes. Para o metano, resultou uma concentração de, aproximadamente, 18.000 ppm, ou seja, dez mil vezes maior que a concentração de locais distantes

(*background*) dos aterros. Para o dióxido de carbono a concentração esteve em torno de 5.500 *ppm*, quinze vezes maior que aquelas medidas fora destes equipamentos de disposição de RSU.

2. Os resultados das medidas para as concentrações de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> na atmosfera dos aterros mostraram que as diferenças dos valores, de um aterro para outro, não ultrapassaram 10% para o metano e 30% para o dióxido de carbono. Acredita-se que estes resultados possam ser extrapolados para quaisquer espaços que se destinem à disposição de resíduos sólidos urbanos.

3. Os valores medidos para as concentrações destes dois gases no ar ambiente dos aterros parecem indicar que, o gerenciamento e a operação dispensados, ou não, a estes equipamentos não influenciaram nas mesmas. Que em quaisquer situações, estes depósitos oferecem impactos de poluição ambiental em níveis muito significativos.

4. Os valores obtidos para as concentrações dos dois gases no aterro Bandeirantes, semelhantes aos demais, pareceu indicar que o sistema de sucção do GAS, que alimenta a UTEB, não influenciou nesta emissão, para aquele aterro.

5. Os resultados indicaram que, IQR's altos ou baixos, enquadramento adequado ou inadequado para estes depósitos de RSU, não influíram nas concentrações de metano e dióxido de carbono no ar ambiente dos aterros. Estes resultados apontaram para que, se incluam também as concentrações ambientes, nos parâmetros de avaliação dos aterros.

6. Os resultados encontrados para a concentração do dióxido de carbono no ar ambiente dos aterros estiveram sempre menores que para o metano. Isto pareceu indicar que a 'dinâmica' da química do CO<sub>2</sub> é tal, especialmente, na

atmosfera dos aterros, que este gás encontra 'sumidouros preferenciais', resultando na diferença constatada. Igualmente, na emissão solo-ar, os maiores quantitativos produzidos foram para CO<sub>2</sub>, que 'não se confirmaram na atmosfera local'. Pode-se inferir que a solubilidade aquosa do CO<sub>2</sub>, a sua absorção pela vegetação de cobertura e de entorno e a pouca capacidade reativa do CH<sub>4</sub> nas condições do espaço dos aterros, são variáveis a serem consideradas.

7. Os resultados obtidos para a emissão solo-ar nos aterros mostraram uma variabilidade muito grande. Esta variação ficou evidente na proporção CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, em um mesmo sítio de coleta, entre os sítios, entre os aterros e de uma campanha para outra. Isto pareceu confirmar que cada aterro tem sua dinâmica intrínseca no processo de degradação do resíduo depositado.

8. A presença das câmaras de coleta do GAS, independente se a pequena ou a grande, pareceu interferir no fluxo do GAS nos sítios de coleta da emissão solo-ar. Pareceu que o enriquecimento da câmara pelo GAS atingiu um ponto de saturação, quando o GAS pareceu ser reabsorvido pelo solo do aterro.

9. Os resultados da coleta solo-ar mostraram que a dinâmica própria de cada aterro é tal que ocasiona uma grande variabilidade no processo de emissão dos gases, não tendo sido possível estabelecer correlações entre variáveis do mesmo.

10. A emissão dos dissipadores verticais também mostrou variabilidade considerável, e pareceu também independender do tamanho do aterro, quantidades de resíduos disposta, população coberta pela coleta ou, número de habitantes por área de aterro.

11. Nos três aspectos estudados neste trabalho – concentrações no



ambiente do aterro, emissão solo-ar e emissão pelos dissipadores – os resultados mostraram que a operação dispensada a estes espaços destinados à disposição de resíduos sólidos urbanos não pareceu influenciar na emissão dos gases.

12. Os resultados apontaram que o fluxo de metano e dióxido de carbono 'para a atmosfera terrestre', a partir destes sistemas de disposição de resíduos sólidos urbanos, é significativo e merece cada vez mais atenção e pesquisas para sua total compreensão e aplicação de tecnologias que possam mitigar ao máximo esta emissão antropogênica de gases indutores do aquecimento global.

Espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para uma melhor compreensão do fluxo de carbono para natureza, a partir destes sistemas de disposição de RSU's e com o inventário brasileiro de emissões de gases estufa a partir de aterros de resíduos urbanos.

## 9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

“PARTE COM A AZEITONA MADURA,  
AGRADECENDO À ESTAÇÃO QUE A TROUXE  
E À ÁRVORE QUE A ALIMENTOU”.

MARCO AURÉLIO ANTONINO  
(ROMANO)

Os resultados obtidos neste trabalho e a constante preocupação com a questão ambiental; que se manifesta a cada dia mais séria e inquietante; entende-se apontar para pesquisas que possam, cada vez mais, esclarecer o ciclo do carbono na natureza e a contribuírem para que fontes de emissões antropogênicas sejam objeto de atenção permanente da ciência e da tecnologia, para as suas mitigação.

A significativa emissão dos gases metano e dióxido de carbono por aterros de resíduos sólidos urbanos – quer no fluxo solo-ar, quer pelos dissipadores – e as suas concentrações em níveis absurdos no ar ambiente dos aterros, permitem-se sugerir, como expectativas de pesquisas a ser desenvolvidas nesta área, o seguinte:

- Buscar aperfeiçoar ainda mais a metodologia, acurando o método, especialmente, com um cromatógrafo de maior sensibilidade, para que a medição seja cada vez mais precisa;
- Desenvolver pesquisas similares a esta, em um mesmo aterro, com campanhas mais frequentes para medição cada vez mais precisa;
- Desenvolver pesquisa similar a esta, com campanhas em épocas chuvosas e secas, alternadamente, para mensurar a influência da água na emissão do GAS;

- Desenvolver pesquisas similares a esta, em aterros de latitudes variadas, para que se mensure a influência da latitude na emissão dos aterros;
- Desenvolver estudos que busquem materiais com potencial de oxidação do metano na cobertura de aterros;
- Desenvolver trabalhos com a microbiologia para a inoculação de microorganismos que possam alimentar-se/oxidar metano – “barreira” metanotrófica – na cobertura de aterros, evitando o lançamento deste gás para a atmosfera, como já é tendência desde final da década passada (LIOTTE, 2007, ISLAM *et al.*, 2008; HOLMES *et al.*, 1999 ; HANSON *and* HANSON, 1996 ); entre outros;
- Desenvolver pesquisa que compreenda e discuta a dinâmica do GAS quando captada nas câmaras de coleta, tendo aumento inicial da concentração/massa e em seguida tendência a diminuição (reabsorção pelo aterro);
- Desenvolver pesquisas junto à área de saúde, para buscar detectar as reações físico-orgânicas que as altas concentrações medidas possam acarretar no pessoal de operação dos aterros e em seu entorno.

## 10. REFERÊNCIAS

“È DIFÍCIL REMOVER AS CAUSAS DA MISÉRIA?!...  
MAIS UMA RAZÃO PARA CUIDARMOS DA REDUÇÃO DE SEUS FEITOS”.  
VILFREDO PARETO (ITALIANO)

ABRELPE (2005). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.

\_\_\_\_\_ (2007). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.

AGA (2006). Analytical Gas Chromatographic. Disponível em: <  
[http://hiq.aga.com.br/international/web/lg/br/likekgspgbr.nsf/DocByAlias/anal\\_gaschrom](http://hiq.aga.com.br/international/web/lg/br/likekgspgbr.nsf/DocByAlias/anal_gaschrom)>. Acesso em: 27 dez 2006.

ALVALA, P. C., KIRCHHOFF, V.W.J.H. e PAVÃO, H. G. (1999). "Metano na Atmosfera: Produção de metano em regiões de queimadas e áreas alagadas". *BioTecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, 7, 40-43, 1999.

AMBIENTEBRASIL (2007). Estatísticas da Reciclagem Brasil. Disponível em: <  
<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./residuos/index.php3&content=./residuos/estatisticas.html>> Acesso em: 08 dez.2008.

AMORA, A. S. (1997). **Dicionário Soares Amora da Língua Portuguesa. Primeira Edição**. Editora Saraiva. São Paulo.

AQUINO, A. R. de (2008). **A Química e o Lixo** – Disponível em: <  
<http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/voxsscientiae/aquino1.html>> Acesso em: 15 mar.2008.

ARAÚJO, M. S. (2008). Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem

recebida por < [zeberto@sc.usp.br](mailto:zeberto@sc.usp.br) >. Em: 29 jun. 2008.

ASSADOURIAN, E. (2003). "Consumption Patterns Contribute to Mortality", in Worldwatch Institute, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (1984). NBR 8419. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – São Paulo.

\_\_\_\_\_ (2004). NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (2004). NBR 10.005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (2004). NBR 10.006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (2004). NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. São Paulo.

AULETE, C. (2004). Dicionário contemporâneo da língua portuguesa. Editor responsável Paulo Geiger; apresentação Evanildo Bechara. **Editora Nova Fronteira**. Rio de Janeiro.

AZEVEDO, F. de C. (1988). Nosso Futuro Comum – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.

BAIRD, C. (2002). **Química Ambiental**. Tradução: Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2ª. Edição. Porto Alegre: Bookman.

BALL, D. W. (2002). Formation and vibrational spectrum of trifluoromethyl sulfur

pentafluoride,  $\text{CF}_3\text{SF}_5$ , a new greenhouse gas. Gaussian-2 and Gaussian-3 calculations. **Journal of Molecular Structure** (Theochem) 578, 29-34.

BALMFORD, A.; BRUNER, A. COOPER, P; COSTANZA, R.; FARBER, S.; GREEN, R. E.; JENKINS, M.; JEFFERISS, P.; JESSAMY, V.; MADDEN, J.; MUNRO, K.; MYERS, N.; NAEEM, S.; PAAVOLA, J.; RAYMENT, M.; ROSENDO, S.; ROUGHGARDEN, J.; TRUMPER, K. and TURNER, R.K. (2002) Economic Reasons for Conserving Wild Nature. **Science 9 Aug.**

BASTOS, V. P. (2008). Catador: profissão: um estudo do processo de construção identitária do catador de lixo ao profissional catador. Jardim Gramacho, de 1996 aos dias atuais. Tese (Doutorado em Serviço Social). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BEES. Bees 3.0. Building for Environmental and Economic Sustainability. National Institute of Standards and Technology (Nist). Disponível em: < <http://www.bfrt.nist.gov/oa/software/bees/bees.html> >. Acesso em: 15 fev.2009.

BIDONE, F. R. A. e POVINELLI, J. (1999). Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC / USP.

BOECKX, P.; van CLEEMPUT O. (2000). Methane oxidation in landfill covers soils. Trace Gas Emissions and Plants. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, p. 197-213.

BOFF, L. (1999). Saber cuidar: ética do humano - compaixão pela terra. Editora Vozes. Petrópolis, RJ.

BOGNER, J. E. (1986). "Gas Movement Through Fractured Landfill Cover

Materials," proceedings of the Ninth Annual Madison Waste Conference Department of Engineering Professional Development, University of Wisconsin – Madison, September 9-10.

BOEIRA, S. L. (2002). Ecologia Política: Guerreiro Ramos e Fritjof Capra. **Ambiente & Sociedade**. No. 10. Campinas. São Paulo.

BORGES, J. C. & HIPÓLITO, D.A. (2008). Uma descoberta que mudou o mundo. Out. **Revista Ciência Hoje**. Disponível em: < <http://cienciahoje.uol.com.br/129622> > Acesso em: 03 dez.2008.

BRASIL (2002). Ministério do Meio Ambiente. Avaliação Ambiental Estratégica. Brasília. MMA/SQA.

\_\_\_\_\_ (2006). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. O MDL nos empreendimentos de manejo de resíduos sólidos urbanos. Saneamento para todos. 3º volume. Ministério das Cidades.

\_\_\_\_\_ . Ministério das Relações Exteriores. Meio Ambiente - Rio-92: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Disponível em: < <http://www2.mre.gov.br/cdBrasil/itamaraty/web/port/relext/mre/agintern/meioamb/apresent.htm> > Acesso em 15 ago.2008.

\_\_\_\_\_ . PORTARIA MA N<sup>o</sup>. 961/98. Série I. Ministério do Ambiente. Disponível em: < <http://diario.vlex.pt/vid/portaria-novembro-33202483> > Acesso em: 20 dez.2007.

\_\_\_\_\_ . PORTARIA MINTER N<sup>o</sup>. 53/79. Ministério do Interior. Disponível em: <

[http://www.cpfl.com.br/parceiros\\_tecnologica/.../](http://www.cpfl.com.br/parceiros_tecnologica/.../) [diretrizes%20ambientais%20para%20empresas%2cC...](#) > Acesso em: 16 set. 2007.

\_\_\_\_\_. RESOLUÇÃO CONAMA N<sup>o</sup>. 237/97. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res97/res237/97.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res97/res237/97.html)> Acesso em: 05 dez.2008.

\_\_\_\_\_. RESOLUÇÃO CONAMA N<sup>o</sup>. 308/2002. Ministério do meio Ambiente. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res02/res30802.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res02/res30802.html) > Acesso em: 05 dez.2008.

\_\_\_\_\_ (2006). Fundação Nacional de Saúde. Orientações técnicas para apresentação de projetos de resíduos sólidos urbanos. Funasa. Brasília.

\_\_\_\_\_ (2007). Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade (SECAD/MEC). **Educação Ambiental: aprendizes de sustentabilidade**. Cadernos SECAD/MEC. Brasília.

BROTAS (2007). Prefeitura Municipal de Brotas. Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.brotas.sp.gov.br/page.php?p=ambiente.php>>. Acesso em: 15 set. 2007.

BUCKERIDGE, M. S. & AIDAR, M. P. M. (2005). O efeito estufa e seu impacto sobre a biodiversidade. Seção de Fisiologia e Bioquímica de Plantas. Instituto de Botânica. Links Novo. Disponível em: < [http://meio\\_ambiente.com.via6.com](http://meio_ambiente.com.via6.com) > Acesso em: 15 set. 2007.



CABRAL, A. E. B. (2007). Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD. São Carlos-SP. Tese (**Doutorado**). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

CALDERONI, S. (2001). **Gestão de resíduos sólidos na América Latina e Caribe: instrumentos econômicos para políticas públicas**. Projeto BRA-94-016 (I). Rio de Janeiro: MMA, PNUD.

CAPRA, F. (1997). A Teia da Vida - Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos. São Paulo. **"Ecologia Profunda - Um Novo Paradigma"** capítulo 1. Editora Cultrix. Tradução: Newton Roberval Eicheberg.

CASSETI, V. (1991). A Essência da Questão Ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**. 11(1). Jan./Dez.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (2008). **Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Brasília-DF.

CHUNG, Shan-Shan & POON, Chi-sun (1998). The attitudes of Guangzhou citizens on waste reduction and environmental issues. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 22, n. 5. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 05 out.2006.

CIOLA, R. (1985). Fundamentos da Cromatografia a Gás. Segunda Edição – Revisada e Ampliada. Editora Edgard Blücher Ltda.

CMDL (2002). Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory Summary Report (26),

2000-2001. KING, D. B. and SCHNELL, R. C. (Eds.). U. S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. Boulder CO.

CODE OF FEDERAL REGULATIONS (1992). 40 CFR 257.2. Protection of environment. The office of the Federal Register National Archives and Records Administration, Washington DC, USA.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) (2006). **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2005/Cetesb**. Série Relatórios. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo.

\_\_\_\_\_ (2008). **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares: relatório 2007/Cetesb**. Série Relatórios. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. São Paulo.

CONSCIÊNCIA AMBIENTAL (2004). Citando: RODRIGUES, F.L. e GRAVINATTO, V.M., em “LIXO – De onde? Para onde vai?”. Ed. Moderna. São Paulo. Disponível em: < <http://www.lixo.com.br> > Acesso em 23 mai. 2006.

CONSTRUMAQ SÃO CARLOS Ind. e Com. Ltda. (2006). Manual de uso das ampolas gasométricas. Disponível em: < [elizabeth@linkway.com.br](mailto:elizabeth@linkway.com.br) >. Acesso em 27 set. 2006.

COREY, R. D. (Edit). Principles and Practices of Incineration (1980). **Wiley Interscience**.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A MUDANÇA DO CLIMA (CQNUMC, 2001). Banco de dados de GEE. Inventários on-line. Disponível em:

<<http://www.unfccc.de>>. Acesso em: 23 mai. 2007.

DEMAJOROVIC, J. (1995). Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos. As novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas. São Paulo**, v. 35, n.3.

DICKINSON, R. E. and CICERONE, R. J. (1986). Future global warming from atmospheric trace gases. **Nature**. 319(6049): 109-115.

DUMNING, A. (1992). How Much Is Enough? (Nova York: W.W. Norton & Company).

EC (2005). European Commission. Waste generated and treated in Europe. Data 1995-2003. Disponível em: <[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-69-05-755/EN/KS-69-05-755-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-69-05-755/EN/KS-69-05-755-EN.PDF)>. Acesso em: 12 set.2008.

ELO 27. (2005). Meio Ambiente. Especialistas apontam caminhos para o problema do lixo urbano. Workshop “Lixo Urbano – Tendências e Soluções”. São Paulo. Disponível em: <<http://www.revistaelo.com.br/downloads/facto-lixoutil.doc>> Acesso: 29 ago. 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1995). Standards of Performance for New Stationary Sources and Guidelines for existing Sources Municipal Wastes Combustors. 40 CFR Part 60. Federal Register, vol. 60 No. 243, 65387-653XX. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/atw/243/ciwi/fr01de00.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2006.

\_\_\_\_\_ . **Methane**. Disponível em: < [www.epa.gov/methane/](http://www.epa.gov/methane/) >. Acesso em: 03

out. 2008.

\_\_\_\_\_ (1999). **Pollution prevention Act**. Washington: U.S.EPA.

ESTADO DO MUNDO (2004). Worldwatch Institute (WWI)/Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA). Disponível em: <[http://www.wwiUma.org.br/em2004\\_htm](http://www.wwiUma.org.br/em2004_htm)> Acesso em: 20 set. 2006.

\_\_\_\_\_ (2005). Worldwatch Institute (WWI)/Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA). Disponível em: <[http://www.wwiUma.org.br/em2005\\_htm](http://www.wwiUma.org.br/em2005_htm)> Acesso em: 16 dez. 2008.

FADINI, P. S. & ALMERINDA, A. B. (2001). Lixo: Desafios e Compromissos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. São Paulo: USP. Nº 01, p.9-18, maio.

FARQUHAR, G.J., ROVERS F.A., (1973). Gas production during refuse decomposition. **Water, Air and Soil Pollution**. V. 2, 14, p. 483-495.

FECURI, A. C. (2004). Aterros sanitários municipais e o biogás. **Jus Navigandi**. Ano 8, nº. 429. Teresina, 9 set. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto/asp?id=5673>> Acesso em: 20 mar.2007.

FENKER, E. (2007). Impacto Ambiental e Dano Ambiental - Artigo Técnico - **2o. Seminário sobre Sustentabilidade**. UNIFAE/Centro Universitário São Francisco. Curitiba, PR. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id>> Acesso em 24 dez.2007.

FGV. Fundação Getúlio Vargas (1992). Nosso Futuro Comum - Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2ª Edição, Rio de Janeiro.

FIGUEIREDO, N. J. V. (2007). Utilização do biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás – estudo de caso. (Trabalho de Graduação Interdisciplinar). Universidade Presbiteriana Mackenzie. Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo.

BRITO FILHO, L. F. de (2005). Estudo de Gases em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro. Dissertação (**Mestrado**). Engenharia Civil. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FIORILLO, C.A.P. (2003). Curso de Direito Ambiental Brasileiro. 4ª. Ed. Editora Saraiva.

FORTEZA *et al.* (2004). Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base. Waste Management. Vol.22, 899-909.

FREUDENRICH, C. Como funcionam os aterros? Tradução HowStuffWorks Brazil. Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/aterros.htm>> Acesso em: 10 out.2008.

FURTADO, M. (2005). Controle da Poluição do ar. Nova regulamentação incentiva combate aos NOx's. **Química e Derivados**. Novembro.

FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE SÃO PAULO - FEHIDRO/ Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo - [SIGRH]/Rede das Águas. Disponível em <<http://www.rededasaguas.org.br>> Acesso

em 31 jul.2006.

GARDNER, G.; ASSADOURIAN, E. and SARIN, R. O (2004). Estado do Consumo Hoje. Em: O **Estado do Mundo**. Capitulo 1. Pags. 03 a 24.

GARDNER, G. e SAMPAT, P. (2003). Mind over Matter: Recasting the Role of Materials in Our Lives. Worldwatch Paper 144 (Washington, DC: Worldwatch Institute).

GORES/DAAE. **Gerência de Operações do Sistema de Resíduos Sólidos**. Araraquara-SP (2007). Agamemnon Brunetti Junior, comunicações/informações pessoais.

GRABBE, J. O. **The Club of Rome**. Disponível em: < <http://www.mega.nu/somans.html> > Acesso em: 24 set.2008.

GRIBBIN, J. (1988). Inside Science: The greenhouse effect. New Scientist. 22 oct.

GUTIERREZ, M. B. S. (1998). A equidade nas negociações internacionais entre países desenvolvidos e em desenvolvimento para a redução dos gases de efeito estufa: principais critérios e implicações. **IPEA**. Rio de Janeiro-RJ. Disponível em: < <http://www.ipea.gov.br/pub/td/td0550.pdf> > Acesso em 26 mar.2007.

HALWEIL, B. e NIERENBERG, D. (2004). Rumos para uma Economia Menos Consumista. In: **Estado do Mundo**. Capitulo 5. WWI.

HAM, R. (1979). "Recovery, Processing and Utilization of Gas from Sanitary Landfills". EPA 600/2-79-001.

HANSON, R.S. and HANSON, T.E. (1996). Methanotrophic bacteria. Microbiology

Reviews, v.60, p.439-471.

HARTENSTEIN, H. U. and HORVAY, M. (1996). Overview of municipal solid waste incineration industry in west Europe (based on the Germany experience). *Journal of hazardous Materials*, vol. 47, Issues 1-3, pages 17-30.

HJELMER, O. (1996). Disposal strategies for municipal solid waste incineration residues. *Journal of Hazardous Materials* 47: 345-368.

HOEKS, J. (1983). Significance of biogas production in waste tips. *Waste Management & Research. Journal of the solid wastes ad Public Cleaning Association, ISWA*, V. 1, p. 323-335.

HOLMES, A.J.; ROSLEV, P.; MCDONALD, I.R.; IVERSEN, N.; HENRIKSEN, K.; MURRELL, J.C. (1999). Characterization of Methanotrophic bacterial populations in soils showing atmospheric methane uptake. ***Applied Environmental Microbiology***, v.65, p.3312-3318.

HOUGHTON, J. T. *et al.* (1995). *Climate Change 1994 – Radiative Forcing of Climate Change*. Cambridge, U.K., Cambridge University press.

IANNONE, R. A. (1992). *A Revolução Industrial*. Editora Moderna. 10a. Edição.

IBAÑEZ, R. (2000). Characterization and management of incinerator waste. ***Journal of Hazardous Materials***. A 79, 215-227.

IBUKI, T.; SHIMADA, Y.; HASHIMOTO, R.; NAGAOKA, S.; HINO, M.; OKADA, K.; SUZUKI, I. H.; MORISHITA, Y.; TAMENORI, Y. (2005). Photofragmentation of C, F and S K-shell excited CF<sub>3</sub>SF<sub>5</sub> studied by PEPICO and PIPICO spectroscopy.

**Chemical Physics** 314: 119-126.

IGLESIAS, E. (200). Estado do consumo e o consumo sustentável. Apresentação. In: Estado do Mundo 2004. **Worldwatch Institute**. Disponível em: < [http://www.wwiuma.org.br/em2004\\_eiglesias.htm](http://www.wwiuma.org.br/em2004_eiglesias.htm) > Acesso em 12 out.2007.

IMBELLONI, R. (2004). Benefícios ambientais da geração de energia a partir de GAS. In: **Landfill Gás**. Disponível em < <http://www.lixo.com.br> >. Acesso em 15 mar.2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000) (a). **Censo 2000**. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em 08 mai. 2006.

\_\_\_\_\_. 2000 (b) PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Número de distritos com serviço de limpeza urbana e/ou coleta de lixo, por percentual de lixo coletado.

\_\_\_\_\_. (2000) (c). **Censo 2005**. Diretoria de Pesquisas, Coordenadoria de Contas Nacionais. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em 08 jul. 2006.

\_\_\_\_\_. (2005) (d). Diretoria de Pesquisas, Coordenadoria de Contas Nacionais. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2003/tab01.pdf> > Acesso em 08 jul. 2006.

\_\_\_\_\_. (2005) (e). Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/busca/search?q=Popula%E7%E3o+mundial&entqr=0&output=xml\\_no\\_dtd&client=default\\_frontend&proxystylesheet=default\\_frontend&site=defau](http://www.ibge.gov.br/busca/search?q=Popula%E7%E3o+mundial&entqr=0&output=xml_no_dtd&client=default_frontend&proxystylesheet=default_frontend&site=defau) >



[It\\_collection&ud=1&oe=iso-8859-1&ie=iso-8859-1&Submit.x=12&Submit.y=8](#) >.

Acesso em: 10 dez. 2008.

\_\_\_\_\_ (2007) (f). Disponível em: <

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP\\_2008\\_TCU.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP_2008_TCU.pdf) >. Acesso em: 12 dez. 2008.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (1996), Módulo 6 – Lixo – Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, Volume 2: Livro de Trabalho.

IPCC (1996). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. J.T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell(eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK.

\_\_\_\_\_ (2001). *Climate Change, Synthesis Report*.

\_\_\_\_\_ (2002). *Climate Change. Synthesis Report*. ATCHA, S.Y. and SON, T. V. In: **Opportunities with Landfill Gas**. World Resources Institute (WRI), Washington, DC, September.

\_\_\_\_\_ (2006). *A Technical Papers*. Disponível em: <  
<http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/appendix3.pdf> >. Acesso em 20 set 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (2000). **Lixo Municipal:**

**Gerenciamento Integrado**. 2ª. Edição. São Paulo: IPT/CEMPRE.

IPV - ÍNDICE do PLANETA VIVO (2002). WWF Internacional, PNUMA e Redefining Progress. Living Planet Report. Disponível em: < [www.panda.org/news\\_facts/publications/general/livingplanet/index.cfm](http://www.panda.org/news_facts/publications/general/livingplanet/index.cfm) > Acesso em: 25 set.2006.

ITURRI, E. A. Z. (2006). Uma proposta para a base de apoio dos drenos de gás. **Simpósio Internacional de Tecnologias e Tratamentos de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro.

JAFFRIN, A.; BENTOUNES, N. ; JOAN, A. M. ; MAKHLOUF, S. (2003). Landfill Biogas for heating Greenhouses and providing Carbon Dioxide Supplement for Plant Growth. **Biosystems Engineering**, 113-123.

JAMES, B. (1997). **Lixo e reciclagem**. Tradução Dirce Carvalho de Campos; revisão técnica José Carlos Sariego. São Paulo: Scipione. (Coleção preserve o mundo).

KGATHI, D.L. & BOLAANE, B. (2001). Instruments for sustainable solid waste management in Botswana. *Waste Management & Research*, vol. 19, nº. 4, 342-353.

KHALIL, M. A. K. and RASMUSSEN, R. A. (1987). Atmospheric methane trends over the last 10,000 years. *Atmospheric Environment*, 21, 2445-2452, 1987.

KIGHTLEY, D.; NEDWELL, D. B.; COOPER, M. (1995). Capacity for methane oxidation in landfill cover soils measured in laboratory-scale soil microcosms. **Applied and Environmental Microbiology**, v.61, p.592-601.

KORHONEN, M-R. and DAHLBO, H. (2007). Reducing Greenhouse Gas Emissions by Recycling Plastics and Textiles into Products. *The Finnish Environment* 30. Helsinki.

KUMAR, S.; GAIKWAD, S. A.; SHEKDAR, A.V.; KSHIRSAGAR, P.S. and SINGH, R.N. (2004). Estimation method for national methane emission from solid waste landfills. ***Atmospheric Environment*** 38: 3481-3487

LANÇAS, F. M. (1993). *Cromatografia em Fase Gasosa*. São Carlos-SP, Brasil: Acta.

LAUB, R. J. and PECSOK, R. L. (1945). *Physicochemical applications of gas chromatography*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York.

LASZLO, E. (2001). *Macrotransição: O desafio para o terceiro milênio*. São Paulo, ***Axis Mundi***.

LEBLOW, V. P. (1960). *The Waste Makers* (Nova York: David Mckay).

LEITE, P. R. (2003). *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. **Printice Hall**. São Paulo.

LEITE, W.C.A. (1997). *Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI-5) como referencia*. São Carlos-SP. **Tese (Doutorado)**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

LEIS, H. R. (1999). *A modernidade insustentável. As críticas do ambientalismo à sociedade contemporânea*. Petrópolis, Vozes/Edufsc.

LENCASTRE, M. P. A. (2006). Ética ambiental e educação nos novos contextos da ecologia humana. **Revista Lusófona de Educação**, 8.

LIOTTE, R. G. (2007). Ocorrência de bactérias metanotróficas em amostras de aterros sanitários através da determinação do potencial de oxidação do metano e da caracterização de culturas enriquecidas. **Dissertação** ( Mestrado em Ciências – Microbiologia). Instituto de Ciências biomédicas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

LIXO (2006). Disponível em: <http://www.lixo.com.br>. Acesso em: 23 mai. 2006.

LOPES, A. A. (2007). Estudo da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos na bacia do Tietê - Jacaré (UGRHJ-13). São Carlos-SP. **Tese (Doutorado)**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

LUTZENBERGER, J. (1985). Ecologia: do jardim ao poder. Porto Alegre: L&PM Editores, 105p..

MARQUES, A. C. M. (2001). Compactação e Compressibilidade de Resíduos Sólidos Urbanos. São Carlos-SP. Tese (**Doutorado**). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

MASTNY, L. (2002). “Cruise Industry Buoyant”, em Worldwatch Institute, Sinais Vitais (Salvador: UMA Editora, 2002).

\_\_\_\_\_ (2004). Comprando para as Pessoas e o Planeta. Estado do Mundo. Capítulo 6.

MASSUKADO, L. M. (2004). Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares. São Carlos-SP. Dissertação (**Mestrado**). Universidade Federal de São Carlos-UFSCar.

MATA-ALVAREZ, J.; MACÉ, S. and LLABRÉS, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid waste. An overview of research achievement and perspectives. *Bioresource Technology*, 74, 3-16.

MATOS, T.F.L. (2006). Diagnóstico dos Resíduos Poliméricos nos Resíduos Sólidos Domiciliares Gerados em São Carlos-SP. São Carlos-SP. Dissertação (**Mestrado**). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

MCBEAN, E.A.; ROVERS, F.A.; FARQUHAR, G.J. (1995). Solid waste landfill – engineering and design. New Jersey. **Prentice Hall PTR**. Englewood Cliffs.

McCORMICK, J. (1992). Rumo ao paraíso. A história do movimento ambientalista. Rio de Janeiro.

MELLIS, C. (2004). Fórum Continuado de Energia. Unibanco (2004). < [Carlos.mellis@unibanco.com.br](mailto:Carlos.mellis@unibanco.com.br) >. Acesso em: 23 ago.2007.

MENDES, M. (2002). O ecologista movido a confrontos. Caderno Donna. Zero Hora. 14 abril.

MENEZES, R.A.A., BESSA, I., MENEZES, M. A. (1999). O Plasma Térmico - Solução final para os resíduos perigosos. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM). **Seminário de Meio Ambiente**, São Paulo.

MENIN, D. F. (2000). Ecologia de A a Z - Pequeno Dicionário de Ecologia. Ed. LP&M.

MINAMISAKO, D. C.(2009). Prefeitura Municipal de São Carlos. Divisão de gestão de Resíduos Sólidos. E-mail: <[douglasambusp@yahoo.com.br](mailto:douglasambusp@yahoo.com.br)>. Em 27 ago. 2009.

MITCHELL, J. F. B. (1989). The “greenhouse” effect and climate change. *Reviews of Geophysics* 27(1).

MITCHELL *et al* (1995). *Nature* 376. In: CO<sub>2</sub>/Climate Report. Issue 97-1. Canadian Climate Center. 1997.

MORELLI, L. Ambientalistas denunciam união entre CONSEMA/SP e empresários do lixo. **Instituto para Defesa da Vida**. Disponível em: <<http://www.maxpressnet.com.br/noticia.asp?TIPO=PA&SQINF=298739>> Acesso em: 18 dez.2007.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONOMICO (2002). **Towards Sustainable Consumption: An Economic Conceptual Framework** (Paris: Environment Directorate, jun).

OLIVEIRA, W. Engracia de. (1969) *Introdução ao problema de lixo*. Revista DAE, São Paulo, n. 74, 58-69.

ONU/FAO. Organização de Alimento e Agricultura das Nações Unidas (FAO). **FAOSTAT Statistical Database**. Disponível em: < <http://www.apps.fao.org> > Acesso em: 23 ago.2008.

ONU (2004). Divisão de População das Nações Unidas. Disponível em: < <http://www.esa.un.org/unpp> > Acesso em: 17 set.2008.

PARKER, A. (1983). Behavior of wastes in landfill methane generation. In: Holmes

J.R., ed. **Practical waste management**. Chichester, England. John Wiley & Sons.

PASSINATO, C. de B. (2008). O Lixo e o Meio Ambiente - Panorama Internacional.

**Wordpress**. Jul. 2008. Disponível em:

< <http://crispassinato.wordpress.com/2008/07/15/o-lixo-e-o-meio-ambiente-panorama-internacional/> > Acesso em: 31 ago.2008.

PEER, R.L.; THORNEOLE, S. A.; EPPERSON, D.L. (1993). A comparison of methods for estimating global methane emission from landfills. **Chemosphere**, v. 26, n. 1-4, p. 387-400, Jan-Feb.

PECORA, V. (2006). Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso. Dissertação (**Mestrado**). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PNUD (1998). Human Development Report 1998 (Nova York: Oxford University Press).

PNUMA (2005). In: Global Environment Outlook: meio ambiente para o desenvolvimento (GEO-4). Disponível em: < <http://www.unep.org/geo/geo4/media/index.asp> > ou em: < [http://www.onu-brasil.org.br/view\\_news.php?id=6107](http://www.onu-brasil.org.br/view_news.php?id=6107) >. Acesso em: 10 set. 2009.

PETTS, W. (1994). Incineration as a waste management option. In Hester, R.E. & Harrison, R.M. Editors. **Waste Incineration and the Environment**. Royal Society of Chemistry.

PIRES, T. M. (2009). Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Serviços Públicos. Departamento de Limpeza Urbana (DLU). E-mail: <[tmpires@ig.com.br](mailto:tmpires@ig.com.br)>. Em 11 ago. 2009.

PROGRAMA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL – PNEA. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/busca/det\\_reg.cfm?idr=3861&idm=9%20](http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/busca/det_reg.cfm?idr=3861&idm=9%20)> Acesso em: 21 abril 2007.

PROTOCOLO DE QUIOTO. À Convenção sobre Mudanças do Clima (CQUMC). Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) com o apoio do Ministério das Relações Exteriores (MRE) da República Federativa do Brasil. Originalmente, Secretariado da Convenção sobre o Clima/PNUMA, setembro de 2002.

PUGLIESI, E. (2006). Gestão e gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: proposta de modelo para as unidades da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, SP. São Carlos, 2006. **Exame de Qualificação**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

QIN, W.; EGOLFOPOULOS, F.N. and TSOTSIS, T. T. (2001). Fundamental and environmental aspects of landfill gas utilization for power generation. **Chemical Engineering Journal**, 82: 157-172.

RAMANATHAN, V.; CICERONE, R. J.; SINGH, H. B. and KIEHL, J. T. (1985). Trace Gas Trends and Their Potential Role in Climate Change. **Journal of Geophysical Research**, vol. 90, D3, 5547-5566.

READ, A. D. (1999). A weekly doorstep recycling collection, I had no idea we could!



Overcoming the local barriers to participation. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 26, n. 6, 217-249. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com> > Acesso em: 11/09/2007.

REAMS, M. A. & TEMPLET, P. H. (1996). Political and environmental equity issues to municipal waste incineration siting. **Journal of Hazardous Waste**. Vol. 47, pag. 313-323.

REDE DA ÁGUAS. Disponível em: < <http://www.rededasaguas.org.br> > Acesso em: 15 ago. 2005.

RENNER, M. (2003). Investimentos anuais adicionais necessários, de, “Military Expenditures on the Rise”. In: Worldwatch Institute.

RICUPERO, R. (2007). Uma injustiça do tamanho do mundo. **Folha de São Paulo** de 15/04/07.

RIOUX, J. P. (1975). A Revolução Industrial: 1780-1880. Livraria Pioneira Editora.

ROSA, L. P. (Coordenador); MUYLAERT, M. S. (Coordenadora); OLIVEIRA, A. S. de; PEREIRA, A. S.; CAMPOS, C. P. de e RIBEIRO, L. (2001). Contribuições Históricas por países nas Emissões de três Gases de Efeito estufa (GEE). Relatório Preliminar ao MCT. Equipe do IVIG/COPPE/EFJRJ: Projeto IVIG/COPPE/UFRJ – 2747-A. Rio de Janeiro-RJ.

ROSA, LUIZ P. et al. (2003). Fontes Renováveis de Energia no Brasil – Geração de Energia a partir de Resíduos do Lixo e Óleos Vegetais. Rio de Janeiro, Brasil.

ROSE, J. L. (2009). Análise comparativa entre as reduções da emissão de metano

em camadas oxidativas experimentais. Rio de Janeiro (2009). **Tese (Doutorado)**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRJ/COPPE.

ROTHSTEIN, E. (2003). "A World of Buy, Buy, Buy, from A to Z", **New York Times**, 19/07/03.

SCHALCH, V. (1992). Análise Comparativa do Comportamento de dois Aterros Sanitários Semelhantes e Correlações dos Parâmetros do Processo de Digestão Anaeróbia. São Carlos-SP. **Tese (Doutorado)**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

SC – SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO DE JAÚ. 2006. Disponível em: <<http://www.jau.sp.gov.br>> Acesso em: 29/08/2006.

SENAGA, M. (2004). Termelétrica do Aterro Bandeirantes reduz emissão de CO<sub>2</sub> para a Atmosfera. Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/destaque/2004/marco/25\\_termeletrica.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/destaque/2004/marco/25_termeletrica.htm)> Acesso em: 04 mar.2006.

SIKAR, E. and LA SCALA Jr. (2004). Methane and carbon dioxide seasonal cycles at Brazilian inland sites. *Journal of Atmospheric Chemistry*. 47: 101-106.

SIKAR, E.; SANTOS, M. A., MATVIENKO, B.; SILVA, M. B.; ROCHA, C. H. E. D., SANTOS, E.; BENTES Jr., A. P. and ROSA, L. P.(2005). Greenhouse gases and initial findings on the carbon circulations in two reservoirs and their watersheds. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29, 573-576. Stuttgart.

SILVA, M. M. P. da. (2004). Explorando o lixo na escola. **Jornal Mundo Jovem**.

Porto Alegre-RS. Setembro/2004. Nº 350, 2-3.

SONNEMANN, G. (2003). Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia, PNUMA.

SOUZA, M. P. de (2000). Instrumentos de Gestão Ambiental: fundamentos e práticas. Editora Riani Costa.

SPOKAS, K.; BOGNER, J.; CHANTON, J.P.; MORCET, M.; ARAN, C. ; GRAFF, C. ; MOREAU-LE GOLVAN ; Y. and HEBE, I. ((2006). Methane mass balance at three landfill sites: What is the efficiency of capture by gas collection systems? **Waste Management** 26: 516-525.

STERN, D. I. and KAUFMANN, R. K. (1996). Estimates of global anthropogenic methane emissions 1860-1993. **Chemosphere**. 33: 159-167.

STURGES, W.T., WALLINGTON, T. J., HURLEY, M.D., SHINE, K. P., SHIRA, K., ENGEL, A., ORAM, D.E., PENKETT, S.A., MULVANEY, R. and BRENNINKMEIJER, C.A.M. (2000). – A Potent Greenhouse Gas Identified in the Atmosphere: SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>. **Science**, vol. 289.

TAUB, E. A. (2003). – DVD's Meant for buying but Not for Keeping. **New York Times**, 21.07.

TCHOBANOGLIOUS G., THEISEN H., VIGIL S. (1993). Integrated solid waste management – Engineering principles and management issues. McGraw-Hill, Inc.

TCHOBANOGLIOUS, G. *et. al.*, (1994). Gestión integral de residuos sólidos. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

TENÓRIO, J. A. S e ESPINOSA, D. C. R. (2004). Controle Ambiental de Resíduos.

In: PHILIPPHI JR.; ROMERO, M. A. e BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Coleção Ambiental. Barueri-SP.

THE ECONOMIST. Maio de 2003, pp. 69-71. Cosméticos e perfumes, de “Pots of Promise”.

THOMAS, V. Destruição ambiental ameaça crescimento. **Folha de São Paulo** de 20/09/2007.

UE – UNIÃO EUROPÉIA (2005). Diretiva 2000/76/CE Relativa à Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em: <<http://europa.eu.it/scadplus/leg/es/lvb/128072.htm>> Acesso em: 16 mar. 2006.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2006). **Methane: Science**. Disponível em <<http://www.epa.gov/methane/scientific.html>> .Acesso em 15 set. 2008.

VALLE, C. E. (1995). Qualidade Ambiental: O desafio de Ser Competitivo Protegendo o Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira.

\_\_\_\_\_. Qualidade ambiental: Iso 14000. São Paulo-SP. **Editora Senac**, 5ª. Edição, 2004.

van Elk, A. G. H. P. (2007). Redução de emissões na disposição final. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a Resíduos Sólidos. Caderno 3. Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM.

van GERVEN, T. *et al.* (2005). Management of incinerator residues in Flanders (Belgium) and neighboring countries. A comparison. **Waste Management**. No. 25.

VIEIRA, J. B. (2008) - Origens do desperdício e a coexistência pacífica atual com a sociedade pós-moderna. Disponível em: < <http://www.cenedcursos.com.br/questao-dos-residuos-industriais.html>> Acesso em: 16 jun. 2008.

VOGT, C. (2002). Os Ciclos da Vida. Disponível em: < <http://www.comciencia.br> >. **SBPC/Labjor** - Brasil. Acesso em: 10 ago.

WISE, Donald L. (1987). (Edit) – *Bioenvironmental systems*. Florida CRC Press.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. [The Brundtland Report]. (1987). Our Common Future. New York: Oxford University Press.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI) (2002). **Opportunities with Landfill Gas**. Sept. Disponível em: < <http://pdf.wri.org> >. Acesso em: 23 mai 2006.

\_\_\_\_\_ (1992). World resources: a guide to the global environment-toward sustainable development. Oxford: Oxford University Press.

WUEBBLES, D.J.; HAYHOE, K. (2002). Atmospheric methane and global change. **Earth-Science Reviews**, v. 57, n.3-4, p. 177-210, May.

WWF (2007). Mudanças Climáticas: Consequências Desastrosas. Disponível em: < <http://assets.wwf.org.br/downloads/2vs3graus.pdf> > Acesso em 29 out. 2008.

WWF INTERNATIONAL, PNUMA AND REDEFINING PROGRRSS. Living Planet Report 2002. Disponível em:

<[http://www.panda.org/news\\_facts/publications/general/livingplanet/index.cfm](http://www.panda.org/news_facts/publications/general/livingplanet/index.cfm)>

Acesso em: 10 dez. 2008.

ZAMORANO, M.; PÉREZ, J.I.P.; PAVÉS, I.A. and RIDAO, A.R. (2007). Study of energy potential of biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain.

**Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 11: 909-922.

ZHANG *et al.* (2002). Waste ashes for use in agricultural production II. Contents of minor and trace metals. **The Sciences of Total Environment**. 286: 11-118.

ZIMMERMAN, P. R.; GREENBERG, J. P. and WESTBERG, C. E. (1998). **Journal of Geophysical Research**. 93 (D2), 1407-1416.

## ANEXOS

**ANEXO A****SÍTIOS CONSULTADOS NA *INTERNET* E DE IMPORTÂNCIA PARA AS QUESTÕES AMBIENTAIS**

< <http://www.mma.gov.br> >

< <http://www.mct.gov.br> >

< <http://www.mct.gov.br/clima> >

< <http://cdm.unfccc.int> >

< <http://unfccc.int/2860.php> >

< <http://bmf.con.br> >

< <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> >

< <http://habitat.igc.org/open-gates/wced-ocf.htm>. >

< <http://jworky.gsfc.nasa.gov/> >

< <http://www.epa.gov/docs/ozone/index.html> >

< <http://www.nbs.ac.uk/public/icd> >

< <http://www.wmo.ch/web/arep/ozobull.html> >

< <http://www.wmo.ch/web/arep/nho3.html> >

< <http://www.atm.ch.cam.ac.uk/acmsu/studio.html> >

< <http://www.doe.ca/ozone/index.html> >

< <http://acs.environmental.duq.edu/acsenv/envchem.htm> >

< <http://www.epa.gov/airs/criteria.html> >

< <http://www.epa.gov/OGWDW/wot/appa.html> >



< <http://www.wri.org:80/wri/enved/trends/atm-10f.html> >

< <http://www.cetesb.sp.gov.br> >

< <http://www.open.gov.uk/doh//airpol/airpol17.htm> >

< <http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/top10.html> >

< <http://www.giss.nssa.gov/research/observe/surftemp.html> >

< <http://www.globalchange.org/samplei.html> >

< <http://www.erin.gov.au/climate/greenhouse> >

< <http://wmo.ch/web/arep/ozobull.html> >

< <http://www.greenpeace.org./ctox.html> >

< <http://www.epa.gov/airprogm/oar/mercury.html> >

< <http://www.plasticsresource.com> >

< <http://www.wri.org> >

< <http://www.co2science.org/journal/v7/v7n31c3.htm> >

< <http://www.worldbank.org> >

< <http://www.lixo.com.br> >

< <http://www.wwf.org.br/pantanal/default.htm> >

< <http://www.centroclima.org.br> >

< <http://www.if.usp.br> >

< <http://www.cnpma.embrapa.br> >

< [www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br) >

< [www.greenpeace.com.br](http://www.greenpeace.com.br) >

< <http://www.ipcc.ch/> >

< <http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/> >

< [http://europa.eu.int/comm/environment/climat/home\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/climat/home_en.htm) >

## ANEXO B

Documentos importantes da Legislação Brasileira, com foco Ambiental, em ordem cronológica.

Norma	Âmbito	Conteúdo
Decreto nº. 50.887/61	Federal	Regula o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do país e dá outras providências (Alterado pela Lei 6.513/77)
Lei nº. 5.318 /67	Federal	Instituiu a Política Nacional de Saneamento e cria o CNS
Decreto Lei nº. 1413/75	Federal	Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente a partir de atividades industriais
Lei nº. 997 – 31/05/1076	Estadual/São Paulo	Dispõe sobre o controle da poluição no meio ambiente
Decreto nº. 8.468/76	Estadual/São Paulo	Regulamenta a Lei 997 e dispõe sobre a poluição do solo
Decreto nº. 10.229/77	Estadual/São Paulo	Complementa dispositivos ao Decreto 8.468/76
Portaria Ministério do Interior nº. 53/79	Federal	Dispõe normas para projetos específicos de tratamento e disposição de RSU, bem como fiscalização da implantação, operação e manutenção
Lei nº. 6.902/81	Federal	Dispõe sobre a criação de estações ecológicas, Áreas de Proteção Ambientais e dá outras providências
Lei nº. 6.938/81	Federal	Dispõe sobre a política Nacional de Meio Ambiente. Constitui o SISNAMA
A Lei nº. 6938/1981	Federal	Institui a Política Nacional de meio Ambiente
NBR nº. 8849/85	Federal	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos
Resolução CNEN nº. 605/85	Federal	Aprova a norma experimental: gerência de rejeitos radioativos em instalações que tratem com radioativos
Resolução CONAMA nº. 1/86	Federal	Estabelece Responsabilidades e critérios para os Estudos de Impactos Ambientais (EIA's) e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA's)
Resolução CONAMA nº. 11/86	Federal	Altera a Resolução nº. 1(em 18.03.86)
Decreto nº. 96.044/88	Federal	Regulamenta o transporte rodoviário de produtos perigosos e dá outras providências

Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 6/88	Federal	Obriga os inventários quali-quantitativos dos resíduos gerados pelas empresas
Constituição Federal do Brasil de 1988	Federal	Artigos n <sup>os</sup> . 23, 24, 196 e 225 –c/ incisos; mesmo sem mencionar “lixo”, apresenta preocupação com a saúde do cidadão, mediante proposição de políticas públicas sociais e econômicas, bem como de defesa e conservação do ambiente natural, mantendo-o, ecologicamente, equilibrado, estabelecendo competências.
Decreto n <sup>o</sup> . 99.274/90	Federal	Regulamenta o SISNAMA
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 3/90	Federal	Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 6/91	Federal	Desobriga a incineração ou qualquer outro tratamento de queima de RSS's, portos e aeroportos, ressalvados os casos previstos em lei e acordos internacionais.
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 8/91	Federal	Veta entrada de materiais residuais destinados à disposição final e incineração no país.
NBR n <sup>o</sup> . 8419/92	Federal	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 5/93	Federal	Dispõe sobre o tratamento e disposição finais de RSS's, Portos, Aeroportos, Terminais Rodoviários e Ferroviários.
NBR n <sup>o</sup> . 12.807/93	Federal	RSS's – Terminologia
NBR n <sup>o</sup> . 12.808/93	Federal	RSS's – Classificação
NBR n <sup>o</sup> . 12.809/93	Federal	Manuseio de RSS's – Procedimentos
NBR n <sup>o</sup> . 12.810/93	Federal	Coleta de RSS's – Procedimentos
Lei n <sup>o</sup> . 8.999/94	Federal	Veta utilização de embalagens descartáveis espumadas cujo processo de fabricação tenha-se usado CFC's como expansor.
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 23/96	Federal	Estabelece critérios para importação e exportação de resíduos sólidos, estabelecendo a sua classificação.
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 237/97	Federal	Dispõe sobre o sistema de Licenciamento Ambiental, a regulamentação dos seus aspectos como estabelecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente.

Lei n <sup>o</sup> . 9.433/97	Federal	Criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Determina responsabilidades Institucionais e os Instrumentos de Gestão de Bacias Hidrográfica e Proteção da qualidade e uso sustentável da água
Lei n <sup>o</sup> . 9.605/98	Federal	Estabelece ações penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao Ambiente Natural e dá outras providências (Lei dos Crimes Ambientais)
Deliberação CONAMA n <sup>o</sup> . 13/98	Federal	Aprova diretrizes para a disposição de lodos de ETE's
Portaria n <sup>o</sup> . 961/98	Estadual/São Paulo	Regulamentação dos processos de operações com Resíduos industriais, Sólidos Urbanos entre outros.
Lei n <sup>o</sup> . 9.795/99	Federal	Regula a Educação Ambiental, institui a política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 257/99	Federal	Dispõe sobre uso de pilhas e baterias que produzam em decomposição: Chumbo, Cádmiu, Mercúrio e seus compostos... etc., e eletro-eletrônicos.
Lei n <sup>o</sup> . 12.493/99	Estadual/Paraná	Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências.
Lei n <sup>o</sup> . 10.888/2001	Federal	Dispõe sobre o descarte final de resíduos potencialmente perigosos dos RSU's (pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, frascos de aerossóis...) que contenham metais pesados e dá outras providências.
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 283/2001	Federal	Dispõe sobre o tratamento e destinação finais dos RSS's.
Lei n <sup>o</sup> . 13.103/2001	Estadual/Ceará	Dispõe sobre a política de resíduos sólidos no Estado do Ceará
Lei n <sup>o</sup> . 10.438/2002	Federal	Institui o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA
Resolução Conjunta SMA/SS n <sup>o</sup> . 1/2002	Federal	Dispõe sobre tintura ou retalhamento de pneumáticos para fins de disposição em aterros sanitários e dá outras providências

Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 307/2002	Federal	Dispõe sobre diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCD's
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 308/2002	Federal	Regula o Licenciamento Ambiental para Sistemas de disposição final de RSU's gerados em municípios de pequeno porte. Assim, segundo as diretrizes dessas resoluções, devem ser requeridas as seguintes licenças:
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 313/2002	Federal	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais
Resolução CIMGC n <sup>o</sup> . 1/2003	Federal	Da Comissão Interministerial de Mudanças Global do Clima (CIMGC), visando implementar os objetivos da CQNUMC, e dá outras providências.
Lei n <sup>o</sup> . 4191/2003	Estadual/Rio de Janeiro	Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras Providências.
Resolução ANVISA/RDC n <sup>o</sup> . 33/2003	Federal	Dispõe sobre o regulamento técnico para gerenciamento de RSSS
NBR n <sup>o</sup> . 10.004/2004	Federal	Classificação de resíduos sólidos
NBR n <sup>o</sup> . 10.005/2004	Federal	Lixiviação de resíduos – procedimentos
NBR n <sup>o</sup> . 10.006/2004	Federal	Solubilização de resíduos – procedimentos
NBR n <sup>o</sup> . 10.007/2004	Federal	Amostragem de resíduos
Lei n <sup>o</sup> . 2.336/2004	Municipal/Diadema/São Paulo	Institui o Sistema para gestão sustentável de resíduos sólidos do município de Diadema e dá outras providências.
Resolução CONAMA n <sup>o</sup> . 357/2005	Federal	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
Lei n <sup>o</sup> . 11.107/2005	Federal	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências
ACM0001/Versão 0 2/2005	CQNUMC/MDL	Revisa metodologia consolidada aprovada de linha da base ACM0001. "Metodologia consolidada de linha de base para atividades de projetos com gás de aterro".
Resolução CIMGC n <sup>o</sup> . 2/2005	Federal	Altera Res. n <sup>o</sup> . 1/2003. Aprova procedimentos para atividades de Projetos de Florestamento e Reflorestamento, no âmbito do MDL/Protocolo de Quioto e dá outras providências.

Resolução CIMGC n <sup>o</sup> . 3/2006	Federal	Estabelece procedimentos para a aprovação de atividades de projetos de pequena escala no âmbito do MDL/Protocolo de Quioto e dá outras providências.
Resolução CIMGC n <sup>o</sup> . 4/2006	Federal	Altera as Resoluções n <sup>o</sup> . 1 e n <sup>o</sup> . 3, da mesma Comissão, e dá outras providências.
Resolução CIMGC n <sup>o</sup> . 5/2007	Federal	Revisa definições de atividades de Projetos de pequena escala no âmbito do MDL/Protocolo de Quioto, e dá outras providências.
Resolução CIMGC n <sup>o</sup> . 6/2007	Federal	Altera Res. n <sup>o</sup> . 2 em relação à versão do documento de concepção de projeto do Conselho Executivo do MDL.
Decreto n <sup>o</sup> . 5.940/2006	Federal	Institui a separação dos Resíduos Recicláveis descartados pelos Órgãos e Entidades da Administração Pública Federal, direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às Associações e Cooperativas dos catadores de recicláveis, e dá outras providências.
Lei n <sup>o</sup> . 12.300/2006	Estadual/São Paulo	Institui a política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes
Lei n <sup>o</sup> . 11.445/2007	Federal	Institui a Política Nacional de Saneamento Básico – propondo uma visão integrada dos sistemas públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como o manejo das águas pluviais e resíduos sólidos. Altera: Lei n <sup>o</sup> . 6.766/79; Lei n <sup>o</sup> . 8.036/90; Lei n <sup>o</sup> . 8.666/93; Lei n <sup>o</sup> . 8.987/95. Revoga lei n <sup>o</sup> . 6.528/78, e dá outras providências.
Lei n <sup>o</sup> . 12.528/2007	Estadual/São Paulo	Obriga a implantação do processo de coleta seletiva de lixo em “shopping centers” e outros estabelecimentos que especifica, do Estado de São Paulo
PL n <sup>o</sup> . 58/MMA/2007	Federal	Propõe instituir a política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências.
Lei n <sup>o</sup> . 14.023/2007	Estadual/Ceará	Dispõe que 25% da arrecadação do ICMS estadual seremos destinados às áreas da educação (18%), saúde (5%) e meio ambiente (2%).
Decreto Presidencial n <sup>o</sup> . 6.514/2008	Federal	Regulamenta a Lei de Crimes Ambientais

## ANEXO C

### CURVAS DE CALIBRAÇÃO DO CROMATÓGRAFO

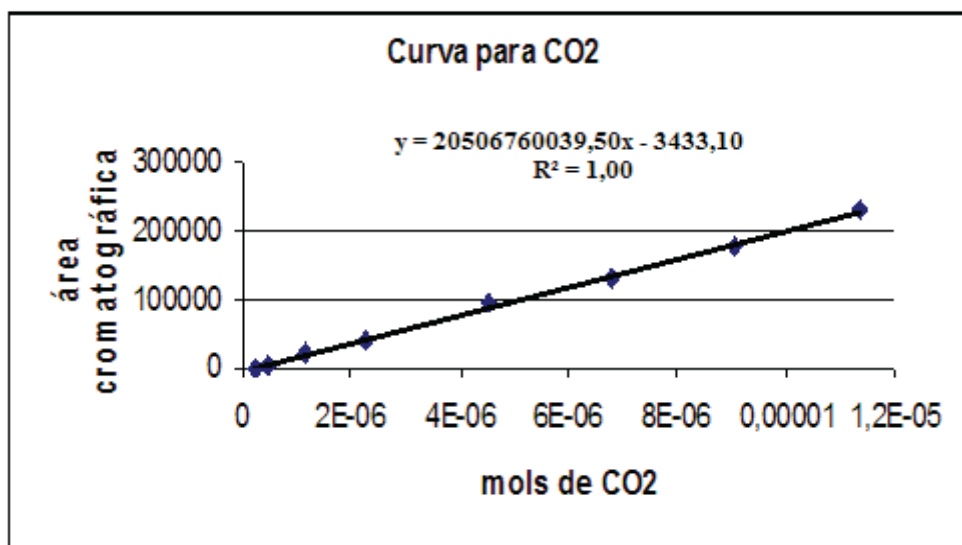
#### 1) CURVA PARA CO<sub>2</sub>

O VOLUME DE CO<sub>2</sub> É 30% DO VOLUME INJETADO.

CURVA PARA DIÓXIDO DE CARBONO - SETEMBRO/2006	PV = nRT	R=62,3	P=695 mmHg	T=301K
--------------------------------------------------	----------	--------	------------	--------

VOL. EXATO DE CO <sub>2</sub> (μL)	ÁREA CO <sub>2</sub>	VOL. CO <sub>2</sub> (L)
6	1138,0	0,000006
12	2684,0	0,000012
30	24166,0	0,00003
60	42364,0	0,00006
120	93404,7	0,00012
180	131365,5	0,00018
240	179168,0	0,00024
300	232816,0	0,0003

MOLS CO <sub>2</sub>	ÁREA CO <sub>2</sub>
2,26715E <sup>-07</sup>	1138,0
4,53429E <sup>-07</sup>	2684,0
1,13357E <sup>-06</sup>	24166,0
2,26715E <sup>-06</sup>	42364,0
4,53429E <sup>-06</sup>	93404,7
6,80144E <sup>-06</sup>	131365,5
9,06859E <sup>-06</sup>	179168,0
1,13357E <sup>-05</sup>	232816,0



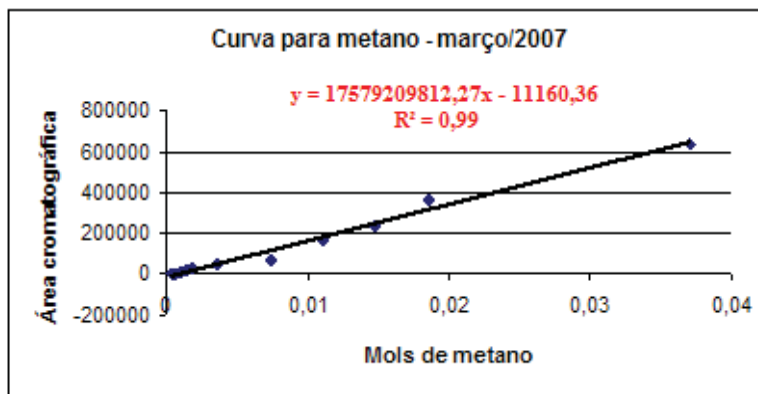
$$x = \left( \frac{3433,10 + y}{20506760039,50} \right)$$



2) CURVA PARA CH<sub>4</sub>

CURVA PARA METANO (CH <sub>4</sub> )	PV = nRT	R=62,3	P=695 mmHg	T=301K
--------------------------------------	----------	--------	------------	--------

V <sub>INJ.</sub> (μL)	V (L)	ÁREA METANO	VOLUME	MOLS METANO	ÁREA METANO	MILIMOLS DE METANO	ÁREA METANO	
10	0,01	1835	0,01	0,000370621	1887,0	0,03706212	1887,0	
		2444	0,02	0,000741242	8078,0	0,074124241	8078,0	
		1382	0,03	0,001111864	15455,7	0,111186361	15455,7	
<b>MÉDIA</b>		<b>1887</b>	0,04	0,001482485	22690,3	0,148248482	22690,3	
20	0,02	8525	0,05	0,001853106	28747,7	0,185310602	28747,7	
		9582	0,10	0,003706212	52404,0	0,370621204	52404,0	
		6127	0,20	0,007412424	73848,0	0,741242408	73848,0	
<b>MÉDIA</b>		<b>8078</b>	0,30	0,011118636	171969,7	1,111863611	171969,7	
30	0,03	13453	0,40	0,014824848	232162,7	1,482484815	232162,7	
		15636	0,50	0,01853106	360229,3	1,853106019	360229,3	
		17278	1,00	0,03706212	636299,0	3,706212038	636299,0	
<b>MÉDIA</b>		<b>15455,7</b>						
40	0,04	22743	<b>CURVA PARA METANO - SETEMBRO/2006</b>					
		21293	<b>EM MOLS DE METANO: <math>y = 17579209812,27x - 11160,36</math></b>					
		24035						
<b>MÉDIA</b>		<b>22690,3</b>						
50	0,05	28078	<b><math>x = \left( \frac{11160,36 + y}{17579209812,27} \right)</math></b>					
		27791						
		30374						
<b>MÉDIA</b>		<b>28747,7</b>						
100	0,1	56743						
		53346						
		47123						
<b>MÉDIA</b>		<b>52404</b>						
200	0,2	106711						
		11759						
		103074						
<b>MÉDIA</b>		<b>73848</b>						
300	0,3	174448						
		176471						
		164990						
<b>MÉDIA</b>		<b>171969,7</b>						
400	0,4	228439						
		241115						
		226934						
<b>MÉDIA</b>		<b>232162,7</b>						
500	0,5	413197						
		307394						
		360097						
<b>MÉDIA</b>		<b>360229,3</b>						
1000	1	603457						
		675197						
		630243						
<b>MÉDIA</b>		<b>636299</b>						



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)