

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS DE GESTÃO**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PARA O  
FECHAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE UMA REFINARIA DE  
PETRÓLEO LOCALIZADA NA ORLA DA BAÍA DE GUANABARA, RJ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: Organização e Estratégia. Linha de Pesquisa: **Sistema de Gestão do Meio Ambiente.**

Aprovada em 19 de dezembro de 2008.

**Orientador: Professor Sergio Pinto Amaral, D. Sc.**

**Niterói**  
**2008**

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS DE GESTÃO**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PARA O  
FECHAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE UMA REFINARIA DE  
PETRÓLEO LOCALIZADA NA ORLA DA BAÍA DE GUANABARA, RJ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: Organização e Estratégia. Linha de Pesquisa: **Sistema de Gestão do Meio Ambiente**

Aprovada em 19 de dezembro de 2008

**BANCA EXAMINADORA**

---

Sergio Pinto Amaral, D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense

---

Fernando Benedicto Mainier, D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense

---

Montserrat Motas Carbonell, D.Sc.  
Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRAS

Ficha catalográfica

C173 Camaz, Fernando Ribeiro.

Considerações sobre os aspectos e impactos ambientais para o fechamento do sistema de refrigeração de uma refinaria de petróleo localizada na orla da Baía de Guanabara, RJ.

/ Fernando Ribeiro Camaz. - 2008.  
127f. : il.

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado (Sistema de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

Bibliografia: 114-122f.

1. Impactos ambientais. 2. Indicadores de desempenho. 3. Sistema de refrigeração. 4. Refinaria de petróleo. I. Título.

CDD 665.538

Ao meu pai, *in memoriam*, pelo exemplo de determinação e coragem.

A minha mãe, pelo apoio recebido para minha realização pessoal e profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Sérgio Pinto Amaral, que soube dosar com sensibilidade e precisão os ingredientes necessários à tarefa da orientação: dedicação, solidariedade, cumplicidade, conhecimento e rigor científico. Muito obrigado, ainda, pela amizade e pelos ensinamentos nessa jornada de crescimento.

A minha esposa, Christiana Camaz, e, meus filhos Rafael e Raiane, pela paciência e apoio constante e, especialmente, pela compreensão de que os finais de semana perdidos com os amigos em Iguaba podiam ser recuperados posteriormente.

Ao amigo Fabrício Jorge, que generosamente dispôs de tempo para troca de preciosas informações sobre as perspectivas do saneamento no país, inspirando de forma decisiva os rumos desta dissertação.

Aos amigos Marcelo Fonseca e Carla Muniz Gamboa, pela atenção e disponibilidade na discussão de dúvidas e questionamentos jurídicos, fundamentais para defesa de premissas levantadas neste trabalho.

Ao amigo Marcos Carneiro pela troca de informações a partir da experiência da regulação no Estado do Rio de Janeiro

Aos amigos João Ozon, Uillian, Maurício e Jurandir pela ajuda nas tarefas da informática, esperando que este apoio, possa de alguma forma, incentivá-los ao desenvolvimento intelectual.

Aos funcionários do corpo administrativo do MSG/UFF, em especial Helen e Felipe, pelo carinho e atenção que sempre me dedicaram.

Por fim, obrigado a todos que contribuíram de forma direta e indireta para conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A utilização de indicadores de desempenho ambiental confiáveis e a disseminação de indicadores de eco-eficiência são medidas necessárias para conferir transparência aos negócios das empresas. Esses dados serão mais valiosos se forem fidedignos e comparáveis com indicadores de outras empresas. Neste trabalho, tivemos como objetivo avaliar cientificamente aspectos ou impactos ambientais do fechamento do sistema de refrigeração aberto da Refinaria Duque de Caxias (REDUC), mencionados no Termo de Compromisso de Ajustamento Ambiental (TCAA) que foi firmado entre a Petrobras e o Governo do Estado do Rio de Janeiro em novembro do ano 2000. Foi realizada também a análise e o tratamento estatístico descritivo do comportamento do teor de óleos e graxas globais lançados na Baía de Guanabara, conforme dados dos relatórios do PROCON-ÁGUA, enviados pela REDUC ao Órgão Ambiental Estadual (FEEMA) no período da pesquisa de janeiro de 1998 a outubro de 2006. A complexidade do Termo de Compromisso de Ajustamento Ambiental da REDUC insere uma dificuldade de análise adicional, quando se pretende quantificar os resultados ambientais finais de sua implantação. No estudo de caso faz-se a apresentação da empresa, um estudo de seu potencial poluidor e o histórico ambiental, bem como suas ferramentas de planejamento e gestão. Embora os resultados sejam significativos, existe uma dificuldade em fazer uma correlação direta com os efeitos da mudança cultural produzida, tornando-se complexo aferir objetivamente ganhos ambientais diretos e indiretos na região noroeste da Baía de Guanabara. As considerações apresentadas nas conclusões poderão ser um instrumento prático para a gestão ambiental de uma refinaria de petróleo e de outras empresas, por consolidar os indicadores de desempenho e o histórico ambiental, como instrumentos de informações para a tomada de decisão gerencial das empresas do segmento em estudo, desenvolvendo e incorporando em seus conceitos e métodos formas de registrar, comparar e mensurar os eventos ambientais. Assim sendo, será possível realizar uma avaliação evolutiva do desempenho ambiental de uma organização.

Palavras-chave: Impactos ambientais. Indicadores de desempenho. Sistema de refrigeração. Refinaria de petróleo.

## **ABSTRACT**

The use of trustworthy environmental performance indicators and the dissemination of eco-efficiency indicators are measured necessary to give transparency to the businesses of companies. The analysis of these indicators can guide environmental investments necessary to keep a sustainable level of natural capital. In this work we will have as objective to scientifically evaluate the environmental aspects and impacts of the closure of the Duque de Caxias Refinery (REDUC) open refrigeration system, mentioned in the Term of Commitment for Adjustment of the Environment signed between Petrobras and the Rio de Janeiro State Government in November 2000.

It was also analyzed the descriptive statistical treatment of the behavior of the of oils and greases launched in Guanabara Bay, as shown in the reports of the PROCON-ÁGUA, sent to the State Environmental Agency (FEEMA), in the period of the research from January 1998 to October 2006. The complexity of the Term of Commitment for Adjustment of the Environment of REDUC inserts an additional difficulty of analysis, when it is intended to quantify the final environmental results of the Term implementation. In the case study, it is described the company, its environmental pollution and historical potential and its planning and management tools. Although the results are significant, there is a difficulty in making a direct correlation with the effect of the produced cultural change, being complex to measure environmental profits, direct and indirect, in the this northwest region of the Guanabara Bay. The proposal presented in the conclusions could be a practical instrument for the environmental management of an oil refinery and other companies for consolidating the history and the performance indicators, as instrument of information for the decision making of process of organizations. Then, it will be possible to evaluate the environmental performance of an organization in a time period.

Key-words: Environmental impacts. Performance indicators. Refrigeration system. Oil refinery.

## LISTA DE TABELAS

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabela 1  | Concentrações totais e disponíveis (extração com HCl 1 mol/L <sup>-1</sup> ), de alguns metais no sedimentos dos rios Iguaçu, Sarapuí e Baía de Guanabara.....   | 55 |
| Tabela 2  | Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO); Oxigênio Dissolvido (OD) e Coliformes Fecais (CF).....  | 57 |
| Tabela 3  | Pontos de coleta, localização em latitude e longitude e UTM, e descrição do local de amostragem.....   | 61 |
| Tabela 4  | Localização em latitude e longitude e UTM, de lançamento de efluente final tratado da REDUC, no Rio Iguaçu.....  | 73 |
| Tabela 5  | Condutividade elétrica (CE) medidas “in situ” nas águas nos pontos de coleta.....  | 73 |
| Tabela 6  | Resultados obtidos para pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, material sedimentavel, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e óleos e graxas nas análises das amostras coletadas na 7ª campanha..... | 74 |
| Tabela 7  | Resultados obtidos na determinação de fenóis totais, sulfetos, amônia, alumínio, ferro e cobre em águas e efluente na 7ª. Campanha.....  | 77 |
| Tabela 8  | Resultados obtidos para vanádio, cromo, chumbo, níquel e cobre nas análises das amostras coletadas na 7ª campanha.....   | 77 |
| Tabela 9  | Resultados obtidos para arsênio, selênio, cádmio, mercúrio e zinco.....  | 78 |
| Tabela 10 | Resultados obtidos para Ph, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, material sedimentavel, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e óleos e graxas nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha..... | 78 |
| Tabela 11 | Resultados obtidos para fenóis totais, sulfetos, amônia, alumínio, ferro e cobre nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha.....   | 79 |
| Tabela 12 | Resultados obtidos para vanádio, cromo, chumbo, níquel e cobre nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha.....   | 79 |
| Tabela 13 | Resultados obtidos para arsênio, selênio, cádmio, mercúrio e zinco nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha.....   | 80 |
| Tabela 14 | Resultados obtidos para arsênio, selênio, cádmio, mercúrio e zinco nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha.....   | 80 |

## LISTA DE QUADROS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Quadro 1  | Indicadores de Desempenho Ambiental.....  | 29 |
| Quadro 2  | Indicadores de Materiais.....   | 33 |
| Quadro 3  | Indicadores de Energia.....   | 34 |
| Quadro 4  | Indicadores de Água.....  | 34 |
| Quadro 5  | Indicadores de Resíduos.....  | 35 |
| Quadro 6  | Indicadores de Emissões Atmosféricas.....   | 36 |
| Quadro 7  | Indicadores de Águas Residuais.....   | 36 |
| Quadro 8  | Indicadores de Produtos.....  | 37 |
| Quadro 9  | Indicadores de Infra-estrutura.....   | 38 |
| Quadro 10 | Indicadores de Transportes.....   | 39 |
| Quadro 11 | Parâmetros determinados no laboratório em amostras de água<br>e efluente: acondicionamento e preservação..... | 75 |

## LISTA DE FIGURAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 1  | Estrutura conceitual do Modelo PER da OCDE.....   | 43 |
| Figura 2  | Estrutura conceitual do modelo Pressão-Estado-Resposta-Efeitos proposto pela USEPA..... | 44 |
| Figura 3  | Estrutura conceitual do modelo DPSIR proposto pela AEA.....                             | 45 |
| Figura 4  | Localização da Refinaria de Duque de Caxias.....  | 47 |
| Figura 5  | Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara.....  | 54 |
| Figura 6  | Batimetria do fundo da Baía de Guanabara.....   | 58 |
| Figura 7  | Mostra toda a Bacia Hidrográfica Iguaçu/Sarapuí.....                                    | 60 |
| Figura 8  | Foto aérea da REDUC e do sistema rio Iguaçu e rio Sarapuí.....                          | 63 |
| Figura 9  | Casa de Bombas de Refrigeração.....   | 64 |
| Figura 10 | Canal do “FLUME”.....   | 65 |
| Figura 11 | Bacia de Resfriamento.....  | 66 |
| Figura 12 | Torre de Refrigeração.....  | 71 |
| Figura 13 | Distribuição média mensal da temperatura, precipitação e evaporação.....                | 72 |
| Figura 14 | Foto aérea da REDUC e do sistema rio Iguaçu e rio Sarapuí.....                          | 81 |
| Figura 15 | Processo Produtivo.....   | 82 |
| Figura 16 | Mercado Nacional e Exportações.....   | 83 |
| Figura 17 | Fluxograma Simplificado da REDUC.....   | 84 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Gráfico 1 | Carga Poluidora de Óleos e Graxas                             | 97  |
| Gráfico 2 | Evolução da Redução da Carga Poluidora de Óleos e Graxas..... | 98  |
| Gráfico 3 | Carga Poluidora de Nitrogênio.....                            | 99  |
| Gráfico 4 | Redução da Carga Poluidora de Nitrogênio .....                | 100 |
| Gráfico 5 | Evolução da Redução da Carga Poluidora de Nitrogênio.....     | 100 |
| Gráfico 6 | Evolução da Redução da Carga Poluidora de Metais Pesados..... | 105 |
| Gráfico 7 | Redução de Volume e Custo.....                                | 107 |

## LISTA DE SIGLAS

|        |  |
|--------|--|
| AEA    | Agência Européia do Ambiente                                       |
| ANA    | Agência Nacional de Águas  |
| APA    | Área de Proteção Ambiental   |
| CBR    | Casa de Bombas de Refrigeração                                     |
| CDS    | Comissão para o Desenvolvimento Sustentado                         |
| CEBDS  | Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável     |
| CF     | Coliformes Fecais  |
| CIDE   | Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro                    |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente                                 |
| CTA    | Canal de Tomada de Água  |
| DBO    | Demanda Bioquímica de Oxigênio                                     |
| DTSE   | Dutos e Terminais do Sudeste                                       |
| ECI    | Environmental Condition Indicators                                 |
| ELF    | Efluentes Líquidos Finais  |
| EPE    | Environmental Performance Evaluation                               |
| ETDI   | Estação de Tratamento de Despejo Industrial                        |
| ETES   | Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário                          |
| FEC    | Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF            |
| FEEMA  | Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente                    |
| IA     | Indicadores Ambientais   |
| IBGE   | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                    |
| MPF    | Ministério Público Federal   |
| MPI    | Management Performance Indicators                                  |
| OCDE   | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico          |
| OD     | Oxigênio Dissolvido  |
| ONG's  | Organizações Não Governamentais                                    |
| ONU    | Organização das Nações Unidas                                      |
| OPI    | Operational Performance Indicators                                 |
| PEGASO | Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional |

|          |   |
|----------|---|
| PER      | Pressão-Estado-Resposta   |
| PROCONVE | Programa de Controle de Emissões de Veículos Automotores            |
| PSR      | Pressure, State, Response   |
| PUC      | Pontifícia Universidade Católica                                    |
| PVA's    | Pontos de Vistoria Ambiental  |
| REDUC    | Refinaria Duque de Caxias   |
| RP       | Rendimento de Produção  |
| SEGRHI   | Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos              |
| SEMADS   | Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável |
| SEMADUR  | Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano      |
| SGI      | Sistema de Gestão Integrada   |
| SMS      | Segurança, Meio Ambiente e Saúde                                    |
| SMSO     | Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional                        |
| TAC      | Termo de Ajustamento de Conduta                                     |
| TCA      | Termo de Compromisso Ambiental                                      |
| TCAA     | Termo de Compromisso de Ajuste Ambiental                            |
| TCU      | Tribunal de Contas da União   |
| UERJ     | Universidade do Estado do Rio de Janeiro                            |
| UFF      | Universidade Federal Fluminense                                     |
| UP       | Unidade de Produção   |
| WBCSD    | World Business Council for Sustainable Development                  |

## SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 13 |
| 1.1     | CONSIDERAÇÕES SOBRE ECO-EFICIÊNCIA NO SETOR INDUSTRIAL.....       | 16 |
| 1.2     | FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....                              | 17 |
| 1.3     | OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....               | 18 |
| 1.4     | QUESTÕES DA PESQUISA .....  | 20 |
| 1.5     | ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....  | 20 |
| 2       | <b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....                                | 22 |
| 2.1     | INDICADORES AMBIENTAIS.....                                       | 22 |
| 2.1.1   | <b>Conceituação dos indicadores de desempenho ambiental</b> ..... | 23 |
| 2.1.2   | <b>Indicadores ambientais em empresas certificadas</b> .....      | 27 |
| 2.1.3   | <b>Indicadores de desempenho ambiental</b> .....                  | 28 |
| 2.1.4   | <b>Tipos de indicadores</b> .....                                 | 29 |
| 2.1.4.1 | Categorias de indicadores ambientais.....                         | 31 |
| 2.1.4.2 | Indicadores de comportamento ou rendimento ambiental.....         | 32 |
| 2.1.4.3 | Indicadores de Gestão Ambiental.....                              | 40 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.1.5 | <b>Indicadores de situação ou estado ambiental.....</b>                                  | 40 |
| 2.1.6 | <b>Classificação dos indicadores ambientais.....</b>                                     | 42 |
| 2.2   | RECURSOS HÍDRICOS E ENQUADRAMENTO LEGAL.....   | 45 |
| 2.3   | BACIAS HIDROGRÁFICAS.....  | 47 |
| 2.4   | BACIA DA BAÍA DE GUANABARA.....  | 52 |
| 2.5   | SEDIMENTOLOGIA.....  | 55 |
| 2.6   | BATIMETRIA.....  | 57 |
| 2.7   | BACIA HIDROGRÁFICA IGUAÇU/SARAPUÍ.....   | 58 |
| 2.8   | QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS IGUAÇU E SARAPUÍ.....                                       | 60 |
| 2.8.1 | GERAÇÃO DE CARGAS CONTAMINANTES NOS SEGMENTOS<br>FLUVIAIS DO SISTEMA IGUAÇU-SARAPUÍ..... | 61 |
| 2.9   | SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA REFINARIA DUQUE DE CAXIAS.                                    | 63 |
| 2.9.1 | <b>Sistema de refrigeração Aberto.....</b>   | 63 |
| 2.9.2 | <b>Sistema de refrigeração<br/>Fechado.....</b>  | 65 |
| 3     | <b>METODOLOGIA UTILIZADA .....</b>   | 67 |
| 3.1   | O MONITORAMENTO DOS EFLUENTES E ÁGUAS FLUVIAIS<br>RECEPTORAS.....                        | 69 |
| 3.2   | PONTOS DE AMOSTRAGEM E ASPECTOS HIDRODINÂMICOS DAS                                       |    |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
|         | ÁGUAS NAS SITUAÇÕES AMOSTRADAS.....   | 72  |
| 3.3     | TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM.....   | 75  |
| 3.4     | CONCENTRAÇÕES NAS ÁGUAS FLUVIAIS E EFLUENTES –<br>COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES<br>LEGAIS.....                        | 76  |
| 4       | <b>ESTUDO DE CASO - ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO<br/>FECHAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA REDUC.....</b> | 81  |
| 4.1     | HISTÓRICO DO TERMO DE COMPROMISSO DE AJUSTE<br>AMBIENTAL.....   | 81  |
| 4.2     | CONDICIONANTES DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DO TCAA DA<br>REDUC.....  | 81  |
| 4.2.1   | <b>Gestão Ambiental da Refinaria.....</b>   | 86  |
| 4.3     | GESTÃO AMBIENTAL DA REFINARIA.....  | 89  |
| 4.4     | APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE DADOS E RESULTADOS<br>RELATIVOS AOS EFLUENTES LÍQUIDOS DA REDUC.....                  | 95  |
| 4.4.1   | <b>Óleos e Graxas.....</b>  | 96  |
| 4.4.2   | <b>Nitrogênio e suas formas.....</b>  | 98  |
| 4.4.2.1 | Nitrato.....  | 98  |
| 4.4.2.2 | Nitrito.....  | 99  |
| 4.4.2.3 | Amoniacal (amônia).....   | 99  |
| 4.4.3   | Metais Pesados.....   | 101 |
| 4.4.3.1 | Cádmio (Cd).....  | 101 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 4.4.3.2  | Bário (Ba).....   | 101 |
| 4.4.3.3  | Chumbo (Pb).....  | 101 |
| 4.4.3.4  | Cobre (Cu).....   | 102 |
| 4.4.3.5  | Cromo (Cr).....   | 102 |
| 4.4.3.6  | Níquel (Ni).....  | 103 |
| 4.4.3.7  | Mercúrio (Hg).....  | 103 |
| 4.4.3.8  | Zinco (Zn).....   | 104 |
| 4.4.3.9  | Ferro (Fe).....   | 104 |
| 4.4.3.10 | Manganês (Mn).....  | 104 |
| 4.4.3.11 | Alumínio (Al).....  | 105 |
| 5        | <b>CONCLUSÕES E INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....</b> | 109 |
| 5.1      | CONCLUSÕES.....   | 109 |
| 5.2      | INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....                      | 113 |
|          | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                     | 114 |

## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna continua predominantemente organizada em termos de suas relações de trabalho e produção, retirou e retira do meio ambiente, uma série de elementos, que por suas propriedades são fundamentais à vida do homem.

A problemática ambiental é um fato presente no cotidiano de todo planeta. Diariamente, os meios de comunicação, nos apresentam notícias sobre diferentes faces desta questão. Entretanto, esta situação não é nova; a novidade é a intensidade com que os problemas ambientais estão ocorrendo. O tipo de ordem estabelecido na sociedade, o consumo exagerado esta sem dúvida, gerando desordem na natureza.

A crise ambiental coloca, portanto em questão o próprio modo de organização da sociedade e as leis que regem sua continuidade. Então somos levados a nos perguntar: como se relacionam os fatos sociais e os fenômenos de natureza? Que relação existiria entre o efeito estufa e a desigualdade social, entre a depleção da camada de ozônio e os direitos humanos, entre o meio ambiente e a democracia? Assim fazendo, estaremos também identificando nas lutas ambientais os caminhos que levam, ao mesmo tempo, ao restabelecimento do equilíbrio na natureza e à construção da democracia na sociedade.

O movimento social contra a degradação do meio ambiente vem se articulando crescentemente com as lutas democráticas pela implantação de um novo modelo de cidadania. A defesa dos direitos ambientais das populações unifica lutas sociais com distintos objetivos específicos: o acesso a bens coletivos como a água e o ar, em níveis e qualidade compatíveis com condições adequadas de existência; o acesso a recursos naturais de uso comum necessários à existência de grupos sócio-culturais específicos como catadores de caranguejos, catadores de ostras e comunidades de pescadores; a garantia de uso público do patrimônio natural constituído por áreas verdes, cursos de água e nascentes, freqüentemente degradados pelo uso privado incompatível com os interesses coletivos da sociedade. Essas lutas têm por objetivo geral introduzir princípios democráticos nas relações sociais mediadas pela natureza: a igualdade no usufruto dos recursos naturais e na distribuição dos custos ambientais do desenvolvimento; a liberdade de acesso aos recursos naturais, respeitados os limites físicos e biológicos da capacidade de

suporte da natureza; a solidariedade entre as populações que compartilham o meio ambiente comum; o respeito à diversidade da natureza e os diferentes tipos de relação que as populações com ela estabeleçam; a participação da sociedade no controle das relações entre os homens e a natureza.

O meio ambiente é o suporte natural da vida e do trabalho das populações, a luta contra a degradação ambiental tem por objetivo a preservação dos direitos dos cidadãos à vida e ao trabalho. Como as relações das populações com o meio ambiente constituem formas culturais específicas de existência dos grupos sociais, a degradação do meio ambiente é via de regra, um processo de destruição de modos de vida e do direito à diversidade cultural de relacionamento das comunidades com a natureza. A crise ambiental exprime, assim, um duplo processo de expropriação das condições materiais e culturais de existência e de trabalho das populações. A superação desta crise passa, portanto, pela restauração e consolidação dos direitos ambientais das populações atingidas por agressões ao meio ambiente. Portanto, chamamos de meio ambiente a base natural sobre a qual se estruturam as sociedades humanas. O ar, a água, o solo, a flora e a fauna dão o suporte físico, químico e biótico para a permanência das civilizações humanas sobre o planeta. Ao longo dos diferentes estágios de sua evolução histórica, estas civilizações modificaram o meio natural: alimentaram-se de outras espécies, domesticaram plantas e animais, artificializaram a natureza para assegurar a existência biológica dos indivíduos e a reprodução de sua organização social.

A natureza, ao fornecer a moldura e a substância para o desenvolvimento das sociedades, foi pouco a pouco, associada à idéia de habitat, de casa onde mora o conjunto da espécie humana. A associação da natureza à idéia de morada da espécie humana nos ajuda a entender o meio ambiente como um espaço comum, habitado por distintos indivíduos, grupos sociais e culturas.

Compartilhados por todos: o ar, as águas e os solos podem ser entendidos como bens coletivos, cujo uso por alguns pode afetar o uso que deles é feito por outros. A qualidade do ar que cada indivíduo respira é afetada pelas emissões gasosas que todas as atividades humanas provocam.

O tipo de uso que os agricultores fazem do solo afeta o lençol freático e a qualidade da águas disponíveis para o consumo humano, tanto de agricultores como de não-agricultores. A destruição da cobertura florestal pode alterar o microclima de uma região, e assim por diante. E o que se verifica em escala local transpõe-se

também para a escala do planeta: a biosfera é um espaço coletivo de cujo equilíbrio sensível à ação modificadora dos homens depende a existência de indivíduos e comunidades.

A ação modificadora do homem sobre a natureza, no espaço de uma nação, pode provocar alterações ambientais para além de suas fronteiras. Inúmeras atividades de caráter local têm implicações sobre o equilíbrio global do planeta. A biosfera caracteriza-se, assim, enquanto espaço de interação global das sociedades humanas.

Os elementos da natureza influenciam as condições de existência de todos os indivíduos e as condições de trabalho de grupos sociais específicos. Toda comunidade que respira o oxigênio da atmosfera é obrigada a aspirar também o material particulado emitido por uma indústria petroquímica situada em suas proximidades. Neste caso, as condições de saúde de todos são afetadas, particularmente as daqueles que trabalham na indústria ou moram perto dela.

Por outro lado, alguns grupos sociais dependem da existência equilibrada de determinados ecossistemas, nos quais trabalham e dos quais extraem os meios de sua subsistência. Este é o caso de pescadores artesanais de caranguejos e ostras e comunidades quilombolas, por exemplo, cuja reprodução social depende da fertilidade dos rios e lagos, da integridade de florestas, baías e dos manguezais.

No caso da contaminação do ar por partículas e efluentes gasosos de origem industrial, um conflito se estabelece entre os interesses das empresas, desejosas de se livrarem, sem custos, da parcela invendável de sua produção, precavendo-se de uma redução em sua margem de lucratividade, e a comunidade de trabalhadores e moradores que sofrem com as doenças respiratórias e vivem em condições sanitárias precárias.

O conflito social se explica quando a comunidade percebe que a lucratividade da empresa está sendo alimentada pela precariedade das condições de existência da população.

Os pescadores artesanais, por sua vez, podem estabelecer uma relação conflitiva com os agentes da pesca comercial que utilizam rede de arrasto e outros apetrechos com os quais praticam a sobrepesca que comprometem a reprodução de várias espécies. Observa-se, portanto, uma luta social pelo controle dos recursos naturais e pelo uso do meio ambiente. O estado através do sistema jurídico-legal e

balizado por suas políticas ambientais deve administrar estes conflitos que caracterizam o modo dominante de apropriação social da natureza.

O Brasil é um dos países mais ricos em termos de recursos naturais e a Baía de Guanabara é reconhecida como um dos símbolos de beleza do Rio de Janeiro.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE ECO-EFICIÊNCIA NO SETOR INDUSTRIAL

A crescente preocupação com a imagem levou as indústrias brasileiras a buscarem alternativas tecnológicas mais limpas e matérias-primas menos tóxicas e mais ecoeficientes, com o objetivo de reduzir o impacto e a degradação ambiental. A conscientização da sociedade e a legislação ambiental direcionam as empresas a uma relação mais sustentável e adequada dos recursos disponíveis. As indústrias investem em modificações de processo, aperfeiçoamento de mão-de-obra, substituição de insumos, redução na geração de resíduos e racionalização do consumo de recursos naturais.

A busca por alternativas que minimizem os impactos negativos da atividade produtiva motivou o setor industrial a investir em soluções que refletem em economia e melhoria da competitividade. A adoção de estratégias de prevenção apresenta-se como a alternativa mais adequada, porém importantes padrões, modelos de comportamento, crenças e práticas institucionalizadas devem ser modificados, assim como muitos paradigmas de políticas consolidados na estrutura das empresas, devem ser substituídos.

O diagnóstico da situação ambiental consiste em uma análise profunda de todos os aspectos e impactos dos processos, serviços, produtos e pela interação dos mesmos com o meio ambiente e a sociedade.

O conhecimento adequado sobre os aspectos e impactos ocasionados pelas atividades produtivas, pelo uso eficiente da matéria prima, possibilitam a seleção de indicadores de desempenho que possam ser utilizados no processo de melhoria contínua do sistema de gestão ambiental (SGA).

A escolha equivocada de indicadores irá refletir-se na forma de avaliação do desempenho ambiental da empresa, trazendo como conseqüência: adoção de medidas inócuas, implantação desnecessária de equipamentos e /ou outras intervenções inadequadas para um bom sistema de gestão.

A falta de registros, na maioria das empresas, no que tange as entrada e saída de insumos, do consumo de água, de matérias primas, de energia, de geração de efluentes e resíduos. Também, a dificuldade de se compatibilizar os passivos ambientais, quantificar receitas ou ativos tangíveis, dificultam a implantação de medidas que podem maximizar o desempenho econômico e socioambiental.

A ausência de informações desta natureza contribui para manutenção de conhecimentos precários sobre a contabilidade sócio-ambiental, alimentando uma visão distorcida que investimentos na área ambiental implicam em redução de competitividade e a perda de mercados.

As pequenas empresas ainda desconhecem os benefícios do uso de indicadores de desempenho e custos, como ferramenta para o planejamento e gerenciamento ambiental. Devido a este pequeno detalhe é provável que estejam perdendo oportunidades como: aumento da produtividade, melhoria da competitividade e da qualidade ambiental, além de atingir efetivamente a sustentabilidade dos negócios.

## 1.2 - FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

O uso e aplicação do instrumento jurídico de termo de ajustamento de conduta (TAC) / Termo de Compromisso de Ajuste Ambiental (TCAA) da Petrobras com o Governo do Estado do Rio de Janeiro, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS, atual SEMADUR) e Fundação de Engenharia e Meio Ambiente (FEEMA) e Ministério Público Federal (MPF). Após o acidente do vazamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara, é preciso enxergar o contexto histórico de inserção e as inúmeras variáveis socioambientais potencialmente envolvidas.

Avaliar, Identificar e quantificar os *Impactos Ambientais* e as principais correntes de efluentes decorrentes dos processos petroquímicos, após o fechamento do sistema de refrigeração.

A área de efluentes hídricos onde está inserido o fechamento do sistema de refrigeração aberto fase I e fase II (ações 32 e 33), objeto deste estudo, agrupou várias ações como, por exemplo: monitoramento de toxicidade do efluente, Impacto no rio Iguaçu, revisão do programa de monitoramento dos efluentes e enquadramento de amônia.

O plano de ação previa tanto medidas de melhoria em “hardware” da Refinaria, como a implantação de sistemas de gestão integrada com foco no ser humano, direcionadas a aspectos socioambientais.

A sistematização dos resultados poderá subsidiar a elaboração de plano de metas e ações efetivas à garantia da melhoria contínua do Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) da empresa.

### 1.3 OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

O objetivo do estudo foi analisar aspectos e impactos ambientais, devidos ao fechamento do sistema de refrigeração aberto em uma refinaria de petróleo no município de Duque de Caxias.

Os objetivos específicos foram:

- verificar cientificamente ações 32 e 33, do Termo de Compromisso de Ajustamento Ambiental (TCAA), com suas múltiplas variáveis envolvidas em um processo socioeconômico e ambiental dinâmico;
- analisar o comportamento do teor de óleos e graxas globais lançados, conforme dados da DZ - 942. R-7 - Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos - PROCON-ÁGUA, enviados ao órgão ambiental – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) no período da pesquisa.

Considerou-se o disposto na Resolução nº 357/05, do CONAMA, que classifica em treze classes as águas doces, salobras e salinas, segundo seus usos preponderantes, estabelecendo os padrões de qualidade exigíveis em cada classe e vedações de uso, a fim de que aqueles padrões de qualidade sejam mantidos.

Em termos de descarga dos efluentes líquidos, estes deverão atender ao § 4 do artigo 34 da Resolução CONAMA 357/05. A concentração máxima de substâncias aceitas no corpo d'água também são definidas na referida Resolução.

Os limites estabelecidos na referida legislação são apresentados juntamente com os limites estabelecidos na legislação do Estado do Rio de Janeiro.

Assim como exposto em relação ao âmbito federal, os órgãos estaduais com funções normativas e de controle vêm estabelecendo normas e padrões a serem observados pelas atividades implantadas em seu território.

Os limites estabelecidos na legislação estadual para lançamentos de efluentes industriais (NT - 202. R-10), referente à qualidade dos efluentes líquidos lançados, juntamente com os estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05.

Forão utilizados também as seguintes normas e diretrizes:

- NT - 213. R-4 - Critérios e Padrões para Controle da Toxicidade em Efluentes Líquidos Industriais – limites de 8,0 UT para toxicidade.
- DZ - 215. R-1 - Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem não Industrial – Eficiência de remoção de DBO > 90,0% e limite de 30 mg/l para RNFT.
- DZ - 942. R-7 – Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos - PROCON-ÁGUA.
- DZ - 205. R-5 - Diretriz de Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial - Eficiência de remoção de DBO > 90,0% e limite de 250 mg/l para DQO.

Do ponto de vista de muitos empresários, o ecologicamente correto no que se refere a efluentes líquidos, é construir uma estação de tratamento de efluentes e reduzir a carga poluidora de sua produção para evitar as multas dos órgãos de fiscalização. Desta forma muitas vezes continuam poluindo, pois não visualizam a proteção ambiental como uma questão de consciência e sim de exigências fiscais.

Atualmente, a prevenção e o controle da poluição na fonte, passaram a ser fatores determinantes na obtenção de vantagens competitivas no mercado globalizado, trazendo benefícios econômicos para os investimentos na preservação do meio ambiente.

A proposta apresentada pode ser um instrumento prático de gestão ambiental de uma refinaria, por consolidar os indicadores de desempenho ambiental e o histórico ambiental. A pesquisa procurou contribuir com a melhoria do desempenho ambiental, através de informações para a tomada de decisão gerencial da empresa do segmento em estudo, desenvolvendo e incorporando em seus

conceitos, métodos, formas de registrar, comparar e mensurar os impactos sócio-ambientais.

O trabalho utilizou tratamento estatístico descritivo de dados do PROCON-ÁGUA, no período do estudo que são enviados mensalmente ao órgão ambiental do estado (FEEMA).

#### 1.4 QUESTÕES DA PESQUISA

O trabalho irá discutir e responder as seguintes questões feitas na pesquisa:

- Quais serão os principais aspectos e impactos na avaliação da carga poluidora dos efluentes da refinaria após o fechamento do sistema de refrigeração aberto? E qual o comportamento dos corpos hídricos próximos?
- Como ficará a situação das águas dos rios Iguaçu e Sarapuí após o fechamento do sistema de refrigeração? Qual o comportamento das fontes difusas, como por exemplo, os esgotos domésticos nos rios Iguaçu e Sarapuí?
- Quais serão os reflexos da redução na captação de água e na geração de efluentes? E a qualidade ambiental da região noroeste da Baía de Guanabara?

#### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo que o primeiro, de característica introdutória delinea o *corpus* da pesquisa.

No capítulo dois, abordam-se os pressupostos teóricos inerentes a questão dos indicadores de desempenho ambiental, esboçando a situação atual a respeito dos indicadores do estado ambiental, bem como os recursos hídricos e enquadramento legal.

No capítulo três contextualizam-se os procedimentos metodológicos utilizados.

Dessa forma, nos três primeiros capítulos descrevem-se as fases, etapas e os passos percorridos na investigação para o desenvolvimento da pesquisa, desde a sua concepção até o relatório final.

Conseqüentemente, no capítulo quatro são apresentadas considerações sobre a Contribuição do Estudo de Caso focando o sistema de refrigeração e o TCAA.

Por fim, no quinto e último capítulo faz-se um panorama geral do trabalho sob a forma de conclusões, reportando-as aos objetivos da dissertação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Há uma necessidade crescente de demonstrar ao mercado o quanto às empresas tem contribuído para as questões ambientais de forma voluntária ou visando adequação a novas exigências legais mais restritivas e os ganhos tangíveis da valoração ambiental.

### 2.1 INDICADORES AMBIENTAIS

As atuais metodologias contábeis ainda se restringem aos dados microeconômicos, sem valorar aspectos ambientais e sociais. O mesmo ocorre nos países: os sistemas de contas nacionais não captam ainda os custos ambientais gerados pelo uso do capital natural. Num futuro muito próximo, no entanto, isso vai mudar.

Estudos estão sendo feitos sobre a melhor maneira de sistematizar a contabilidade ambiental nos países. Para isso, será preciso que as unidades produtivas forneçam os dados desagregados dos indicadores. Ao estimar o consumo de capital natural, gera-se um indicador de quanto da sustentabilidade está sendo trocada por consumo presente. Este indicador pode orientar os esforços de investimentos ambientais necessários para manter um nível sustentável de capital natural (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2002).

Verifica-se, a partir dessa proposta, que há a necessidade de utilização de indicadores para a medição do desempenho ambiental. A Norma ISO 14031 (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION, 1999) foi formulada com o objetivo de estabelecer Avaliações de Desempenho Ambiental (EPE – Environmental Performance Evaluation) para empresas.

Uma Avaliação de Desempenho Ambiental é um processo de gestão interna à empresa, constituindo-se em ferramenta destinada a prover a gestão da empresa com informações reais e mensuráveis em relação a uma base e/ou a critérios

estabelecidos, que mostrarão se, ao longo do tempo, o desempenho ambiental da empresa está indo ao encontro desses parâmetros.

Este item tem o foco direcionado à engenharia e aos processos produtivos de empresas industriais que obtiveram a certificação de um Sistema de Gestão Ambiental de acordo com o previsto na Norma ISO 14001, com o objetivo de:

- a) buscar a conceituação de indicadores de desempenho ambiental;
- b) apresentar os indicadores de desempenho ambientais desenvolvido e utilizados pelas empresas;
- c) apresentar resultados obtidos com a utilização dos mesmos.

Uma das intenções deste trabalho foi promover uma discussão a respeito do uso destes indicadores, de sua eficácia, e dos resultados obtidos. A linha condutora deste trabalho é a Norma ISO 14031 – “Environmental management - Environmental performance evaluation – Guidelines”, em vigor na Europa desde 1999, ainda não traduzida nem aprovada no Brasil pela ABNT.

### **2.1.1 Conceituação dos indicadores de desempenho ambiental**

Em 1987 o Relatório da Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento definiu desenvolvimento sustentável da seguinte forma: “é aquele desenvolvimento que atende às demandas da geração presente sem comprometer as oportunidades das gerações futuras” (UNITED NATIONS, 1987, 27 p.).

A aparente simplicidade desta definição envolve reflexões devido a inter-relações atreladas ao desenvolvimento, demandas e oportunidades atuais e futuras, bem como todos os aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais no momento presente e também no futuro, tanto no âmbito global como nos regionais e locais. (MALHEIROS; ASSUNÇÃO, 2000).

Após a Conferência Mundial para o Meio Ambiente – Rio 92, o desenvolvimento sustentável se consolidou como o grande destaque na luta pelas causas ambientais, e poderá acontecer de forma cada vez mais eficaz se forem utilizados parâmetros confiáveis para as medições das ações que indicam seu desempenho.

A Agenda 21, fruto dessa Conferência Mundial, define propostas de ações em âmbitos regional e local para alcançar o desejado desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1998). O estabelecimento de parâmetros confiáveis para a medida do

desempenho ambiental foi realizado através da Norma ISO 14031 (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION, 1999), que traz a metodologia de criação de indicadores para avaliar o desempenho ambiental empresas. Em sua introdução, a Norma afirma que:

várias organizações estão procurando caminhos para entender, demonstrar e melhorar seu desempenho ambiental. Isto pode ser obtido através da gestão efetiva dos componentes de suas atividades, produtos e serviços que podem impactar significativamente o meio ambiente. A avaliação do desempenho ambiental é o objeto desta Norma Internacional [...] (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION, 1999, p.34).

Uma boa avaliação ambiental, em seu mais amplo sentido, carrega consigo a necessidade de compreensão de todos os seus significados, aliado a uma medição do objeto de estudo em seus aspectos físicos, bióticos, econômicos, sociais e culturais. Esta avaliação deve ter um enfoque de natureza holística, e não se resume a uma formatação cartesiana, reducionista e mecanicista (MACEDO, 1995).

Para classificar as ações que visam o desenvolvimento sustentável e, conseqüentemente, os indicadores das mesmas, apresentamos as mesmas em três níveis: a) nível global, referente ao planeta como um todo; b) nível regional, abrangendo vilas, bairros, cidades, estados, agrupamentos regionais, países e regiões de uso comuns como, por exemplo, bacias hidrográficas, regiões lagunares, manguezais, pântanos, alagados em geral e lençóis freáticos; c) nível local, abrangendo os focos de emissões de poluentes e contaminantes, geralmente associados às empresas industriais, às atividades de extração de recursos naturais e a locais de depósito de resíduos e rejeitos de processos industriais.

Os indicadores ambientais de âmbito global trazem informações a respeito de parâmetros mais abrangentes do planeta. A ONU – Organização das Nações Unidas desenvolveu uma listagem, através de sua Comissão para o Desenvolvimento Sustentado (CDS) que apresenta diversos indicadores de desenvolvimento, para que os diversos países escolham os índices com que querem trabalhar, ou aqueles que melhor se adequem a suas prioridades, problemas e metas.

Esses indicadores globais foram classificados em indicadores de impulso (que são indicadores de atividades, processos e padrões humanos que impactam o desenvolvimento sustentável), indicadores de estado (que indicam a situação do desenvolvimento sustentável) e indicadores de reação ou de resposta (que são

indicadores das atuações e opções humanas que visam alcançar o desenvolvimento sustentável). Como base da listagem, foram utilizados os itens da Agenda 21, nascida da reunião do Conselho Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio/92, que propõe indicadores de diferentes áreas de atuação humana, chamados de indicadores de categorias social, econômica, ambiental e institucional (WRI, 1995).

Os indicadores regionais oferecem dados e informações mais bem focadas a respeito das condições ambientais da atmosfera, do solo e subsolo e dos recursos hídricos, por delimitarem melhor as áreas geográficas envolvidas, podendo ser encontrados sob forma de referências continentais, nacionais, em subdivisões administrativas – que no caso do Brasil, por exemplo, podem ser as regiões, um ou mais estados, um ou mais municípios, um ou mais bairros ou vilas, e alguns indicadores ambientais hídricos com abrangência de uma bacia hidrográfica, a exemplo do que vem sendo feito na Europa já há alguns anos. Como exemplo, na região de Campinas existe o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, que vem tratando há vários anos da questão do uso da água e do tratamento de esgotos de todas as cidades que compõe esta bacia hidrográfica (GANZELLI, 1995). Outro exemplo é o da existência de um extenso lençol freático na América do Sul, chamado de Aquífero Guarani, delimitado por 4 países (Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina) ainda preservado em sua maior extensão territorial.

Constata-se que os indicadores regionais tem tido como eixo comum sua representação através do modelo “PSR – Pressure, State, Response” (OECD, 1993), o qual define os indicadores da mesma forma que os indicadores globais anteriormente apresentados, conforme a proposta do CDS-ONU: a) Indicadores de Pressão: apresentam as atividades humanas como elemento de pressão no meio ambiente, resultando em alterações na qualidade do meio ambiente e na qualidade e quantidade de recursos naturais do meio ambiente (ALMEIDA; BRITO, 2002); b) Indicadores de Estado: apresentam e caracterizam a qualidade do meio ambiente e a qualidade e quantidade dos recursos naturais disponíveis, possibilitando uma percepção do estado físico e biológico em que o meio ambiente se encontra (MALHEIROS; ASSUNÇÃO, 2000); c) Indicadores de Resposta: mostram os esforços desenvolvidos pela comunidades para contrapor-se às alterações do estado do meio ambiente, buscando sua melhoria ou a mitigação de sua degradação.

Finalmente, os indicadores locais apresentam, também, muita semelhança com os regionais, e trazem consigo a necessidade da caracterização da(s) fonte(s) emissora(s) de resíduos a serem medidos ou monitorados.

A Norma ISSO 14031 sugere a utilização do modelo de gestão PDCA (Plan – Do – Check – Act), e estabelece metodologias de obtenção de indicadores para as Avaliações de Desempenho Ambiental, que são apresentados em dois grandes grupos:

a) Grupo A: Indicadores de desempenho ambiental (EPI – Environmental Performance Indicators), que são subdivididos em dois tipos:

a1) Indicadores de desempenho de gestão (MPI – Management Performance Indicators);

a2) Indicadores de desempenho operacional (OPI – Operational Performance Indicators);

b) Grupo B: Indicadores de condições ambientais (ECI – Environmental Condition Indicators).

Percebe-se a semelhança com os indicadores globais e regionais quando se constata que os ECI's correspondem aos indicadores de estado, os OPI's correspondem aos indicadores de pressão, e os MPI's podem corresponder aos indicadores de resposta. Desta forma o modelo PSR acaba sendo, também, reproduzido na Norma ISO 14031, que define os indicadores ambientais locais.

Apresentamos, a seguir, alguns parâmetros a serem utilizados na construção de indicadores para Avaliações de Desempenho Ambiental, conforme previsto na ISO 14031:

a) MPI - indicadores de desempenho de gestão: implantação de políticas e de programas; conformidades; desempenho financeiro; relações com a comunidade;

b) OPI - indicadores de desempenho operacional: quantidade de materiais utilizados nos processos; quantidade de energia utilizada nos processos; serviços de suporte às operações da empresa; infra-estrutura e equipamentos utilizados pela empresa; fornecedores e clientes; produtos; serviços executados pela empresa; resíduos da produção; emissões;

c) ECI - indicadores de condições ambientais (locais ou regionais); ar, água, solo; flora, fauna; seres humanos, comunidade; estética cultura e heranças para próximas gerações.

### 2.1.2 Indicadores ambientais em empresas certificadas

Há, no momento atual, uma necessidade crescente de demonstrar ao mercado (há uma constatação que o mercado está sendo o maior impulsionador de ações deste tipo) o quanto às empresas tem contribuído para as questões ambientais.

Neste aspecto, foi criado no Brasil o Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), vinculado ao World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), entidade que conta com a participação de aproximadamente 160 grupos empresariais que faturam anualmente valores da ordem de US\$ 4,5 trilhões (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2002). Esta entidade tem por finalidade atuar estrategicamente em defesa da sustentabilidade. Naquilo que diz respeito a este trabalho, a CEBDS formula uma proposta de estabelecimento de formas de medição de desempenho ambiental, que é a seguinte:

as atuais metodologias contábeis ainda se restringem aos dados microeconômicos, sem valorar aspectos ambientais e sociais. O mesmo ocorre nos países: os sistemas de contas nacionais não captam ainda os custos ambientais gerados pelo uso do capital natural. Num futuro muito próximo, no entanto, isso vai mudar. Estudos estão sendo feitos sobre a melhor maneira de sistematizar a contabilidade ambiental nos países. Para isso, será preciso que as unidades produtivas forneçam os dados desagregados dos indicadores. Ao estimar o consumo de capital natural, gera-se um indicador de quanto da sustentabilidade está sendo trocada por consumo presente. Este indicador pode orientar os esforços de investimentos ambientais necessários para manter um nível sustentável de capital natural (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2002, p.115).

Verifica-se, a partir dessa proposta, que há a necessidade de utilização de indicadores para a medição do desempenho ambiental. Se, de um lado, a proposta traz controvérsias – dada a flagrante dificuldade de mensurar trocas de sustentabilidade por consumo – por outro lado a orientação dos esforços de investimentos ambientais será algo passível de verificação a partir dos indicadores a serem desenvolvidos.

Poderemos verificar algumas reflexões necessárias para este trabalho, que visam estabelecer as bases de uma pesquisa mais ampla a respeito da utilização de indicadores ambientais como parâmetro de avaliação de desempenho ambiental de

empresas – sejam elas de qualquer porte, tipo e local. Em primeiro lugar, é necessário destacar a importância do monitoramento – contínuo ou esporádico – das emissões de resíduos.

Se o monitoramento ocorre, as informações técnicas adquirem credibilidade, mesmo que a empresa não as divulgue ao público em geral. A grande vantagem da avaliação em cima de dados monitorados é que ela se transforma em algo real e não mais meramente teórica. Com isso, as ações tendem a se tornar mais eficazes por trabalhar dados mais representativos. E, nos processos periódicos de re-certificação, a certificadora exige a abertura dos arquivos das informações ambientalmente relevantes para a empresa – ocasião em que o monitoramento apresenta sua eficácia.

Em segundo lugar, as entidades encarregadas da fiscalização dos descartes poluentes devem assumir seu papel de forma mais efetiva, pois o que se nota é a eventual divulgação de informações por parte de empresas, sem qualquer confirmação por parte dos órgãos de fiscalização. A necessidade deste trabalho conjunto se faz sentir quando não se encontram correlações entre indicadores levantados por órgãos de fiscalização e indicadores apresentados por empresas certificadas. (BOOG, 2000) Esta atuação ainda está incompleta e mal formulada.

Finalizando, destacamos a importância de utilização de indicadores, que mostram toda sua eficácia como instrumentos de gestão ao apresentar de forma clara e segura as condições operacionais e ambientais, direcionando os esforços das empresas rumo a ações preventivas e/ou corretivas visando melhor desempenho ambiental.

### **2.1.3 Indicadores de desempenho ambiental - EPI**

As organizações produzem impactos ambientais em vários níveis, incluindo os âmbitos local, regional, nacional e internacional, que afetam o ar, água, solo e biodiversidade. Alguns deles são de fácil compreensão, enquanto outros colocam importantes desafios de avaliação, devido à sua complexidade, incerteza e sinergias.

Os indicadores de desempenho ambiental (“Environmental Performance Indicators” - EPI’s) sintetizam as informações quantitativas e qualitativas que

permitem a determinação da eficiência e efetividade da empresa, de um ponto de vista ambiental, em utilizar os recursos disponíveis.

São úteis para orientar, gerir e comunicar o desempenho ambiental. São informações simples e instrumentos orientadores para o objetivo de melhoria contínua, pois permitem aumentar a clareza, transparência e comparabilidade da informação fornecida pela organização.

Os indicadores de desempenho ambiental são úteis para diferentes *stakeholders*, como segue:

| Autoridades públicas     | Emissões de poluentes para o solo, ar e água            |
|--------------------------|---|
| Comunidade envolvente    | Níveis de ruído junto da empresa                        |
| Clientes                 | % de fornecedores avaliados ambientalmente              |
| Trabalhadores            | Número anual de horas de formação ambiental             |
| Instituições financeiras | % de investimentos em tecnologia de produção mais limpa |
| ONG                      | % de compras de produtos ambientalmente adequados       |

Quadro 1 – Indicadores de Desempenho Ambiental

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

#### 2.1.4 Tipos de indicadores

Pode fazer-se uma distinção entre três tipos diferentes de indicadores ambientais: a) Indicadores Absolutos e Relativos; b) Indicadores de Empresa, de Centro de Trabalho e de Processo; e c) Indicadores Relacionados com a Quantidade e com o Custo.

##### A) Indicadores Absolutos

São indicadores que informam os dados básicos sem análise ou interpretação. Como exemplo de um indicador absoluto, kg de sucata de alumínio. Os indicadores absolutos são o reflexo global dos impactos ambientais.

Do ponto de vista ecológico, os indicadores absolutos são o enfoque principal, posto que representem o consumo de recursos por parte da empresa e sua

emissão de substâncias contaminantes, por exemplo, o consumo de energia em Quilowatts/hora ou a quantidade de resíduos em toneladas.

## **B) Indicadores Relativos**

São indicadores que comparam os dados com outros parâmetros. Exemplo deste indicador, kg de sucata de alumínio por tonelada de produto, os níveis absolutos de emissão ou de consumo de recursos com outros dados significativos de referência. Os indicadores relativos ilustram a eficiência ambiental da produção.

Os indicadores relativos demonstram o comportamento ambiental de uma empresa em relação ao seu tamanho ou capacidade de produção. Enquanto os indicadores absolutos descrevem o grau de contaminação ambiental, os indicadores relativos demonstram se as medidas ambientais dão lugar às melhoras da eficiência.

## **Indicadores de Empresa, de Centro de Trabalho e de Processo**

Os indicadores ambientais podem referir-se a diferentes equipamentos e, em consequência, podem obter-se a partir de dados de toda a empresa, de projetos ou centros individuais de trabalho e de departamento ou processo de produção específica. Portanto, podem dividir-se em indicadores de empresa, de centro de trabalho e de processo.

Os indicadores determinados em nível mais baixo na organização (processo de produção) são apropriados como instrumentos de planeamento, controle e supervisão para o departamento em questão. A fim de detectar pontos fracos e iniciar rapidamente ações corretivas, é aconselhável determiná-los a intervalos mais curtos, por exemplo, trimestralmente, mensalmente ou semanalmente.

Determinar os indicadores de processo é especialmente importante para identificar o principal foco de consumo de recursos e a causa principal das emissões. Os indicadores de instalações e da empresa, por outra parte, servem como uma ferramenta de informação de comportamento geral para a gestão ambiental durante um período de tempo mais longo, além de informação interna, por exemplo, na

informação anual para a diretoria executiva. Os indicadores de centros de trabalho podem ser usados adicionalmente para ilustrar impactos ambientais nas declarações ambientais.

### **Indicadores Relacionados com a Quantidade e com o Custo**

Os indicadores ambientais podem ter relação com quantidade, isto é, com medidas físicas como quilogramas, toneladas, mercadorias, etc. Devido à relevância cada vez maior dos aspectos relacionados com os custos na proteção ambiental, podem desenvolver-se ao mesmo tempo indicadores relativos aos custos (indicadores de custos ambientais).

Considerando os custos indiretos de eliminação de resíduos (armazenamento, transporte, pessoal e gastos de compra dos materiais para eliminação) as próprias taxas e eliminação dos resíduos, se podem obter condições favoráveis para adotar medidas de proteção ambiental eficaz com relação a seu custo.

A base destas avaliações de custo ambiental sempre é o valor absoluto das quantidades compradas ou eliminadas, com as que se aplicam os custos internos pertinentes, por exemplo: a quantidade de resíduos determina os custos proporcionais de eliminação de resíduos, o consumo de energia determina os custos em consumo de energia.

#### **2.1.4.1 Categorias de Indicadores de Desempenho Ambiental - EPI**

Conforme já definido no item. 1.1 os Indicadores Ambientais são definidos pela ISO 14031 em três categorias. Dependendo de se descrever ou não o impacto ambiental de uma empresa (comportamento do meio ambiente), as atividades de gestão ambiental, ou a situação do meio ambiente externa da empresa, podem diferenciar-se os seguintes grupos: a) Indicadores de Comportamento ou

Rendimento Ambiental; b) Indicadores de Gestão Ambiental; c) Indicadores de Situação ou Estado Ambiental.

#### 2.1.4.2 **Indicadores de Comportamento ou Rendimento Ambiental**

Esses indicadores permitem avaliar e controlar os impactos ambientais das empresas no ambiente. Divididos nas áreas de indicadores de materiais e energia e indicadores de infra-estrutura e transporte, centram-se no planejamento, controle e seguimento do impacto ambiental da empresa.

##### **A). Indicadores de Materiais e de Energia**

###### Indicadores de Entradas

Os indicadores de entradas permitem observar o fluxo de materiais importantes, água e energia dentro de uma empresa. Permitem que se persigam os objetivos principais e que se obtenham medidas apropriadas de otimização. Estas medidas são: a) o uso eficiente de matérias-primas, água e energia; b) a redução dos custos de produção reduzindo o consumo; c) a redução dos resíduos e as emissões por meio de uma proteção ambiental integrada; d) a redução da degradação do meio ambiente em etapas preliminares de produção; e) o desenvolvimento de produtos mais seguros para o meio ambiente.

###### Materiais

Os indicadores de materiais podem ilustrar-se em termos absolutos e em termos relativos, isto é, em proporção ao Rendimento da Produção (RP) ou em Unidade de Produção (UP).

O importante no estabelecimento dos indicadores de materiais é informar as principais matérias-primas e os materiais auxiliares e secundários da empresa. Preparar um balanço de entradas e saídas pode ajudar a determinar uma estrutura, tal como a empregada para os ecos-balanço.

Os indicadores ambientais ajudam a avaliar a substituição de materiais problemáticos por alternativas mais seguras para o meio ambiente, como por exemplo: matérias-primas renováveis, embalagens reutilizadas, matérias-primas recicláveis, etc.

| Indicador  |  | Unidade    |
|--|--|------------|
| Consumo total de matéria-prima (petróleo)                | Absoluto em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)   | t          |
| Eficiência de matérias-primas                            | Entrada de matérias-primas em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)<br>RP em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)   | %          |
| Quantidade total de produtos                             | Absoluto em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)   | t          |
| Proporção de produtos                                    | Quantidade de produtos em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)<br>RP em t  | %          |
| Proporção de produtos reprocessados                      | Produtos reprocessados em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)<br>Embalagem total em t   | %          |
| Diversidade de substâncias perigosas                     | Quantidade   | número     |
| Entradas de substâncias perigosas                        | Absoluto em kg (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)  | kg         |
| Proporção de matérias-primas complementares ao processo  | Quantidade de matérias-primas complementares em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.)<br>Consumo de matéria-prima em t (m <sup>3</sup> /d, bbl/d, etc.) | %          |
| Materiais problemáticos ao meio ambiente                 | Absoluto em kg   | kg         |
| Materiais alternativos mais seguros para o meio ambiente | Absoluto em kg   | kg         |
| Custos de matéria-prima básica                           | Absoluto em valores  | valores    |
| Custos de matéria-prima complementar                     | Absoluto em valores  | valores    |
| Custos específicos de estocagem de produtos              | Custos de estocagem em valores<br>RP   | Valores/UP |

Quadro 2 – Indicadores de Materiais

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Energia

Estes indicadores proporcionam a informação necessária para mostrar a eficiência energética de uma empresa, destacando a empresa que usa fontes de energia com baixas em emissões, como o gás natural ou as fontes de energia renováveis. O consumo de energia pode relacionar-se com o rendimento de produção (RP) obtido por uma empresa e representado concretamente por unidade de produção (UP). Outra medida para a tomada de decisão é a intensidade em energia, que representa a proporção de um processo, uma máquina, ou um departamento em concreto como uma parte do consumo total de energia. Para os processos industriais de produção é importante determinar indicadores de energia relativos ao processo para observar a eficiência.

| Indicador   |   | Unidade     |
|---|---|-------------|
| Consumo total de energia  | Absoluto  | kWh         |
| Consumo específico de energia                                       | Consumo total de energia<br>RP  | kWh/UP      |
| Quota de fonte de energia   | Consumo por fonte de energia em kWh<br>Consumo total de energia em kWh                | %           |
| Intensidade energética  | Consumo de energia de um processo (produto) em kWh<br>Consumo total de energia em kWh | %           |
| Quota de fontes de energia renováveis                               | Entrada de energias renováveis em kWh<br>Consumo total de energia em kWh              | %           |
| Total de custos energéticos   | Absoluto em valores   | valores     |
| Custos energéticos específicos                                      | Total dos custos energéticos em valores<br>Total dos custos de produção em valores    | %           |
| Custos energéticos específicos por fonte de energia                 | Custos por fontes de energia em valores<br>Consumo por fonte de energia em kWh        | valores/kWh |
| Economia de custos proporcionada pela conservação de energia (CICE) | Absoluto em valores   | valores     |

Quadro 3 – Indicadores de Energia

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Água

O indicador do consumo total de água se determina para todos os tipos de água e todos os pontos de consumo de água. Pode fazer-se uma distinção entre água potável e água bruta (água superficial, de manancial, lago, rio ou de chuva). O indicador “quota de tipo de água” indica a proporção de um tipo específico de água em percentagem em relação com o consumo total. O consumo específico de água, por outra parte, indica o consumo de água em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) por unidade produzida (artigo, lote, kg, etc.), e, por conseguinte, considera as variações do volume de produção.

Dependendo da intensidade em água (quota de consumo de água de um processo ou produto) também é válido estabelecer indicadores para processos individuais (produtos, equipamentos, instalações).

| Indicador  |   | Unidade                |
|--|---|------------------------|
| Consumo total de água                            | Absoluto em m <sup>3</sup> /h (m <sup>3</sup> /d)   | M <sup>3</sup> /h      |
| Quota de tipo de água                            | Consumo por tipo de água em m <sup>3</sup><br>Consumo total em m <sup>3</sup>                         | %                      |
| Consumo específico de água                       | Consumo de água em m <sup>3</sup> /h em kWh<br>RP   | m <sup>3</sup> /UP     |
| Intensidade da água                              | Consumo de água de um processo (produto) em m <sup>3</sup><br>Consumo total de água em m <sup>3</sup> | %                      |
| Custos de água                                   | Absoluto em valores   | valores                |
| Custos específicos de água                       | Custos de água por valores<br>Custos totais de produção em valores                                    | %                      |
| Custos específicos de água por qualidade da água | Custos por tipo de água em valores<br>Consumo por tipo de água em m <sup>3</sup>                      | valores/m <sup>3</sup> |

Quadro 4 – Indicadores de Água

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Indicadores de Saídas

Os indicadores de saídas são usados para supervisionar as emissões e os fluxos de resíduos assim como para controlar aspectos dos produtos relevantes para o meio ambiente. Suas metas são as seguintes: a) identificação as principais fontes de emissões e resíduos; b) redução os fluxos e os custos dos resíduos/as emissões atmosféricas/as águas residuais; c) otimização os aspectos ambientais dos produtos; d) redução os impactos ambientais locais.

## Resíduos

Os indicadores de resíduos são de grande importância para a gestão do meio ambiente. A base para estabelecer indicadores de resíduos é a quantidade total de resíduo medida em quilogramas ou toneladas. Os resíduos podem ser destinados à valorização ou à eliminação. Dentro do grupo dos resíduos a valorizar-se encontram-se os recicláveis. A proporção de resíduos recicláveis em porcentagem (taxa de reciclagem) se obtém ao relacionar o material reciclado com a quantidade total de resíduos. A porcentagem de resíduos que se destina à eliminação, mediante seu descarte em aterro sanitário, em relação com a quantidade de resíduos indica a taxa de eliminação em percentual.

| Indicador  |  | Unidade |
|--|--|---------|
| Quantidade total de resíduos                                   | Absoluto em t  | t       |
| Quantidade específica de resíduos                              | Tipo de resíduo em t<br>Produção   | t/UP    |
| Resíduos para reciclagem                                       | Resíduos reciclados absolutos em t   | t       |
| Resíduos para eliminação                                       | Resíduos não reciclados absolutos em t   | t       |
| Taxa de reciclagem   | Quantidade de resíduos reciclados em t<br>Quantidade total de resíduos em t          | %       |
| Taxa de eliminação   | Quantidade de resíduos que não se reciclam em t<br>Quantidade total de resíduos em t | %       |
| Resíduos que requerem supervisão especial (resíduos perigosos) | Resíduos perigosos absolutos em t  | t       |
| Taxa de resíduos perigosos                                     | Quantidade de resíduos perigosos em t<br>Quantidade total de resíduos em t           | %       |
| Custos de resíduos   | Absoluto em valores  | valores |
| Custos específicos de resíduos                                 | Custos totais de resíduos em valores<br>Custos totais de produção em valores         | %       |

Quadro 5 – Indicadores de Resíduos

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Emissões Atmosféricas

As emissões na atmosfera têm uma especial importância devido à possibilidade de causar impactos ambientais em outros meios, como por exemplo a contaminação dos solos. As quantidades absolutas de substâncias tóxicas emitidas podem ser usadas como indicadores básicos. Devido à variedade de emissão na atmosfera, os indicadores limitam-se às substâncias mais relevantes que são exigidas pela legislação. Entre eles se incluem: óxido de nitrogênio, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, partículas e compostos orgânicos voláteis.

Um método útil de calcular as emissões é considerar o fluxo de materiais e a quantidade de energia consumida.

| Indicador   |   | Unidade           |
|---|---|-------------------|
| Quantidade de emissão na atmosfera  | Absoluto em m <sup>3</sup> /h(m <sup>3</sup> /d, t/h, t/d)  | m <sup>3</sup> /h |
| Carga de emissão na atmosfera   | (CO <sub>2</sub> , NO, VOC, partículas, SO <sub>2</sub> ) absoluto em kg                                | kg                |
| Carga de emissão na atmosfera por unidade de processo                     | Carga de emissão na atmosfera (CO <sub>2</sub> , NO, VOC, partículas, SO <sub>2</sub> ) em kg (t)<br>RP | Kg(t)/UP          |
| Custos de depuração   | Absoluto em valores   | valores           |
| Custos específicos de prevenção/redução/control de emissão para atmosfera | Absoluto em valores<br>Total dos custos de produção em valores  | %                 |

Quadro 6 – Indicadores de Emissões Atmosféricas

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Águas Residuais

A quantidade total de águas residuais descartadas em metros cúbicos se obtém pela soma de todos os fluxos de água contaminadas e não contaminadas que se descarregam no coletor ou na rede de esgoto.

| Indicador  |  | Unidade                |
|--|--|------------------------|
| Quantidade total de águas residuais                                  | Absoluto em m <sup>3</sup> /h (m <sup>3</sup> /d)                            | m <sup>3</sup> /h      |
| Águas residuais pluviais   | Absoluto em m <sup>3</sup> /h  | m <sup>3</sup> /h      |
| Águas residuais contaminadas   | Absoluto em m <sup>3</sup> /h  | m <sup>3</sup> /h      |
| Quantidade de águas residuais específicas                            | Quantidade total de águas residuais em m <sup>3</sup> /h<br>RP em t          | m <sup>3</sup> /h      |
| Total de substâncias contaminadas                                    | Absoluto em kg (t)   | kg                     |
| Contaminação absoluta (P, N, S, metais pesados, óleos & graxas,...). | Absoluto em kg (t)   | kg                     |
| Carga de contaminação específica                                     | Carga de contaminação (P, N, S,.....) em kg (t)<br>RP em t                   | kg/t (t/t)             |
| Concentração de contaminação nas águas residuais                     | Contaminação em kg (t)<br>Quantidade de águas residuais em m <sup>3</sup> /h | g/m <sup>3</sup> (ppm) |
| Custos de águas residuais  | Absoluto em valores  | valores                |
| Custos de águas residuais específicas                                | Custos totais de resíduos em valores<br>Custos totais de produção em valores | %                      |

Quadro 7 – Indicadores de Águas Residuais

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Produtos

Os indicadores de produtos medem as melhorias do impacto ambiental de produtos, individual ou da gama completa de produtos. Também indicam vantagens relativas em comparação com outros produtos e/ou competidores. Os indicadores de produtos podem referir-se só aos aspectos ambientais do processo interno de fabricação de uma empresa, ou ao ciclo de vida completo do produto.

Os indicadores relativos do produto são baseados na quantidade produzida e devem desenvolver-se especialmente para a empresa em particular, posto que os respectivos atributos de produtos diferem dependendo da empresa ou setor. Por exemplo, podem referir-se aos seguintes aspectos do produto: possibilidade de reciclagem, etiquetas ambientais recebidas, forma de eliminação mais segura para o meio ambiente, uso de matérias-primas renováveis, fabricação eficiente quanto aos recursos. Produção e utilização baixas em emissões e vida útil do produto.

Para uma orientação estratégica dos produtos ambientais, poderia usar indicadores tais como “ingressos de eco produtos” ou “proporção de ingressos de ecoprodutos em relação com o total de ingressos”.

| Indicador   |  | Unidade |
|---|--|---------|
| Proporção de produtos com certificação                  | Quantidade de produtos com certificação em UP<br>Quantidade total de produtos em UP                            | %       |
| Proporção de produtos fabricados sem certificação       | Quantidade de produtos sem certificação em UP<br>Quantidade total de produtos em UP                            | %       |
| Proporção de produtos fabricados por reprocessamento    | Quantidade de produtos fabricados por reprocessamento em UP<br>Quantidade total de produtos em UP              | %       |
| Proporção de produtos movimentados por reprocessamento  | Quantidade de fabricados por reprocessamento em t<br>Quantidade total de produtos em t                         | %       |
| Proporção de produtos movimentados por tubovia (dutos)  | Quantidade de produtos movimentados por tubovia (dutos) em t<br>Quantidade total de produtos movimentados em t | %       |
| Proporção de produtos movimentados por caminhão tanque. | Quantidade de produtos movimentados por caminhão tanque em t<br>Quantidade total de produtos movimentados em t | %       |
| Custos totais de produtos transportados                 | Absoluto em valores  | valores |

Quadro 8 – Indicadores de Produtos

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## B) Indicadores de Infra-estrutura e Transporte

Os indicadores de infra-estrutura e transporte se referem aos impactos ambientais causados pelos equipamentos de fabricação e a logística de produção.

Estes indicadores podem ajudar a alcançar as seguintes metas: utilização eficiente do meio ambiente do equipamento e da área de produção, otimização da logística e dos custos de transporte e supervisão dos impactos ambientais locais.

### Indicadores de Infra-estrutura

A lista dos equipamentos existente por tipo e quantidade permite estabelecer indicadores ambientais na categoria de equipamento e infra-estrutura. Baseando-se nisto, pode determinar-se em detalhe o impacto ambiental de cada unidade.

O uso do espaço pode servir como indicador. Começando com a superfície total da empresa, as zonas se podem dividir-se em zonas cerradas e zonas verdes (zona que permite a drenagem da água da chuva), e ilustrar-se em seus metros quadrados absolutos respectivos ou em unidades relativas, como um tanto por cento da superfície total.

| Indicador   |  | Unidade |
|---|--|---------|
| Instalações submetidas à autorização  | Número segundo a Lei de Proteção Ambiental                                 | número  |
| Proporção de instalações submetidas à autorização                             | Número de instalações submetidas à autorização<br>Número total de unidades | %       |
| Proporção de unidades eficientes quanto ao meio ambiente                      | Unidades eficientes quanto ao meio ambiente<br>Número total de unidades    | %       |
| Incidentes perigosos  | Número de incidentes perigosos comunicados                                 | Número  |
| Disponibilidade de unidades   | Disponibilidade média em horas<br>Disponibilidade possível em horas        | %       |
| Equipamentos monitorados quanto ao meio ambiente e segurança (ruído, emissão) | Equipamento examinado<br>Equipamento total                                 | %       |
| Proporção de zona cerrada   | Zona cerrada em m <sup>2</sup><br>Área total em m <sup>2</sup>             | %       |
| Proporção de zona verde   | Zona verde em m <sup>2</sup><br>Área total em m <sup>2</sup>               | %       |

Quadro 9 – Indicadores de Infra-estrutura

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

## Indicadores de Transporte

A importância do transporte na proteção ambiental tem aumentado muito. Entre os problemas não só se inclui a redução dos impactos ambientais, tais como contaminação do ar, consumo de energia e ruído, mas também se inclui assegurar uma logística de transporte segura: um requisito que está ganhando totalmente importância em todos os tipos de empresas.

Uma distinção pode-se fazer entre os transportes de passageiros e de mercadorias. Enquanto as empresas fabricantes deveriam centrar-se em transporte de mercadorias e matérias-primas quando estabelecem seus indicadores, o transporte de passageiros e os deslocamentos por negócios são mais importantes para as empresas de serviços. Os indicadores de transportes são especialmente importantes para as empresas comerciais, visto que seu campo de negócio principal consiste em distribuir mercadorias.

| Indicador  |   | Unidade            |
|--|---|--------------------|
| Volume de transporte de produtos                                 | Absoluto em t ou t - km   | t(ou t - km)       |
| Proporção de médias de transporte                                | Volume por meio de transporte tubovia/caminhão tanque em t (ou t-km)<br>Volume total de transporte em t (ou t - km) | %                  |
| Intensidade em transporte  | Volume de transporte de produtos em t (ou t - km)<br>RP   | km(ou t-<br>km)/UP |
| Taxa de utilização da capacidade                                 | Quantidade de transporte tubovia/caminhão tanque em t<br>Quantidade máxima de transporte em t                       | %                  |
| Total de transporte de produtos perigosos                        | Número  | número             |
| Proporção de médias de transporte para produtos perigosos        | Número de produtos por meio de transporte (dutos, carreta,...)<br>Número total de produtos transportados            | %                  |
| Deslocamento por negócios  | Absoluto em km  | km                 |
| Deslocamento por negócios por empregado                          | Deslocamento por negócios em km<br>Número de empregados   | km/E               |
| Meio de transporte por deslocamento por negócios                 | Deslocamentos por negócios em km<br>Volume total de transporte em km  | %                  |
| Tráfico entre os domicílios e o trabalho                         | Absoluto em quilometragem de passageiros (p - km)   | P - km             |
| Tráfico entre o domicílio e o trabalho por empregado             | Tráfico entre os domicílios e o trabalho em o - km<br>Número de empregados  | P - km/E           |
| Tráfico entre os domicílios e o trabalho por meio de transporte. | Tráfico entre os domicílios e o trabalho em km<br>Volume total de transporte em km                                  | %                  |

Quadro 10 – Indicadores de Transportes

Fonte: Sociedade Pública de Gestão Ambiental (2006).

### **2.1.5 Indicadores de Gestão Ambiental**

Referem-se às ações da organização que a direção está empreendendo para minimizar o impacto ambiental da empresa. São os esforços da gestão dirigidos a facilitar a infra-estrutura necessária para uma gestão ambiental de êxito. Esses indicadores servem para medir a informação e para o controle interno. Seus objetivos são: a) medir até que ponto estão integrados os aspectos do meio ambiente nas atividades da empresa; b) mostrar conexões entre os impactos ambientais e as atividades da gestão ambiental; c) avaliar o estado de sua implantação; d) controlar e supervisionar as políticas ambientais; e e) possibilitar a integração das variáveis dos custos ambientais na gestão ambiental.

#### **2.1.5.1 Indicadores de situação ou estado ambiental**

Estes indicadores proporcionam informação sobre a qualidade do entorno de uma empresa, o estado do meio ambiente local, regional e mundial. Estas informações servem para obtenção de sistemas de indicadores de comportamento ambiental específico relativo aos principais problemas do meio ambiente. Cobrem os impactos ambientais em geral associados às atividades, aos produtos e aos serviços de uma organização.

A situação ambiental que, entre outras, está influenciada pelos fluxos de entrada e saída de uma empresa, é medida e avaliada por instituições governamentais e outras instituições públicas usando indicadores ambientais nas escalas local, regional, estatal e global. Isto permite que os problemas ambientais atuais como, por exemplo, os relativos à contaminação do ar, resíduos, ruído, biodiversidade, águas e proteção do solo, sejam quantificadas para preparar e apoiar as decisões e as prioridades da política ambiental governamental.

Os indicadores ambientais públicos muitas vezes podem servir como dados de referência para empresas que derivam indicadores de comportamento e de gestão ambiental, assim como para identificar impactos ambientais relevantes de suas atividades operacionais e fixar suas prioridades.

Os indicadores de situação ambiental devem determinar se a empresa tem influência nas condições ambientais locais. Estes indicadores dividem-se em: Indicadores da Situação ou Estado da Água, do Solo, do Ar, da Flora e da Fauna.

Todas as empresas devem determinar por si mesmas sobre que problema ambiental local ou regional tem influência significativa e onde poderá ser valioso determinar os indicadores de situação do meio ambiente.

Apontamos alguns exemplos de indicadores de situação ambiental: a) Poderia ser importante para uma fábrica de papel em uma área mista, com construções industriais e residenciais, medir a contaminação por odor na sua vizinhança; b) Um aeroporto, que realiza a maior contribuição na contaminação por ruídos em uma zona povoada próxima, pode medir os níveis de ruído local; c) Poderia ser valioso para uma fundição de alumínio realizar o seguimento da acumulação de substâncias perigosas no ar, no solo ou nas plantas próximas à fábrica para controlar a eficácia das medidas de redução das emissões.

#### **2.1.6 Classificação dos indicadores ambientais regionais**

De acordo com a classificação da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), os Indicadores Ambientais (IA) podem ser sistematizados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta (PER), que assenta em três grupos chaves de indicadores:

Pressão – caracteriza as pressões sobre os sistemas ambientais e podem ser traduzida por indicadores de emissão de contaminantes, eficiências tecnológicas, intervenção no território e de impacto ambiental. Os indicadores de pressão sobre o meio ambiente descrevem as pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente e sobre os recursos naturais. Entende-se aqui por “pressões” aquelas subjacentes ou indiretas (ou seja, a atividade propriamente dita e as tendências importantes do ponto de vista ambiental), assim como as pressões imediatas ou diretas (ou seja, a utilização de recursos e o lançamento de poluentes e de resíduos).

Estado – reflete a qualidade do ambiente num dado horizonte espaço/tempo: por exemplo, indicadores de sensibilidade, risco e qualidade ambiental. Referem-se

à qualidade do meio ambiente e à qualidade e quantidade dos recursos naturais. Refletem, assim, o objetivo final das políticas ambientais e visam fornecer uma visão geral do estado do meio ambiente e de sua evolução no tempo. A esta categoria pertencem às concentrações de poluentes nos diversos meios, o excesso de cargas críticas, a exposição da população a certos níveis de poluição ou a um ambiente degradado, o estado da fauna e da flora e as reservas de recursos naturais. Na prática, mensurar as condições ambientais pode revelar-se difícil ou oneroso; por isso mesmo, as pressões sobre o meio ambiente são freqüentemente utilizadas como substituto.

Resposta – avalia as respostas da sociedade às alterações e preocupações ambientais, bem como a adesão a programas e/ou à implementação de medidas em prol do ambiente; podem ser incluídos neste grupo os indicadores de adesão social, de sensibilização e de atividades de grupos sociais importantes. Os indicadores das respostas da sociedade mostram em que grau a sociedade responde às questões ambientais. Eles remetem às ações e reações individuais e coletivas visando: a) atenuar ou evitar os efeitos negativos das atividades humanas sobre o meio ambiente, ou a isso se adaptar; b) impor um limite às degradações já infligidas ao meio ambiente ou remediá-las; c) conservar e proteger a natureza e os recursos naturais.

Entre eles, podem-se citar os recursos aplicados na proteção do meio ambiente, a estrutura dos preços, os setores de mercado representativos dos bens e serviços respeitosos do meio ambiente, as taxas de redução da poluição e as de reciclagem dos resíduos. Na prática, estes indicadores concernem essencialmente às medidas de luta contra a poluição; dificilmente se consegue obter indicadores sobre as ações medidas de prevenção de integração.

O modelo PER baseia-se na idéia de que as atividades humanas exercem pressões sobre o meio ambiente e afetam a sua qualidade e a quantidade de recursos naturais (estado); a sociedade responde a estas mudanças, adotando políticas ambientais, econômicas e setoriais, tomando consciência das mudanças ocorridas e a elas adaptando o seu comportamento (resposta da sociedade). Este modelo apresenta a vantagem de evidenciar estes elos e ajudar os tomadores de decisão e o público a perceber a interdependência entre as questões ambientais e as outras (sem, todavia, esquecer que existem relações mais complexas nos

ecossistemas e nas interações meio ambiente-sociedade). Na figura 1, mostramos a estrutura conceitual do modelo PER da OCDE.

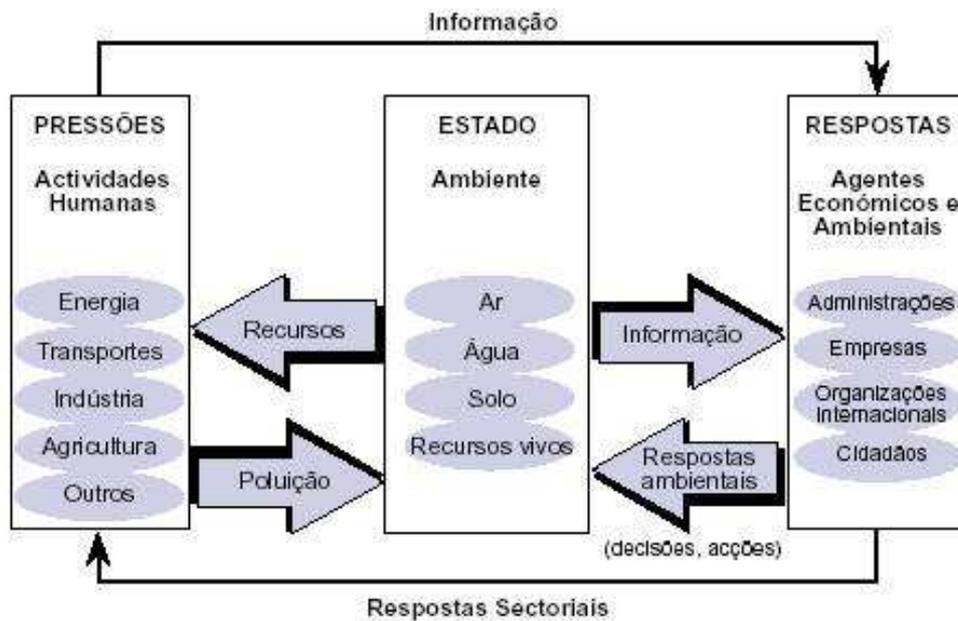


Figura 1 – Estrutura conceitual do Modelo PER da OCDE  
Fonte: Agência Portuguesa de Meio Ambiente (2006).

Dependendo do objetivo para o qual o PER é utilizado, este pode ser facilmente ajustado de acordo com a necessidade de uma maior precisão ou com características particulares.

A Agência de Proteção do Ambiente Norte-americana (USEPA) tem desenvolvido estudos na área de indicadores e índices ambientais, num dos quais é apresentada uma modificação do modelo PER. Denominado Pressão-Estado-Resposta-Efeito (figura 2), este modelo difere do modelo adotado pela OCDE em alguns pontos fundamentais, nomeadamente na inclusão de uma nova categoria denominada Efeitos.

Esta categoria está essencialmente relacionada com a utilização de indicadores para avaliar as relações existentes entre variáveis de pressão, estado e resposta. Este tipo de informação poderá ser muito útil para ajudar a delinear critérios de decisão no estabelecimento de objetivos/metas de política ambiental.

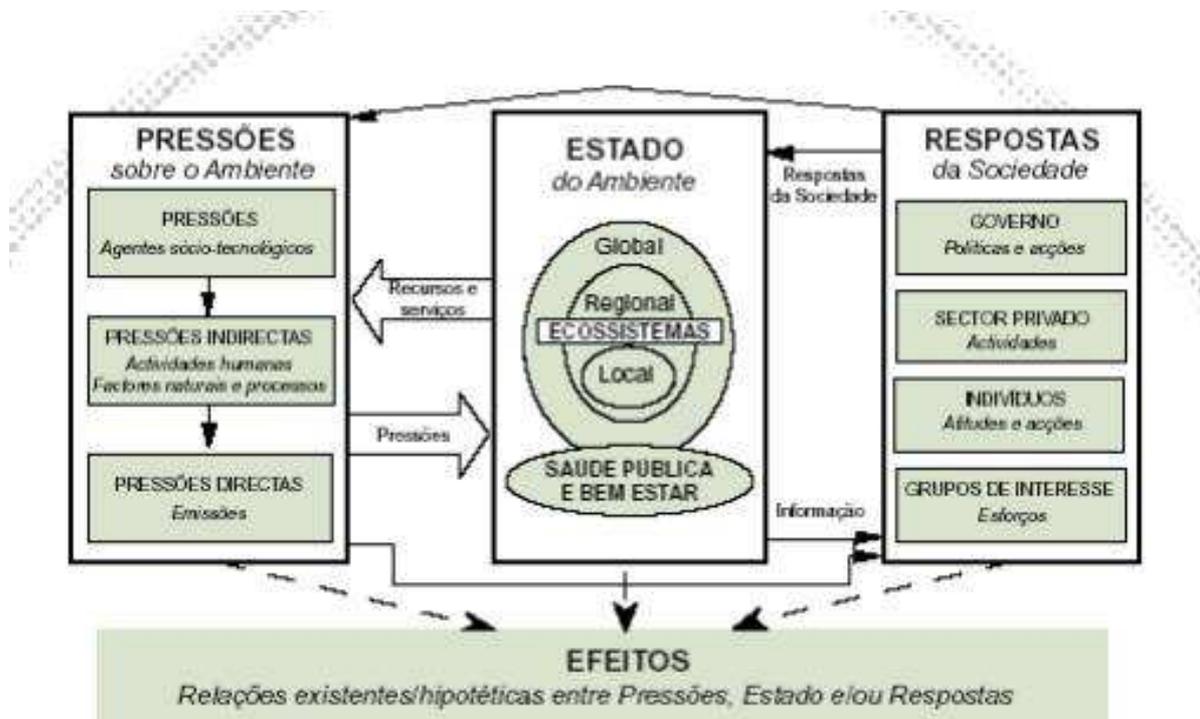


Figura 2 – Estrutura conceitual do modelo Pressão-Estado-Resposta-Efeitos proposto pela USEPA  
 Fonte: Agência Portuguesa de Meio Ambiente (2006).

Já a Agência Europeia do Ambiente (AEA) propõe um modelo conceitual, denominado DPSIR (figura 3), cuja filosofia geral é dirigida para analisar problemas ambientais.

Este modelo considera que as Atividades Humanas (D – “Driving forces”), nomeadamente as indústrias e os transportes, produzem Pressões (P – “Pressures”) no ambiente, tais como emissões de poluentes, as quais vão degradar o Estado do Ambiente (S – “State of the environment”), que por sua vez poderá originar Impactos (I – “Impacts on the environment”) na saúde humana e nos ecossistemas, levando a que a sociedade emita Resposta (R – “Responses;”) através de medidas políticas, tais como normas legais, taxas e produção de informação, as quais podem ser direcionadas a qualquer compartimento do sistema.

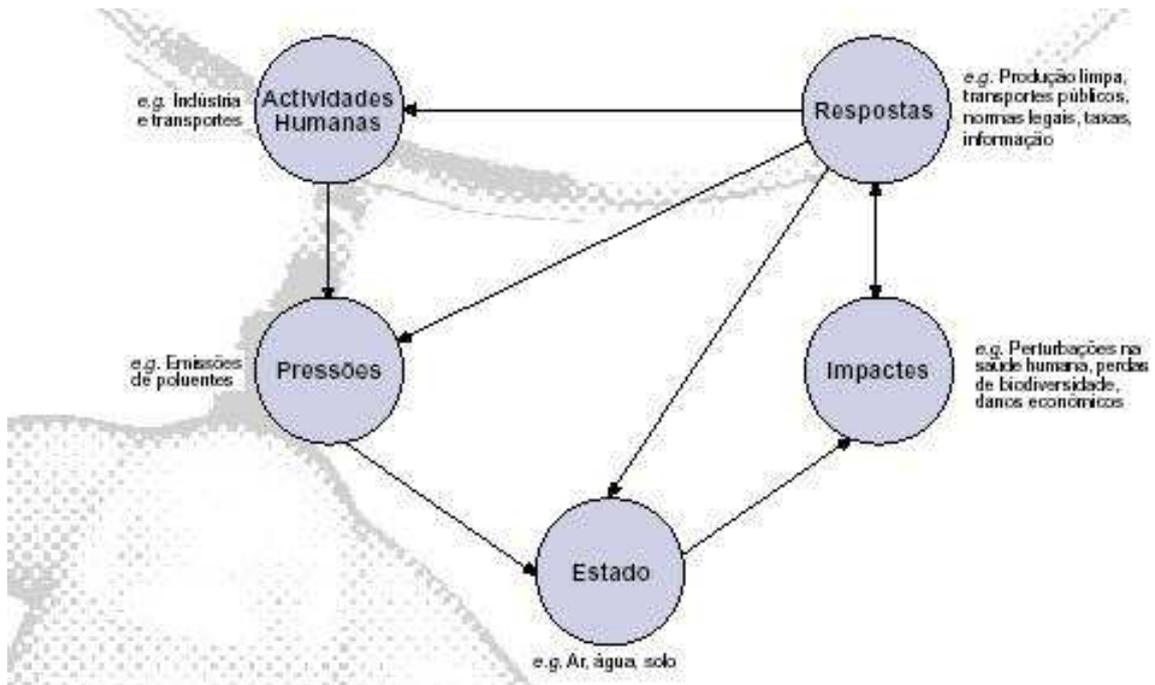


Figura 3 – Estrutura conceitual do modelo DPSIR proposto pela AEA  
 Fonte: Agência Portuguesa de Meio Ambiente (2006).

## 2.2 RECURSOS HÍDRICOS E ENQUADRAMENTO LEGAL

A Lei federal nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, que oferece uma eficiente legislação sobre o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil.

A partir desta lei o gerenciamento das bacias hidrográficas passou a ser de competência dos Comitês de Bacias, órgãos formados por representantes da União, dos estados, dos municípios e dos usuários das águas de sua área de atuação.

Os comitês são a forma democratizada e descentralizada para discutir os problemas e apontar as soluções ambientais para cada bacia, permitindo gerenciar cada bacia hidrográfica conforme suas peculiaridades.

A Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), é o órgão gestor de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. Criada como autarquia pelo Decreto-Lei nº 39/75, e transformada em Fundação através do Decreto-Lei nº 1.671/90, a SERLA desenvolve a política de recursos hídricos no estado.

Tal política segue a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei Estadual nº 3239, de 2 de agosto de 1999, que instituem a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e regulamenta a Constituição Estadual.

São os comitês que apontarão onde os recursos provenientes da cobrança de outorgas deverão ser aplicados, através de seus planos de bacia, que deverão ser homologados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídrico, instituído pela mesma lei estadual, nº 3239/99, e regulamentado pelo Decreto nº 32.862, de 12 de março de 2003.

O Conselho é um órgão colegiado, no âmbito da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR), integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI), com atribuições normativas, consultivas e deliberativas.

O estado do Rio de Janeiro, através do Projeto “Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses”, foi dividido em macrorregiões ambientais oficializadas pelo Decreto Estadual nº 26.058 de 14 de março de 2000. Com o objetivo de estabelecer unidades básicas de planejamento e intervenção da gestão ambiental, essas macrorregiões foram estabelecidas segundo critérios técnico-ambientais, administrativos e políticos, considerando em primeira instância a bacia hidrográfica como unidade territorial básica à promoção da gestão ambiental.

A macrorregião ambiental denominada “Macrorregião Ambiental da Baía de Guanabara, das Lagoas Metropolitanas e Zona Costeira Adjacente” (MRA1), onde esta inserida a Baía de Guanabara e abrange, além de seu setor costeiro, as seguintes bacias hidrográficas: Bacias das lagoas de Marapendi, Jacarepaguá, Camorim, Tijuca e Rodrigo de Freitas; Bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas; Bacias das lagoas de Piratininga e Itaipu; Bacia do Sistema Lagunar de Maricá; Bacia da Baía de Guanabara e microbacias hidrográficas insulares da Baía de Guanabara, sendo, portanto a macrorregião onde está localizada a REDUC.

A REDUC está na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara, cuja gerência compete ao Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, instituído pelo Decreto 38.260. No entanto, cabe citar que no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA), considera-se como Bacia Hidrográfica na área da REDUC a Sub-

Bacia dos Rios Macaé, São João e Outros, de código 59, que pertence à Bacia Hidrográfica Atlântica - Trecho Leste (código 5).



Figura 4 – Localização da Refinaria de Duque de Caxias  
Fonte: Digital Globe (2007).

De acordo com a publicação da Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (CIDE) chamada “Território”, a hidrografia do Estado do Rio de Janeiro tem como principais fatores de influência o relevo e o clima, que influenciam não apenas no regime de rios como também no perfil longitudinal dos mesmos e na disposição e forma das redes hidrográficas.

### 2.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica pode ser definida, segundo Christofletti (2001, p. 25), como “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto”, no qual cada um dos elementos, energia e matéria apresentam função própria, estando estruturados e intrinsecamente relacionados. Desta forma, qualquer alteração a um deles acarretará mudanças nos demais, ou seja, a bacia é considerada como um sistema, havendo interação entre os

elementos sociais e naturais que a constituem. A resolução CONAMA nº 001, de 23/01/86 (BRASIL, 1986) define impacto ambiental como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:  
I - a saúde, a segurança e o bem estar da população;  
II - as atividades sociais e econômicas;  
III - a biota;  
IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;  
V - a qualidade dos recursos ambientais.

No que se refere ao conceito de planejamento ambiental, Almeida (2003, p. 14) diz que este “consiste em um grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as conseqüências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação”, ou ainda “um conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as aptidões e uso dos territórios planejados”.

Para Rodriguez (2004, p. 583-584), o planejamento ambiental tem como principal objetivo “garantir, de forma completa, as condições ecológicas para o desenvolvimento efetivo da produção social, e todas as atividades da população, através do uso racional e da proteção dos recursos do meio ambiente”.

Tauk-Tornisielo (2005, p. 23) consideram como ambiente “todo conjunto de fatores físicos, biológicos e antrópicos existentes no espaço que é influenciado por um organismo, uma população, uma comunidade ou por uma organização, assim como as relações que existem entre tais componentes”.

Desta forma, em estudos ecológicos “o ambiente é tratado como um sistema, ou seja, um conjunto de partes que se integram, direta ou indiretamente, de modo que cada um deles dependa do comportamento dos demais”. Porém, no Sistema Ambiental “define-se o ambiente como um conjunto de processos e interações de elementos que o constituem, incluindo-se além dos fatores físicos e os bióticos, aqueles de natureza sócio-econômica, cultural, política e institucional”.

Para compreensão da bacia hidrográfica no âmbito da abordagem sistêmica, consideramos Christofolletti (2001), que dá suporte no que se refere, principalmente, aos sistemas hídricos e análise integrada de seus elementos. Na composição dos sistemas há aspectos essenciais, tais como a matéria, a energia e a estruturas destes.

O material que é transportado, como por exemplo, água e sedimentos de um rio constituem-se na matéria. Já a força que faz o sistema funcionar com capacidade de gerar trabalho é a energia.

Todos os processos agem conforme a energia fornecida. A estrutura é formada pelos elementos e suas relações, expressando-se de acordo com os arranjos de seus componentes. O elemento é a unicidade básica do sistema, por exemplo, no sistema hidrográfico o rio é um de seus elementos (CHRISTOFOLETTI, 2001).

Os sistemas podem ser classificados como abertos ou fechados. Este último é aquele em que há troca, recebimento e perda de energia, mas no qual não ocorre troca de matéria. O planeta Terra atende a essas condições, pois recebe energia solar que é irradiada e não recebe nem perde matéria, de forma significativa, de outros planetas ou astros.

Os sistemas abertos são aqueles nos quais há trocas constantes de matéria e energia, perdendo e recebendo, como é o caso da bacia hidrográfica, na qual ocorre a interação entre os elementos sociais e naturais e a indivisibilidade da água nas suas fases meteórica, superficial ou subterrânea (CHRISTOFOLETTI, 2001).

As alterações antrópicas acarretam mudanças nos sistemas, sejam eles hidrográficos ou não. Estas interferem no seu equilíbrio dinâmico. Há então, um ajuste das suas variáveis internas às condições externas.

Assim, “as formas e seus atributos apresentam valores dimensionais de acordo com as influências exercidas pelo ambiente, que controla a qualidade e a quantidade de matéria e energia a fluir pelo sistema” (CHRISTOFOLETTI, 2001, p. 57). O autor diz ainda que:

o sistema aberto pode atingir o equilíbrio dinâmico, no qual a importação e a exportação de energia e matéria são equacionados por meio de um ajustamento das formas, ou geometria, do próprio sistema. Assim, o gradiente dos canais fluviais é ajustado a quantidade de água e carga e a resistência do leito, de tal modo que o trabalho seja igual em todas as partes do curso. Esse ajustamento é conseguido devido à capacidade de auto-regulação, e como há interdependência entre os elementos de todo o sistema, qualquer alteração que se processa em um segmento fluvial será paulatinamente comunicada a todos os demais elementos fluviais. E como um membro do sistema pode influir em todos os outros, cada um dos membros pode ser influenciado por qualquer outro (CHRISTOFOLETTI, 2001, p. 169).

Ao considerar a bacia hidrográfica temos como suas partes e elementos constituintes, entre outros, conforme destaca Leal (2005, p. 14):

as vertentes, os fundos de vale, o rio; como matéria: a água e os detritos; e como energia: a energia potencial (gravidade) e a cinética (energia do movimento – águas, ventos, etc.). Cada um desses elementos, matérias e energias apresentam uma função própria e estão estruturados e intrinsecamente relacionados entre si. O que ocorrer a qualquer um deles terá reflexo sobre os demais.

Se o sistema estiver em equilíbrio, a chuva entra como input de matéria e energia e se distribui pelos vários compartimentos da bacia hidrográfica: infiltrando, escoando ou evapotranspirando. Nas vertentes essa água pode escoar para os canais fluviais ou infiltrar, abastecendo o lençol freático. Os rios recebem a carga de detritos e água que pode ser armazenados no leito ou nas margens, ou ainda, ser transportados para rios e oceanos, etc. (LEAL, 2005). Assim, tudo o que ocorrer na bacia hidrográfica repercutirá nos rios, de forma direta ou indireta.

A sociedade também faz parte deste sistema, havendo intensa interação. A cidade então faz parte da bacia hidrográfica, contribuindo significativamente para sua transformação, o que se faz muitas vezes de modo a provocar seríssimos problemas.

Existem várias inter-relações entre as bacias hidrográficas e as cidades. Nas cidades ocorrem, com freqüência, alteração, adição e subtração de muitos elementos, matérias e energias ao(s) sistema(s) bacia(s) hidrográfica(s). São exemplos comuns dessa transformação, o desmatamento e impermeabilização dos fundos de vales, que dificultam a infiltração e recarga do lençol freático, acelerando o escoamento superficial para os rios; as várzeas (leito maior) e as vezes, até o leito menor dos rios são ocupados por moradias, indústrias, depósitos de lixo irregulares, os quais atuando conjuntamente com o assoreamento do seu canal, provocado por lixo e sedimentos, acabam reduzindo a capacidade de vazão dos mesmos, levando-os a transbordamentos.

O processo de urbanização que se intensificou depois da Revolução Industrial e o desenvolvimento industrial alavancaram o crescimento da urbanização que até 1800 não atingia 2,5% da população mundial, que vivia em cidades com até 20.000 habitantes. Em 2000, o número de pessoas que viviam em cidades com mais de 100.000 habitantes chega a 50% da população mundial.

Houve um crescimento acelerado e também a concentração da população em grandes e médias cidades, além da questão da especulação imobiliária e do alto valor do solo urbano que impedem o acesso digno, de muitas pessoas, às moradias.

Essa população com poucos recursos acaba por estabelecer-se nas periferias das cidades, em morros e fundos de vales. Esses locais, geralmente, são atingidos por desmoronamentos, enchentes e inundações, entre outros problemas (LEAL, 2005).

Ikuta (2003) destaca a relevância das águas doces no processo de desenvolvimento da sociedade urbano-industrial e os impactos resultantes da demanda das funções urbanas, que culminam em alterações, chamando atenção para a necessidade de se reconhecer às inter-relações estabelecidas entre bacias hidrográficas e cidades. Esta autora ressalta que:

a ausência de conhecimento sobre tais inter-relações por grande parte dos cidadãos, assim como o domínio deste pelos agentes públicos e privados responsáveis pela produção do espaço urbano e, ainda, a negligência, têm causado graves problemas ambientais, que se expressam mais fortemente nas águas (IKUTA, 2003, p. 36).

Leal (2005) enfatiza a necessidade de se adaptar projetos de loteamentos à topografia do local, para evitar muitos problemas ambientais. O parcelamento do solo, por exemplo, deveria adequar-se a topografia, as declividades e a drenagem da área a ser loteada. Com isso poderiam ser evitados desmatamentos totais de áreas; grandes movimentações de terra, tal como a terraplanagem; remoção do solo superficial e exposição do solo de alteração (constituem-se nas camadas inferiores bem mais erodíveis que o solo superficial); soterramento de nascentes e cursos d'água, o que contribuiria para o planejamento ambiental das microbacias urbanizadas.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, podendo ser ela urbana ou rural é de aceitação internacional, justificando-se tal fato, não só porque a bacia se constitui numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como do ponto de vista da funcionalidade de seus elementos, mas, também, porque não há qualquer área de terra, por menor que seja que não se integre a uma bacia.

A expressão bacia hidrográfica pode ser utilizada tanto para grandes como para pequenas áreas de terras, bastando localizá-la no espaço, ajustando-lhe o nome do curso d'água responsáveis pela drenagem superficial da área.

Leal (2005) dá importância ao processo de planejamento ambiental em bacias hidrográficas urbanizadas para mudar as relações conflituosas entre

sociedade/natureza dizendo que é necessário transformar esta situação através da implementação de inúmeras mudanças, dentre as quais: a democratização do planejamento, o desenvolvimento do planejamento ambiental em todos os níveis de ação e a inclusão da análise das microbacias urbanizadas na elaboração do planejamento ambiental das cidades.

#### 2.4 BACIA DA BAÍA DE GUANABARA

Esta bacia hidrográfica compreende uma área de 4.081 km<sup>2</sup> (Figura 5), apresenta uma topografia diversificada, sendo constituída por planícies, das quais se destaca a grande depressão denominada “baixada fluminense”.

Segundo o Centro de Informação da Baía de Guanabara, a Baía de Guanabara não é um acidente geográfico autônomo, ou seja, não existe sozinha. Além de precisar do mar, que renova diuturnamente suas águas constantemente, é o corpo receptor final de todos os efluentes líquidos gerados nas suas margens e nas bacias dos 55 rios e riachos que a alimentam.

Segundo o Instituto Baía de Guanabara esta baía pode ser considerada um estuário cujos rios levam a ela, em média, mais de 200 mil litros de água por segundo. Essa água é captada pelas bacias hidrográficas desses rios que, somados, formam a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara.

A Bacia da Baía de Guanabara é formada pelos municípios de Duque de Caxias, São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis, São Gonçalo, Magé, Guapimirim, Itaboraí, Tanguá e partes dos municípios do Rio de Janeiro, Niterói, Nova Iguaçu, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito e Petrópolis, a maioria localizada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Esta região abriga cerca de dez milhões de habitantes, o equivalente a 80% da população do estado, e apresentou no período entre 1980 e 1991 a maior taxa de crescimento do país. Dessa população, 7,6 milhões de habitantes, habitam especificamente na Bacia da Baía de Guanabara.

No período de 1984 e 1991, as áreas urbanizadas na Bacia da Baía de Guanabara expandiram-se em 87km<sup>2</sup> e, em contrapartida, a área de florestas reduziu em 95km<sup>2</sup>. Neste contexto cabe citar que dos 260km<sup>2</sup> originalmente cobertos por manguezais, uma das principais fisionomias vegetais da região, na Bacia da Baía de Guanabara, restam apenas 82km<sup>2</sup>. A destruição dos manguezais causa a

redução da capacidade de reprodução de diversas espécies de vida aquática e intensifica o processo de assoreamento que, ao longo do tempo, resulta na progressiva redução de profundidade da Baía.

Os efeitos dessa desordenada ocupação do solo se fazem sentir na estação chuvosa com freqüentes enchentes, além da inadequação de suas águas para o consumo doméstico e industrial.

Os municípios de Duque de Caxias, Belford Roxo, Magé, Nova Iguaçu, São João do Meriti, parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e, mais especificamente, da Região da Baixada Fluminense fazem parte da área de influência indireta do estudo. Trata-se de municípios extremamente populosos, com uma elevada densidade demográfica, que durante muitos anos assumiam a características de servirem como “Cidades-dormitório” da cidade do Rio de Janeiro.

A partir da década de 1960, com a vinda de diversas indústrias para a região destacando-se neste contexto a implantação da REDUC – estes municípios passaram a observar um ritmo próprio de crescimento, tornando-se mais independentes da capital do estado, tanto no que se refere ao mercado de trabalho como pela oferta de estruturas próprias dos serviços essenciais para a cidadania, notadamente nas áreas de saúde, saneamento e educação.

Existem sérias deficiências nas condições de saneamento nesses municípios como em toda a Baixada Fluminense. Com exceção de São João de Meriti, e levando-se em consideração que se tratam de áreas eminentemente urbanas, em todos os outros municípios a parcela das residências abastecidas com água através de rede geral está em nível inferior à média do estado do Rio de Janeiro.

No município de Magé a situação é ainda mais crítica, com somente 47% dos domicílios e dos moradores contando com rede de água no ano de 2000, segundo o IBGE. Em São João de Meriti este serviço chega a alcançar 95% dos domicílios e dos moradores.

Cerca de 400 indústrias, do total de 14.000 existentes, são responsáveis pelo lançamento de quantidades expressivas de poluentes na Baía de Guanabara e nos rios da bacia.

A Refinaria Duque de Caxias (REDUC), a maior dessas indústrias e a mais complexa refinaria do sistema Petrobras contribui com carga de óleos & graxas e metais pesados.



## 2.5 SEDIMENTOLOGIA

Segundo Carvalho Filho (2000), no seu levantamento desenvolvido em sua tese de doutorado sobre a Remobilização e a Biodisponibilidade de Metais em sedimentos estuarianos, que coletou testemunhos notadamente da região em que se encontram as Bacias Hidrográficas do Iguaçu e Sarapuí, foram caracterizados a dinâmica de sedimentação e as concentrações de metais.

De acordo com o referido trabalho, os sedimentos de fundo da Baía de Guanabara podem ser classificados em vários tipos. Entretanto, nos locais do fundo da baía são predominantes às chamadas lamas terrígenas (sedimentos de granulometria fina, com mais de 90% de silte e argila), relacionadas, principalmente, à diminuição da velocidade das correntes de marés. Outra hipótese para a presença destas lamas seria a floculação e deposição de argilas devidas à zona de estratificação estuarina. Nestas áreas, onde se tem o “ponto nulo”, local onde a resultante do movimento da água é igual a zero, observa-se uma grande concentração de sedimentos em suspensão, além de uma mistura mais efetiva das águas salgada e doce. Todo este processo acaba de favorecer a floculação e conseqüente deposição de sedimentos (SECRETARIA ESTADUAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000). As taxas de sedimentação na baía são altas, e podem atingir 2-3 cm/ano. (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, 2000).

Tabela 1 - Aporte de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total e sólido em suspensão para a Baía de Guanabara através dos rios Iguaçu e Sarapui (valores em t/dia)

| Parâmetro            | Rio Iguaçu<br>(vazão 27,01 m³/s) | Rio Sarapuí<br>(vazão 20,61 m³/s) |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| DBO                  | 28,1                             | 42,7                              |
| DQO                  | 117                              | 142,6                             |
| Nitrogênio total     | 14,0                             | 26,7                              |
| Fósforo total        | 2,3                              | 3,6                               |
| Sólidos em suspensão | 93,3                             | 35,6                              |

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (2000).

A Baía de Guanabara apresenta, em algumas áreas, elevadas concentrações de metais nos seus sedimentos, potencialmente tóxicos à biota aquática, conforme mostram diversos trabalhos publicados nas últimas duas décadas (SCHORCHER, H. D. 1982; HAEKEL et al. 1985; VAN DEN BERG, REBELLO, 1986; LEAL, WAGENER, 1993; BARROCAS, et al. 1995; ALEVATO, REBELLO, 1991). Destes trabalhos observa-se que a região norte da Ilha do Governador é a mais degradada, a qual recebe os aportes dos rios São João de Meriti, Sarapuí, Iguaçu e Estrela. Estes rios encontram-se contaminados por efluentes industriais, por esgotos domésticos e por efluentes de aterro sanitário.

Segundo Rebelo et al (2003,), a elevada carga de particulados trazida pelos rios e a alta produtividade primária da baía produz uma rápida precipitação de material altamente contaminado com metais num raio de cerca de 7-8 km a partir da desembocadura dos rios. No caso dos rios Iguaçu e Estrela, o estoque de cromo e cobre depositado nos estuários chega à ordem de g/kg.

Pela dinâmica sedimentar complexa das regiões dos rios Iguaçu e Sarapuí, podem-se depreender que não é possível identificar as fontes específicas de contaminação do sedimento destas áreas. No entanto, podem-se verificar, conforme dados da tabela 1 que fontes distintas como, por exemplo, o cromo (Cr) no rio Iguaçu e no rio Sarapuí, acima da ponte na rodovia Washington Luiz, antes dos descartes da REDUC e Aterro Sanitário de Gramacho que as concentrações totais são semelhantes e as disponíveis são diferentes.

Também, a ação das marés sobre os rios podem afetar a dinâmica do metal no sistema fluvial, podendo haver redistribuição entre as fases dissolvida e particulada, com reflexos no aporte de contaminantes para o espelho d'água da baía.

A Tabela 2, compilada da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (2000) mostra as concentrações totais e disponíveis (extração com HCL 1 mol/L), de alguns metais nos sedimentos dos rios Iguaçu, Sarapuí e Baía de Guanabara.

Tabela 2 – Concentrações totais e disponíveis (extração com HCl 1 mol/L) de metais em sedimentos (fração fina) relativo ao ano de 1997. Resultados em µg/g.

| Local  | Fração     | Metal (µg/g <sup>-1</sup> ) |     |       |     |      |     |      |     |    |
|--|------------|-----------------------------|-----|-------|-----|------|-----|------|-----|----|
|  |            | Cr                          | Mn  | Fe    | Ni  | Cu   | Zn  | Cd   | Hg  | Pb |
| Rio Iguaçu acima da ponte rodovia Washington Luiz  | Total      | 25                          | 300 | 37000 | 9   | 1000 | 200 | 1    | 0,3 | 60 |
|  | Disponível | 3,5                         | 155 | 3520  | 6,5 | 73   | 170 | 0,7  | -   | 22 |
| Rio Iguaçu REDUC                                   | Total      | 60                          | 140 | 27000 | 20  | 120  | 500 | 2    | 0,5 | 80 |
|  | Disponível | 45                          | 83  | 7600  | 12  | 96   | 278 | 1,4  | -   | 45 |
| Rio Iguaçu desembocadura                           | Total      | 2400                        | 500 | 38000 | 50  | 1300 | 500 | 2    | 0,5 | 90 |
|  | Disponível | 400                         | 135 | 3220  | 35  | 73   | 480 | 1,5  | -   | 40 |
| Rio Sarapuí acima da ponte rodovia Washington Luiz | Total      | 250                         | 180 | 17000 | 150 | 70   | 200 | 2    | 0,3 | 50 |
|  | Disponível | 3,4                         | 165 | 4600  | 12  | 69   | 38  | 1,2  | -   | 38 |
| Rio Sarapuí Aterro sanitário                       | Total      | 2500                        | 300 | 30000 | 15  | 800  | 800 | 2    | 0,5 | 80 |
|  | Disponível | 25                          | 150 | 6450  | 8,5 | 65   | 280 | 1,8  | -   | 40 |
| Baía de Guanabara Estuário Rio Iguaçu              | Total      | 58                          | 425 | 22500 | 5,5 | 340  | 138 | 1    | 0,2 | 45 |
|  | Disponível | 16                          | 212 | 6935  | 3,6 | 28   | 95  | 0,95 | -   | 27 |

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (2000).

Assim, podemos concluir que sedimentos anóxicos e ricos em sulfetos e matéria orgânica contêm uma fração substancial dos metais sob a forma de sulfetos pouco solúveis ou associados ao particulado orgânico. Esta situação é característica de ambientes nos quais os elementos são provenientes de ação antrópica (SECRETARIA ESTADUAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2000).

## 2.6 BATIMETRIA

A batimetria é a medição da profundidade dos oceanos, lagos e rios e é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que unem pontos da mesma profundidade com equidistâncias verticais, à semelhança das curvas de nível topográfico.

Os ecobatímetros são os equipamentos utilizados pela batimetria para medir a profundidade. O equipamento consiste em uma fonte emissora de sinais acústicos e um relógio interno que mede o intervalo entre o momento da emissão do sinal e o instante em que o eco retorna ao sensor. O som é captado pelo transdutor que consiste basicamente de um material piezoelétrico que converte as ondas de pressão do eco em sinais elétricos.

Os ecobatímetros fornecem informações pontuais de profundidade no local imediatamente abaixo do transdutor.

A figura 6 foi obtida na tese “Estudo de Circulação Hidrodinâmica 3D e trocas de Massas D’Água da Baía de Guanabara”, por Marcelle Sampaio (tese: submetida ao corpo docente da coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia da UFRJ) que usou informações relativas a batimetria da Baía de Guanabara obtidas das cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), carta Baía de Guanabara nº 1501, na escala 1:50.000; carta Barra do Rio de Janeiro nº 1511, na escala 1:20.000; e a carta do porto do Rio de Janeiro nº 1512, na escala 1:20.000. Além da base da DHN, também foi utilizada a base do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), carta Rio de Janeiro nº SF 23-Z-B-IV, escala 1:100.000, obtida a partir de imagem de satélite de 1992.

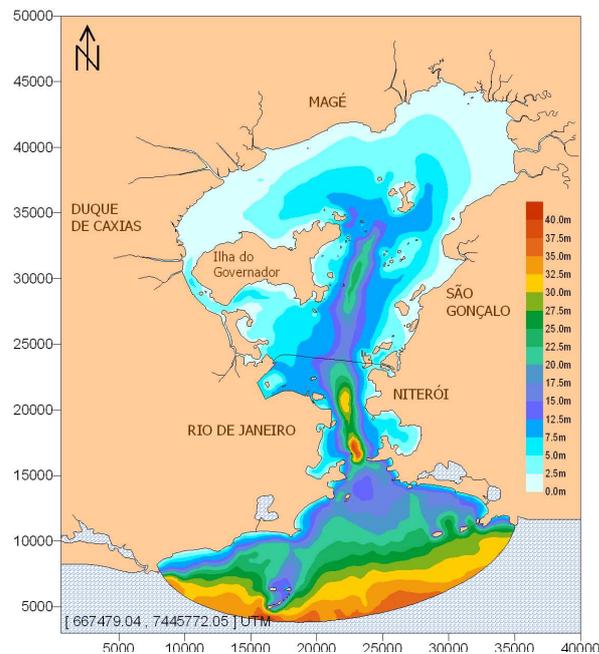


Figura 6 – Batimetria do fundo da Baía de Guanabara  
Fonte: Sampaio (2003).

## 2.7 BACIA HIDROGRÁFICA IGUAÇU/SARAPUÍ

Segundo o Instituto Baía de Guanabara, a Bacia dos Rios Iguaçu/Sarapuí apresenta uma área de drenagem de 726 km<sup>2</sup> e abrange totalmente os municípios de Belford Roxo e Mesquita e parte dos municípios do Rio de Janeiro, Nilópolis, São João de Meriti, Nova Iguaçu e Duque de Caxias. Nela está inserida a REDUC, local do estudo de caso.

Ao norte a Bacia Iguaçu-Sarapuí limita-se com a Bacia do rio Paraíba do Sul, ao sul com as dos rios Pavuna-Meriti, a leste com as dos rios Saracuruna e Inhomirim-Estrela e a oeste com a do rio Guandu e outros afluentes da Baía de Sepetiba.

Sua ocupação está relacionada à história do município de Nova Iguaçu que desde 1833 quando foi criado, continha as terras hoje pertencentes aos municípios de Duque de Caxias, Nilópolis, São João de Meriti e Belford Roxo.

Os problemas ambientais e sociais que se verificam na bacia hoje decorrem da ocupação inadequada e da sucessão dos ciclos ecológicos nessa área.

O relevo da bacia se caracteriza principalmente por duas unidades: a serra do Mar, onde se encontra o ponto culminante da bacia, o pico do Tinguá, (1600m), e a Baixada Fluminense.

O clima é quente e úmido, com estação chuvosa no verão, temperatura média anual em torno de 22°C e precipitação média anual em torno de 1700 mm.

A vegetação remanescente da bacia ocorre predominantemente ao norte e nordeste, na serra do Tinguá, e na serra de Madureira-Mendanha.

A refinaria de petróleo de Duque de Caxias, localizada na margem esquerda do rio Iguaçu, próxima a sua foz, ocupou grande parte da área de ocorrência do primitivo manguezal que se encontra, atualmente, confinado num pequeno trecho do estuário do rio.

Quanto à atividade potencialmente poluidora, das 155 empresas consideradas prioritárias para o controle pela FEEMA, concentram-se na área da bacia do Iguaçu/Sarapuí, dentre outras, as seguintes: Acesita Sandvik; Açúcar Pérola Indústria e Comércio Ltda; Atlantic Indal de Conservas S/A; Bayer do Brasil S/A; Bergitex Indústria Têxtil Ltda; Casas Sendas Comércio e Indústria S/A; Cia Progresso Indal - Fábrica Bangu; Marvin S/A; Nitriflex Indústria e Comércio S/A; Petrobras Distribuidora S/A; Petroflex Indústria e Comércio S/A; REDUC; Braspol; Briosol Indústria e Comércio; Cia Dinâmica de Refrigerantes; Ethyl Brasil Aditivos S/A; Frigorífico Santa Lúcia; Petrobras Terminais de Óleos; Philipe Martin Indústria e Comércio e Confecção Ltda; SADIA CONCÓRDIA S/A e IBF - Indústria Brasileira de Filmes.

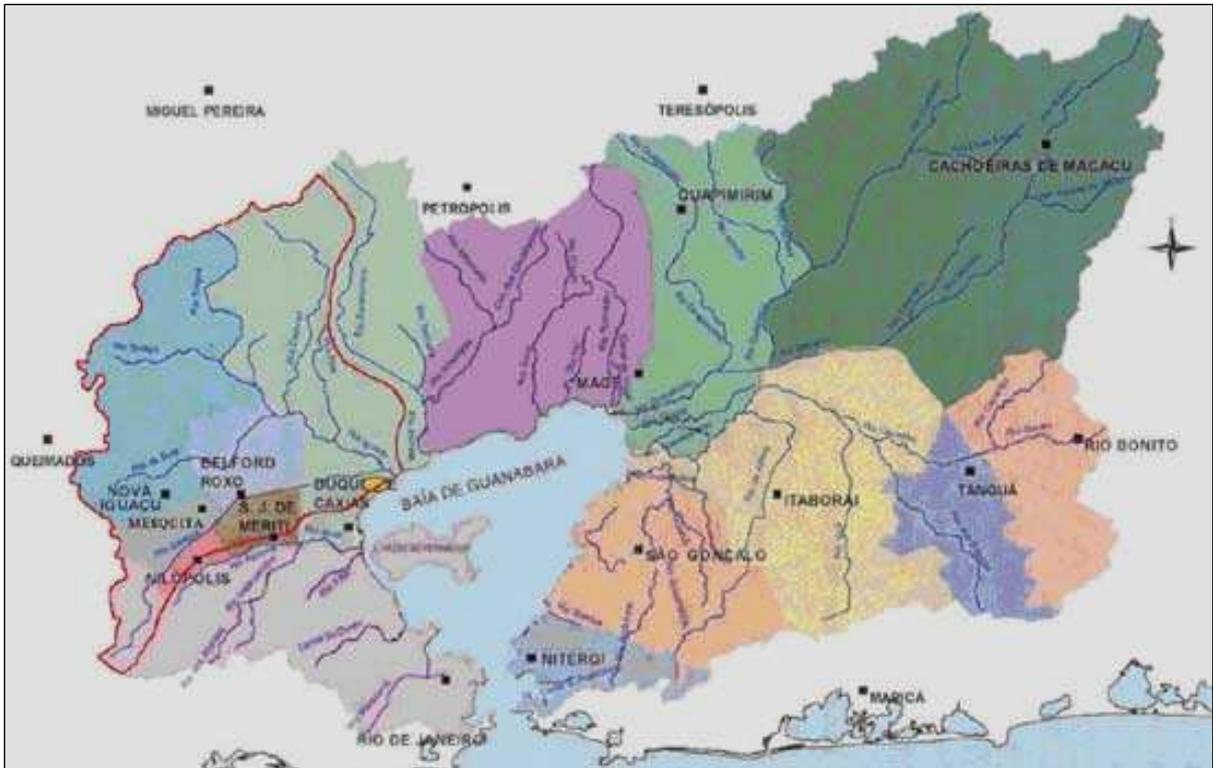


Figura 7 – Municípios da Bacia Hidrográfica Iguaçu/Sarapuí: Belford Roxo e Mesquita, assim como parte dos municípios do Rio de Janeiro, Nilópolis, São João de Meriti, Nova Iguaçu e Duque de Caxias. A Bacia está delimitada pela área circundada em vermelho.  
 Fonte: Superintendência Estadual de Rios e Lagos (2006).

## 2.8 QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS IGUAÇU E SARAPUÍ

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) classifica as águas doces, salobras e salinas, e considerou os rios Iguaçu e Sarapuí como de Classe 2, cujas águas são destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação.

As nascentes de qualquer rio são especialmente protegidas e estão enquadradas na Classe I, cujas águas são destinadas ao abastecimento doméstico com simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. A FEEMA é o órgão que controla a qualidade das águas dos principais

rios da bacia nos pontos de amostragem Iguaçu (IA-260 e IA-261) e Sarapuí (SP-300) e os resultados das análises são divulgados periodicamente.

A Tabela 2 mostra três dos parâmetros regularmente analisados. São eles: Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO); Oxigênio Dissolvido (OD) e Coliformes Fecais (CF):

Tabela 3 – Demanda Bioquímica por Oxigênio; Oxigênio Dissolvido e Coliforme Fecais dos rios Iguaçu e Sarapuí.

| Bacia                                 | Rios Principais | Pontos de Coleta | DBO (mg/l)        | OD (mg/l)        | Coliformes Fecais (NMP/ml) | Poluição Predominante |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------------|
| Iguaçu-Sarapuí                        | Iguaçu          | IA-260           | 13,0*             | <0,1*            | 160.000*                   | Doméstica Industrial  |
|                                       |                 | IA-261           | 14,0*             | 0,2*             | 160.000*                   |                       |
|                                       | Sarapuí         | SP-300           | 26,0*             | <0,1*            | 160.000*                   |                       |
| <b>Padrão CONAMA 20/86 - Classe 2</b> |                 |                  | <b>&lt; 5mg/l</b> | <b>&gt;5mg/l</b> | <b>&lt;1.000</b>           |                       |

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (2000).

(\*) Violação do padrão CONAMA

Medianas dos parâmetros – Período: 1995 a 1999

### 2.8.1 GERAÇÃO DE CARGAS CONTAMINANTES NOS SEGMENTOS FLUVIAIS DO SISTEMA IGUAÇU-SARAPUÍ

Na caracterização da contaminação das águas fluviais, estuarinas e da Baía de Guanabara, foram realizados vários testes de toxicidade com a bactéria *Vibrio fischeri*, *Daphnia similis* e *Artemia sp.*

Os testes de toxicidade são experimentos, padronizados para avaliação da toxicidade crônica, para análise de qualidade de águas superficiais. Onde os organismos vivos são colocados frente a compostos ou substâncias químicas e suas reações são observadas.

A bactéria luminescente *Vibrio fischeri* é conhecida e utilizada em testes de toxicidade aguda. Sua manipulação é prática e segura, sendo o teste rápido e eficaz.

O gênero *Daphnia* é o grupo mais antigo utilizado em ensaios de toxicidade. Dentre este grupo, as espécies *Daphnia similis* e *Daphnia magna* tiveram sua biologia amplamente estudada e vem sendo utilizada para ensaios toxicológicos.

Diferentes condições de cultivo podem influenciar na produtividade e sensibilidade dos organismos em estudo.

A *Artemia* (*Artemia* sp.), vulgarmente chamada de "camarões-de-salina", é um pequeno crustáceo que vive em lagos ou lagoas cuja água contenha alguma salinidade (água salobra) ou em salinas (com níveis elevados de salinidade), e encontra-se em todos os continentes do planeta. Reproduzem-se através de ovos (são ovovivíparos), designados por "cistos", que podem ser capturados nas margens dos seus locais de habitat antes das primeiras chuvas, por forma a estarem ainda desidratados. Os cistos, tal como os progenitores, podem sobreviver a condições extremas de temperatura e salinidade.

Podemos afirmar que os efeitos de toxicidade nas amostras de águas estuarinas parecem estar relacionados ao comprometimento ambiental a que estão submetidos o Rio Sarapuí e a Baía de Guanabara, pois os resultados indicam que os efluentes da REDUC não conferiram toxicidade às amostras de água do rio Iguaçu.

A qualidade das águas do rio Iguaçu e da Baía de Guanabara encontram-se comprometidas, com sinais claros de degradação ambiental, principalmente pela maciça quantidade de esgoto doméstico sem tratamento que é lançado diariamente, principalmente, pelo município de Duque de Caxias e outros municípios da Baixada Fluminense. A influência do esgoto doméstico na qualidade do rio Iguaçu pode ser percebida quando da análise do resultado das amostras obtidas nas campanhas realizadas pela Fundação Euclides Cunha.

No Rio Iguaçu os monitoramentos realizados acusam uma situação de deficiência de oxigênio dissolvido para suportar a vida aquática (baixo OD), resultado da alta demanda biológica por oxigênio (alta DBO), parâmetros estes que estão fora do padrão estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005. Também se verifica um alto índice de coliformes fecais, lixo, etc, reflexo da ausência de uma estrutura adequada de saneamento básico. No entanto, o resultado dos ensaios depois da saída dos efluentes da refinaria mostrou uma tendência de melhora em alguns parâmetros, indicando que o efluente da REDUC acaba por diluir a água do Rio Iguaçu, tornando sua qualidade melhor que a montante da refinaria.

A bacia dos Rios Iguaçu-Sarapuí foi considerada enquadrada na Classe 2, e de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, as águas destes rios, após tratamento convencional adequado, estão destinadas à criação natural e/ou

intensiva de espécies destinadas à alimentação humana, a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário e ao abastecimento doméstico. A FEEMA (1979) classificou as águas do rio Iguaçu como de má qualidade, similares a valas de esgoto a céu aberto.

Nos meses de abril e maio de 2002 a Fundação Euclides da Cunha / UFF coletou e analisou diversas amostras de água dos rios Iguaçu e Sarapuí.

## 2.9 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA REFINARIA DUQUE DE CAXIAS

### 2.9.1 Sistema de refrigeração aberto

O antigo sistema de refrigeração aberto era composto de um canal artificial que adentrava pela Baía de Guanabara por aproximadamente 3 km, denominado de Canal de Tomada de Água (CTA) para facilitar a captação de água.

O canal possuía um septo flutuante com a finalidade de reter o material pesado, como moirões, troncos de árvore e material flutuante.

A estação elevatória era denominada Casa de Bombas de Refrigeração (CBR) e composta de sete bombas com capacidade nominal de 5500 m<sup>3</sup>/h. Na sucção das bombas existia um sistema de grades fixas e telas rotativas para limpeza e proteção dos equipamentos. O recalque era feito através de cinco bombas e distribuídos em três header: Norte, Sul e Central. A figura nº. 8 mostra uma foto desse sistema.



Figura 8: Casa de Bombas de Refrigeração  
Fonte: Petrobras (2006).

Na entrada de cada unidade existiam filtros para evitar o entupimento dos trocadores de calor. O sistema também possuía boca de visita para inspeção e drenos para limpeza rotineira.

A água salgada circulava pelas unidades industriais da Gerência de Combustíveis, refrigerando produtos que saiam do processo através de equipamentos denominados trocadores de calor. Este sistema era bastante instável, sofrendo influência das marés com reflexos na pressão e alta taxa de corrosão dos equipamentos devido à circulação de água salgada.

A Bacia de Resfriamento era composta de um sistema de septos, comportas, bombas para coleta e transferência de óleo, no caso de um eventual vazamento em trocador de calor nas unidades de processo.

O efluente deste sistema seguia por tubulação fechada que se abria em um canal chamado de “FLUME”, mostrado na figura nº. 10.



Figura 9: canal do “FLUME”.  
Fonte: Petrobras (2006).

Este canal terminava na Bacia de Resfriamento onde ocorria à troca térmica entre a água e o ar, para posterior deságüe no Rio dos Iguaçu, Como mostrado na figura nº. 10.



Figura10: Bacia de Resfriamento.  
Fonte: Petrobras (2006).

### 2.9.2 Sistema de refrigeração fechado

O novo sistema de refrigeração utilizado pela REDUC possui duas torres com capacidade de circulação de 45.000 m<sup>3</sup>/h de água e tubulações de 2m de diâmetro que percorrem cerca de 1 km em torno da refinaria. Trata-se do conjunto de maior volume de água circulante na América Latina.

As torres utilizam água doce clarificada em todo processo reaproveitada dentro do próprio circuito fechado de refrigeração. Elas são responsáveis por 70% do resfriamento do processo de produção da REDUC. A figura nº. 11 mostra a nova torre de refrigeração.



Figura11: Torre de Refrigeração.  
Fonte: Petrobras (2006).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A partir das considerações contidas na fundamentação teórica, explicitam-se neste capítulo, os procedimentos de pesquisa utilizados, os métodos e as técnicas que viabilizam este estudo, selecionando as principais estratégias para a execução da pesquisa, verificando a aplicabilidade do modelo proposto.

Os instrumentos utilizados na pesquisa são provenientes da coleta de dados existentes da área em estudo como livros, dissertações, artigos e documentos analógicos e eletrônicos.

Este estudo tem caráter de pesquisa descritiva, sendo que a mesma englobou a pesquisa documental e a revisão bibliográfica. Teve-se por objetivo, a descrição escrita daquilo que foi analisado, submetendo hipóteses básicas, rigorosamente caracterizadas e subseqüentemente, submetidas à verificação, buscando-se explicar os fatos assim estudados.

Na pesquisa, procuraram-se descobrir a freqüência com que o fenômeno ocorre, sua natureza, características, causas, relações e conexões com outros fenômenos demonstrando os resultados através de indicadores.

Basicamente, a abordagem deste estudo apresenta caráter descritivo, registrando, relacionando, e correlacionando fatos, procurando explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos estudados.

Constitui-se como pesquisa descritiva, aquela que é feita com o intuito de recolher informações e conhecimentos prévios acerca de um problema para o qual se procura resposta ou acerca de uma hipótese que se quer experimentar. A pesquisa descritiva interessa-se em descobrir e observar fenômenos, procurando descrevê-los, classificá-los e interpretá-los. Procura descobrir com a precisão possível, a freqüência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características, segundo Cervo e Bervian (1983).

Tratamos em primeiro lugar, da coleta e registro de informações, da análise e interpretação dos dados reunidos e, finalmente, da classificação dos mesmos. Quando se pensa no levantamento de dados, verifica-se a necessidade de relacionar os instrumentos a serem usados nesta fase. A preocupação reside na definição de uma série de normas para que o instrumental para registro de mensuração de dados tenha validade e confiabilidade.

Segundo alguns autores, os dados coletados podem ser classificados em primários e secundários. Entendem-se como fontes primárias os dados coletados diretamente na unidade pesquisada. As fontes secundárias são constituídas por informações contidas na literatura existente.

Dentre os inúmeros dados utilizados, foram utilizados os dados gerados pelo Censo de 2000, fornecidos pelo IBGE, 2000, para responder ao instrumento escolhido nessa pesquisa que foram os indicadores, a fim de fundamentar teoricamente a pesquisa.

Após a seleção do tema de pesquisa, foram coletados dados para a construção e fundamentação teórica da pesquisa. A etapa seguinte consistiu na formulação e identificação do problema de pesquisa. Por fim os dados levantados foram analisados e discutidos os resultados a fim de se obterem as conclusões finais.

Devido à complexidade da avaliação do impacto ambiental global do Plano de Ação do Termo Compromisso de Ajuste Ambiental (TCAA), foi de vital importância a discussão prévia da metodologia de análise a ser utilizada, que descreva de forma simples e enfoque os principais ganhos ambientais.

A pesquisa bibliográfica em livros, artigos, páginas eletrônicas, dissertações, relatórios, estudos e teses desenvolvidas sobre o tema, foram os fundamentos, as definições teóricas e conceituais, foram o alicerce do trabalho.

Os Requisitos Legais existentes no período correspondente à pesquisa bibliográfica foram considerados. Quanto à coleta de dados, foi determinada a forma de coleta: por monitoramento, medições, registros de produção, inventários, avaliação ambiental ou auditorias, registros de treinamento, observações, estudos e relatos. Determinados os procedimentos para coleta de dados de modo a garantir sua confiabilidade, fatores como: disponibilidade, adequação, validade científica, tratamento estatístico e comprovação.

### 3.1 O MONITORAMENTO DOS EFLUENTES E ÁGUAS FLUVIAIS RECEPTORAS

A Fundação Euclides da Cunha foi contratada para fazer um estudo de monitoramento com definição de escopo, acompanhamento de amostragem e análises, assim como discussão dos resultados pela REDUC, representada pelo profissional Fernando Ribeiro Camaz que foi o gerente e fiscal deste contrato. Dessa forma, o trabalho executado pela Fundação faz parte do desenvolvimento desta dissertação.

A Fundação Euclides da Cunha em apoio à UFF - Universidade Federal Fluminense realiza o monitoramento do Rio Iguaçu e a região de influência na Baía de Guanabara, denominado “Programa de Monitoramento do Rio Iguaçu”.

A primeira fase no período de 2002 a 2003 e a segunda fase iniciada em janeiro de 2006 com previsão de término em dezembro de 2008. O trabalho analisa o potencial da geração de cargas contaminantes nos segmentos fluviais do sistema Iguaçu-Sarapuí, a importância dos efeitos das marés e condições meteorológicas.

Nos meses de abril e maio de 2002 a Fundação Euclides da Cunha / UFF coletou e analisou diversas amostras de água dos rios Iguaçu e Sarapuí.

Em 2006 e 2007, dando continuidade ao contrato entre a Petrobras / REDUC e a Fundação Euclides da Cunha / Universidade Federal Fluminense (UFF), foram realizadas quatro campanhas de amostragem que também buscaram monitorar a qualidade do efluente líquido final e a qualidade das águas fluviais receptoras.

O trabalho estimou qual seria a participação da REDUC, incluindo, a Bacia de Resfriamento antes e após o seu fechamento, em relação às cargas contaminantes presentes na Baía de Guanabara em função do descarte de efluentes no Rio Iguaçu, único receptor.

As campanhas foram realizadas de forma a diferenciar os resultados em função dos períodos de estiagem e de chuva intensa. Determinou-se também a condutividade elétrica, parâmetro que indica a mistura entre as águas fluviais, estuarinas e da baía, o que poderia comprometer os resultados quanto às suas concentrações e quanto à estimativa de cargas contaminantes. Dessa forma, pôde-se confirmar que o represamento das águas fluviais pelas águas estuarinas do

sistema fluvial Iguaçu-Sarapuí tem maior efeito em situação de maré cheia do que de vazante fluvial.

Segundo o relatório, para o objetivo de avaliar a contribuição dos descartes de efluentes líquidos na contaminação das águas e sedimentos fluviais, a situação amostral mais favorável seria caracterizada pelo binômio formado por maré vazante em estação seca. Esta é uma situação sem fluxo fluvial em direção à baía, além de ter menor capacidade de diluição das águas e, portanto, mais favorável à detecção da influência dos efluentes lançados sobre as concentrações e fluxos fluviais.

Entretanto, no período de estiagem prolongado as cargas potenciais de poluentes à montante podem, em alguns casos, superar as próprias vazões fluviais. Por isso, havia a necessidade de coletarem-se amostras em período de baixas pluviosidades (refletindo nas vazões fluviais), mas não mínimas as que acontecem, por exemplo, no mês de maio, por isso a 1ª campanha foi realizada no final de abril. Esta campanha foi realizada em situação de maré vazante.

A seguir vê-se, na figura 12, uma imagem da área de estudo indicando a localização dos cinco pontos de amostragem (P1 a P5) de água e sedimentos fluviais, bem como o local de lançamento dos efluentes líquidos finais (ELF) da ETDI. A sigla “BR” indica a Bacia de Resfriamento da REDUC, desativada em outubro de 2006, local de descarte de efluentes do sistema de refrigeração aberto. Cabe ressaltar que a bacia de resfriamento ainda estava parcialmente ativa quando foram coletadas as amostras das campanhas 1 e 2 e que estava desativada quando foram coletadas as amostras das campanhas 3 e 4.



Figura12 - Foto aérea da REDUC e do sistema rio Iguaçu e rio Sarapuí. A REDUC está no canto esquerdo superior.

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2007).

Os estudos realizados visaram avaliar a contribuição dos descartes (efluentes) líquidos tratados da REDUC na contaminação das águas, sedimentos fluviais e a estimativa da sua participação nas cargas de contaminantes exportadas para Baía de Guanabara. Também, determinar situação amostral mais favorável e representativa caracterizada pelo binômio formado por maré vazante em estação seca. Esta é uma situação sem, ou com mínimo, represamento do fluxo fluvial em direção à baía (i.e., o fluxo de água e dos contaminantes associados é unidirecional e contínuo).

Além disso, esta é uma situação de menor capacidade de diluição das águas e, portanto, mais favorável à detecção da influência dos efluentes lançados sobre as concentrações e fluxos (cargas) fluviais. Conforme a Figura 13, esta situação é particularmente favorecida nos meses junho e julho.

Entretanto, em épocas de estiagem prolongada, as grandes cargas de poluentes domésticos oriundas de montante podem, em alguns casos, superar as próprias vazões fluviais naturais.

Considerando a distribuição pluviométrica representada na Figura 13, os meses de outubro e novembro representam situações intermediárias entre estações secas e chuvosas.

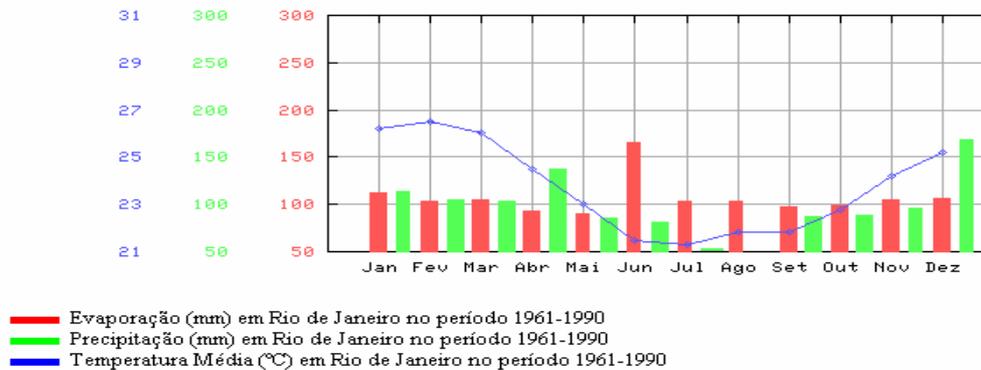


Figura 13: Distribuição média mensal da temperatura, precipitação e evaporação.  
Fonte: Denemet, 1992

### 3.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM E ASPECTOS HIDRODINÂMICOS DAS ÁGUAS NAS SITUAÇÕES AMOSTRADAS

Os estudos realizados visam o monitoramento da qualidade dos efluentes líquidos finais tratados da REDUC e águas fluviais receptoras e sua conformidade com a legislação ambiental vigente (Resolução CONAMA No 357/2005), bem como, a estimativa da participação da UN-REDUC nas cargas de contaminantes exportadas para a Baía de Guanabara, devida ao descarte de seu efluente final tratado no rio Iguaçu.

Os dados de condutividade elétrica (CE) que, assim como a salinidade, podem funcionar como parâmetro indicador da mistura das águas fluviais com as águas estuarinas e da Baía de Guanabara. Esse é um aspecto essencial na abordagem metodológica preconizada pelo estudo. Misturas significativas de águas podem estar representando processos de represamento das águas fluviais, por entradas das águas da Baía na bacia de drenagem considerada (sistema fluvial Iguaçu-Sarapuí). O represamento, indicado pela mistura das águas fluviais, pode interferir na interpretação das concentrações e nas estimativas de fluxos (cargas) dos parâmetros / contaminantes analisados. As tabelas 3 e 4 apresentam os pontos de amostragens e lançamento final de efluentes da REDUC georeferenciados.

Tabela 4 - Pontos de coleta, localização em latitude e longitude e UTM, e descrição do local de amostragem.

| Pontos de Amostragem | Latitude e Longitude       | UTM                    | Descrição do Ponto  |
|----------------------|----------------------------|------------------------|---|
| Ponto 1 (P1)         | 22°43'20,9"<br>43°17'48.8" | 23k 0674911<br>7486189 | Ponto a montante da Rodovia Washington Luís. Recebe cargas efluentes de áreas urbanas e rurais. A cerca de 6,1 km do Ponto 5. |
| Ponto 2 (P2)         | 22°43'30.6"<br>43°17'09.7" | 23k 0676022<br>7485877 | Ponto a montante do lançamento do efluente da Bacia de Resfriamento da REDUC, em fase final de desativação.                   |
| Ponto 3 (P3)         | 22°43'45.8"<br>43°15'49.6" | 23k 0678304<br>7485382 | Ponto a jusante do lançamento do efluente final tratado da EDTI da REDUC.   |
| Ponto 4 (P4)         | 22°44'26,1"<br>43°15'26.7" | 23k 0678941<br>7483456 | Ponto na Foz do Rio Sarapuí. Recebe cargas efluentes de áreas essencialmente urbanas de baixa renda e favelas.                |
| Ponto 5 (P5)         | 22°44'47.8"<br>43°14'43.6" | 23k 0681065<br>7483397 | Ponto na Foz do Sistema Rios Iguaçu-Sarapuí, de características estuarinas.   |

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 5 - Localização em latitude e longitude e UTM, de lançamento de efluente final tratado da REDUC, no Rio Iguaçu.

| Latitude e Longitude        | UTM                    | Descrição do Ponto  |
|-----------------------------|------------------------|---|
| 22°43'42.9"<br>43°15' 57.5" | 23k 0678078<br>7485474 | Local de lançamento do efluente final tratado da EDTI da REDUC (a montante do Ponto 3). |

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Os dados da Tabela 6 mostram que nas situações de vazante fluvial o efeito de represamento (e mistura) das águas fluviais pelas águas provenientes do estuário do sistema fluvial dos rios Iguaçu-Sarapuí (representadas pelo Ponto 5 – P5) é menor do que na situação de maré cheia. Isso pode ser bem observado pelos menores valores de CE. O Ponto 1 situa-se a, aproximadamente, 6,13 km da Foz do sistema Iguaçu-Sarapuí, i.e., do Ponto 5.

É importante salientar que os Pontos 1 e 4 estão sob influência de cargas de efluentes domésticos que tendem a aumentar os valores de CE “mascarando” parcialmente a detecção da mistura / represamento das águas fluviais. Águas fluviais contaminadas por efluentes domésticos podem apresentar valores de CE maiores do que 1000 QS/cm.

Tabela 6 - Condutividade elétrica (CE) medidas “in situ” nas águas nos pontos de coleta.

| <b>7ª. Campanha REDUC - 19/08/2008</b> |           |           |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>MARÉ VAZANTE</b>                    |           |           |           |           |           |
|  | <b>P1</b> | <b>P2</b> | <b>P3</b> | <b>P4</b> | <b>P5</b> |
| <b>CE (uS/cm)</b>                      | 917       | 1118      | 1960      | 2670      | 4475      |
| <b>8ª. Campanha REDUC - 28/09/08</b>   |           |           |           |           |           |
| <b>MARÉ VAZANTE</b>                    |           |           |           |           |           |
|  | <b>P1</b> | <b>P2</b> | <b>P3</b> | <b>P4</b> | <b>P5</b> |
| <b>CE (uS/cm)</b>                      | 1042      | 1273      | 2415      | 4380      | 10300     |
| <b>MARÉ ENCHENTE</b>                   |           |           |           |           |           |
|  | <b>P1</b> | <b>P2</b> | <b>P3</b> | <b>P4</b> | <b>P5</b> |
| <b>CE (uS/cm)</b>                      | 8212      | 13245     | 24315     | 28125     | 33715     |

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

### 3.3 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM E MÉTODOS DE ANÁLISE

Os parâmetros Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), salinidade e Ph foram determinados em campo com a utilização de sonda multiparamétrica, no durante as amostragens. Amostras de água e de efluente para análises de substâncias orgânicas foram coletadas em frascos de vidro âmbar. Para os demais parâmetros a serem analisados, as amostras foram coletadas em garrafa de van Dorn, e transferidas para recipientes plásticos ou vidro, e analisadas em laboratórios credenciados pelo órgão ambiental conforme especificado na Quadro 11.

| Parâmetro                 | Recipiente            | Procedimento/ Reagente para preservação |
|---------------------------|-----------------------|---|
| Compostos Orgânicos – HPA | Frasco de vidro âmbar | Refrigeração                            |
| Metais – água bruta       | Frasco plástico       | Refrigeração                            |
| Metais – água filtrada    | Frasco de plástico    | Filtração e adição de HNO <sub>3</sub>  |
| Amônia                    | Frasco de plástico    | pH 1                                    |
| Sulfeto                   | Frasco de plástico    | Acetato de zinco                        |
| DBO                       | Frasco de vidro       | -                                       |
| DQO                       | Frasco de vidro       | pH 1                                    |
| TSD                       | Frasco de plástico    | Refrigeração                            |
| Condutividade             | -                     | Medidas no campo                        |
| Oxigênio dissolvido       | -                     | Medidas no campo                        |
| Salinidade                | -                     | Medidas no campo                        |
| pH                        | -                     | Medidas no campo                        |

Quadro 11 – Parâmetros determinados no laboratório em amostras de água e efluente: acondicionamento e preservação.

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

### 3.4 CONCENTRAÇÕES NAS ÁGUAS FLUVIAIS E EFLUENTES – COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES LEGAIS

O monitoramento em curso é desdobramento do estabelecido em 2000 no Termo de Compromisso para Ajustamento Ambiental (TCAA), entre a Petrobras, a FEEMA e a SEMADS englobando atividades correspondentes a 42 ações, onde se encontra inserida a Ação 27, denominada “Programa de Monitoramento do Rio Iguaçu”. O objetivo principal da ação 27 é o de avaliar a influência dos descartes líquidos da REDUC nas águas do Rio Iguaçu (o que envolve o monitoramento do efluente final tratado no ponto de seu lançamento).

Os parâmetros ora monitorados são aqueles indicados no referido TCAA, apesar de que desde 1977 – cf. a “Diretriz de classificação dos corpos receptores da bacia da Baía de Guanabara” da FEEMA (DZ-106. R-0) aprovada pela Deliberação CECA nº. 0010 de 27 de outubro de 1977 (publicada no DOERJ de 16/11/1977) – o Rio Iguaçu tem os “usos benéficos da água” caracterizados como “estético (sem menção à recreação de contato primário ou secundário), preservação a fauna e flora naturais, abastecimento industrial e diluição de despejos”.

Em termos da Resolução CONAMA 357/2005 o mais próximo desses “usos benéficos” estão as águas doces da classe 4, ou seja, águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística, devendo observar um número muito menor de condições e padrões (i.e., parâmetros sendo monitorados neste estudo) considerando apenas: ausência de materiais flutuantes; odor e aspecto não objetáveis; óleos e graxas tolerando-se iridescências; ausência de substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação; fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH; OD superior a 2,0 mg/L O<sub>2</sub> em qualquer amostra; e, pH: 6,0 a 9,0. Certamente isto não atenderia aos objetivos do presente monitoramento.

No entender da equipe responsável pelo monitoramento o foco deve ser colocado no estabelecido no TCAA, sendo menos relevante a definição supracitada de “usos benéficos” para o Rio Iguaçu, já que a própria FEEMA (e a SEMADS) não a usaram para o estabelecimento dos parâmetros acordados com a REDUC.

As Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 a seguir, apresentam os resultados obtidos após a análise das amostras nas duas campanhas realizadas e a sua

comparação com os padrões definidos pela legislação - Resolução CONAMA 357/2005 (foram também considerados os critérios e padrões indicados pela FEEMA e aprovados pela Comissão Estadual de Controle Ambiental - CECA).

Relativamente aos padrões de qualidade de água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 optou-se pela comparação com as águas de classe 2 mais restritiva em suas condições e padrões e que vem sendo utilizada nos monitoramentos subseqüentes à assinatura do TCAA encaminhados pela REDUC à FEEMA.

Tabela 7 - Resultados obtidos para pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, material sedimentável, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e óleos e graxas nas análises das amostras coletadas na 7ª campanha realizada em 19/08/2007.

| 7ª Campanha - 19/08/2008 |                  |               |            |                   |             |                           |                           |                                      |
|--------------------------|------------------|---------------|------------|-------------------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Ponto de Coleta          | pH               | OD (mg/L)     | SDT (mg/L) | MS (mL/L)         | RNFT (mg/L) | DQO (mgO <sub>2</sub> /L) | DBO (mgO <sub>2</sub> /L) | Óleos & Graxas (mgO <sub>2</sub> /L) |
| P-1                      | 6,3              | 0,44          | 1019       | < 1               | 208         | 138                       | 37                        | 0,3                                  |
| P-2                      | 6,5              | 0,34          | 965        | < 1               | 208         | 110                       | 49                        | 0,4                                  |
| P-3                      | 6,2              | 0,33          | 1351       | < 1               | 260         | 151                       | 38                        | 0,4                                  |
| P-4                      | 6,7              | 0,31          | 1192       | < 1               | 240         | 197                       | 57                        | 1,9                                  |
| P-5                      | 6,9              | 0,34          | 2823       | < 1               | 440         | 183                       | 87                        | 0,8                                  |
| <b>Padrão CONAMA (1)</b> | <b>6 a 9</b>     | <b>&gt; 5</b> | <b>500</b> | -                 | -           | -                         | <b>&lt; 5</b>             | Virtualmente ausente                 |
| <b>Efluente Final</b>    | 7,2              | 3,19          | 1158       | < 1               | 360         | 200                       | 52                        | 9,3                                  |
| <b>Padrão CONAMA</b>     | <b>5 a 9</b>     | -             | -          | <b>&lt; 1</b>     | -           | -                         | -                         | <b>20</b>                            |
| <b>Padrão FEEMA</b>      | <b>5 a 9 (2)</b> | -             | -          | <b>&lt; 1 (2)</b> | -           | <b>&lt; 250 (3)</b>       | -                         | -                                    |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986; (3) FEEMA DZ-205.R-5/1991

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 8 - Resultados obtidos na determinação de fenóis totais, sulfetos, amônia, alumínio, ferro e cobre em águas e efluente na 8ª campanha de amostragem realizada em 28/09/2008

| 8ª Campanha - 28/09/2008<br>Al, Fe e Cu dissolvidos |                      |                 |                               |                     |            |              |
|---|----------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|------------|--------------|
| Ponto de Coleta                                     | Fenóis totais (mg/L) | Sulfetos (mg/L) | Amônia (mg/L)                 | Al (mg/L)           | Fe (mg/L)  | Cu (mg/L)    |
| P-1   | < 0,05               | 2,9             | 0,18                          | 0,15                | 0,56       | < 0,001      |
| P-2   | < 0,05               | 2,0             | 0,24                          | 0,13                | 0,56       | < 0,001      |
| P-3   | < 0,05               | 0,26            | 0,21                          | 0,19                | 0,27       | < 0,001      |
| P-4   | < 0,05               | 6,5             | 0,19                          | 0,14                | 0,27       | < 0,001      |
| P-5   | < 0,05               | 2,2             | 0,12                          | 0,21                | 0,27       | < 0,001      |
| <b>Padrão CONAMA (1)</b>                            | <b>0,003</b>         | <b>0,002</b>    | <b>3,7 (pH &lt; ou = 7,5)</b> | <b>0,1</b>          | <b>0,3</b> | <b>0,009</b> |
| <b>Efluente Final</b>                               | < 0,05               | 0,27            | 0,32                          | 0,09                | 0,13       | < 0,001      |
| <b>Padrão CONAMA (1)</b>                            | <b>0,5</b>           | <b>1</b>        | <b>20</b>                     | -                   | <b>15</b>  | <b>1</b>     |
| <b>Padrão FEEMA (2)</b>                             | -                    | <b>1</b>        | <b>5</b>                      | <b>3 (Al total)</b> | <b>15</b>  | -            |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 9 - Resultados obtidos para vanádio, cromo, chumbo, níquel e cobre nas análises das amostras coletadas na 7ª campanha realizada em 19/08/2008.

| 7ª. Campanha - 19/08/2008 |          |                                  |           |           |           |
|---------------------------|----------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Metais na água bruta      |          |                                  |           |           |           |
| Ponto de Coleta           | V (µg/L) | Cr (µg/L)                        | Pb (µg/L) | Ni (µg/L) | Cu (µg/L) |
| P-1                       | 3        | < 1                              | 9         | 2         | 1,1       |
| P-2                       | 1        | 2                                | 10        | 2         | 1,1       |
| P-3                       | 13       | < 1                              | 10        | 4         | 1,1       |
| P-4                       | 2        | < 1                              | 7         | 3         | 1,4       |
| P-5                       | 3        | 2                                | 11        | 3         | 1,0       |
| Padrão CONAMA (1)         | 100      | 50                               | 10        | 25        | 50        |
| Efluente Final            | 30       | < 1                              | 16        | 5         | < 1       |
| Padrão CONAMA (1)         | -        | 500                              | 500       | 2000      | -         |
| Padrão FEEMA (2)          | 4000     | Cr (VI) = 500<br>Cr (III) = 2000 | 500       | 1000      | 500       |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986  
 Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 10 - Resultados obtidos para arsênio, selênio, cádmio, mercúrio e zinco nas análises das amostras coletadas na 7ª campanha realizada em 19/08/2008.

| 4a Campanha - 24/01/2007 |           |           |           |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Metais na água bruta     |           |           |           |           |           |
| Ponto de Coleta          | As (µg/L) | Se (µg/L) | Cd (µg/L) | Hg (µg/L) | Zn (µg/L) |
| P-1                      | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 7,2       |
| P-2                      | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 5,6       |
| P-3                      | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 5,4       |
| P-4                      | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 12        |
| P-5                      | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 8,1       |
| Padrão CONAMA (1)        | 10        | 10        | 1         | 0,2       | 180       |
| Efluente Final           | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 6,2       |
| Padrão CONAMA (1)        | 500       | 300       | 200       | 10        | 5000      |
| Padrão FEEMA (2)         | 100       | 50        | 100       | 10        | 1000      |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986  
 Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 11 - Resultados obtidos para pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, material sedimentável, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e óleos e graxas nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha realizada em 28/09/2008.

| 8ª. Campanha - 28/09/2008 |           |           |            |           |             |                           |                           |                                      |
|---------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Ponto de Coleta           | pH        | OD (mg/L) | SDT (mg/L) | MS (mL/L) | RNFT (mg/L) | DQO (mgO <sub>2</sub> /L) | DBO (mgO <sub>2</sub> /L) | Óleos & Graxas (mgO <sub>2</sub> /L) |
| P-1 Vazante               | 6,6       | 0,46      | 678        | < 1       | 33          | 66                        | 48                        | 0,62                                 |
| P-1 Enchente              | 6,8       | 0,58      | 4830       | < 1       | 60          | 72                        | 21                        | 0,82                                 |
| P-2 Vazante               | 6,5       | 0,46      | 816        | < 1       | 22          | 73                        | 48                        | 1,3                                  |
| P-2 Enchente              | 6,9       | 0,66      | 8792       | < 1       | 71          | 62                        | 26                        | 0,84                                 |
| P-3 Vazante               | 6,7       | 0,41      | 1463       | < 1       | 34          | 87                        | 42                        | 0,48                                 |
| P-3 Enchente              | 7,3       | 0,72      | 15697      | < 1       | 68          | 118                       | 23                        | 0,92                                 |
| P-4 Vazante               | 6,7       | 0,32      | 2826       | < 1       | 63          | 178                       | 58                        | 1,8                                  |
| P-4 Enchente              | 7,3       | 0,79      | 18578      | < 1       | 98          | 212                       | 35                        | 0,92                                 |
| P-5 Vazante               | 6,8       | 0,44      | 4438       | < 1       | 56          | 168                       | 42                        | 0,88                                 |
| P-5 Enchente              | 7,1       | 0,83      | 23883      | < 1       | 132         | 179                       | 24                        | 0,64                                 |
| Padrão CONAMA (1)         | 6 a 9     | > 5       | 500        | -         | -           | -                         | < 5                       | virtualmente ausentes                |
| Efluente Final            | 7,4       | 2,44      | 1450       | < 1       | 35          | 118                       | 45                        | 12                                   |
| Padrão CONAMA             | 5 a 9     | -         | -          | < 1       | -           | -                         | -                         | 20                                   |
| Padrão FEEMA              | 5 a 9 (2) | -         | -          | < 1 (2)   | -           | < 250 (3)                 | -                         | -                                    |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986; (3) FEEMA DZ-205.R-5/1991  
Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 12: Resultados obtidos para fenóis totais, sulfetos, amônia, alumínio, ferro e cobre nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha realizada em 28/09/2008.

| 8ª. Campanha - 28/09/2008 |                      |                 |                               |                     |            |              |
|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|------------|--------------|
| Al, Fe e Cu dissolvidos   |                      |                 |                               |                     |            |              |
| Ponto de Coleta           | Fenóis totais (mg/L) | Sulfetos (mg/L) | Amônia (mg/L)                 | Al (mg/L)           | Fe (mg/L)  | Cu (mg/L)    |
| P-1 Vazante               | < 0,05               | 3,10            | 0,56                          | 0,21                | 0,32       | < 0,001      |
| P-1 Enchente              | < 0,05               | 2,22            | 0,39                          | 0,22                | 0,67       | < 0,001      |
| P-2 Vazante               | < 0,05               | 1,86            | 0,39                          | 0,16                | 0,24       | < 0,001      |
| P-2 Enchente              | < 0,05               | 1,35            | 0,34                          | 0,16                | 0,34       | < 0,001      |
| P-3 Vazante               | < 0,05               | 1,70            | 0,34                          | 0,18                | 0,19       | < 0,001      |
| P-3 Enchente              | < 0,05               | 1,45            | 0,32                          | 0,15                | 0,25       | < 0,001      |
| P-4 Vazante               | < 0,05               | 3,60            | 0,78                          | 0,12                | 0,33       | < 0,001      |
| P-4 Enchente              | < 0,05               | 2,32            | 0,34                          | 0,13                | 0,19       | < 0,001      |
| P-5 Vazante               | < 0,05               | 1,73            | 0,48                          | 0,17                | 0,35       | < 0,001      |
| P-5 Enchente              | < 0,05               | 1,45            | 0,39                          | 0,11                | 0,32       | < 0,001      |
| Padrão CONAMA (1)         | <b>0,003</b>         | <b>0,002</b>    | <b>3,7 (pH &lt; ou = 7,5)</b> | <b>0,1</b>          | <b>0,3</b> | <b>0,009</b> |
| Efluente Final            | < 0,05               | 0,52            | 1,32                          | 0,48                | 0,43       | < 0,001      |
| Padrão CONAMA (1)         | <b>0,5</b>           | <b>1</b>        | <b>20</b>                     | -                   | <b>15</b>  | <b>1</b>     |
| Padrão FEEMA (2)          | -                    | <b>1</b>        | <b>5</b>                      | <b>3 (Al total)</b> | <b>15</b>  | -            |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986  
Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 13: Resultados obtidos para vanádio, cromo, chumbo, níquel e cobre nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha realizada em 28/09/2008.

| 8ª. Campanha - 28/09/2008 |          |                                  |           |           |           |
|---------------------------|----------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Metais na água bruta      |          |                                  |           |           |           |
| Ponto de Coleta           | V (µg/L) | Cr (µg/L)                        | Pb (µg/L) | Ni (µg/L) | Cu (µg/L) |
| P-1 Vazante               | < 1      | < 1                              | 1,1       | < 1       | 1,5       |
| P-1 Enchente              | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | < 1       |
| P-2 Vazante               | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | 2,1       |
| P-2 Enchente              | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | < 1       |
| P-3 Vazante               | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | 1,3       |
| P-3 Enchente              | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | < 1       |
| P-4 Vazante               | < 1      | < 1                              | 1,1       | < 1       | 4,2       |
| P-4 Enchente              | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | 1,2       |
| P-5 Vazante               | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | 2,0       |
| P-5 Enchente              | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | < 1       |
| Padrão CONAMA (1)         | 100      | 50                               | 10        | 25        | 50        |
| Efluente Final            | < 1      | < 1                              | < 1       | < 1       | < 1       |
| Padrão CONAMA (1)         | -        | 500                              | 500       | 2000      | -         |
| Padrão FEEMA (2)          | 4000     | Cr (VI) = 500<br>Cr (III) = 2000 | 500       | 1000      | 500       |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

Tabela 14: Resultados obtidos para arsênio, selênio, cádmio, mercúrio e zinco nas análises das amostras coletadas na 8ª campanha realizada em 28/09/2008.

| 8ª. Campanha - 28/09/2007 |           |           |           |           |           |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Metais na água bruta      |           |           |           |           |           |
| Ponto de Coleta           | As (µg/L) | Se (µg/L) | Cd (µg/L) | Hg (µg/L) | Zn (µg/L) |
| P-1 Vazante               | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 6,2       |
| P-1 Enchente              | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 4,4       |
| P-2 Vazante               | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 5,1       |
| P-2 Enchente              | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 4,2       |
| P-3 Vazante               | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 4,2       |
| P-3 Enchente              | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 3,2       |
| P-4 Vazante               | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 8,5       |
| P-4 Enchente              | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 5,2       |
| P-5 Vazante               | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 4,3       |
| P-5 Enchente              | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 4,6       |
| Padrão CONAMA (1)         | 10        | 10        | 1         | 0,2       | 180       |
| Efluente Final            | < 1       | < 1       | < 1       | < 1       | 11        |
| Padrão CONAMA (1)         | 500       | 300       | 200       | 10        | 5000      |
| Padrão FEEMA (2)          | 100       | 50        | 100       | 10        | 1000      |

(1) Resolução CONAMA 357/2005; (2) FEEMA NT-202.R-10/1986

Fonte: Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional a UFF (2008).

## 4 ESTUDO DE CASO - ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO FECHAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA REDUC

### 4.1 A REFINARIA DUQUE DE CAXIAS

A Unidade de Negócios Refinaria Duque de Caxias (UNEDUC) é a segunda maior do país, e está localizada no município de Duque de Caxias (RJ), com área total de 13km<sup>2</sup>, dos quais aproximadamente 9km<sup>2</sup> de área construída. Atualmente, a mais complexa refinaria do sistema Petrobras com capacidade instalada de 240 mil barris/dia (cerca de 40 mil m<sup>3</sup>/dia), possui 7,6 mil colaboradores, sendo 2,5 mil permanentes. Conforme figura nº. 14.



Figura14: A REDUC.  
Fonte: Petrobras (2006).

Os seus principais produtos são: lubrificantes, parafinas, gasolina, produtos petroquímicos, óleo diesel, querosene de aviação, gás liquefeito de petróleo (GLP), bunker e nafta petroquímica, contando com 46 unidades industriais que fabricam 99 produtos diferentes destinados às Regiões Sudeste (principalmente Rio de Janeiro,

Espírito Santo e parte de Minas Gerais), Sul e Nordeste, além de exportar parte de sua produção. Conforme figuras nº. 15 e 16 a seguir.

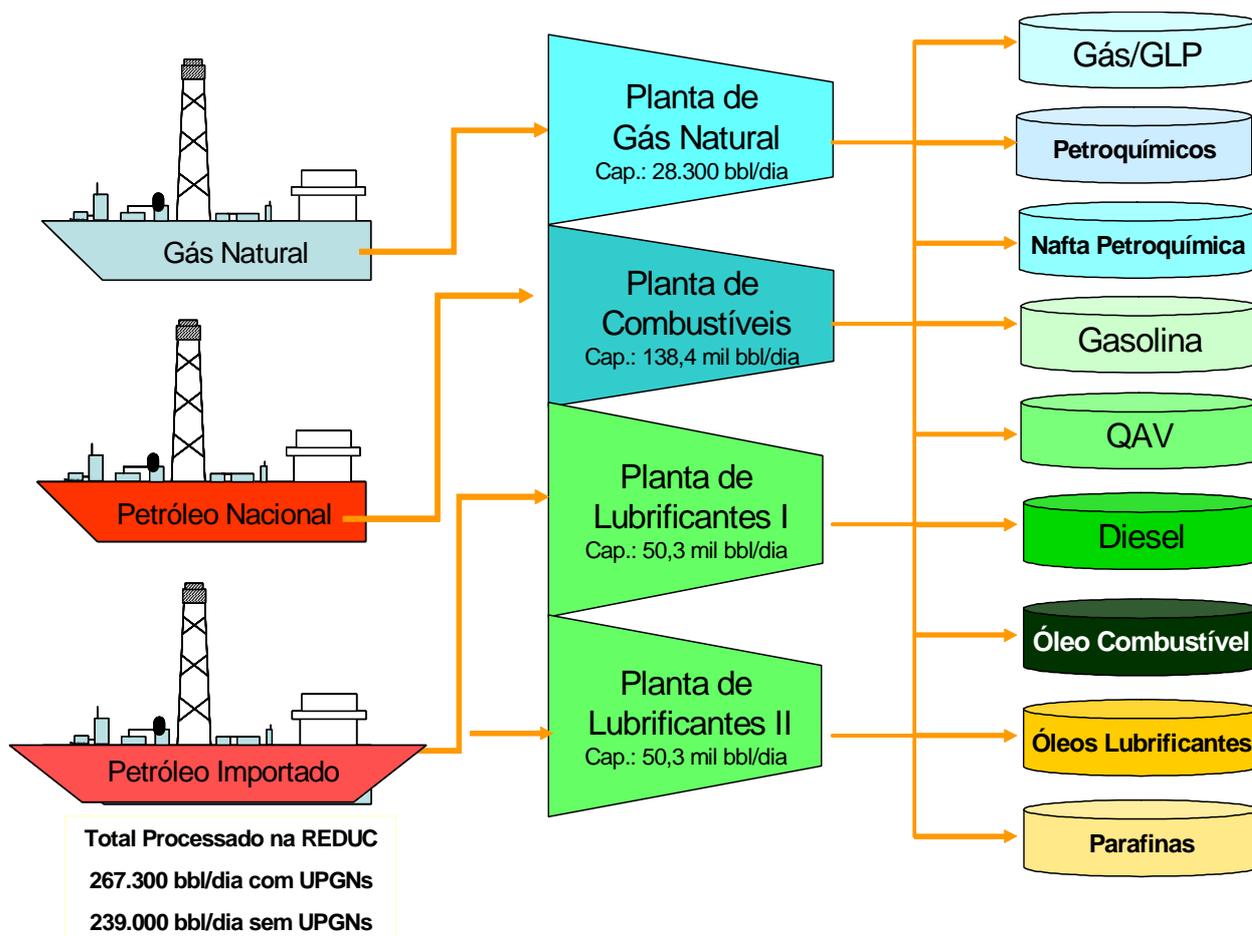


Figura15: Processo Produtivo.  
Fonte: Petrobras (2006).

Com sua produção centrada principalmente em diesel, óleos combustíveis, gasolina, GLP, querosene, nafta e óleos lubrificantes, a REDUC gerou em 2005 um faturamento bruto na ordem de R\$ 13 bilhões, sendo responsável pela arrecadação de aproximadamente R\$ 3,5 bilhões em impostos.



Figura16: Mercado Nacional e Exportações

Fonte: Petrobras (2006).

A REDUC foi inaugurada, em 1961, com apenas seis unidades, além da casa de força.

No início da década de 70, recebeu a primeira planta de lubrificantes. Em 1979, já estava em funcionamento o segundo conjunto de lubrificantes e parafinas, com seis novas unidades.

A década de 80 marcou a chegada do gás natural, com a implantação de duas unidades industriais para processamento e especificação deste produto.

Na década de 90 foram instaladas as unidades voltadas para a qualidade e diversificação dos produtos e de proteção ao meio-ambiente, como a unidade de hidrotreamento de querosene de aviação (QAV) e diesel e a segunda unidade para a recuperação de enxofre (URE).

No final desta década foi concebido o projeto das unidades do Sistema do Coque, processo de craqueamento térmico de produtos, chamados de “fundo de barril”, tornando viável a redução da produção de óleo combustível gerado na refinaria, mudando o perfil da matriz energética da refinaria e indústrias da região.

Neste sistema também está inserida uma unidade para tratamento da Gasolina de Coque que contempla o mesmo objetivo da Carteira de Gasolina. A Figura 17 apresenta um fluxograma simplificado da REDUC onde se pode observar o total inter-relacionamento das unidades da refinaria.

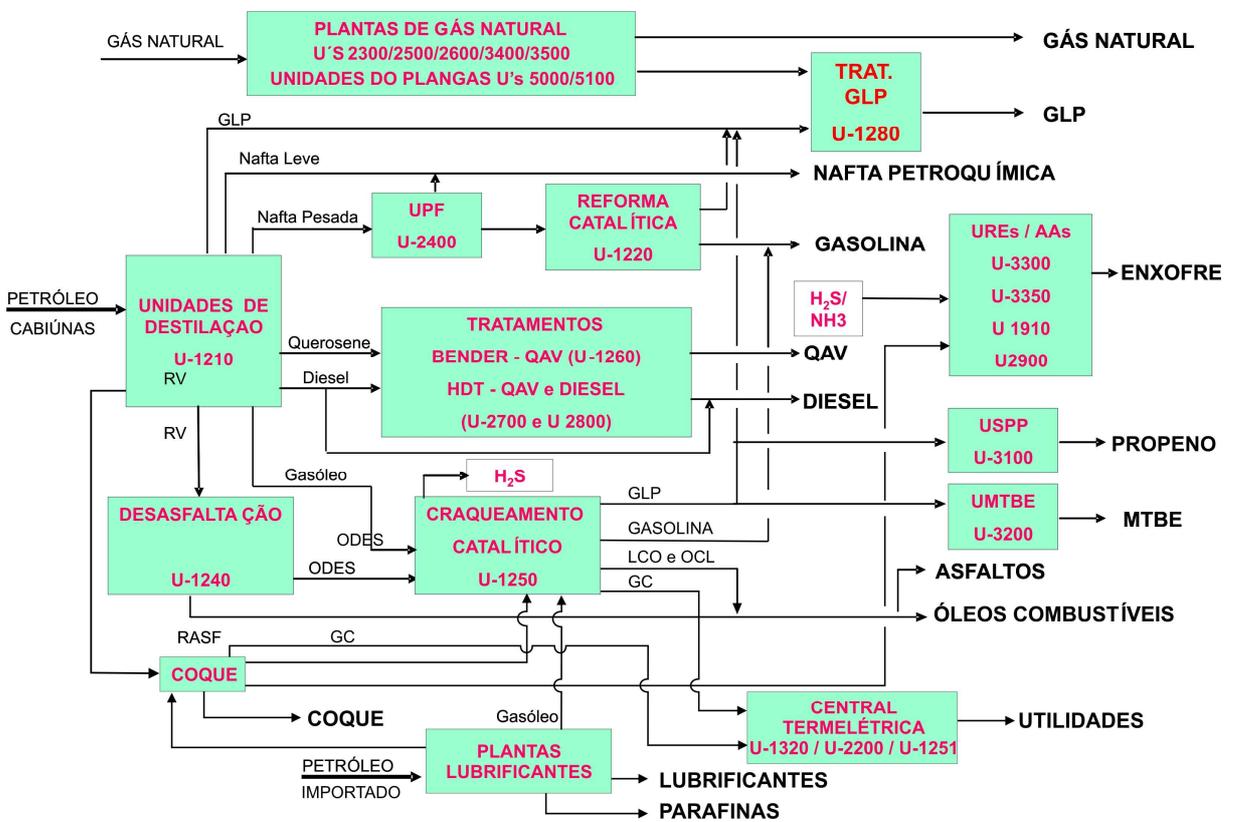


Figura 17 - Fluxograma Simplificado da REDUC  
 Fonte: Petrobras (2007).

Devido o aumento global e nacional das restrições relativas às emissões atmosféricas, decorrente dos gases de efeito estufa em grandes centros urbanos, em 2004 foi iniciado novo processo de licenciamento ambiental para o empreendimento denominado Carteira de Gasolina, cujo objetivo é reduzir teores de enxofre da gasolina para veículos automotivos. Estes dois últimos empreendimentos encontram-se em fase de implantação.

Em consonância ao seu crescimento, a REDUC está desenvolvendo o projeto de Aumento da Oferta de Gás e Adequação do Perfil de Produção para o Processamento de Petróleo Nacional, com destaque para os seguintes objetivos:

- Aumento da oferta de gás em virtude da necessidade de abastecimento do crescente mercado nacional e em resposta à crise de suprimento ocorrido na Bolívia;
- Redução do consumo de petróleo importado através da adaptação metalúrgica da refinaria visando capacitá-la para o processamento do petróleo da Bacia de Campos (Nacional), mais pesado e mais ácido, em conformidade com a meta de auto-suficiência do país;
- Aumento da produção de derivados combustíveis (diesel e gasolina) de melhor qualidade e em conformidade com especificações que entrarão em vigor num futuro próximo determinadas pelo Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e Agência Nacional do Petróleo (ANP);
- Aumento da conversão de produtos pesados, contendo alto teor de enxofre (gasóleo), em derivados mais leves e hidrotratados (gasolina e diesel) com baixos teores de enxofre e nitrogênio;
- Aumento da confiabilidade operacional da refinaria e diminuição da dependência de vapor e energia elétrica fornecidos por terceiros.

Para atingir estes objetivos serão necessários, principalmente, a ampliação da capacidade de processamento de gás com implantação das Unidades que integram o Plano de Antecipação da Produção de Gás - Plangas, além da Unidade de Destilação Atmosférica e a Vácuo (U-1210), o aumento da carga de referência da Unidade de Craqueamento Catalítico (U-4100) e o aumento da oferta de vapor e complementação de energia elétrica da Central Termelétrica (U-2200), com instalação de uma nova caldeira (SG-2003).

A ampliação da capacidade de processamento de gás, dos atuais 15 milhões m<sup>3</sup>/dia para 40 milhões m<sup>3</sup>/dia em 2008 e 55 milhões m<sup>3</sup>/dia em 2010 advém do aumento de produção prevista para a Bacia de Campos, Santos e Espírito Santo, consolidando a liderança da Petrobras no mercado nacional de derivados. O aumento da oferta de gás para o mercado consumidor também poderá viabilizar o fornecimento de gás para consumo nas caldeiras e fornos das unidades objeto e demais unidades da refinaria.

## 4.2 CONDICIONANTES DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DO TCAA DA REDUC

Historicamente no Brasil, o contexto de uso e aplicação do instrumento jurídico, termo de ajustamento de conduta (TAC) é recente. Este instrumento permite às empresas promoverem os ajustes ambientais necessários para a adequação de suas atividades.

A assinatura em novembro de 2000, deste compromisso de adequação das atividades da refinaria, após o acidente ocorrido em janeiro, representa um fato de responsabilidade social relevante, o primeiro a ser assinado por uma refinaria da Petrobras.

Quando buscamos analisar os ganhos ambientais do cumprimento de um termo de ajustamento de conduta, como o firmado pela Refinaria Duque de Caxias (REDUC) e o Dutos e Terminais do Sudeste (DTSE), atual TRANSPETRO com o governo estadual representado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS, atual SEMADUR), a Fundação de Engenharia e Meio Ambiente (FEEMA) e o Ministério Público Federal (MPF). Após o acidente do vazamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara, é preciso enxergar o contexto histórico de inserção e as inúmeras variáveis socioambientais potencialmente envolvidas.

Para continuar operando em níveis de excelência, a Refinaria mantém um constante programa de modernização das instalações e aperfeiçoamento de processos. Tem por metas a melhoria da qualidade dos combustíveis e lubrificantes, o aumento do processamento de petróleo nacional (principalmente proveniente da Bacia de Campos), o fornecimento de matéria-prima para o Pólo Gás Químico do Rio de Janeiro, a minimização da produção de óleo combustível e tornar-se referência em termos ambientais.

Os projetos de Modernização em andamento e programados para implantação não prevêem alterações no volume de petróleo bruto a ser processado e são voltados a modificações no perfil da produção, tendo em vista, ainda, a diminuição dos impactos ambientais derivados de suas atividades e a preservação da qualidade de vida e da saúde de seus empregados e da comunidade em seu entorno.

O estudo de avaliação ambiental multidisciplinar coordenado pela Petrobras e o Estado, representado pela Secretaria de Ciência e Tecnologia, chamaram a atenção de toda comunidade científica do Estado do Rio de Janeiro, envolveu a Pontifícia Universidade Católica (PUC), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), são quatro instituições de ensino superiores renomadas, independentes e reconhecidas na esfera estadual, nacional e internacional.

A avaliação ambiental mobilizou vários pesquisadores e professores na análise da problemática de forma totalmente independente e transparente. Além deste diagnóstico, atendendo a Resolução CONAMA nº 265 de 2000, foi realizada uma auditoria externa, detalhada, por um organismo certificador especializado, para a avaliação deste documento e na implantação de um novo plano de ações com 165 medidas a serem cumpridas em um período de 3 anos.

O Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional (PEGASO) marcou a história da empresa, iniciando a nível corporativo, um grande movimento na busca da excelência em gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional (SMS). Somente na refinaria, o programa era composto de 105 ações, a um custo adicional de mais de 218 milhões de reais.

Outras fontes de subsídios importantes para a composição do Plano de Ação do Termo de Compromisso de Ajuste Ambiental (TCAA) foram às informações e projetos advindos da execução do Termo de Compromisso Ambiental (TCA) firmado pela refinaria e a Dutos e Terminais do Sudeste com a Fundação de Engenharia e Meio Ambiente e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Implementado, anteriormente à assinatura do Termo de Compromisso de Ajuste Ambiental.

O documento previa ações a serem executados pela refinaria nas áreas de resíduos, hidrologia, riscos, planos de gestão ambiental, educação ambiental e colaboração na urbanização da praia de Ramos e apoio a Organizações Não Governamentais (ONG's).

O Termo discriminava de forma clara e concreta os compromissos de desembolsos iniciais de mais de 171 milhões de reais, que alcançaram 223 milhões de reais através de 42 ações. Além de vários itens de projetos e melhorias recomendadas à adequação ambiental e a regularização através do licenciamento do seu parque de refino, concluído em 2005.

Este Plano de ação previa tanto medidas de melhoria em “hardware” da Refinaria, como a implantação de sistemas de gestão integrada e foco no ser humano, direcionadas a aspectos socioambientais.

A área de efluentes hídricos onde está inserido o fechamento do sistema de refrigeração aberto fase I e fase II (ações 32 e 33), objeto deste estudo, agrupou ações de limpeza e recuperação de canaletas, tratamento do lodo dos Clarificadores, dragagem das Lagoas Facultativas Aeradas, segregação dos sistemas de drenagem de águas contaminadas e pluviais, levantamento de fontes e balanço de massa dos recursos hídricos.

Também, o monitoramento de toxicidade do efluente, monitoramento do Impacto no rio Iguaçu, monitoramento da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETES), avaliação de eficiência da Estação de Tratamento de Despejo Industrial (ETDI), revisão do programa de monitoramento dos efluentes e enquadramento de amônia.

A modernização e automação do parque industrial pioneiro da refinaria não modificariam a capacidade de refino, o objetivo seria a melhoria do desempenho ambiental, aumentar a qualidade dos produtos visando o atendimento do Programa de Controle de Emissões de Veículos Automotores (PROCONVE) do CONAMA e a competitividade da refinaria nacional e internacionalmente.

O Termo de compromisso previa medidas de colaboração com o Estado em mais de 40 milhões de reais, resultando na construção em parceria com o governo estadual dos piscinões de Ramos, São Gonçalo e Estação de Tratamento de Esgoto em Magé.

O objetivo era amplo e incluía regularizar a situação ambiental da refinaria, além do atendimento a conformidade legal através do licenciamento ambiental de seus processos e a suspensão dos processos judiciais. O cumprimento trouxe grandes ganhos de desempenho e de gestão ambiental da refinaria.

### 4.3 GESTÃO AMBIENTAL DA REFINARIA

Os resultados foram permanentemente auditados, visando à adequação, correções e pequenos ajustes em todo o processo. A implantação do sistema integrado de gestão (SGI), a melhoria do desempenho ambiental, o licenciamento de toda a refinaria, foi um grande desafio, quebrando paradigmas e visando a excelência e liderança em Saúde, Meio Ambiente e Segurança (SMS).

Diversas auditorias foram desenvolvidas por técnicos externos independentes, entre elas o Ministério Público Federal (MPF) e o Tribunal de Contas da União (TCU). Os resultados foram apresentados à sociedade, através de audiências públicas, visando à total transparência com as partes interessadas.

O objetivo maior da gestão ambiental deve ser a busca permanente de melhoria da qualidade ambiental dos serviços, produtos e ambiente de trabalho de qualquer organização pública ou privada.

A busca permanente da qualidade ambiental é, portanto um processo de aprimoramento constante do sistema de gestão ambiental global de acordo com a política ambiental estabelecida pela organização. Há também objetivos específicos da gestão ambiental, claramente definidos segundo a própria norma NBR-ISO 14001 que destaca cinco pontos básicos.

Além dos objetivos oriundos da norma ISO, em complemento, na prática, observam-se outros objetivos que também podem ser alcançados através da gestão ambiental, a saber: a) gerir as tarefas da empresa no que diz respeito a políticas, diretrizes e programas relacionados ao meio ambiente e externo da companhia; b) manter, em geral, em conjunto com a área de segurança do trabalho, a saúde dos trabalhadores; c) produzir, com a colaboração de toda a cúpula dirigente e os trabalhadores, produtos ou serviços ambientalmente compatíveis; d) colaborar com setores econômicos, a comunidade e com os órgãos ambientais para que sejam desenvolvidos e adotados processos produtivos que evitem ou minimizem agressões ao meio ambiente.

A busca de procedimentos gerenciais ambientalmente corretos, incluindo-se aí a adoção de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), na verdade, encontra inúmeras razões que justificam a sua adoção. Os fundamentos predominantes podem variar de uma organização para outra. No entanto, eles podem ser resumidos

nos seguintes básicos: a) os recursos naturais (matérias-primas) são limitados e estão sendo fortemente afetados pelos processos de utilização, exaustão e degradação decorrentes de atividades públicas ou privadas, portanto estão cada vez mais escassos relativamente mais caros ou se encontram legalmente mais protegidos; b) os bens naturais (água, ar) já não são mais bens livres/grátis. Por exemplo, a água possui valor econômico, ou seja, paga-se, e cada vez se pagará mais por esse recurso natural. Determinadas indústrias, principalmente com tecnologias avançadas, necessitam de áreas com relativa pureza atmosférica. Ao mesmo tempo, uma residência num bairro com ar puro custa bem mais do que uma casa em região poluída.

Por danos e efeitos ambientais possíveis de ocorrerem durante o ciclo de vida do produto, compreendem-se todos os impactos sobre o meio ambiente, inclusive a saúde humana, decorrentes da obtenção e transporte de matérias-primas, da transformação, ou seja, a produção propriamente dita, da distribuição e comercialização, do uso dos produtos, da assistência técnica e destinação final dos bens.

Devemos salientar que a empresa é a única responsável pela adoção de um SGA e, por conseguinte de uma política ambiental. Só após sua adoção, o cumprimento e a conformidade devem ser seguidos integralmente, pois eles fazem parte da imagem da empresa. Portanto, ninguém é obrigado a adotar um SGA e/ou Política Ambiental; depois de adotados, deve-se cumprir o estabelecido sob pena da organização cair num tremendo descrédito no que se refere às questões ambientais.

O processo de implementação de um sistema de gestão ambiental começa pela avaliação ambiental inicial. Na prática, esse procedimento pode ser realizado com recursos humanos internos ou externos, pois, quando a empresa já dispõe de pessoal habilitado ou relacionado com questões ambientais, (por exemplo, técnicos da área de saúde e segurança do trabalho ou controle de riscos), essa tarefa poderá ser feita internamente. Por outro lado, não existindo tal possibilidade, a organização poderá recorrer aos serviços de terceiros, quer seja ao de consultores autônomos ou ao de firmas de consultoria ambiental.

Empresas em geral e as mais poluentes em particular possuem uma série de problemas ambientais que vão desde suas fontes poluidoras, destino de resíduo e despejos perigosos, até o cumprimento da legislação ambiental. A avaliação ambiental inicial pode ser executada com recursos humanos internos ou mediante a

contratação de serviços de terceiros, quer seja com um especialista autônomo ou firma de consultoria. Para a execução da avaliação ambiental, podem ser usadas várias técnicas isoladamente ou de forma combinada - sempre dependerá da atividade ou organização a ser avaliada.

A política ambiental deve estabelecer um senso geral de orientação para as organizações e simultaneamente fixar os princípios de ação pertinentes aos assuntos e à postura empresarial relacionados ao meio ambiente. Tendo como base a avaliação ambiental inicial ou mesmo uma revisão que permita saber onde e em que estado à organização se encontra em relação às questões ambientais, chegou a hora da empresa definir claramente onde quer chegar. Nesse sentido, a organização discute, define e fixa o seu comprometimento e a respectiva política ambiental.

O objetivo maior é obter um comprometimento e uma política ambiental definida para a organização. Ela não deve simplesmente conter declarações vagas; ela precisa ter um posicionamento definido e forte. Além da política ambiental, empresas também adotam a missão de que em poucas palavras, expõe seus propósitos. A política ambiental da organização deve necessariamente estar disseminada nos quatro pontos cardeais da empresa, ou seja, em todas as áreas administrativas e operacionais; e, também deve estar incorporada em toda linha hierárquica existentes, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo - da alta administração até a produção.

Ao adotar a política ambiental, a organização deve escolher as áreas mais óbvias a serem focalizadas com relação ao cumprimento da legislação e das normas ambientais vigentes específicas no que se referem os problemas e riscos ambientais potenciais da empresa.

A organização deve ter o cuidado de não ser demasiadamente genérica afirmando, por exemplo: comprometemos-nos a cumprir a legislação ambiental. É óbvio que qualquer empresa, com ou sem política ambiental declarada, deve obedecer à legislação vigente.

O compromisso com o cumprimento e a conformidade é de vital importância para a organização, pois, em termos de gestão ambiental, inclusive nos moldes das normas da série ISO 14000. A adoção de um SGA é voluntária, portanto nenhuma empresa é obrigada a adotar uma política ambiental ou procedimentos ambientais espontâneos, salvo em casos de requisitos exigidos por lei, como, por exemplo: licenciamento ambiental, controle de emissões, tratamento de resíduos, etc.

Segundo Amaral (2005) a busca da excelência em Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS), objetivo previsto em seu Plano Estratégico, levaram a Petrobras a estabelecer como uma de suas metas a certificação de suas unidades de acordo com normas internacionais de gestão de SMS. Assim, em janeiro de 2007, a Companhia possuía 55 Certificações Integradas de acordo com as normas ISO 14001 (Meio Ambiente) e BS 8800 ou OHSAS 18001 (Segurança e Saúde).

Essas certificações cobriam a maior parte das unidades de negócio e de serviço da Companhia no Brasil e no exterior. Vale ressaltar que algumas das unidades também estavam certificadas em conformidade com a norma ISO 9001 (Qualidade).

A Refinaria Duque de Caxias - REDUC - da Petrobras foi homenageada pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN, como Empresa do Ano de 2004 em Gestão Ambiental.

O ano de 2004 marcou o início de uma nova era para a REDUC: a era da excelência ambiental e da responsabilidade social.

A conclusão do Termo de Compromisso para Ajuste Ambiental (TCAA), ocorrida em janeiro de 2005, vem comprovar a determinação da Petrobras em garantir a melhoria contínua de seu processo de produção, necessário para o desenvolvimento do País.

Infelizmente, em 18 de janeiro de 2000, ocorreu um vazamento de aproximadamente 1.292 mil litros de óleo combustível resultante da ruptura de um dos nove oleodutos que ligam a Refinaria Duque de Caxias (REDUC) ao terminal da Petrobras na Ilha D'Água. O vazamento atingiu principalmente a área do fundo da baía de Guanabara, causando danos ao meio ambiente e às comunidades locais. Como consequência, até a data de 31 de dezembro de 2000, a Petrobras empregou cerca de R\$ 103,7 milhões em: (a) trabalhos de contenção do óleo derramado; (b) recuperação das áreas afetadas; (c) compensações e indenizações; (d) multa no valor de R\$ 35 milhões; e (e) criação pelo Governo Federal, de um fundo de proteção da Baía de Guanabara para o qual a Companhia contribuiu com R\$ 15 milhões (RIBEIRO; SOUZA, 2003).

Este incidente foi verificado nas águas do Estado do Rio de Janeiro na madrugada do dia 18 de janeiro de 2000, foram lançados, segundo dados noticiados pela imprensa, algo em torno de 1,3 milhões de litros de óleo cru na Baía de Guanabara. Considerado o segundo desastre mais grave já verificado na área

marítima do Rio de Janeiro, sendo apenas superado pelo acidente ocorrido com o navio “Tarik”, em 1975, provocou graves danos ao ecossistema, o qual, segundo especialistas, só deverão recuperar suas condições normais daqui a dez ou quinze anos.

A mancha de óleo se estendeu por uma faixa superior a 50 quilômetros quadrados, atingindo o manguezal da área de proteção ambiental (APA) de Guapimirim, praias banhadas pela Baía de Guanabara, inúmeras espécies da fauna e flora, além de provocar graves prejuízos de ordem social e econômica a população local.

As comunidades que tiravam seu sustento de atividades ligadas, direta ou indiretamente, a qualidade das águas da Baía de Guanabara, tais como, a pesca e o turismo, foram muito prejudicadas, pela mortandade dos peixes e crustáceos, também pela inviabilização do turismo devido à poluição do ambiente.

O duto PE-II que transportava óleo combustível entre a Ilha D'água e Refinaria Duque de Caxias (REDUC), flambou, rompendo-se e acarretando em um vazamento de 1.293 m<sup>3</sup> que afetou toda a Baía. Este duto era aquecido para tornar o óleo menos viscoso, e enterrado no fundo da Baía; ao longo do tempo ocorreu erosão deste fundo e parte do duto ficou solta.

A repercussão deste acidente foi imediata, abalando todo o Brasil e o mundo, atingindo fortemente a imagem da Petrobras. Houve grande repercussão na mídia, levando as manifestações da sociedade que cobravam medidas urgentes de recuperação. A Petrobras já era reconhecida pela excelência em outras áreas da indústria, como a de águas profundas e tem a sua imagem como um de seus grandes valores.

Após este acidente, mais do que ficar ciente de que medidas deveriam ser tomadas, a empresa formou um grupo de estudo, com estratégia de se investir fortemente para elevar todas as suas atividades a patamares de Excelência em relação aos valores Ambientais e de Segurança Operacional. A idéia era não apenas atender o mercado, mas buscar reconhecimento internacional por excelência, indo ao encontro de seus objetivos internacionais.

Assim, em março de 2000 lançou o Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional - PEGASO, que nasceu com cerca de 3.000 projetos, dentre eles os de inspeção e recuperação de dutos.

No dia 22 de janeiro de 2000, a Petrobrás vinculou o comunicado junto à imprensa, reconhecendo não haver desculpa para o desastre e comprometendo-se a tomar todas as medidas necessárias à recuperação completa de todo ecossistema. Hoje colhemos os frutos dessa conduta, um desastre lamentável que provocou dano à comunidade pesqueira e grande impacto ambiental a toda sociedade.

#### 4.4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE DADOS E RESULTADOS RELATIVOS AOS EFLUENTES LÍQUIDOS DA REDUC

Para elaboração deste trabalho foram utilizados os resultados de análise de efluentes enviados ao órgão ambiental, do Programa de Autocontrole de Efluentes (PROCON – ÁGUA), do período da pesquisa. Os dados foram organizados estatisticamente através de suas médias diária, mensal e anual. E, transformados em gráficos para melhorar a visualização, o entendimento e as discussões temáticas.

Para a elaboração da caracterização ambiental, foram realizados diversos levantamentos de dados secundários, a fim de, juntamente com as imagens de satélite disponíveis para a região, serem obtidos subsídios para a campanha de campo.

Foram utilizados os dados levantados na ocasião da campanha de campo do trabalho da Fundação Euclides da Cunha da Universidade Federal Fluminense (UFF) contratada pela REDUC para realizar o monitoramento do Rio Iguaçu e a região de influência no estuário da Baía de Guanabara, denominado “Programa de Monitoramento do Rio Iguaçu”. A primeira fase no período de 2002 a 2003 e a segunda fase iniciada em janeiro de 2006 com previsão de término em dezembro de 2007.

O trabalho analisou o potencial da geração de cargas contaminantes nos segmentos fluviais do sistema Iguaçu-Sarapuí, a importância dos efeitos das marés e condições meteorológicas, na área de influência do estudo.

Nas campanhas de campo realizadas foi percorrida a faixa marginal do canal de tomada d’água (CTA), desde o ponto Zero até a Casa de Bombas de Refrigeração (CBR), toda a via interna denominada Marginal Sul, atentando-se para o manguezal que margeia o rio Iguaçu, no trecho a jusante do ponto de lançamento de efluentes da Refinaria. E, também por determinado trecho do Manguezal, na direção do início desse canal, junto a Baía de Guanabara e próximo ao estuário do rio Iguaçu/Sarapuí, ou seja, as áreas de influência indireta, diretas e diretamente afetadas consideradas no presente estudo.

Para levantamento de campo, foram feitas excursões por terra e mar, levantando-se as seguintes informações: áreas de inundação, assoreamentos,

estados de preservação da vegetação e da praia, entre outras, no entorno da refinaria e nos denominados Pontos de Vistoria Ambiental (PVA'S) ao longo dos oleodutos existentes.

Complementando os serviços de campo, foi realizado documento fotográfico, entrevistas com representantes das comunidades locais, com pesquisadores, e levantamento bibliográfico nos órgãos ambientais, nas instituições de ensino superior e no banco de dados da Petrobras.

As análises de qualidade das águas do rio Iguaçu antes e após o fechamento da Bacia de Resfriamento, entre 2002 (dados disponíveis antes do fechamento da Bacia de Resfriamento) e 2007 (dados após o fechamento da Bacia de resfriamento) não mostraram mudanças significativas na qualidade das águas do Rio Iguaçu, quanto aos parâmetros: óleos & graxas, nitrogênio e metais pesados, considerados no estudo.

Os parâmetros de controle da resolução CONAMA nº. 357 e a DZ-202 R-10 consideram os limites de concentração por substância no efluente final, mas não determinam o limite de vazão.

O rio Sarapuí não tem relação direta com os descartes de efluentes da refinaria! Embora, deságüe no rio Iguaçu e ambos sofram influência das marés. É difícil a interpretação de alterações na qualidade das águas da região noroeste da Baía de Guanabara decorrentes do fechamento da referida Bacia de Resfriamento da REDUC.

A última etapa foi desenvolvida em escritório, com base nos resultados de análises de amostragens, informações obtidas em campo e histórico do PROCON – ÁGUA do período da pesquisa foram produzidos gráficos e tabelas finais.

#### 4.4.1 Óleos e Graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos

corpos d'água, dentre eles, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água.

A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em processo de decomposição a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático. Na legislação brasileira não existe limite estabelecido para esse parâmetro, à recomendação é que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes 1, 2 e 3 da resolução CONAMA nº. 357/2005.

Os gráficos 1 e 2 mostram de forma clara e objetiva, a evolução da redução na carga poluidora de óleos e graxas medidos na saída da Bacia de Resfriamento.



Gráfico 1 – Carga Poluidora de Óleos e Graxas medidos na saída da Bacia de Resfriamento.  
Fonte: O autor (2008)

Os volumes captados na Baía de Guanabara e de efluente descartado no rio Iguaçu eram altos cerca de 30.000 m<sup>3</sup>/h. Este sistema embora descartando seus efluentes dentro dos padrões de controle do órgão ambiental, tomando como exemplo o parâmetro óleos & graxas o volume descartado em 1998, foi de 330 t/ano, início da pesquisa e 50 t/ano, em outubro de 2006, final da pesquisa.



Gráfico 2 – Evolução da Redução da Carga Poluidora de Óleos e Graxas medidos na saída da Bacia de Resfriamento.

Fonte: O autor (2008)

#### 4.4.2 Nitrogênio e suas formas

##### 4.4.2.1 Nitrato

É a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrogênio nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado, processo denominado de eutrofização.

#### 4.4.2.2 Nitrito

É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

#### 4.4.2.3 Amoniacal (amônia)

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes.

A concentração total de Nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos tóxicos do corpo d'água. Em grandes quantidades o Nitrogênio contribui como causa da metemoglobinemia (síndrome do bebê azul).

Os parâmetros de controle da resolução CONAMA nº. 357 e a DZ-202 R-10 consideram os limites de concentração por substância no efluente final, mas não determinam o limite de vazão. Os gráficos 3 e 4 apresentam a evolução da carga poluidora de nitrogênio medido na saída da Bacia de Resfriamento.



Gráfico 3 – Carga Poluidora de Nitrogênio medido na saída da Bacia de Resfriamento.  
Fonte: O autor (2008)



Gráfico 4 – Evolução da Redução da Carga Poluidora de Nitrogênio medido na saída da Bacia de Resfriamento.  
Fonte: O autor (2008)

O gráfico 5 compara a carga poluidora de nitrogênio medido na saída da Bacia de Resfriamento com o limite de lançamento anual da resolução CONAMA 357/2005.

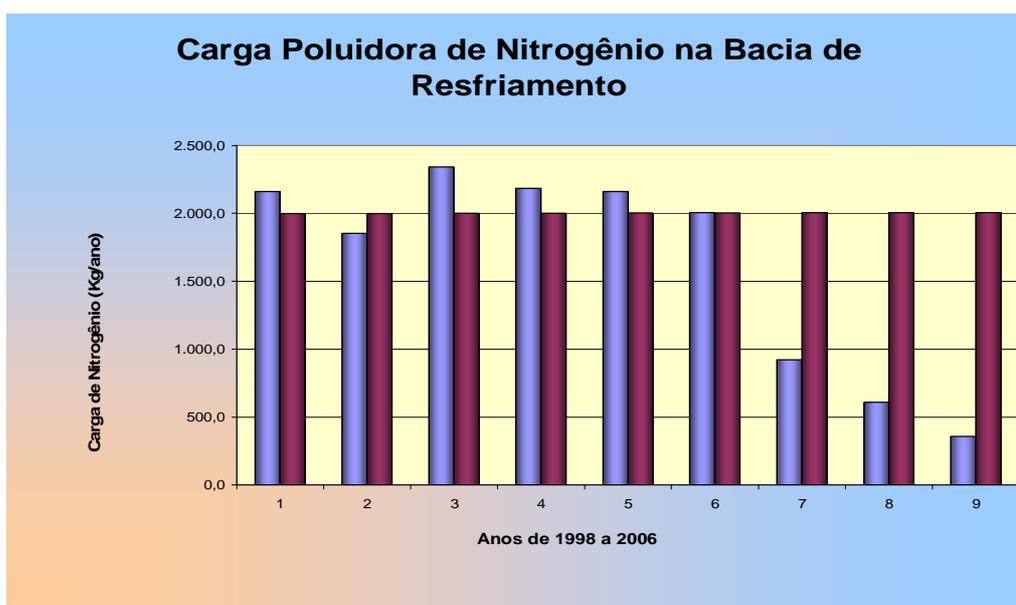


Gráfico 5 – Carga Poluidora de Nitrogênio medido na saída da Bacia de Resfriamento.  
Fonte: O autor (2008)

### 4.4.3 Metais Pesados

#### 4.4.3.1 Cádmio (Cd)

O cádmio possui uma grande mobilidade em ambientes aquáticos, é bioacumulativo e persistente no ambiente, acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. Está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 mg/L. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e também são utilizados na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas etc.

É um subproduto da mineração do zinco. O elemento e seus compostos são considerados potencialmente carcinogênicos e pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e câncer.

#### 4.4.3.2 Bário (Ba)

Em geral ocorre nas águas naturais em baixas concentrações, variando de 0,7 a 900 mg/l. É normalmente utilizado nos processos de produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e praguicidas. A ingestão de bário, em doses superiores às permitidas, pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea, por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração.

#### 4.4.3.3 Chumbo (Pb)

Em sistemas aquáticos, o comportamento de compostos de chumbo é determinado principalmente pela hidrossolubilidade. Concentrações de chumbo acima de 0,1mg/l inibem a oxidação bioquímica de substâncias orgânicas, e são prejudiciais para os organismos aquáticos inferiores. Concentrações de chumbo entre 0,2 e 0,5mg/l empobrecem a fauna, e a partir de 0,5mg/l a nitrificação é inibida na água.

A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. O chumbo é uma substância tóxica

cumulativa. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre na maioria das vezes, em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias.

#### 4.4.3.4 Cobre (Cu)

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais.

As principais fontes industriais são as indústrias de mineração, fundição, refinaria de petróleo e têxtil. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar em irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão.

#### 4.4.3.5 Cromo (Cr)

O cromo está presente nas águas nas formas tri e hexavalente. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Já na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno, sendo assim, os limites máximos estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. Os organismos aquáticos inferiores podem ser prejudicados por concentrações de cromo acima de 0,1mg/l, enquanto o crescimento de algas já está sendo inibido no âmbito de concentrações de cromo entre 0,03 e 0,32mg/l.

O cromo, como outros metais, acumula-se nos sedimentos. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia.

#### 4.4.3.6 Níquel (Ni)

A maior contribuição para o meio ambiente, através da atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Além disso, as principais fontes são as atividades de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios. O níquel acumula-se no sedimento, em musgos e plantas aquáticas superiores.

#### 4.4.3.7 Mercúrio (Hg)

Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, dentre outras.

O mercúrio prejudica o poder de autodepuração das águas a partir de baixas concentrações. Este pode ser adsorvido em sedimentos e em sólidos em suspensão. O metabolismo microbiano é perturbado pelo mercúrio através de inibição enzimática. Alguns microrganismos são capazes de metilar compostos inorgânicos de mercúrio, aumentando assim sua toxicidade.

O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos. A intoxicação aguda pelo mercúrio, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

#### 4.4.3.8 Zinco (Zn)

O zinco é oriundo de processos naturais e antropogênicos, dentre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, siderurgias, cimento, concreto, cal e gesso, indústrias têxteis, termoelétricas e produção de vapor, além dos efluentes domésticos. Alguns compostos orgânicos de zinco são aplicados como pesticidas. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, levando às perturbações do trato gastrointestinal.

#### 4.4.3.9 Ferro (Fe)

O ferro aparece, normalmente, da dissolução de compostos do solo e dos despejos industriais. O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas, podendo, em grandes quantidades, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis à água, além de elevar a dureza, tornando-a inadequada ao uso doméstico e industrial.

#### 4.4.3.10 Manganês (Mn)

É utilizado na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. A água potável contaminada com manganês desenvolve a doença denominada manganismo, sintomas similares aos vistos em mineradores de manganês ou trabalhadores de plantas de aço.

#### 4.4.3.11 Alumínio (Al)

O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes.

O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.

Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água.

A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio.

O gráfico 6 apresenta a evolução na redução da carga poluidora de metais pesados (toneladas/ano) medidos entre 1998 e 2006, na saída da Bacia de Resfriamento.

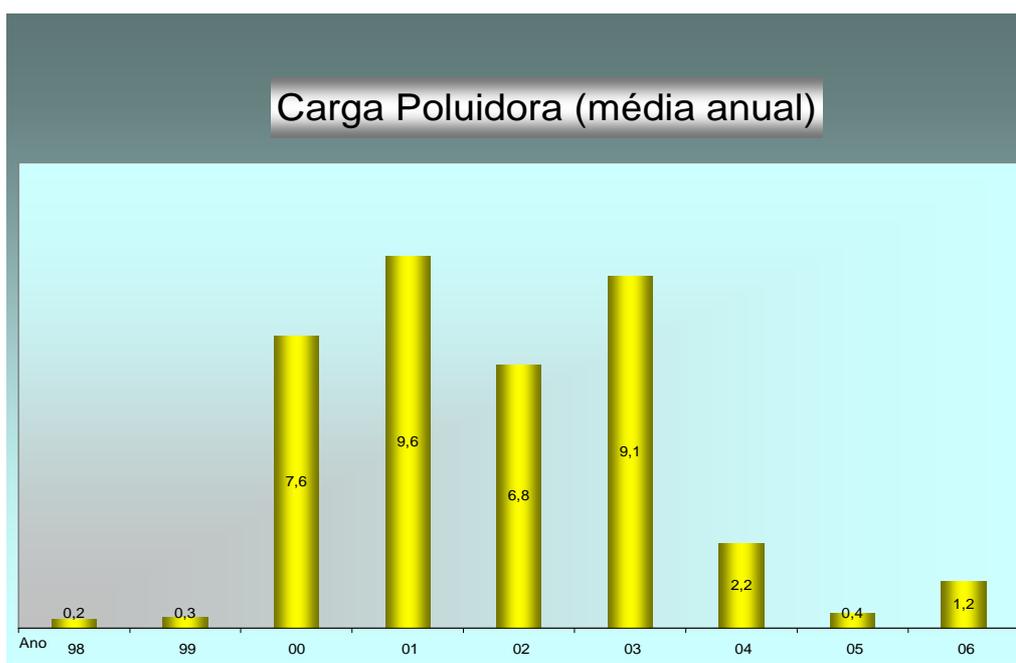


Gráfico 6 – Evolução da Redução da Carga Poluidora de Metais Pesados (toneladas/ano) medidos na saída da Bacia de Resfriamento.

Fonte: O autor (2008)

(\*) Nos anos de 1998 e 1999, as principais concentrações de metais pesados analisados foram cobre, vanádio e cádmio, na Saída das Lagoas e na Bacia de Resfriamento. (\* \*) Os anos de 2000 a 2003 apresentaram uma alta concentração de zinco, cádmio e níquel na Bacia de Resfriamento, para uma vazão de 600.000 m<sup>3</sup>/dia.

Com relação a metais pesados, amônia e óleos & graxas, os resultados obtidos comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), evidenciou que os efluentes líquidos da refinaria encontram-se em conformidade com a Resolução nos parâmetros estabelecidos por tal legislação.

A análise dos resultados, gráficos e tabelas finais conduz a algumas reflexões que visam estabelecer as bases de uma pesquisa mais ampla a respeito da utilização de indicadores ambientais como parâmetro de avaliação e histórico de desempenho ambiental aplicável em qualquer órgão do sistema. Orientando a elaboração, emissão de relatórios, correção e registros necessários às exigências legais, subscritos por uma refinaria.

Já as análises de qualidade das águas do rio Iguaçu antes e após o fechamento da Bacia de Resfriamento, entre 2002 (antes do fechamento da Bacia de Resfriamento) e 2007 (após o fechamento da Bacia de Resfriamento) não mostrando mudanças significativas na qualidade das águas do rio Iguaçu quanto aos parâmetros analisados.

O rio Sarapuí não tem relação direta com os descartes de efluentes da refinaria. Embora sofra grande impacto devido ao chorume presente no efluente do Aterro controlado de Gramacho, cerca de 3.000 m<sup>3</sup>/d. Que devido as oscilações de marés acabam por impactar fortemente o rio Iguaçu, principalmente por metais pesados.

Finalizando, destacamos a importância da utilização de indicadores, que mostrem eficácia como instrumento de gestão apresentando de forma clara e incontestável as condições operacionais e ambientais.

Os indicadores como óleos & graxas, nitrogênio e metais pesados em quilogramas lançados diariamente são bastante representativos da carga poluidora das empresas do segmento. Podendo agilizar ações preventivas e/ou corretivas nos setores operacionais, intervenções por parte da manutenção industrial e contribuir para melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.

O fechamento do antigo sistema de refrigeração da refinaria proporcionou um importante ganho econômico, socioambiental e de imagem para a Petrobras.

Os custos para implantação do Sistema de Refrigeração fechado foram de: R\$ 124.311.717,53 cerca de US\$ 46,8 milhões, disponibilizados em 03 (três) anos.

Os ganhos ambientais com a Implantação foram principalmente à redução no consumo de recursos hídricos e a minimização na geração efluentes industriais aproximadamente 660.000 m<sup>3</sup>/dia. Outros ganhos significantes foram reduções na carga de óleos & graxas, nitrogênio, amônia, metais pesados e descartados para Baía de Guanabara.

Principalmente na redução do custo no tratamento de efluentes cerca de US\$633,6 mil/dia, que deixaram de ser tratados e descartados. A quantidade de Óleos & Graxas lançado no rio Iguaçu em 1998 foi de 330 t/ano equivalente a 2.408 barris de petróleo/ano ou a 383.000 l/ano. A redução de custo com desperdício de matéria prima foi de US\$ 207 mil/ano, que poderiam gerar cerca de US\$ 500 mil em faturamento com o reprocessamento e a geração de produtos de maior valor agregado somente no ano de 1998.

Correlacionando o volume de Óleos & Graxas descartado com barris de petróleo e seu respectivo custo em dólar podemos evidenciar de forma clara a sua evolução no gráfico 7 a baixo.

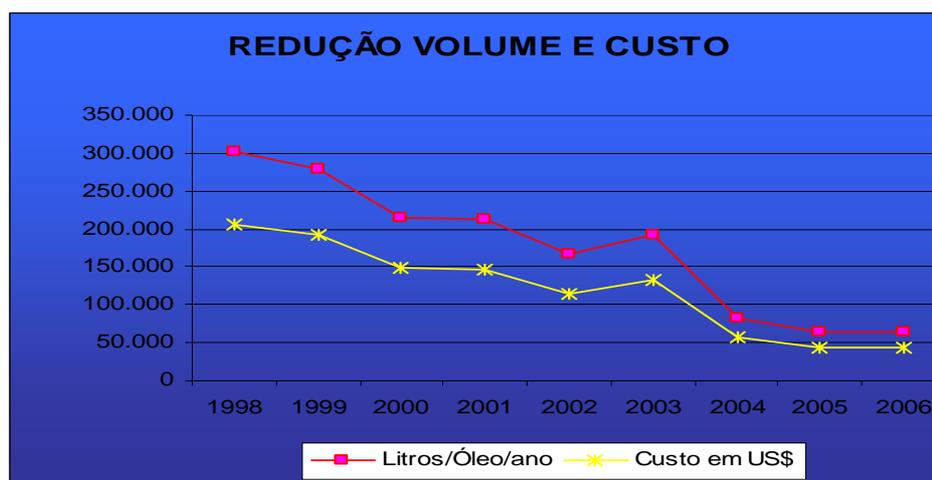


Gráfico 7 – Redução de Volume e Custos medidos na saída da Bacia de Resfriamento.  
Fonte: autor (2008)

Já a quantidade de óleos & graxas lançado até outubro de 2006, quando foi totalmente fechado o Sistema de Refrigeração aberto e a Bacia de Resfriamento foi de 50 t/ano igual a 365 barris de petróleo/ano equivalente a 58.000 l/ano.

Este volume equivalente a US\$ 44 mil poderiam gerar cerca de US\$ 106 mil em faturamento com a geração de produtos de maior valor agregado que deixaram de ser produzidos.

A maior redução de custos se deu em função da minimização dos danos ambientais causados ao sistema de manguezais, através de trabalhos de revegetação, diminuição do processo de eutrofização na foz do rio Iguaçu/Sarapuí, com a redução no lançamento de nitrogênio e melhoria na qualidade da produção pesqueira da Baía de Guanabara. Esses custos são intangíveis, de difícil valoração, mas de fácil percepção pela população, ONG's e órgãos ambientais.

## 5 CONCLUSÕES E INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

### 5.1 CONCLUSÕES

A qualidade das águas do Rio Iguaçu e da Baía de Guanabara encontra-se comprometida, com sinais claros de degradação ambiental, principalmente pela maciça quantidade de esgoto doméstico sem tratamento que é lançado diariamente, pelo município de Duque de Caxias, maior contribuição e outros municípios da Baixada Fluminense. A influência do esgoto doméstico na qualidade do Iguaçu pode ser percebida quando da análise do resultado das amostragens realizadas.

No Rio Iguaçu os monitoramentos realizados acusam uma situação de deficiência de oxigênio dissolvido para suportar a vida aquática (baixo OD), resultado da alta demanda biológica por oxigênio (alta DBO), parâmetros estes que estão fora do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Também se verifica um alto índice de coliformes fecais, lixo, entre outros, reflexo da ausência de uma estrutura adequada de saneamento básico. No entanto, o resultado dos ensaios depois da saída dos efluentes da refinaria mostrou uma tendência de melhora em alguns parâmetros, indicando que o efluente da REDUC acaba por diluir a água do Rio Iguaçu, tornando sua qualidade melhor que a montante da refinaria.

A bacia dos Rios Iguaçu-Sarapuí foi considerada enquadrada na Classe 2 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. As águas destes rios, dentro desta classificação, após tratamento convencional adequado, estão destinadas à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana, a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário e ao abastecimento doméstico.

Entretanto, a FEEMA (1984) classificou as águas do rio Iguaçu como de má qualidade, similares a valas de esgoto a céu aberto.

O estudo realizado considerou que o rio Iguaçu tem o padrão de qualidade das águas estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005, de classe 2, mais restritivo em suas condições e padrões, e, que vem sendo utilizado nos monitoramentos subsequentes à assinatura do TCAA encaminhados pela REDUC ao órgão ambiental (FEEMA).

Os últimos dados dos efluentes (PROCON-ÁGUA) e monitoramentos no rio Iguaçu mostraram que:

(i) para as águas fluviais: apenas OD, SDT e DBO e sulfetos, Al total e Fe dissolvido apresentaram valores acima dos padrões legais em praticamente todos os pontos amostrados, evidenciando uma ampla contaminação por fonte difusa (efluentes domésticos);

(ii) para os efluentes finais da REDUC: as concentrações de todos os parâmetros referenciados pela legislação, nas duas campanhas, encontram-se em conformidade com os padrões, de uma a várias ordens de grandeza abaixo dos limites máximos permitidos;

(iii) as concentrações de metais nas águas fluviais apresentam-se duas ou mais ordens de grandeza menores do que os limites máximos permitidos.

Com relação a metais pesados, amônia e óleos & graxas, os resultados dos efluentes líquidos da refinaria quando comparados com os padrões estabelecidos encontram-se em conformidade com a Resolução CONAMA nº357 de 2005 e a NT - 202. R-10 da FEEMA.

Na avaliação ecotoxicológica e de mutagenicidade dos efluentes da REDUC e corpos hídricos próximos, segundo a NT - 213. R-4 da FEEMA que determina os critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais realizados no referido estudo, foi possível concluir que:

- Não foram observados efeitos tóxicos para *Daphnia similis* decorrentes do efluente final da Estação de Tratamento e Descarte Industrial (ETDI) da Refinaria, enquanto que para bactéria *Vibrio fischeri* foi observada toxicidade em apenas uma amostra no período levado a termo, em abril e maio de 2002;

- Não foram observados efeitos tóxicos para *Artemia* sp proveniente do efluente da Bacia de Resfriamento, mas foi detectada toxicidade em 3 de 7 amostras avaliadas no período; No rio Iguaçu foi detectada toxicidade a jusante do canal Perimetral e após o encontro com o Rio Sarapuí, não tendo sido observados efeitos tóxicos no ponto amostrado após os lançamentos de efluentes da REDUC (efluente final da ETDI e da Bacia de Resfriamento);

- No rio Sarapuí, e na Baía de Guanabara foram observados efeitos tóxicos para ambos os organismos usados como indicador ecológico;

- Não foram observados efeitos mutagênicos nos sedimentos dos rios Iguaçu e Sarapuí ou da Baía de Guanabara, nem mesmo no efluente final da ETDI.

Em relação aos metais e outros compostos orgânicos, os resultados obtidos foram comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357 de 2005, e a NT - 202. R-10 da FEEMA mostrando que os efluentes líquidos finais da REDUC encontravam-se em conformidade com a Resolução e a diretriz do órgão ambiental em todos os parâmetros estabelecidos por tal legislação, estando em alguns casos inferiores ao valor máximo permitido em várias ordens de grandeza.

Entretanto, as águas fluviais apresentaram valores acima dos padrões em quase todos os pontos de amostragem, o que indica grande contaminação dos rios por fontes difusas, ou seja, efluentes domésticos.

Embora estejam disponíveis dados da qualidade das águas do Rio Iguaçu antes e após o fechamento da bacia de refrigeração, em 2002 e 2007, não ocorreram mudanças significativas e detectáveis na qualidade de suas águas. A continuidade na realização de mais campanhas de monitoramento permitirá uma melhor avaliação.

É difícil a interpretação de alterações na qualidade das águas da região noroeste da Baía de Guanabara decorrentes do fechamento da referida Bacia de Resfriamento da REDUC.

Os ganhos ambientais com o fechamento do sistema de refrigeração aberto foram principalmente:

- Redução no consumo de recursos hídricos e a minimização na geração efluentes industriais aproximadamente 660.000 m<sup>3</sup>/dia;
- Redução do custo no tratamento de efluentes cerca de US\$633,6 mil/dia, que deixaram de ser tratados e descartados;
- Reduções na carga de óleos & graxas, nitrogênio e metais pesados na carga poluidora da refinaria descartada para Baía de Guanabara;
- Redução do custo com desperdício de matéria prima foi de US\$ 207 mil/ano, que poderiam gerar cerca de US\$ 500 mil em faturamento com o coprocessamento e a geração de produtos somente em 1998 caindo gradualmente para US\$ 44 mil em outubro de 2006 quando o sistema foi totalmente fechado. Estes poderiam gerar cerca de US\$ 106 mil em faturamento com a geração e produtos de maior valor agregado que deixaram de ser produzidos.

A necessidade deste trabalho conjunto se faz sentir quando não se encontram correlações entre indicadores levantados por órgãos de fiscalização e indicadores apresentados por empresas certificadas (BOOG, 2000). Esta atuação ainda está incompleta e mal formulada.

O objetivo deste estudo foi caracterizar efluentes de uma indústria petroquímica de forma descritiva e detalhada, mostrando o histórico do consumo de recursos hídricos e da geração de efluentes, assim como evidenciar as possíveis perdas de matéria prima, aumento dos custos com tratamentos de efluentes e consumo de energia. Além dos reflexos que os efluentes podem acarretar sobre o meio ambiente mesmo quando descartados dentro dos parâmetros de controle dos órgãos ambientais.

Finalizando, destacamos a importância de utilização de indicadores, que mostram toda sua eficácia como instrumentos de gestão ao apresentar de forma clara e incontestável as condições operacionais e ambientais, direcionando os esforços das empresas rumo a ações preventivas e/ou corretivas ambientalmente corretas.

## 5.2 INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A análise dos resultados apresentados leva-nos a algumas reflexões que visam estabelecer bases para uma pesquisa mais ampla a respeito da utilização de indicadores ambientais como parâmetro de avaliação de desempenho ambiental de empresas petroquímicas – sejam elas de qualquer porte, tipo e local.

Em primeiro lugar, enfatizamos importância do monitoramento – contínuo ou esporádico – dos descartes de rejeitos. Os dados apresentados foram obtidos através de monitoramento contínuo do período da pesquisa.

Se o monitoramento é realizado, as informações técnicas adquirem credibilidade, mesmo que a empresa não as divulgue ao público em geral. A grande vantagem da avaliação em cima de dados monitorados é que ela se transforma em algo real e não mais meramente teórica.

Com isso, as ações tendem a se tornar mais eficazes por trabalhar dados mais precisos. E, nos processos periódicos de re-certificação, a certificadora exige a abertura dos arquivos das informações ambientalmente relevantes para a empresa – ocasião em que o monitoramento apresenta sua eficácia.

Em segundo lugar, as entidades encarregadas da fiscalização das emissões poluentes devem assumir seu papel de forma mais efetiva, pois o que se nota é a eventual divulgação de informações por parte das empresas interessadas, sem qualquer confirmação por parte dos órgãos de fiscalização.

A necessidade deste trabalho conjunto se faz sentir quando não se encontram correlações entre indicadores levantados por órgãos de fiscalização e indicadores apresentados por empresas certificadas. Esta atuação ainda está incompleta e mal formulada.

Desta forma, sugerimos que sejam realizados estudos e feitas propostas de monitoramento ambientais pró-ativos pelas empresas, visando minimizar impactos ambientais causados pelo lançamento de efluentes nos corpos d'água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A BACIA DOS RIOS IGUAÇU/SARAPUÍ. Disponível em: <[http://www.baiadeguanabara.org.br/info/bg\\_iguacu.asp](http://www.baiadeguanabara.org.br/info/bg_iguacu.asp)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

ABREU, J. C. de. **Caminhos antigos e povoamento do Brasil**. Rio de Janeiro: Briguiet, 1930. 217p.

ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de Ecologia**. São Paulo, 1980.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

AGÊNCIA PORTUGUESA DE MEIO AMBIENTE. Disponível em: <[www.ambiente.pt](http://www.ambiente.pt)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

ALEVATO, C. F.; REBELLO, M. F. Special environmental issue. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF MAIN GROUP ORGAN METALS (ICEBAMO), 6., 2003, França. **Anais...** França: Marcel Gielen, 2003.

ALMEIDA, A. F. de. **História fluminense**: primeira parte. Niterói: Jeronymo Silva, 1929.

ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ALMEIDA, J. R. et al. **Planejamento ambiental**. 5. ed. Rio de Janeiro: Estácio de Sá, 2003.

ALMEIDA, J.; BRITO, A. G. A utilização de indicadores ambientais como suporte ao planejamento e gestão de recursos hídricos: o caso da região autônoma dos Açores In: CONGRESO IBÉRICO SOBRE GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL ÁGUA, 3., 2002, Sevilla. **Anais...** Sevilla: Universidad de Sevilla, 2002. Disponível em: <[www.us.es/ciberico/sevilla101.pdf](http://www.us.es/ciberico/sevilla101.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

AMADOR, E. da S. Baía de Guanabara: um balanço histórico. In: ABREU, Maurício de Almeida et al. **Natureza e sociedade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, 1992.

AMARAL, Sergio Pinto. **Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica nas Empresas: como entender, medir e relatar**. 2.ed. São Paulo: Ed. Tocalino, 2005.

AMARAL, Sergio Pinto. Indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Resumos...** Vitória: [s.n.], 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10.006**: ensaio de solubilização. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10.007**: amostragem dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.005**: ensaio de lixiviação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

ATLAS das unidades de conservação da natureza do estado do Rio de Janeiro. São Paulo: Metalivros, 2001.

AZEVEDO NETTO, J. M., HESS, M. L. Tratamento de águas residuárias. **Revista DAE**, São Paulo, separata, 1970. 218 p.

BARRETO, Ana Beatriz da Cunha et al. Tratamento de águas residuárias. Brasília, DF: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.

BARRETO, Ana Beatriz da Cunha. **B23**: hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CPRM, 2000.

BARROCAS, P. R.; WASSERMAN, J. C. **O mercúrio na Baía de Guanabara: uma visão histórica**. *Geochemical Brasiliensis*, São Paulo, v. 9, n. 2, p.115-127, 1995.

BECKSTEIN, Aline. Ibama anuncia estação de criação ecológica em área da Baía de Guanabara. **Radiobrás**, Brasília, DF, mar. 2006. Disponível em: <[http://www.radiobras.gov.br/materia\\_i\\_2004.php?materia=258344&q=1&editoria](http://www.radiobras.gov.br/materia_i_2004.php?materia=258344&q=1&editoria)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

BIODINÂMICA. **Caracterização ambiental da área compreendida entre a marginal leste da REDUC e a Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, 2003.

BOOG, E. G. **Avaliação de benefícios ambientais devido à certificação segundo ISO 14001**: um estudo de caso. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)—Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BOSCH, C. J. H.; TWILT, L.; MERX, W. P. M. **Methods for the determination of possible damage**: to people and objects resulting from releases of hazardous materials. Netherlands: Uitgevers, 1992.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Agenda 21**: o caso do Brasil – perguntas e respostas. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho nacional do meio ambiente:** resolução n. 01 de 23 de janeiro de 1986. Brasília, DF: CONAMA, 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho nacional do meio ambiente:** resolução n. 357 de 25 de março de 2005. Brasília, DF: CONAMA, 2005.

BRAUN, O. P. G.; BAPTISTA, M. B. Considerações sobre a geologia pré-cambriana da região sudeste e parte da região centro-oeste do Brasil. In: REUNIÃO PREPARATÓRIA PARA O SIMPÓSIO DO CRATON DO SÃO FRANCISCO, 3, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1997.

CARVALHO FILHO, Amaury. **Os solos do Estado do Rio de Janeiro.** Brasília, DF: CPRM, 2000.

CARVALHO FILHO, Amaury. et al. **Os solos do Estado do Rio de Janeiro.** Brasília, DF: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.

CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. **Território do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: CIDE/SECPLAN, 1997.

CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. **Território do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: CIDE/SECPLAN, 1997.

CERQUEIRA, R. Comunidades animais. In: LACERDA, L. D. et al. **Restingas:** origem. Niterói: CEUFF, 1984.

CERVO A. L.; BERVIAN P. **A. metodologia científica.** 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia.** 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Disponível em: <[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL. Disponível em: <<http://www.csn.com.br>>. Acesso em: 24 ago. 2006.

COMPANHIA SIDERÚRGICA PAULISTA. Disponível em: <<http://www.cosipa.com.br>>. Acesso em: 24 ago. 2006.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Visão estratégica empresarial. Rio de Janeiro: CEBDS, 2002. 2 v. Disponível em: <[www.cebds.org.br](http://www.cebds.org.br)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

DANTAS, Marcelo Eduardo. et al. **Projeto Rio de Janeiro CPRM:** Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.

DIAS, O. Das aldeias aos engenhos: a ocupação humana no Recôncavo da Guanabara - da pré-história ao século XVII. In: JORNADA DE TRABALHO DO

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO PROCESSO CIVILIZATÓRIO: TEMPO E ESPAÇO: A CONSTRUÇÃO DA HISTÓRIA REGIONAL. 2., 1997, Campos. **Anais...** Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1997.

DIGITAL GLOBE. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com/>>. Acesso em: 20 dezembro 2007

DNV. **Process Hazard Analysis Software Tools**. Version 5.2. London: DNV, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro nacional de pesquisa de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412 p.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **User's guide for the industrial source complex (ISC2) dispersion models**: user instructions. Washington, DC: EPA, 1992a. 1 v.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Meteorological program guidance for regulatory modeling applications**. Washington, DC: EPA, 1987.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Model change bulletin**. Disponível em: <[www.usepa.gov](http://www.usepa.gov)>. Acesso em: 24 ago. 2007.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Standard methods of water and wastewater**. 20. ed. Washington, DC, 1998.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **User's guide for the industrial source complex (ISC2) dispersion models**: description of model algorithms. Washington, DC: EPA, 1992b. 2 v.

FERREIRA, J. P. (Org.). **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 1968.

FORTE, J. M. M. Esboço de geografia econômica do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 6., 1918, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Jornal do Comércio de Rodrigues, 1918.

FUNDAÇÃO CIDE. Disponível em: <[www.cide.rj.gov.br](http://www.cide.rj.gov.br)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <[www.feema.rj.gov.br](http://www.feema.rj.gov.br)>. Acesso em: 20 out. 2000.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Os manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro: Dicomt, 1979. (Cadernos FEEMA, série técnica, 10/79).

FUNDAÇÃO EUCLIDES DA CUNHA DE APOIO INSTITUCIONAL À UFF. **Estimativa da participação da UN-REDUC nas cargas de contaminantes exportadas para a Baía de Guanabara, devida ao descarte de seu efluente no Rio Iguaçu**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2007. 2º Relatório Parcial.

GANZELLI, J. P. Aspectos ambientais do planejamento dos recursos hídricos: a bacia do Rio Piracicaba. In: TAUKE, S. M.(Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1995.

GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA AMBIENTAL. **Estudo de impacto ambiental**: carteira de gasolina da UN-REDUC/EM. Rio de Janeiro, 2006.

GÓES, H. de A. **Relatório da comissão de saneamento da baixada fluminense**. Rio de Janeiro: CILSJ, RJ: Ministério da Viação e Obras Públicas, Dep. Nacional de Portos e Navegação, Comissão de Saneamento da Baixada Fluminense, 1934. p. 468-475.

GUIA sócio-econômico dos municípios do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: BANERJ, 1993. 1 v.

HAAG, P. A. M. UIJT de; ALE, B. J. M.; TIEMESSEN, G. W. M. **Guidelines for quantitative risk assessment**. Netherlands: Uitgevers, 1999.

HAEKEL, W. et al. **Cd, Pb, Cu, Cr e Hg in waters and sediments of the Guanabara Bay estuary**. Hamburg: GKKS - Forschungszentrum Geesthacht GmbH. 1985.

HOLANDA, S. B. de. (Org.). **A época colonial: do descobrimento à expansão territorial - história geral da civilização brasileira**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1989.

IKUTA, F. A. **A cidade e as águas: a expansão territorial urbana**. São Paulo: Contexto, 2003.

IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Edgard Buncher, 1995.

INSTITUTO BAIA DE GUANABARA. Disponível em: <<http://www.portalbaiadeguanabara.com.br/sitenovo/>>. Acesso em: 24 ago. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas nacional do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1959.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa etno-histórico de Curt-Nimuendaju**. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. **ISO 14031**: environmental management: environmental performance evaluation – guidelines. Gêneve, 1999.

- LAMEGO, A. R. **O homem e a Guanabara**. Rio de Janeiro: IBGE, 1964.
- LEAL, A. C. **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. 4. ed. Rio Janeiro: Abes, 2005.
- LEES, FRANK P. **Loss prevention in the process industries: hazard identification, assesment and control**. 2. ed. London: Butterworths-Heinemann, 1996.
- LIMA, E. P. (Ed.). **Retratos da baía**. Rio de Janeiro: FAPERJ, 1994.
- LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, Califórnia, v. 5, p. 39-64, 1974.
- MACEDO, R. K. A importância da avaliação ambiental. In: TAUKE, S. M. (Org.). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1995.
- MALHEIROS, T. F.; ASSUNÇÃO, J. V. Indicadores ambientais para o desenvolvimento sustentável: um estudo de caso de indicadores da qualidade do ar. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000.
- MENDES, R. da S. **Paisagens culturais da Baixada Fluminense**. 1948. Tese (Doutorado em Geografia)—Faculdade de Filosofia, ciências e letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1948.
- METCALF, L.; EDDY, P. H. **Tratamiento y depuración de las aguas residuales**. 2. ed. Barcelona: S.A., 1981. 837 p.
- MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 ago. 2006.
- MORAES, Romildo de Oliveira et al. **A avaliação de desempenho ambiental: um enfoque para os custos ambientais e os indicadores de eco-eficiência**. São Leopoldo: ABC, 2000.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Goiânia: Interamericana, 1985.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICOS. **Core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris: OECD, 1993.
- OFFSHORE RELIABILITY DATA. 4. ed. Trondheim: SINTEF, 2002.
- OLIVEIRA, A. M. et al. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: SOUZA, C. R. de G. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.
- PAIVA, P. R. de. **Contabilidade ambiental: evidenciação de gastos ambientais com transparência e focada na prevenção**. São Paulo: Atlas, 2003.
- PETROBRAS. **Refinaria Duque de Caxias: 40 anos**. Rio de Janeiro: Takano, 2001.

RAMALHO, R. S. **Water pollution control engineering**. 1974. Dissertação (Mestrado em Engenharia)—Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1974. 108 p.

REBELO, M. F. et al. High Zn and Cd accumulation in the oyster *Crassostrea rhizophorae* and its relevance as a sentinel species. **Marine Pollution Bulletin**, Oxford v. 46, n. 10, p. 1341-1358, 2003a.

REBELO, M. F. et al. Three decades of Cd and Zn contamination in Sepetiba bay, SE Brazil: evidence from the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae*. Cloning and detection of metallothionein mRNA by RT-PCR in mangrove oysters (*Crassostrea rhizophorae*). **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 64, n. 3, p. 359-362, 2003b.

RIBEIRO, M.; SOUZA, A. Passivo ambiental: estudo de caso da Petrobras. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 27., 2003, Atibaia. **Anais...** Atibaia: ANPAD, 2003.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura Municipal da cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br>>. Acesso em: 24 ago. 2006.

ROCCO, R. **Legislação Brasileira do meio ambiente**. Rio de Janeiro. DP&A, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento ambiental como campo de ação da geografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFOS, 5, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação de Geógrafos Brasileiros, 2004. 1 v.

ROQUE, O. C. C. Tratamento de esgotos: destino da fase sólida e os riscos a saúde. In: SIMPÓSIO ITALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. GRAMADO, 3., 1996, Gramado. **Anais...** Gramado: ABES/AIDIS, 1996. 21 p.

SAMPAIO, Marcelle. **Estudo de circulação hidrodinâmica 3D e trocas de massas d'água da Baía de Guanabara**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia)—Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SCHORCHER, H. D. Quadrilátero ferrífero Minas Gerais: Rio das Velhas greenstone belt and proterozoic rocks. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS. Salvador, 19. 1982, Salvador. **Abstract...** Salvador: Simpósio Internacional de Geologia, 1982. p. 17.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Bacia hidrográficas e rio fluminenses**: síntese informativa por macro-regiões ambientais. Rio de Janeiro: SEMADS/GTZ, 2001. 73 p. (Série SEMADS/GTZ).

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Lagoa de Araruama. In: \_\_\_\_\_. **Bacias Hidrográficas e Rios fluminenses**. síntese informativa por macro-regiões ambientais. Rio de Janeiro: SEMADS/GTZ, 2001. p. 31 (Série SEMADS/GTZ).

SILVA, Luiz Carlos; CUNHA, Hélio Canejo da Silva. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: DRM/Gov. do Estado RJ/CPRM/MME, 2001. 441 p.

SILVA, M. L. Leal da.; WAGENER, A. L. R. Remobilisation of anthropogenic copper deposited in sediments of a tropical estuary. **Chemical Speciation and Bioavailability**, Surrey, v. 5, n. 1, p. 31-40. 1993.

SOARES, M. T. de S. **A integração do Recôncavo da Guanabara na área metropolitana do Grande Rio de Janeiro**. In: BERNARDES, L.; SOARES, M. T. de S. Rio de Janeiro: cidade e região. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, 1995.

SOCIEDADE PÚBLICA DE GESTÃO AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.ihobe.es>>. Acesso em: 26 ago. 2006.

STEIN, J. K.; FARRAND, W. R. **Sediments in archaeological context**. Salt Lake City: University of Utah Press, 2001.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <[www.serla.rj.gov.br](http://www.serla.rj.gov.br)>. Acesso em: 24 set. 2006.

TAUK-TORNISIELO, S. et al. (Org.). **Análise ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: UNESP, 2005.

TAYLOR, J. R. **Review of release frequency data for process plant risk assessment**. 2. ed. London: Chapman & Hall, 2000.

TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE. **Manual de operação e manutenção da estação de tratamento de efluentes industriais**. Rio de Janeiro, 2002.

UNITED NATIONS **World commission on environment and development: our common future** (Brundtland Report). London: Oxford University Press, 1987.

UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.un.org/>>. Acesso em: 24 ago. 2006.

UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ. Disponível em: <[http://www.estacio.br/campus/duque\\_de\\_caxias/diagn%F3stico%20parte%201%20reduzido.pdf](http://www.estacio.br/campus/duque_de_caxias/diagn%F3stico%20parte%201%20reduzido.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<http://www.usiminas.com.br>>. Acesso em: 24 ago. 2006.

VAN DEN BERG, C. M. G.; REBELLO, Luca de A. Organic-copper interactions in Guanabara Bay, Brazil: an electrochemical study of copper complexation by dissolved organic material in a tropical bay. **Science of the total environment**, Amsterdam, v. 58, n. 1-2, p. 37-45, 1986.

VIEIRA, M. L. et al. **Qualidade de vida nas metrópoles**. Rio Claro: IGCE, 2001. Disponível em: <[www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/evento/indicadores.htm](http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/evento/indicadores.htm)>. Acesso em: 24 ago. 2006.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. WRI: New York, 1995.

# 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](#)