



## 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

### O ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

Lizabela Souza de Araújo<sup>1</sup>, Eliôni Nicolaiewsky<sup>2</sup>, Denize D. C. Freire<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista de mestrado ANP, Escola de Química, UFRJ, E-mail: lizabela@eq.ufrj.br,

<sup>2</sup>Departamento de Eng. Química, EQ, UFRJ, E-mail: elioni@eq.ufrj.br,

<sup>3</sup>Departamento de Eng. Bioquímica, EQ, UFRJ, E-mail: denize@eq.ufrj.br

**Resumo** – O refino de petróleo é uma atividade reconhecidamente poluidora, assim como a maioria das atividades da cadeia produtiva do petróleo, quer seja pelo volume quer seja pela concentração dos seus rejeitos, resultando na geração destes sob a forma de emissões atmosféricas, efluentes líquidos ou resíduos sólidos. Este trabalho se propõe a estudar o gerenciamento de resíduos sólidos em refinarias de petróleo, apresentando como estudo de caso uma refinaria no Estado do Rio de Janeiro. No gerenciamento dos resíduos sólidos realizado pela refinaria foram considerados: origem e período de geração, formas de acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final. Após o levantamento dos resíduos e através da análise dos manifestos de resíduos industriais, foi feito o acompanhamento de todo o processo de refino e da rotina administrativa na refinaria em estudo. Os resíduos sólidos foram divididos em: resíduos industriais e administrativos. Constatou-se que os resíduos classificados como classe I são destinados, na maioria das vezes, ao co-processamento e à incineração, enquanto os resíduos classe II e classe III, quando não reaproveitados, são destinados a aterro sanitário e industrial. Por fim, após análise do modelo de gerenciamento adotado, foi proposto um plano de ação visando um melhor desempenho ambiental para a refinaria em questão.

Palavras-Chave: modelos de gerenciamento; resíduos sólidos; refinaria

**Abstract** – Crude oil refining is an industrial activity known as very pollutant, as all other activities of the petroleum industry, regarding either the volume or the concentration of the residues involved, thus generating emissions, effluents and solid wastes. The aim of the present work is to study solid waste management of a certain petroleum refinery, located in Rio de Janeiro. On the solid wastes management of that refinery, the following aspects were considered: origin and period of generation, conditioning, storage, transportation, treatment and final disposal. After listing all the residues and through analysis of the industrial wastes (norms, terms, inventory), the industrial process and office routines were then analyzed. The solid wastes were divided in two categories: industrial and administrative wastes. As far as destination is concerned, residues classified as Class I are either co-processed or incinerated, while Class II and Class III wastes, when not recycled, are sent to industrial or sanitary landfill. Finally, after analyzing the wastes management of the refinery, it has been proposed a plan of achievements in order to enhance the environmental goal of the refinery.

Keywords: management, solid wastes, refinery

## 1. Introdução

O Homem, antes mesmo de entender o significado da palavra energia e ter conhecimento das suas formas, já a utilizava de modo a satisfazer seus interesses, passando ao longo dos séculos, a utilizar e a aproveitar, de maneira cada vez mais intensa, as fontes de energia disponíveis na natureza, para atender às suas necessidades. Hoje em dia, a energia está presente nas atividades humanas, sob diversas formas, seja como um serviço essencial ou como um fator de produção que dinamiza o desenvolvimento econômico (LA ROVERE, 2000). Entretanto, a busca pelo desenvolvimento trouxe consigo a problemática da geração dos resíduos sólidos, pois em busca de uma melhor qualidade de vida, foram adotadas tecnologias e matérias-primas, sem a preocupação com a geração de resíduos, que necessitariam de um destino ambientalmente correto, sejam eles perigosos ou não.

No Brasil, com o advento da lei de crimes ambientais (lei 6938/98), que responsabiliza o gerador pelo seu resíduo até a sua destruição ou destinação final, as empresas e os órgãos ambientais têm se esforçado para realizar um gerenciamento adequado dos resíduos. Contudo, essa situação ainda é recente e há muito pouco efetivamente implementado com relação ao gerenciamento ambiental de resíduos sólidos no Brasil, em termos legais e práticos, em ambos os setores – público e privado. A aprovação do Projeto de Lei nº 203/91 que versa sobre a implementação de uma política nacional sobre os resíduos sólidos é primordial para indicar diretrizes que deverão ser adotadas visando melhorar a situação atual.

Dentre as atividades energéticas que apresentam um grande potencial impacto ambiental, temos o refino de petróleo, quer pelo volume quer pela concentração e toxicidade dos seus resíduos. Considerando que os constituintes típicos do petróleo incluem elementos tóxicos (arsênio, cádmio, cromo, chumbo, bário, mercúrio, selênio, prata), compostos orgânicos (BPC's, hidrocarbonetos halogenados, HPA's) e compostos inorgânicos (amônia e ácido sulfúrico) (MARIANO, 2000), o seu processamento resulta na geração de resíduos sólidos, muitos dos quais podem agredir o meio ambiente por suas características de periculosidade.

É neste contexto que se insere o presente trabalho, reconhecendo o fato de que, economicamente, a geração de resíduos é um evidente desperdício de materiais e de energia, motivo de preocupação atual devido escassez desses itens. Além disso, com um menor consumo de recursos naturais, seria reduzida a necessidade de tratar, armazenar, transportar e eliminar os rejeitos, de modo a não causar danos ambientais irreversíveis e ameaça à saúde pública, indo ao encontro das diretrizes apontadas na Agenda 21.

Sendo assim, o presente trabalho apresenta como objetivos a análise do panorama dos resíduos sólidos gerados em uma refinaria, o estudo do gerenciamento de resíduos sólidos (etapas, requisitos legais, questões técnicas, administrativas e econômicas), a realização de um inventário dos resíduos sólidos em refinarias, a análise crítica do gerenciamento de resíduos sólidos adotado na refinaria em estudo e a proposição de um plano de ação para o gerenciamento desses resíduos, visando um melhor desempenho ambiental da indústria.

## 2. Metodologia

A primeira parte deste trabalho constituiu-se de uma revisão bibliográfica que englobou o levantamento da legislação ambiental vigente nas esferas municipal, estadual e federal, a investigação por modelos de sistema de gestão de resíduos sólidos e a busca de dados sobre a questão dos resíduos sólidos em refinarias.

A etapa seguinte foi o estudo de campo na Refinaria de Manguinhos que consistiu na sua caracterização, seguida do levantamento dos resíduos sólidos gerados através da análise do processo da mesma, dos manifestos industriais e do inventário de resíduos quanto à origem, estado, aspecto geral, composição, poluentes potenciais e classificação. Realizada a identificação dos resíduos, procedeu-se ao estudo do gerenciamento existente: acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final, para que, ao término, fosse realizada uma análise crítica do modelo de gerenciamento adotado e, caso necessário, a proposição de um plano de ação. Nessa etapa, foram formulados e aplicados questionários, visitas técnicas e entrevistas em diferentes setores da refinaria.

## 3. O Gerenciamento de Resíduos Sólidos

A atividade associada ao controle de geração, segregação, coleta, acondicionamento, armazenamento, classificação, transferência, processamento e disposição final de resíduos, de acordo com os princípios de saúde pública, econômicos, de tecnologia e de proteção ao meio ambiente é denominada gerenciamento de resíduos (SILVA, 2002). O conhecimento técnico do responsável por manipulação, remoção, transporte, armazenamento, disposição e controle dos resíduos sólidos também é indispensável. Outro fator vital é a questão do cumprimento da legislação pertinente e dos objetivos traçados pela empresa, para assegurar o programa de gerenciamento adotado.

Com relação ao gerenciamento de resíduos sólidos é necessário inicialmente, a identificação da fonte de geração, com qualificação e quantificação, dos resíduos sólidos através da caracterização por amostragem, análise e classificação. Segundo a norma NBR 10.004 "Resíduos Sólidos - Classificação" da ABNT(1987), são considerados resíduos sólidos industriais aqueles em estado sólido e semi-sólido, que resultam da atividade industrial, incluindo-se os lodos provenientes das instalações de tratamento de águas residuárias, aqueles gerados em equipamentos de controle de

poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível. Esta norma classifica os resíduos sólidos segundo o grau de periculosidade, em três categorias: perigoso (classe I), não-inerte (classe II) e inerte (classe III). A periculosidade de um determinado resíduo é a sua característica que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente.

Dentro de um plano de gerenciamento de resíduos adotada-se uma escala de prioridades, como apresentada na Figura 1. Inicialmente, destaca-se a importância da prevenção da geração, através da modificação do processo produtivo e da substituição de matérias-primas e insumos. A minimização da geração está fundamentada na adoção da política dos 3R – reuso (reutilização do resíduo, sem alterá-lo ou modificá-lo), reaproveitamento e reciclagem (transformação do resíduo em matéria-prima) (NICOLAU, 2002).

Os resíduos sólidos gerados deverão sofrer tratamento adequado, preferencialmente, no próprio local de produção e nas condições estabelecidas pelos órgãos responsáveis pelo controle da poluição e de preservação ambiental (Portaria Minter nº 53 01/01/79). Entretanto, a maior parte dos resíduos, principalmente aqueles caracterizados como perigosos, são geralmente tratados ou dispostos em locais distantes do seu ponto de geração, tornando-se necessário além do transporte desse ponto ao local de tratamento ou disposição, a sua coleta e acondicionamento.

Entre as formas de tratamento de resíduos sólidos mais utilizadas pelas refinarias, destacam-se o co-processamento, a incineração e a biorremediação. A incineração é um processo de combustão a altas temperaturas, durante um tempo pré-determinado, que elimina praticamente todos os componentes orgânicos e inorgânicos, tendo como sub-produtos, cinzas e gases de combustão. Tem como objetivo a redução do volume a ser descartado e a diminuição da periculosidade do resíduo. O co-processamento é um processo térmico de destruição de resíduos, onde estes podem substituir parcialmente as matérias-primas e/ou combustível, sem prejudicar a qualidade do produto final, possibilitando ainda a incorporação das cinzas ao produto. Esta técnica vem sendo empregada, principalmente, pelas indústrias de cimento. Já os processos de biorremediação são aqueles que utilizam microrganismos capazes de degradar compostos orgânicos, transformando-os em substâncias menos complexas, podendo chegar à sua mineralização. Entretanto, esses processos possuem como condições limitantes a concentração e a composição dos poluentes, a população microbiana presente e as condições do processo: pH, nutrientes, oxigênio, tempo, atividade enzimática e temperatura. Dentre esses processos, podemos citar: landfarming (no qual os resíduos sólidos são misturados à camada superficial do solo, para degradação por microrganismos), compostagem/biopilha (bioxidação aeróbica exotérmica de um substrato orgânico disposto em pilhas com aeração natural ou forçada) e biorreatores (utilização de reatores cuja maior vantagem é a possibilidade de otimizar as condições operacionais do processo) (ARAÚJO *et al.*, 2002).

Nos casos em que não se pode impedir a geração do resíduo ou de nenhum tratamento ser totalmente eficaz, só resta a alternativa dos aterros, locais de disposição/confinamento de resíduos, denominados de aterro sanitário, para resíduos sólidos urbanos, e de aterro industrial para os resíduos gerados nos processos industriais.

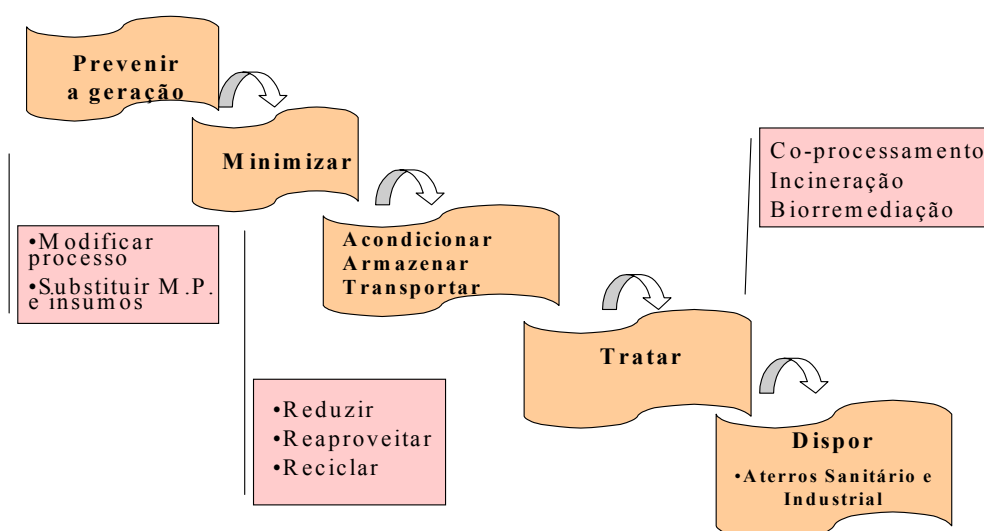


Figura 1. Modelo de gerenciamento de resíduos sólidos

Cada resíduo deve ter o seu gerenciamento desde a fase imediatamente após a geração até a disposição final, de forma a garantir a minimização de riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Vale salientar que todo o planejamento não é definitivo, devendo ser reformulado dependendo das circunstâncias e das necessidades do momento.

## 4. Estudo de Campo

### 4.1. O refino e a geração de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos gerados durante as operações de refino variam muito na sua composição e toxicidade. Suas características dependem do processo produtivo.

A refinaria em estudo apresenta uma série de unidades: transferência e estocagem de óleo cru e derivados, unidade com dessalgação, destilação atmosférica, viscoredução, craqueamento térmico e tratamento de derivados, outra de hidrotreatamento e reforma catalítica, além das operações de tratamento de águas e efluentes, utilidades, tratamento de emissões, manutenção e carpintaria e a área administrativa.

Como cada unidade tem o seu resíduo típico, para um melhor reconhecimento dos resíduos, estes foram divididos em industriais e administrativos. Foram considerados como resíduos industriais aqueles que, independente do grau de periculosidade, são gerados na área industrial, tanto decorrente das atividades de rotina, de limpeza e manutenção de equipamentos, quanto na ocasião de parada da unidade e ainda aqueles que apresentam geração esporádica.

Dentre os resíduos industriais, podemos destacar as borras oleosas (borra de fundo de tanque, lama de dessalgação e o lodo da estação de tratamento de efluentes industriais), materiais contaminados com óleo (barreira de contenção de óleo da lagoa, materiais resultantes de alguma atividade de limpeza, manutenção, varrição ou amostragem), resíduos de unidades catalíticas (esferas cerâmicas, pó de unidades catalíticas, catalisadores gastos), resíduos da torre de resfriamento (borra salina, anteparos de madeira e PVC) além de outros resíduos como coque, entulho, aditivos, filtro de carvão ativado/areia, resinas trocadoras, madeira, tambores e embalagens diversas. O solo contaminado não foi considerado, uma vez que, devido a sua complexidade e problemática crescentes, tem sido discutido separadamente dos demais resíduos sólidos. Os resíduos administrativos englobam basicamente o lixo doméstico (varrição, escritório, lixo orgânico), rejeitos de restaurante e lixo ambulatorial.

Dentre os resíduos industriais citados, as borras oleosas, geradas ao longo das operações de produção, transporte, estocagem e refino de petróleo, recebem prioridade, correspondendo a mais de 90% dos resíduos sólidos, segundo Sérgio Amaral, engenheiro químico do Grupo de Resíduos Sólidos da Petrobrás (KOELEER, 1999). As borras são sistemas multifásicos, compostos basicamente de emulsões água/óleo, sólidos (orgânicos e inorgânicos) e tensoativos (naturais e adicionados), formadas através do mecanismo de floculação. A floculação ocorre devido à presença dos sólidos, os quais adsorvem o óleo presente no meio, dando origem a uma camada altamente protetora. Por sua vez, as frações polares presentes no resíduo provocam a repulsão entre os flocos e dificultam a formação de uma fase única (URURAHY, 1998). Por serem recalcitrantes, são os principais resíduos sólidos sobre os quais recaem as atenções no desenvolvimento de tecnologias de tratamento e de disposição. No grupo das borras oleosas, merecem destaque às borras de fundo de tanque e o lodo da estação de tratamento de efluentes industriais, pois independem do esquema de refino adotado, sendo característicos de unidades básicas em refinarias. As borras de fundo de tanque de armazenamento e dos separadores de água e óleo são formadas através da sedimentação das frações mais pesadas, areia, limalha de ferro e material em suspensão e apesar de serem geradas ao fim do período de aquecimento do tanque, representam grande volume. O gráfico da Figura 2 apresenta a evolução da geração de borras oleosas nos últimos quatro anos, onde podemos perceber que no ano 2, verificou-se um aumento significativo na quantidade gerada, resultado da limpeza de um tanque de armazenamento de óleo cru. Quanto ao lodo da estação de tratamento de efluentes industriais este é formado pelo material de fundo das lagoas de aeração.

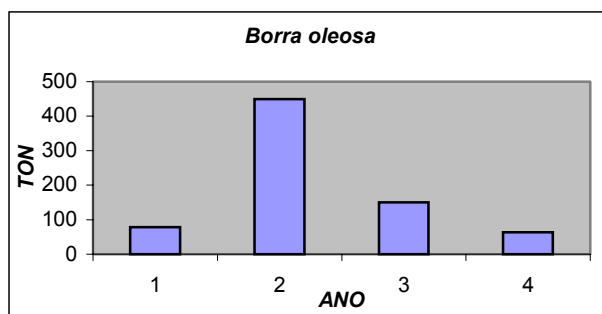


Figura 2 – Evolução da Geração de Borra Oleosa na refinaria (1999-2002)

### 4.2. O gerenciamento dos resíduos sólidos

Após análise de todo o processo industrial, da relação dos manifestos industriais e do inventário de resíduos, foi realizado o levantamento qualitativo dos resíduos sólidos. De posse desse levantamento, foi feita uma análise do gerenciamento desses resíduos, sendo considerados: a origem, a classificação, a forma de acondicionamento, o armazenamento, o transporte, o tratamento, o custo e a responsabilidade, itens fundamentais em um plano de gerenciamento de resíduos. Como já foi citado anteriormente, para um melhor entendimento, os resíduos foram divididos em industriais e administrativos e o resultado desse estudo encontra-se resumidamente na Tabela 1.

**Tabela 1 – Gerenciamento de resíduos sólidos na refinaria em estudo**

RESÍDUOS INDUSTRIAIS							
RESÍDUO	ORIGEM	CLAS	ACOND.	TRANSP.	DESTINO	RESP.	FREQ.
Borra oleosa	Fundo de tanque	I	Caçamba tambor	Caçamba/Carga Seca/Vácuo	Co-processamento	SSA	10 anos
Lama de dessalgação	Dessalgadora	I	Caçamba	Vácuo	Co-processamento	SSA	Parada de Manutenção
Lodo de ETE	ETE	I	Caçamba	Vácuo	Co-processamento	SSA	5 Anos
Material diverso contaminado com óleo	Área industrial	I	Diverso	Carga Seca	Co-processamento	SSA	Esporádica
Solo contaminado	Área industrial	I	Diverso	Caçamba/Carga Seca	Co-processamento	SSA	Esporádica
Esferas cerâmicas	Reforma e HDT	II	Big-Bags Tambores	Carga Seca	Co-processamento	SSA	Parada de Manutenção
Pó de catalisador	Reforma e HDT	II	Big-Bags	Carga Seca	Co-processamento	SSA	Parada de Manutenção
Catalisadores gastos	Reforma e HDT	I	Tambores Big-Bags	Carga Seca	Reaproveitamento	SSA	10-15 Anos
Borra salina	Torre de resfriamento.	I	Tambores	Carga Seca/Vácuo	Co-processamento	SSA	Parada de Manutenção
Anteparos	Torre de resfriamento	III	Caçamba	Caçamba	Aterro sanitário	SSA	Parada de Manutenção
Coque	Torre de fracionamento e forno	I	Caçamba	Vácuo	Aterro ou reaproveitamento	SSA	Parada de Manutenção
Filtro de areia/carvão ativado	Tratamento de derivados e ETA	I	Bombonas	Carga Seca	Co-processamento	SSA	Esporádica
Resinas trocadoras	ETA	I	Big-Bags Tambores	Carga Seca	Incineração	SSA	Esporádica
Entulho	Industrial	III	Big-Bags Caçamba	Carga Seca	Aterro sanitário	SSA	Contínua
Produto químico	Industrial e laboratório	I	Diversos	Carga Seca	Incineração	SSA	Esporádica
Embalagens	Industrial e laboratório	I	A Granel	Carga Seca	Reaproveitamento	SSA	Contínua
Sucata metálica	Manutenção	III	Caçamba	Caçamba	Reaproveitamento	SSA	Contínua
Ascarel	Manutenção	I	Tambores	Carga Seca	Incineração	SSA	Esporádica
Isolamento térmico	Manutenção	II	Big-Bags	Carga Seca	Aterro industrial	SSA	Contínua
RESÍDUOS ADMINISTRATIVOS							
Papel/papelão	Administrativo	III	Container	Baú	Reciclagem	SSA	Contínua
Madeira	Carpintaria	III	Caçamba	Caçamba	Aterro sanitário	SSA	Contínua
Ambulatoriais	Ambulatório	I			Incineração	Terceirizada	Contínua
Restaurante	Restaurante	III	Caçamba	Caçamba	Aterro sanitário	Terceirizada	Contínua
Lixo doméstico	Escritório, varrição, lixo orgânico	III	Caçamba	Caçamba	Aterro sanitário	Terceirizada	Contínua

SSA – Setor de Saúde Segurança e Meio Ambiente

### 4.3. Análise e discussão do modelo adotado

No presente trabalho, verificou-se a importância de um plano de gerenciamento de resíduos, principalmente, na parada da unidade, que ocorre anualmente e representa o pico de geração de resíduos sólidos.

A maioria dos resíduos classe I é enviada a co-processamento e, dentro dessa classe, as borras oleosas são as mais representativas apresentando o maior ônus para a refinaria. Já os resíduos classe II e III se não reaproveitados, são destinados a aterro sanitário e industrial.

O acondicionamento e o transporte dos resíduos são atividades interdependentes, muitas vezes, o material já é colocado no local (ex: caçamba) no qual deverá ser transportado.

Notou-se uma tendência a que resíduos não oriundos da atividade produtiva sejam gerenciados por empresas contratadas, como o lixo de restaurante e o administrativo. Cabe, no entanto, ao gerador de resíduos assumir a responsabilidade de assegurar que empresas terceirizadas, responsáveis pelo transporte, tratamento, compra e reciclagem dos resíduos sólidos, estejam de acordo com as normas ambientais vigentes.

Como o sistema de gerenciamento de resíduos na refinaria em estudo encontra-se ainda em sua fase inicial, seria recomendado:

1. Elaboração de um procedimento interno para a gestão de resíduos sólidos;
2. Treinamento de pessoal, de modo a obter uma maior participação e interesse de todos os profissionais sobre a importância da questão ambiental;
3. Auditoria interna para detecção de vazamentos e eventuais riscos;
4. Planejamento quanto à geração de resíduos potenciais;
5. Construção de uma área adequada de armazenamento temporário de resíduos;
6. Busca por serviços licenciados no transporte (poucas empresas habilitadas)
7. Divulgação interna trimestral da gestão de resíduos
8. Avaliação anual com análise crítica da gestão de resíduos

### 5. Conclusão

Gerenciar adequadamente os resíduos gerados, de forma a evitar o desperdício de energia e de materiais é um desafio.

Reconhecendo esse desafio, apesar do sistema de gerenciamento de resíduos da refinaria em estudo não se encontrar efetivamente implementado, estando ainda em fase inicial, existe por parte da administração da empresa o interesse do aperfeiçoamento do modelo adotado, pois o reconhece como uma grande oportunidade de negócios.

De uma maneira geral, o que se percebe é a tendência da adoção do modelo global de gestão de resíduos, onde a melhor forma de tratar resíduo é não gera-lo ou pelo menos, minimizar a sua geração.

### 6. Agradecimentos

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) pelo apoio financeiro e ao corpo técnico administrativo da Refinaria de Manguinhos.

### 7. Referências

- ARAÚJO, L.S.A; NICOLAIEWSKY, E.A.; FREIRE, D.D. C. Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Refinarias de Petróleo". Anais do IX Congresso Brasileiro de Energia, v. II. p. 39-45 2002.
- KOELEER, G.L.P. In the Era of Transformation. Petrobras Magazine. July, August, September, p. 16-19. 1999
- LA ROVERE, E.L. Apostila de Política Ambiental e Planejamento Energético. 2000
- Lei 6938/98 de Crimes Ambientais
- MARIANO, J.B. Impactos Ambientais de uma refinaria de petróleo. Tese de Mestrado, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 2000
- NBR 10.004 – Resíduos Sólidos - Classificação, ABNT, 1987.
- NICOLAU, R.F. Apostila do Curso Gerenciamento de Subprodutos. Instituto Aqualung. Agosto. 2002
- Portaria Minter nº 53 de 1 de janeiro de 1979
- SILVA, P.C. Apostila do Curso de Gerenciamento de Resíduos. 2002
- URURAHY, A . F. Biodegradação de Resíduo Oleoso Proveniente de Refinaria de Petróleo. Tese de Doutorado, EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 1998