



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO- CENTRO DE TECNOLOGIA E  
GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**



**DIRETRIZES DE GESTÃO E TECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE  
EFLUENTES INDUSTRIAIS**

André Luiz Pereira da Silva  
Recife, Fevereiro de 2003

**André Luiz Pereira da Silva**

**DIRETRIZES DE GESTÃO E TECNOLOGIA PARA O  
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Mario Takayuki Kato. Ph.D.

Co-orientador: Prof. Dra. Maria do Carmo Martins Sobral

Universidade Federal de Pernambuco -UFPE

Departamento de Engenharia Civil da UFPE  
Recife, Fevereiro de 2003

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.”

*Albert Einstein*

**“Se der ao mundo e aos outros o melhor de si  
você provavelmente se machucará.  
Dê o seu melhor mesmo assim.”**

*Madre Teresa de Calcutá*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela benignidade imerecida de me conceder o fôlego de vida e a força e vontade de seguir em frente.

Aos meus pais, Otacílio Pereira da Silva (*in memoriam*) e Oscarlinda Vieira da Silva por sua luta incansável, por vezes com recursos mínimos, para que seus 11 filhos tivessem um futuro de realizações – que essa conquista premia.

À minha esposa, Sueli Aparecida Gomes Soares, pela cumplicidade, carinho e suporte em doses generosas que serviram de precioso combustível nessa longa jornada.

Aos Prof<sup>º</sup>. Mario Takayuki Kato e Maria do Carmo Martins Sobral, por mostrar o rumo a seguir; sempre com dedicação, foco nos resultados e profissionalismo, sem os quais esse trabalho seria inviável.

À Coordenação do Mestrado em Engenharia Civil pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

À todos os professores que fazem o Curso de Mestrado em Engenharia Civil da UFPE pela dedicação e contribuição profissional, em especial à Professora Lourdinha Florencio, que, com muita propriedade, definiu o trabalho desenvolvido pelo departamento: “Vocês chegaram aqui pedras-brutas, nós os tornaremos diamantes”. E assim foi!

À *Saint Gobain*, pela permissão para realização dos trabalhos na unidade Igarassu, em especial aos funcionários: Eng. Miguel Morais e Silva Neto, Eng. Marcos Antônio Melo de Oliveira e Téc. Cláudio Gastão, pelo apoio, incentivo e suporte técnico que tiveram impacto significativo na consecução dos trabalhos.

Aos amigos e colegas do Mestrado, em especial a Ana Maria Bastos, Maria Clara Mavia de Mendonça e Maria Aparecida Guilherme da Rocha por terem compartilhado dúvidas, soluções e alegrias.

Aos muitos, não citados, que direta ou indiretamente contribuíram com os esforços dispensados para realização desse trabalho.

## ÍNDICE

	PÁG
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SIMBOLOS</b> .....	<b>IX</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>1.0 - INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>01</b>
1.1 – GENERALIDADES .....	01
1.2 – OBJETIVO GERAL .....	02
1.3 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	02
<b>2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>03</b>
2.1 – ASPECTOS DE GESTÃO AMBIENTAL .....	03
2.1.1 – Sistema integrado de gestão (SIG) .....	04
2.1.2 – Aplicações práticas de modelos de gestão .....	05
2.1.3 – As normas ISO 14000 .....	06
2.2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS .....	09
2.3 – ASPECTOS DE TRATABILIDADE ANAERÓBIA .....	11
2.3.1 – Considerações sobre o tratamento anaeróbio de efluentes industriais ....	11
2.3.2 – Atividade metanogênica específica .....	12
2.3.3 – Microbiologia e bioquímica dos processos anaeróbios .....	12
2.3.4 – Fatores ambientais .....	13
<b>3.0 - AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E DIRETRIZES DE GESTÃO     APLICADAS À INDÚSTRIA EM PERNAMBUCO. ESTUDO DE CASO:     INDÚSTRIA DE ABRASIVOS</b> .....	<b>14</b>
3.1 - INTRODUÇÃO .....	14
3.2 – METODOLOGIA .....	16
3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	21
3.3.1 – Breve histórico da empresa <i>Saint-Gobain</i> .....	21
3.3.1.1 – Perfil da <i>Saint-Gobain</i> no mundo .....	21
3.3.1.2 – Perfil da <i>Saint-Gobain</i> no Brasil .....	22
3.3.1.3 – Perfil da unidade Igarassu .....	23
3.3.2 – A lixa e suas aplicações .....	23
3.3.2.1 – Costados .....	24
3.3.2.2 – Adesivos .....	25
3.3.2.3 - Grãos Abrasivos .....	25
3.3.3 – O processo produtivo .....	26
3.3.3.1 – Máquina <i>Maker</i> .....	26
3.3.3.2 – Máquina <i>Sizer</i> .....	26
3.3.4 – Avaliação de aspectos e impactos ambientais .....	29
3.3.5 – Perfil das indústrias visitadas .....	32
3.3.6 – Diretrizes de gestão .....	35
3.4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	36

4.0 – AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO AERÓBIO EXISTENTE E DO USO DO TRATAMENTO ANAERÓBIO PARA OS EFLUENTES GERADOS NA INDÚSTRIA DE ABRASIVOS REVESTIDOS .....	38
4.1 – INTRODUÇÃO .....	38
4.2 – METODOLOGIA .....	40
4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	43
4.3.1 – O processo produtivo .....	43
4.3.2 – A estação de tratamento de efluentes (ETE) .....	48
4.3.3 – Análise de metais .....	53
4.3.4 – Biodegradabilidade anaeróbia .....	56
4.3.5 – Diretrizes de tecnologia .....	60
4.4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	61
<b>5.0 – CONCLUSÕES E DIRETRIZES GERAIS .....</b>	<b>63</b>
<b>6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>7.0 – ANEXOS .....</b>	<b>73</b>
<b>8.0 – CURRÍCULUM VITAE .....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE FIGURAS

	PÁG
<b>Figura 3.1</b> – Esquema da fábrica de lixas – unidade Igarassu .....	17
<b>Figura 3.2</b> – Fluxograma do processo de produção de lixas .....	27
<b>Figura 4.1</b> – Trecho da bacia dos pequenos rios litorâneos .....	41
<b>Figura 4.2</b> – Teste de biodegradabilidade anaeróbia e atividade metanogênica específica .....	42
<b>Figura 4.3</b> – Fluxo de produção de lixas .....	45
<b>Figura 4.4</b> – Vista geral do ETE .....	48
<b>Figura 4.5</b> – Chegada do efluente à ETE .....	48
<b>Figura 4.6</b> – Tanques de equalização .....	49
<b>Figura 4.7</b> – Tanques de aeração .....	49
<b>Figura 4.8</b> – Comparativo afluente – efluente da fabrica de lixas .....	50
<b>Figura 4.9</b> – Rio desterro .....	54
<b>Figura 4.10</b> – Produção de metano acumulado durante o teste de AME do lodo de indústria de refinação de milho .....	56
<b>Figura 4.11</b> – Produção de metano acumulado durante o teste de AME do lodo de indústria de açúcar .....	57
<b>Figura 4.12</b> – Remoção da DQO de efluente da industria de lixas usando lodo de usina de açúcar e indústria de refinações de milho ....	58
<b>Figura 4.13</b> – Percentagem de DQO biodegradável do efluente da indústria de lixas usando lodo de usina de açúcar e indústria de refinações de milho .....	59

## LISTA DE TABELAS

	PÁG
<b>Tabela 2.1</b> – Normas da série ISO 14000 .....	07
<b>Tabela 2.2</b> – Acidentes industriais relacionados a desastres naturais .....	08
<b>Tabela 2.3</b> – Elementos para implantação do sistema de gerenciamento ambiental (ISO 14001) .....	09
<b>Tabela 2.4</b> – Operações para eliminação de contaminantes .....	10
<b>Tabela 2.5</b> – Principais grupos de microrganismos anaeróbios .....	12
<b>Tabela 3.1</b> – Resumo dos principais acontecimentos do histórico ambiental .....	15
<b>Tabela 3.2</b> – Modelo de levantamento de aspectos e impactos ambientais.	18
<b>Tabela 3.3</b> – Empresas do grupo <i>Saint-Gobain</i> no Brasil .....	22
<b>Tabela 3.4</b> – Gramatura e aplicações .....	24
<b>Tabela 3.5</b> – Matérias primas do adesivo <i>Maker</i> .....	25
<b>Tabela 3.6</b> – Matérias primas do adesivo <i>Sizer</i> .....	25
<b>Tabela 3.7</b> – Avaliação dos aspectos e impactos do <i>Maker</i> 03- 1 <sup>a</sup> /2 <sup>a</sup> Máquinas .....	29
<b>Tabela 3.8</b> – Avaliação de aspectos e impactos da ETE – centrífuga .....	30
<b>Tabela 3.9</b> – Perfil das indústrias em Pernambuco com relação a tecnologia e gestão ambiental .....	33
<b>Tabela 4.1</b> – Parâmetros a considerar na avaliação da aplicabilidade do processo de tratamento anaeróbio .....	39
<b>Tabela 4.2</b> – Linha de produtos – Igarassu –PE .....	44
<b>Tabela 4.3</b> – Sumário de potabilidade da água .....	46
<b>Tabela 4.4</b> – Caracterização do efluente da indústria de lixas <i>Saint – Gobain Abrasives</i> .....	51
<b>Tabela 4.5</b> – Custos com o lodo .....	52
<b>Tabela 4.6</b> – Resultado da análise de metais .....	53
<b>Tabela 4.7</b> – Avaliação da água do grupo de bacias dos pequenos rios Litorâneos .....	55
<b>Tabela 7.1</b> – Resultados da avaliação de aspectos e impactos ambientais da ETE .....	73
<b>Tabela 7.2</b> – Resultados da avaliação de aspectos e impactos ambientais dos <i>Makers</i> .....	78



## LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SIMBOLOS

AGV	Ácidos Graxos Voláteis
AME	Atividade Metanogênica Específica
CINAL	Companhia Industrial Alagoense
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Companhia Pernambucana de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DOU	Diário Oficial da União
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FIEPE	Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MMA	Ministério da saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
R&D	<i>Research and Development</i>
RMR	Região Metropolitana de Recife
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SIG	Sistema Integrado de Gestão

# **DIRETRIZES DE GESTÃO E TECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

## **RESUMO**

A partir da segunda metade do século passado, houve uma verdadeira revolução industrial para atender as demandas do pós-guerra. As indústrias precisavam produzir mais, com mais qualidade e em menor tempo, para ajudar na reconstrução dos países envolvidos no conflito. Com isso, e somando-se ao crescimento populacional exponencial que se viu desde então, as empresas passaram a desenvolver cada vez mais processos e produtos em todos os segmentos industriais. Como conseqüência, a cada ano milhares de novos insumos químicos, biológicos e outros passaram a ser desenvolvidos sem que se tivesse nenhum controle ou avaliação dos impactos que estes causariam no meio ambiente. Esse modelo perdurou até meados da década de 1980, quando, motivados por grandes acidentes ambientais causados por produtos e processos industriais, os governos, empresários e a sociedade, mobilizaram-se para criar legislações mais restritivas e punitivas para empresas que poluissem o meio ambiente. Assim, todo segmento industrial percebeu que precisaria investir em novas tecnologias, mais limpas, menos impactantes ao meio ambiente e, por conseqüência, mais lucrativas. Há que se considerar, também, que políticas ambientais definidas passaram a ser importantes não só para atender às novas legislações, mas também para promover uma boa imagem ambiental da empresa perante seus consumidores e a sociedade em geral.

O objetivo deste trabalho foi propor diretrizes de gestão e tecnologia para o tratamento de efluentes industriais, através do estudo de caso de uma indústria de abrasivos revestidos, mais conhecidos como lixas. A metodologia utilizada incluiu: o desenvolvimento de um modelo de avaliação de aspectos e impactos ambientais negativos para a indústria de lixas; o traçado de um perfil das indústrias no estado de Pernambuco com relação à tecnologia e gestão, através de visitas técnicas a 10 grandes empresas de diferentes segmentos; estudo do processo produtivo e da estação de tratamento de efluentes desta indústria; e avaliação da biodegradabilidade anaeróbia dos efluentes por ela gerados. Concluiu-se que as indústrias pernambucanas, apesar do investimento em novas tecnologias de produção, ainda desconhecem os impactos gerados por seus produtos no meio ambiente e há poucos trabalhos na área de gestão com foco ambiental e quase nenhum trabalho com ênfase em questões de minimização dos impactos ambientais. A avaliação dos impactos ambientais negativos da indústria de lixas revelou que existem impactos significantes, como ruído e emissão de vapores tóxicos, no seu processo produtivo, que carecem de medidas mitigadoras eficazes e imediatas. Concluiu-se, também, que o atual sistema de tratamento de efluentes é vulnerável devido a falhas de projeto, o que causa uma eficácia global insatisfatória, por exemplo, na remoção de metais pesados. Devido aos altos percentuais de remoção de DQO, obtidos nos ensaios de laboratório, concluiu-se que os efluentes gerados na indústria de lixas são degradáveis anaerobicamente, indicando que um pré-tratamento anaeróbio poderia minimizar a vulnerabilidade atual e trazer uma significativa redução nos custos operacionais com a estação de tratamento.

# **MANAGEMENT AND TECHNOLOGY GUIDELINES FOR THE TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATERS**

## **ABSTRACT**

From the second half of the last century onwards, an enormous industrial revolution started due to the increasing demands after the World War II. The industries needed to produce more, with more quality, and in lower time, to help the rebuilding of the countries involved in the conflict. Herewith, and in view of the exponential populational increase that occurred from there on, the companies have developed more and more processes and products in all industrial segments. Consequently, each year thousands of new chemical, biological, and others products have been developed, but with no control or evaluation of the impacts to the environment. This model remained until the 1980's when, motivated by great environmental accidents caused by certain industrial products and processes, governments, undertakers, and the society mobilized to create legislations more restrictive and to impose penalties to companies that polluted the environment. Thus, all the industrial sectors realized that investment would be needed in new clean technologies, lesser impactants to the environment and, consequently, more profitable. Another consideration was that environmental policy would be essential, not only to fulfil the new legislations, but also to promote a good environmental image of the company to its costumers and the whole society.

The objective of this work was to propose management and technology guidelines for the treatment of industrial wastewaters through a case study of an abrasive industry, also known as sandpaper. The used methodology comprised: the development of a model to evaluate the environmental aspects and impacts in the sandpaper company; an industrial profile survey made in the Pernambuco state with regard to environmental technology and management, through technical visits to 10 big companies of different sectors; the study of the production process and the wastewater treatment plant in the abrasive industry; and evaluation of the anaerobic biodegradability of that industrial wastewater. Our conclusions was that the Pernambuco's industries, despite the investment in new production technologies, still do not know the impacts generated by their products to the environment and there are few works in the management area with environmental concern; and almost no work involving community and company with focus in the minimization of the environmental impacts. The environmental impacts evaluation in the sandpaper industry revealed that there are significant impacts, such as toxic vapours and noise in its production process that require immediate and efficient mitigation measures. Also, the wastewater treatment system is vulnerable due to plant design mistakes, that cause an unsatisfactory efficiency, mainly because of the low heavy metals remove, for instance. Due to COD removal obtained in lab scale tests, it was concluded that the sandpaper effluents are anaerobically degradable, indicating that an anaerobic pre-treatment could eliminate the presently vulnerability, and decrease a significantly operational costs in the treatment plant.

## **1.0 – INTRODUÇÃO GERAL**

### **1.1 - GENERALIDADES**

O crescimento da indústria, notadamente a partir do início do século XX, trouxe consigo um aumento significativo de novas substâncias utilizadas em seus processos e o conseqüente aumento dos impactos ambientais gerados por esses produtos. A cada ano centenas de novos insumos são desenvolvidos, ao passo que pouco se sabe sobre a extensão de seus danos ao meio ambiente. Reconhece-se cada vez mais que a produção, a tecnologia e o manejo que utilizam recursos de maneira ineficiente criam resíduos que não são reutilizados; despejam dejetos que causam impactos adversos à saúde humana e ao meio ambiente; fabricam produtos que, quando usados, provocam mais impactos, são difíceis de reciclar, e precisam ser substituídos por sistemas de engenharia e boas práticas de manejo; necessitam, também, de conhecimentos técnico-científicos que reduzam ao mínimo os resíduos ao longo do ciclo de vida do produto (SANTOS, 2001).

Autores como RESS *et al.*, (1998) sugerem que as organizações, embora sob forte pressão ambiental, possuem condições de fazer escolhas quanto às suas ações e estratégias para a minimização de impactos. Assim, a adoção das séries ISO14000, dos indicadores empresariais e de outras estratégias, constitui uma postura mais ativa, social e ambientalmente mais responsável das indústrias, porque passa a incorporar políticas de produção mais limpas em suas operações e em seus investimentos, e levam também em consideração sua influência sobre fornecedores e consumidores. Ao longo das últimas décadas a sociedade tem exigido cada vez mais que as empresas desenvolvam métodos de controle que garantam o mínimo de impactos ao meio ambiente e à saúde. Com isso, a legislação ambiental tem se tornado mais restritiva e punitiva, e fez com que surgissem vários sistemas de tratamento e controle dos resíduos gerados nas indústrias.

Infelizmente, ainda é grande o número de empresas que não se adaptaram a essa nova política ambiental ou que desconhecem os impactos gerados por seus produtos ao meio ambiente; ou, ainda, que escolhem metodologias e sistemas equivocados de controle destes impactos.

## **1.2– OBJETIVO GERAL**

O objetivo desse trabalho é propor diretrizes de gestão e tecnologia ambiental para o tratamento de efluentes das indústrias, tendo como estudo de caso uma indústria de lixas.

## **1.3 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantamento de aspectos e impactos ambientais negativos para a indústria de lixas
- Traçado de um perfil de algumas indústrias de grande porte no estado de Pernambuco com relação à gestão e tecnologia ambiental.
- Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia dos efluentes gerados na indústria de lixas

## 2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASPECTOS DE GESTÃO AMBIENTAL

Com o desenvolvimento da era industrial pós-guerra, os potenciais de risco presentes em qualquer atividade, e principalmente na indústria química, aumentaram. Isto ocorreu devido à natureza dos produtos utilizados e à sofisticação dos processos operacionais empregados (SILVA *et al.*, 2001). A década de 1960 marcou a consolidação da indústria química brasileira. Porém, o pequeno porte dessas indústrias e o afastamento dos grandes centros urbanos, fez com que as questões ambientais fossem deixadas de lado. Com a expansão dos centros urbanos e o crescimento da indústria mundial, influenciando no crescimento da indústria nacional, esse distanciamento foi diminuindo. Assim, o meio ambiente passou a ter dificuldade em neutralizar a crescente carga poluidora nele lançada, evidenciando, assim, que a questão ambiental deveria ser observada de forma diferente. (JACOMINO *et al.*, 2001 ).

Nos anos 70, com o aumento significativo de indústrias poluidoras, o mundo começou a se preocupar com os efeitos danosos da poluição. As empresas, porém, não se preocupavam com as fontes geradoras de poluição, mas apenas com formas de minimizá-las. No fim da década percebeu-se que apenas com controle não seria possível evitar os impactos ambientais. A década de 1980 ficou marcada pelos grandes acidentes causados pelas indústrias químicas, como o incêndio na fábrica da Sandoz (Suíça, 1986), que contaminou o rio Reno com uma série de produtos tóxicos; e o pior deles, em Bophal (Índia, 1984), onde um vazamento de isocianato de metila matou 2800 pessoas e intoxicou cerca de 200.000. Como consequência desses acidentes, iniciou-se a fase de planejamento ambiental, pois verificou-se que apenas o controle não era mais aceito como alternativa tecnicamente viável. (ZAROR, 2002).

O termo qualidade ambiental tornou-se parte do cotidiano das pessoas e as empresas passaram a se preocupar mais com o uso racional de energia e com o desperdício. Com o desenvolvimento desta fase, os Sistemas de Gestão passaram então a ocupar uma posição de destaque, não somente pela contribuição positiva que agregaram à imagem da empresa, como também pela preocupação relacionada aos efeitos danosos que um desempenho ambiental, de segurança e saúde no trabalho, deficientes, podem causar a essa imagem. O tema “indústria e meio ambiente” encontra-se em

alta no momento, sendo muitas as publicações e os eventos técnicos que vêm tratando deste assunto (NOLASCO *et al.*, 2001).

Em vista dessa nova postura quanto ao meio ambiente que os governos e a sociedade passaram a adotar, as empresas perceberam a necessidade de promover uma redefinição dos valores e uma reestruturação na forma de administrar os negócios. Uma das tendências que vêm surgindo, e que pode-se destacar, é a implantação de Sistemas Integrados de Gestão que estão diretamente associados aos aspectos, perigos e impactos relacionados a atividades, produtos e serviços de uma organização (SILVA *et al.*, 2001).

A multiplicidade de ações e decisões que o administrador de empresas tem de realizar e tomar ante os diversos compromissos, para buscar a sobrevivência organizacional, faz com que reduza suas atenções quanto ao ambiente de trabalho que oferece a seus funcionários. Compromissos financeiros, a necessidade de estar atento ao mercado, as negociações com fornecedores, etc, ocupam lugar de destaque em suas preocupações. Soma-se a isso que, em sua formação profissional, raramente tem acesso a informações que incentivem a preocupação com a questão ambiental e a saúde dos trabalhadores e da comunidade como sendo importantes para melhoria da performance da empresa (BAUKAT e ANDREATTA, 2001).

### **2.1.1 – Sistema integrado de gestão (SIG)**

Pode ser definido como sendo a integração de dois ou mais sistemas de gestão (Qualidade e Meio Ambiente, Qualidade e Segurança no Trabalho, ou ainda Meio Ambiente e Segurança e Saúde no Trabalho). Sua implementação e operação são, na realidade, a aplicação de conceitos e técnicas de Administração particularizadas para assuntos de qualidade, meio ambiente e segurança e saúde no trabalho.

Há poucos anos não se acreditava na viabilidade da integração dos sistemas de gestão. Mas hoje, com a crescente preocupação com custos, vê-se a integração como sendo uma tendência irreversível e como uma excelente oportunidade de reduzir custos com treinamentos, certificações e auditorias (DE CICCO, 1998).

Uma vez que não existe uma norma específica para regulamentar os SIGs, a implementação pode ser baseada nos requisitos especificados pelas normas ISO14001 e Guia BS

8800, que incluem análise crítica inicial, política integrada do meio ambiente e de segurança e saúde no trabalho, planejamento, implementação e operação, ações corretivas e análise crítica pela administração. A organização deve especificar um procedimento para identificar os seus aspectos e perigos a fim de determinar aqueles que tenham ou que possam ter impacto ambiental ou dano significativo. Essa identificação e avaliação funcionam como ferramenta para a tomada de decisões quanto à seleção correta de uma ação ou de um conjunto de ações (SILVA *et al.*, 2001).

### **2.1.2 – Aplicações práticas de modelos de gestão**

SANTOS (2001) desenvolveu um modelo para controle ambiental na indústria de curtumes do estado de Minas Gerais (Brasil). O processo de industrialização de peles e couros de animais utiliza diversos produtos químicos, fazendo com que seus efluentes tenham uma elevada concentração de matéria orgânica e presença de vários produtos químicos tóxicos. Em virtude do grande número de empresas de curtume na região e o não enquadramento da quase totalidade delas nos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental, a degradação provocada ao meio ambiente por essas indústrias é bastante significativa. A metodologia estabelecida envolveu três fases: i) Diagnóstico do setor: foram avaliados a localização, capacidade de produção, linhas de processo industrial, insumos utilizados, efluentes gerados, etc. ii) Treinamento e capacitação de pessoal: através de cursos, palestras, seminários, visando intercâmbio entre os técnicos do setor de curtimento e dos profissionais que desenvolveram o projeto. iii) Desenvolvimento tecnológico: proposição de tecnologias apropriadas ao controle ambiental no setor de curtumes, abordando o processo industrial, os efluentes químicos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos. A avaliação do diagnóstico permitiu a adoção de práticas de melhor gerenciamento do processo produtivo, que, através de reutilização de efluentes, melhor direcionamento de resíduos sólidos, pesquisas de novas técnicas de tratamento de efluentes, entre outras, diminuíram o impacto ambiental causado pela indústria.

SILVA *et al.*,(2001) identificaram os perigos e avaliaram os impactos para a implantação de um sistema integrado de gestão em face às atividades, produtos e serviços de uma



organização. Para a comprovação do modelo, este foi aplicado a uma unidade de uma fábrica de cervejas. O modelo foi implantado nas seguintes etapas: i) Coleta da documentação necessária e disponível: abrange a coleta de documentos do sistema tal qual ele está sendo conduzido (e não como deveria ser). Inclui procedimentos operacionais, fluxogramas de processos, fichas de segurança, etc; ii) Classificação das áreas de trabalho e formação de equipes multidisciplinares: a equipe deverá ser coordenada por um consultor especializado na área ou por gerente de qualidade ou engenheiro de segurança ou ainda pelo responsável pela área de meio ambiente. Recomenda-se entre três e cinco membros em cada equipe de trabalho para não atrapalhar o consenso na tomada de decisões; iii) Identificação de aspectos e perigos: elaboração do fluxo de atividades do processo, identificando os possíveis aspectos e perigos de cada atividade e sub-atividade; iv) Avaliação dos impactos e danos: registrar os aspectos e perigos identificados, determinar os impactos e danos e em seguida avaliá-los a fim de determinar quais são significativos.

NOLASCO *et al.*,(2001) pesquisaram os resultados das principais publicações técnicas em âmbito nacional e internacional que tratam dos aspectos ambientais relacionados aos efluentes líquidos das indústrias de celulose e papel. Concluíram que a relação entre os constituintes específicos presentes nos despejos e os efeitos tóxicos provocados, ainda é pouco conhecida. Isto se deve às interações químicas e físicas ou aos efeitos sinérgicos entre estes constituintes químicos gerados na indústria de celulose e papel. Os tipos e quantidades de poluentes produzidos são dependentes dos tipos de matérias-primas utilizadas, dos processos de polpação e branqueamento da pasta celulósica, do grau de tratamento interno e externo dos filtrados, entre outros.

### **2.1.3 – As normas ISO 14000**

A sigla ISO, na língua inglesa significa: *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para a Padronização), e trata-se de uma entidade com sede em Genebra, Suíça, que dita normas e padrões mundiais que traduzem o consenso entre diferentes países do mundo de forma a facilitar e interagir o comércio internacional (CHEHEBE, 1998).

A ISO possui 119 países membros, 180 comitês técnicos e centenas de sub-comitês e grupos de trabalho. As normas ISO série 14000 foram desenvolvidas pelo comitê TE-207 da ISO formado

por representantes dos países membros. Os trabalhos foram realizados durante o período de 1993 a 1996. Com a experiência adquirida na elaboração das normas ISO série 9000, os trabalhos foram realizados num prazo menor, sendo que algumas normas encontram-se em estágio de elaboração. A série ISO14000 publicou várias normas que complementam suas normas básicas, orientando assim a implementação. A Tabela 2.1 apresenta uma relação das normas básicas ISO série 14000 existentes.

**Tabela 2.1- Normas da série ISO 14000**

<b>Normas</b>	<b>Referência</b>
14000	Normas básicas
14001,14004	Sistemas de Gerenciamento Ambiental
14001,14011,14012,14013,14014,14015	Auditoria Ambiental
14020,14021,14022,14023,14024	Rotulagem Ambiental
14031,14032	Avaliação de Performance Ambiental
14040,14041,14042,14043	Avaliação do Ciclo de Vida
14050	Glossário
14060	Aspectos ambientais nas normas do produto

**Fonte: (CHEHEBE, 1998)**

A ISO série 14000 especifica os requisitos de um sistema de Gestão Ambiental, tendo sido regida de modo a aplicar-se a todos os tipos de organizações e para ser adequada a diferentes condições geográficas, culturais e sociais. A ISO série 14000 estabelece requisitos específicos para a gestão de empreendimentos e requer o estabelecimento de objetivos e metas qualificáveis, além do cumprimento da legislação de meio ambiente pertinente nos âmbitos Federal, Estadual e Municipal. Primeiramente identifica-se os produtos que podem trazer danos à natureza e analisa-se suas causas e conseqüências, elaborando posteriormente uma Matriz de Identificação dos aspectos e impactos ambientais, estabelecendo-se assim metas a serem cumpridas. A ISO série 14000 tem o objetivo de manter o crescimento das atividades econômicas, mediante a adoção de medidas que viabilizem a manutenção da vida saudável, presente e futura. Não visa somente a qualidade intrínseca do produto, mas a necessidade também de que ele seja ambientalmente correto, quando da sua produção (CHEHEBE, 1998).

A minimização dos impactos ambientais é o principal caminho para a ‘produção limpa’ e o ‘desenvolvimento sustentável’. O aumento no número de compostos tóxicos nas indústrias tem

aumentado o relato de desastres naturais, secundários, provocados por acidentes com esses produtos nas empresas, tais como: incêndios, vazamentos, explosões, e outros (GUPTA *et al.*, 2001). A Tabela 2.2 mostra uma lista de desastres naturais relacionados a acidentes na indústria.

**Tabela 2.2 – Acidentes industriais relacionados a desastres naturais**

<b>Desastres</b>	<b>Acidentes</b>
Terremoto	Fogo
Ciclones	Explosões químicas
Chuvas ácidas	Vazamento de gases tóxicos
Incêndios em florestas	Vazamentos radioativos
Erosões	Vazamento de produtos tóxicos
Ondas de calor	Vazamento de produtos reativos

**Fonte: (GUPTA et al., 2001)**

Os sistemas de gestão ambiental são um modelo de aplicação contínua de estratégias ambientais aplicadas a processos, produtos e serviços que trazem, além de eco-eficiência, uma minimização de riscos para o meio ambiente e os seres humanos.

Muitas organizações ainda não se decidiram pela certificação nas séries ISO 14000 por entenderem que a relação custo e benefício não está muito clara. Uma diferença entre as séries ISO 9000 e a ISO 14000 é o alto grau de incerteza a respeito dos benefícios de implementação desta última. Porém, dentre os principais benefícios de implementação, pode se destacar a credibilidade ambiental que a empresa adquire. Esta credibilidade está se tornando um fator de competitividade nacional e internacional, e tem levado a crescimento nos lucros, maior eficiência nos processos, redução de custos e mais credibilidade junto à sociedade (PETRONI, 2000). A Tabela 2.3 mostra os principais elementos para a implantação da ISO 14001.

**Tabela 2.3 – Elementos para implantação do sistema de gerenciamento ambiental (ISO 14001)**

Política Ambiental	Planos, objetivos e programas ambientais e as diretrizes necessárias para consegui-los
Planejamento	Análise dos aspectos ambientais da organização, incluindo seus processos, produtos e serviços, bem como produtos e serviços usados pela organização
Implementação e operação	Implementar e organizar o processo de controle e melhorar atividades operacionais que são críticas do ponto de vista ambiental
Verificação e ações corretivas	Monitoramento, mensuração e revisão das atividades e características que têm impacto significativo no meio ambiente
Revisão gerencial	Revisão dos sistemas de gestão pela alta direção para garantir contínuo desenvolvimento, adequação e eficiência
Melhoria contínua	É a componente chave para o processo de gestão ambiental, completa o ciclo de planejar, implementar, checar, rever e melhorar

**Fonte: (PETRONI, 2000)**

Segundo NAGEL (2002), cada empresa gera uma carga ambiental em termos de contribuição para degradação do meio ambiente. Em geral o ciclo de vida de um produto compreende 3 fases: manufatura, uso e reciclagem. Cada uma dessas fases gera uma carga ambiental, e os sistemas de gestão têm sido uma excelente ferramenta na avaliação e minimização desses impactos.

## **2.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Segundo METCALF e EDDY (1995), com uma análise apropriada e controle ambiental, a maioria dos esgotos pode ser tratada biologicamente. Embora, na prática, esta seja a mais usual forma de tratamento usado na indústria, há que se considerar que, devido à multiplicidade dos resíduos e as características de cada estação de tratamento, outras formas de neutralização dos resíduos podem ser usadas. Segundo CAMPOS (1999), numa estação de tratamento de efluentes (ETE), um conjunto de unidades de operações unitárias diferentes e interdependentes trabalham

objetivando o tratamento de um certo efluente residuário. Em geral, o tratamento de resíduos se baseia em alguns dos seguintes mecanismos: i) Remoção física do contaminante, através de operações de separação tais como: filtração, sedimentação, adsorção, etc; ii) Destruição ou transformação química/biológica do contaminante, transformando-o em uma forma menos contaminante ou eliminando-o do efluente; e iii) Consumo do material contaminante, através da recuperação ou reciclagem ou geração de novos produtos, como no caso da digestão anaeróbia, o metano (ZAROR, 2002).

Segundo SANTOS (2001), a indústria química apresenta uma enorme variedade de processos e produtos, podendo ser considerado o setor mais diversificado da área industrial. É também, o setor sobre o qual se concentram, de maneira mais intensa, as preocupações quanto à contaminação ambiental, seja pelos processos utilizados, em que os reagentes e produtos químicos obtidos em sua grande parte são inflamáveis, explosivos, tóxicos e/ou carcinogênicos, seja pela aplicação desses produtos em outros ramos de atividades e suas conseqüências danosas para o meio ambiente.

METCALF e EDDY(1995) descrevem a maioria das operações unitárias usadas no tratamento de águas residuárias e quase todas essas operações estão estabelecidas na indústria de processos. A Tabela 2.4 mostra uma lista de operações para a remoção de contaminantes específicos (ZAROR, 2002). A seleção da operação ideal depende de fatores tanto técnicos quanto econômicos.

**Tabela 2.4 – Operações para eliminação de contaminantes**

<b>Contaminante</b>	<b>Operação</b>
Graxas e emulsificados	Separação por gravidade, filtração e flotação
Sólidos suspensos	Sedimentação, coagulação e sedimentação, flotação e filtração
Matéria orgânica dissolvida	Tratamento biológico aeróbio, tratamento biológico anaeróbio, adsorção e oxidação química
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Evaporação, intercâmbio iônico, osmose reversa e eletrodialise
Ácidos e álcalis	Neutralização
Gases e material particulado	Incineração, absorção e precipitação eletrostática
Resíduos sólidos e lodos de tratamento	Tratamento biológico, incineração, aterros controlados, compostagem, fertilizantes, utilização termoquímica.

**Fonte: Adaptado de ZAROR (2002)**

Grande parte da indústria química brasileira utiliza o sistema de lodos ativados como sua principal unidade de tratamento. VAN HAANDEL e MARAIS (1999), relatam que há, no Brasil, mais de uma dezena de sistemas de lodos ativados de grande porte para o tratamento de águas residuárias industriais e que, infelizmente, algumas unidades descarregam um efluente de qualidade sofrível, talvez por falhas na manutenção ou projetos inadequados.

## **2.3 – ASPECTOS DE TRATABILIDADE ANAERÓBIA**

### **2.3.1 – Considerações sobre o tratamento anaeróbio de efluentes industriais**

Existe um interesse crescente e mundial no tratamento anaeróbio de efluentes industriais e na digestão anaeróbia como fonte de produção de energia (PÉREZ *et al.*, 1997). O lodo produzido no tratamento de efluentes industriais continua sendo um dos materiais de mais difícil administração nas estações de tratamento de efluentes (NAKASAKI *et al.*, 1999).

Segundo LOPEZ (1988), a aplicação de reatores anaeróbios no tratamento de efluentes industriais, foi visto como desvantajoso no passado por conta de suas características semi-empíricas, ou seja, necessitava da presença de um especialista na estação, que conhecesse todos os detalhes do processo. No entanto, LETTINGA e VAN HANDEL (1993), sugerem que o tratamento anaeróbio é, hoje, uma tecnologia consolidada, podendo ser usada no tratamento de diversos tipos de águas residuárias.

A bioquímica e a microbiologia dos processos anaeróbios são, realmente, muito mais complexas que nos sistemas aeróbios (HENZE e HARREMOËS, 1983). Mas, os processos de digestão anaeróbia, oferecem grande potencial para o tratamento da maioria dos efluentes solúveis não-complexos e muitos sistemas de tratamento anaeróbio de alta taxa estão atualmente disponíveis (LETTINGA e HULSHOFF POL, 1991).

Durante os últimos 20 anos, iniciativas ambientais em larga escala têm tido lugar nos Estados Unidos e Europa. Em anos recentes, os países da América Latina, a exemplo dos países europeus e da América do Norte, têm incluído leis e regulamentações ambientais em suas legislações. Isto fez com que as empresas percebessem que precisavam investir em novas

tecnologias; mais limpas, mais eficientes e de menor custo. Entre estas novas tecnologias que estão em implantação estão os sistemas de digestão anaeróbia (ARAYA *et al.*, 1999).

### 2.3.2 – Atividade metanogênica específica (AME)

Este parâmetro mede a capacidade transformadora do lodo em converter o substrato em metano. No teste de AME avalia-se a capacidade das arqueas bactérias metanogênicas em converter substrato orgânico (acetato) em metano e gás carbono sob condições otimizadas. A partir de quantidades conhecidas de biomassa (g SSV) e de substrato (g DQO), e sob condições estabelecidas, avalia-se a taxas de produção máxima de metano (mL CH<sub>4</sub>/g SSV.d ou mg DQO<sub>CH<sub>4</sub></sub>/mg SSV.d) ao longo do período de teste. A avaliação da AME de lodos anaeróbios é importante no sentido de classificar o potencial da biomassa na conversão de substratos em metano e gás carbono (CHERNICHARO *et al.*, 1999).

### 2.3.3 – Microbiologia e bioquímica dos processos anaeróbios

Basicamente, a degradação anaeróbia é executada por 2 grupos de microrganismos: i) bactérias produtoras de ácidos; e ii) arqueas bactérias produtoras de metano. Estas podem ser divididas em 2 outros grupos cada (Tabela 2.5). O metabolismo anaeróbio de um substrato complexo, pode ser dividido em 3 etapas: i) hidrólise da matéria orgânica de alto peso molecular; ii) degradação das moléculas orgânicas menores a ácidos graxos voláteis e posteriormente a ácido acético; e iii) produção de metano, a partir do ácido acético e também do hidrogênio e gás carbônico (HENZE e HARREMOËS, 1983).

**Tabela 2.5 – Principais grupos de microrganismos anaeróbios**

Bactérias produtoras de ácido	Bactéria formadora de ácido (butírico e propiônico)
Arqueas bactérias produtoras de metano	Bactérias acetogênicas (ácido acético e hidrogênio)
	Metanogênicas acetoclásticas (acetofílicas)
	Metanogênicas (hidrogenofílicas)

Fonte: HENZE e HARREMOËS, (1983)

#### 2.3.4 – Fatores ambientais

Há três fatores ambientais determinantes na eficiência dos sistemas anaeróbios: i) temperatura; ii) presença de nutrientes; e iii) presença de substâncias tóxicas. Os microrganismos são classificados de acordo com as faixas de temperatura nas quais as espécies são capazes de crescer (METCALF e EDDY, 1995). A temperatura é um dos fatores mais importantes no tratamento biológico de águas residuárias, pois tem influência nos ambientes intra e extracelular das bactérias. A temperatura atua como acelerador nos processos de conversão e também determina se uma reação pode ou não ser realizada por uma bactéria específica.

Micronutrientes como níquel, cobalto e ferro foram mostrados como sendo estimulantes no tratamento anaeróbio de diferentes tipos de águas residuárias. Este efeito estimulante na metanogênese é explicado pelo requerimento desses metais pelas bactérias metanogênicas SPEECE (1996).

Segundo HENZE e HARREMOËS (1983), os sistemas anaeróbios são mais sensíveis a substâncias tóxicas que os sistemas aeróbios. Isto se dá devido, provavelmente, a combinação de alguns fatores, como: tamanho do projeto, fatores de segurança aplicados e falta de controles de processos apropriados.

Existe, hoje, interesse crescente e mundial nos sistemas de tratamento anaeróbio. Há uma grande quantidade de áreas de aplicação para esses sistemas em diversos setores da indústria (ARAYA *et al.*, 1999). Os reatores anaeróbios podem ser aplicados de maneira eficiente no tratamento de efluentes industriais de vários tipos, tais como abatedouros e frigoríficos, cervejarias, curtumes, laticínios, produção de açúcar, produção de álcool, produção de amido, produção de fermento, produção de refrigerantes, produção de vinho, processamento de batata, processamento de café, entre outras (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).



### **3.0 – AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E DIRETRIZES DE GESTÃO APLICADOS À INDÚSTRIA EM PERNAMBUCO. ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA DE ABRASIVOS**

#### **3.1 – INTRODUÇÃO**

O crescimento da indústria, motivado pela expansão populacional, nas últimas décadas, tem trazido inúmeros problemas do ponto de vista ambiental. Atualmente, os poluentes industriais que mais preocupam são os orgânicos, especialmente os sintéticos, e os metais pesados. Segundo BRAILE e CAVALCANTE (1993), a proteção do meio ambiente contra agentes poluidores de origem industrial é um problema complexo para os países em desenvolvimento. O problema mais importante parece estar relacionado com os seguintes aspectos: providenciar um controle ambiental seguro; usar as melhores técnicas; dispor de pessoal especializado; e adaptar soluções importadas ao conjunto de técnicas desenvolvidas no país.

A composição dos efluentes industriais é altamente dependente do tipo de processo e da natureza dos materiais utilizados. Segundo ZAROR (2002), os efluentes de uma planta de tamanho mediano podem equivaler, em volume, aos gerados em uma grande cidade. Por exemplo, uma planta celulósica, cuja capacidade de produção é de 1000 ton de polpa / dia, e que consome 70 m<sup>3</sup> de água / ton de polpa, gera descargas equivalentes a uma cidade em torno de 300 000 habitantes.

O primeiro esforço da Organização das Nações Unidas para chamar a atenção para a degradação ambiental do planeta foi através da 1<sup>a</sup> Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, em Estocolmo (1972). Como resultado dessa Conferência, diversos países, inclusive o Brasil, criaram estruturas organizacionais para tratar do polêmico assunto da degradação acelerada do meio ambiente. (SEBRAE, 2002).

Em 1973 foi criada, em nível nacional, a SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente e, em nível estadual, diversos Órgãos de Controle Ambiental – OEMA's foram criados nesta década. Em Pernambuco, por exemplo, em 1976 foi criada a CPRH – Companhia Pernambucana

de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos, hoje denominada de Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (Tabela 3.1), que é o órgão responsável pelo licenciamento e fiscalização ambiental no estado (CPRH, 2002).

Transcorridas duas décadas da Conferência de Estocolmo, foi realizada, no Rio de Janeiro, a 2<sup>a</sup> Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO/92. Em consequência desta reunião, o Brasil, juntamente com muitos outros países participantes, assumiram o compromisso de implementar uma série de ações estabelecidas nas Convenções e tratados assinados, bem como na Agenda 21 (SEBRAE, 2002).

**Tabela 3.1 - Resumo dos principais acontecimentos do histórico ambiental**

<b>Ano</b>	<b>Marco Histórico</b>
1972	1º Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em Estocolmo
1973	SEMA- Secretária do Meio Ambiente no Brasil
1976	CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente
1981	Lei Nacional do Meio Ambiente (6938)
1986	Resolução CONAMA 001
1988	Constituição Federal
1989	IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis
1992	2º Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento- Eco-92 (Rio de Janeiro) Agenda 21 Global Convenção da Biodiversidade
1995	Ministério do Meio Ambiente
1997	Conferência Rio + 5
1998	Lei Estadual de Recursos Hídricos (Pernambuco)
2002	Conferência Rio + 10 (Johanesburgo, África do Sul)

Fonte: (CPRH, 2002)

Neste capítulo, o objetivo do trabalho é propor diretrizes de gestão e tecnologia ambiental para as indústrias no estado de Pernambuco, tendo como estudo de caso uma indústria de lixas. A

empresa onde se desenvolveu o trabalho foi a *Saint-Gobain Abrasives*, empresa do Grupo *Saint-Gobain*, sediada em Igarassu-PE.

### 3.2 – METODOLOGIA

A pesquisa dividiu-se nas seguintes etapas:

- a) Desenvolvimento de um quadro de aspectos e impactos ambientais negativos para uma indústria de lixas, a *Saint-Gobain Abrasives*.
- b) Traçado de um perfil das indústrias em Pernambuco com relação à gestão e tecnologia ambiental.

A metodologia para avaliação de aspectos e impactos ambientais foi desenvolvida a partir de informações encontradas na literatura (ZAROR, 2002; GUPTA *et al.*, 2001) e executada em conjunto com funcionários da empresa. Foram escolhidas as áreas onde havia uma maior geração de resíduos líquidos e sólidos: os *Makers* 3 e 4, e a estação de tratamento de efluentes (Figura 3.1).

A avaliação foi conduzida com os funcionários de todos os níveis hierárquicos dos setores indicados na Figura 3.1 e envolveu uma etapa preliminar, de levantamento de todos os aspectos relativos a cada atividade, e, em seguida, a compilação dos resultados com os aspectos e impactos mais relevantes e de maior monta. A abrangência da avaliação limitou-se aos *Makers* e ETE uma vez que suas atividades apresentam maior probabilidade de causar impactos ambientais adversos. Para obtenção de uma visão mais ampla da empresa e do produto, estudou-se o perfil da *Saint-Gobain* no mundo e no Brasil, bem como na unidade Igarassu, onde foi feito um levantamento dos processos e insumos usados na produção de lixas, e suas principais aplicações.

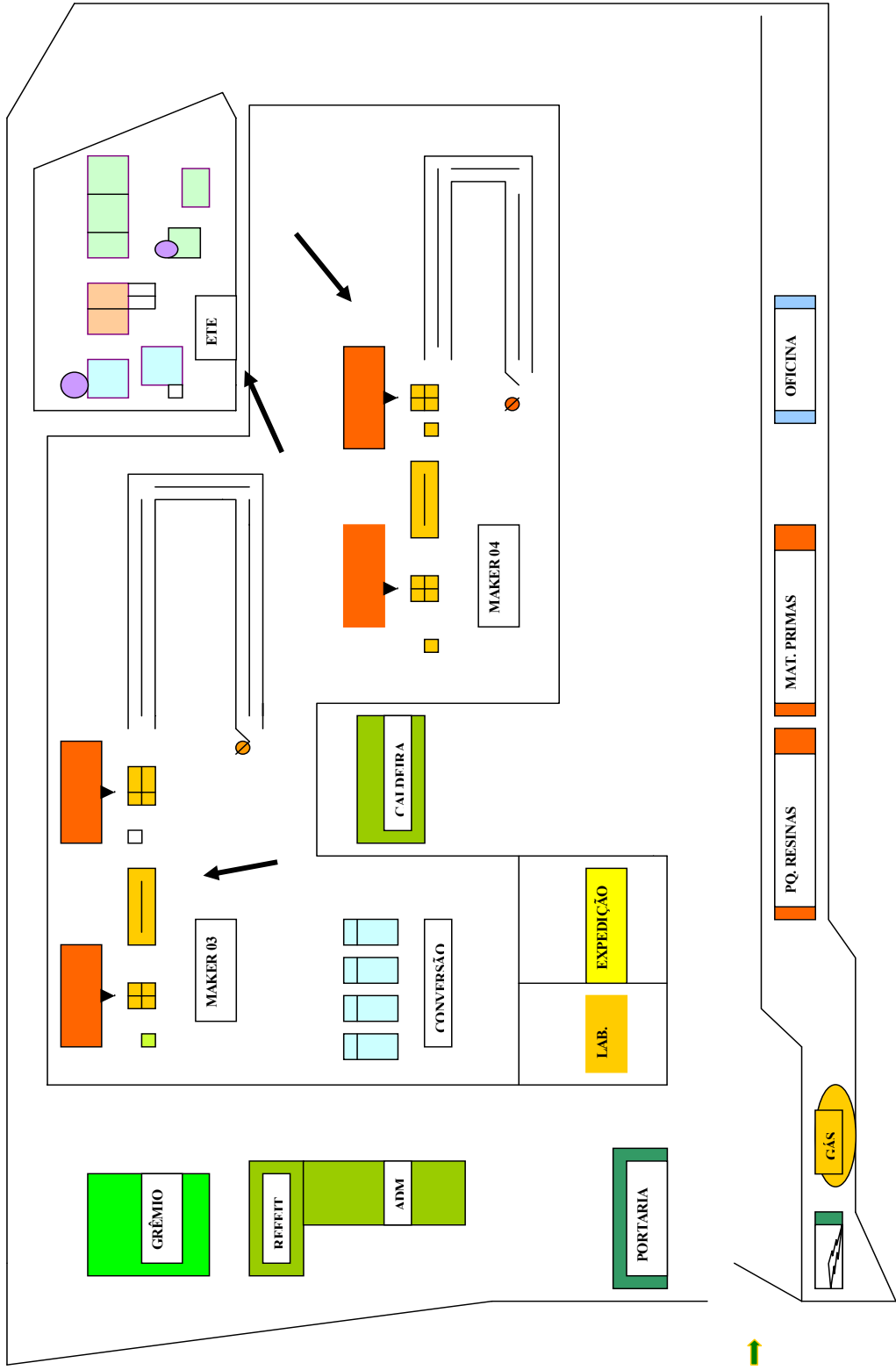


Figura 3.1 – Esquema da fábrica de lixas- unidade Igarassu

Para a sistematização dos dados criou-se um modelo (Tabela 3.2), que foi usado para todos os levantamentos nas diversas atividades de cada área. Esta tabela contempla aspectos e impactos ambientais delineados por setor e/ou atividade e com uma mensuração de gravidade, intensidade, relevância, etc. dos aspectos e impactos. Com esses dados pôde-se atribuir uma significância ao impacto negativo, que pode ser baixo, médio ou alto. A partir daí, a idéia foi a de propor diretrizes que dessem uma tratabilidade adequada a esses impactos, principalmente os considerados de alta significância.

**Tabela 3.2 – Modelo de levantamento de aspectos e impactos ambientais**

Setor/área		Processo	Responsável	Data		Revisão				
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01										
02										
03										
04										
05										

**TI – Tipo do Impacto (R= real; P=potencial)**

**FR – Frequência (A=alta; M=média; B=baixa)**

**ES – Escala (I=isolada; L=local; A=ampla)**

**GS – Grau de Severidade (A=alta; M=média; B=baixa)**

**SF – Significância Final (T=trivial; M=média; A=alta)**

**classificação da Significância Final (SF)**

**SF Trivial: TI=P; FR ou GS=B; ES=I ou L**

**SF Média: TI=P ou R; FR ou GS=M; ES=I ou L**

**SF Alta: TI=R; FR e GS=A ou M; ES=L ou A**

Segundo ZAROR (2002), o aspecto ambiental se define como todas aquelas ações e elementos do projeto que podem interagir com o meio ambiente e, portanto, podem causar impacto ambiental. A alteração do meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por um projeto ou atividade em uma área determinada é o que caracteriza o impacto ambiental.

BARBOSA FILHO (2001) sugere que a mensuração do impacto representa uma etapa chave no levantamento dos aspectos e impactos ambientais. Esses impactos possuem uma série de atributos característicos que devem ser considerados para sua mensuração.

Assim, os critérios para avaliação da significância dos impactos ambientais levantados foram:

**a) Frequência**

- Baixa: A mudança se manifesta de forma dispersa ou esporádica no tempo
- Média: A mudança se manifesta de forma não constante, sendo cíclica ou intermitente
- Alta: A mudança se manifesta de forma contínua ou insistente

**b) Escala**

- Isolada: Se a mudança restringe-se aos limites da própria empresa
- Local: Se a mudança expande-se para fora da empresa, porém numa área limitada
- Ampla: Se a mudança atinge fronteiras amplas e desconhecidas

**c) Grau de Severidade**

- Baixa: Se a mudança ambiental não compromete, ou compromete de forma reversível a vida animal e vegetal.
- Média: Se a mudança ambiental causa destruição reversível e a médio prazo à vida animal e vegetal.
- Alta: Se a mudança causa destruição irreversível ou reversível a longo prazo da vida animal ou vegetal.

A classificação da significância do impacto surge do cruzamento desses levantamentos preliminares, e pode ser Trivial, Média ou Alta.

Segundo CANTER (1998), geralmente, os modelos que avaliam as relações entre aspectos e impactos ambientais não são muito simples, devido à diversidade de segmentos industriais e os procedimentos neles usados. Assim, deve-se adaptar as técnicas de verificação para cada caso estudado. A classificação, proposta na legenda da Tabela 3.2, não abrange todas as possibilidades de combinação matemática dos itens do levantamento dos aspectos e impactos ambientais, servindo, apenas, de guia para a determinação da significância final, que foi definida em conjunto com as equipes envolvidas no trabalho.

O impacto considerado Trivial foi o tipo de impacto potencial, não real, cuja frequência ou grau de severidade é baixa e a escala é isolada ou local. O impacto considerado de Média significância é aquele que é do tipo real, de frequência ou severidade média e escala isolada ou ampla. Finalmente, o impacto de significância Alta é aquele do tipo real, com frequência ou escala ampla ou média, e de escala local ou ampla. Foram propostas medidas de controle para todos os níveis de significância, sendo que se deu prioridade para os impactos classificados como de Alta significância.

A metodologia usada para traçar um perfil das indústrias, em Pernambuco, foi através de visitas técnicas a um grupo de 10 indústrias no estado, de diferentes ramos de atuação. As indústrias visitadas foram escolhidas aleatoriamente na Região Metropolitana do Recife. Os principais aspectos observados foram:

- Processo produtivo e sistemas de tratamento de efluentes
- Custos operacionais da estação e destinação do biossólido
- Capacidade de tratamento diária e eficiência
- Consumo de água e energia
- Programas de gestão ambiental em andamento na empresa
- Monitoramento de impactos ambientais, entre outros.

Em virtude do sigilo industrial, as empresas se negaram a fornecer algumas informações que julgaram ser estratégicas.

As visitas às indústrias da Região Metropolitana de Recife (RMR) tiveram por objetivo, além de traçar um perfil dessas indústrias nos aspectos de gestão e tecnologia ambiental, comparar a performance do estudo de caso, a fábrica de lixas, com outras empresas de porte

semelhante no estado. A sistemática constou de uma entrevista com o responsável técnico pelo meio ambiente na empresa e de uma visita à área para observação *in loco* dos trabalhos desenvolvidos em relação à gestão ambiental e tratamento de efluentes e da sua avaliação global.

O trabalho de visitas ocorreu entre os meses de Janeiro e Outubro de 2002, sendo que, cada visita, gerou um relatório dos principais aspectos de tecnologia e gestão observados, e ao final estes dados foram condensados num quadro comparativo onde são avaliadas as indústrias com suas principais características de tecnologia e gestão ambiental.

### **3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.3.1 – Breve histórico do grupo *Saint- Gobain***

A *Compagnie Saint-Gobain* nasceu na França, por ordem do Rei Luis XIV, em 1665, com o objetivo de fabricar os espelhos para o Palácio de Versalhes.

Ao longo desse período, a companhia desenvolveu outras várias atividades implantando-se em todas as regiões do mundo. *Saint-Gobain* é um grupo multinacional, fabricante de diversos materiais. Diversificado e líder nas suas diversas atividades, transforma materiais conhecidos de longa data, tais como o vidro, o ferro fundido, o plástico e as cerâmicas..

##### **3.3.1.1 - Perfil da *Saint-Gobain* no mundo**

Em nível mundial, a empresa apresenta o seguinte perfil:

- Presença em 46 países
- 171 000 funcionários
- 1 200 empresas
- Atividades: vidro plano, isolamento, fibras de reforço, embalagens, canalizações, materiais de construção, cerâmicas industriais, abrasivos, entre outros.
- Faturamento em 1999: US\$ 27 bilhões.



A *Saint-Gobain* está presente no Brasil desde 1937, onde possui empresas como: *Saint-Gobain* Canalização, *Brasilit*, *Saint-Gobain* Vidros, *Saint-Gobain* Abrasivos, *Saint-Gobain* Cerâmicas e Plásticos, *Quartzolit*, entre outras. Algumas delas tiveram suas tradicionais razões sociais alteradas a partir de 1º de novembro de 2000 (Tabela 3.3). O estudo de caso deste trabalho concentra-se na unidade de abrasivos localizada na cidade de Igarassu em Pernambuco.

**Tabela 3.3 – Empresas do Grupo *Saint-Gobain* no Brasil**

<b>Razão Social Atual</b>	<b>Razão Social Anterior</b>
<i>Saint-Gobain</i> Cerâmicas & Plásticos Ltda	Carborundum do Brasil Ltda
<i>Saint-Gobain</i> Canalização S.A	Cia. Metalúrgica Bárbara
<i>Saint-Gobain</i> Vidros S.A	Companhia Vidraria Santa Marina
<i>Saint-Gobain</i> Calmar Brasil Ltda	Calmar do Brasil Ltda
<i>Saint-Gobain</i> Materiais Cerâmicos Ltda	Casil Indústria e Comércio Ltda
<i>Saint-Gobain</i> Quartzolit Ltda	Argamassas Quartzolit Ltda
<i>Saint-Gobain</i> Abrasivos Ltda	Norton Ind. Com. Ltda Carborundum Abrasivos Ltda Winter do Brasil Ferramentas Diamantadas e de Bornitrid Ltda

### 3.3.1.2 - Perfil do grupo *Saint-Gobain* no Brasil

A entrada, no Brasil, se deu pela aquisição da Companhia Metalúrgica Barbará e da *Brasilit* S/A. Hoje, após mais de 60 anos, a *Saint-Gobain* ocupa uma posição de destaque, firmando-se como um dos maiores grupos industriais do país. O seu perfil no país pode ser resumido assim:

- Mais de 20 empresas
- 46 unidades industriais, distribuídas em 36 cidades e 8 estados
- 11 000 Funcionários
- Faturamento bruto em 2000: R\$ 2,4 bilhões

### **3.3.1.3 - Perfil da unidade Igarassu**

A unidade Igarassu da *Saint-Gobain Abrasives* está situada à margem da BR 101 Norte, Km 24,9 no Município de Igarassu – PE. Está em operação desde 1985 e possui 128 funcionários. A produção mensal é de cerca de 2 milhões de m<sup>2</sup> de lixa e sua produção atende os mercados da América do Sul, e parte da Europa e Ásia. Segundo a tipologia proposta por BRAILE e CAVALCANTE (1993), a *Saint-Goabin Abrasives* classifica-se como uma indústria química inorgânica.

### **3.3.2 – A lixa e suas aplicações**

As lixas, também conhecidas como abrasivos revestidos, são formadas por: costado, grãos abrasivos e adesivos.

O costado é a base da lixa, podendo ser de papel, combinação de pano ou fibra, conforme sua finalidade. Os grãos abrasivos são obtidos através de minerais triturados, formando partículas que são classificadas com números, também conhecidos como "grana".

É a partir do tamanho dos grãos de uma lixa que se define sua granulometria. Os adesivos são responsáveis pela fixação dos grãos no costado e proteção durante a operação.

Com uma grande variedade de formatos, tamanhos e granulometrias, as lixas são indicadas para aplicações profissionais e industriais, em operações de desbaste, acabamento e polimento em materiais como madeira, vidro, couro, metais ferrosos e não-ferrosos, etc.

### 3.3.2.1 – Costados

Os principais tipos de costado são:

a) PAPEL: As lixas com costado de papel são utilizadas para operações manuais de acabamento e em operações mecânicas em geral. (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4 – Gramatura e aplicações**

<b>Gramatura</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicações</b>
70 g/m <sup>2</sup>	Flexível e Leve	Operações manuais e em lixadeiras portáteis, a seco ou refrigeradas.
90 g/m <sup>2</sup>		
110 g/m <sup>2</sup>	Flexível e Resistente	Operações mecanizadas em geral.
150 g/m <sup>2</sup>		
220 g/m <sup>2</sup>	Pesado	Desbaste e acabamento.
280 g/m <sup>2</sup>		

b) COMBINAÇÃO: Este tipo de costado é obtido a partir de pano e papel ligados entre si por um adesivo de grande resistência. Utilizado nas indústrias madeireiras pesadas, para assoalhos e em lixadeiras de cilindros no formato de folhas grandes.

c) PANO: O costado de pano é empregado em lixas para operações manuais e mecânicas, inclusive aquelas que necessitam de grandes esforços. Os costados de pano recebem tratamentos de acordo com o tipo de lixa a que se destinam.

d) FIBRA : O costado de fibra é o que apresenta a mais alta resistência mecânica, sendo sua aplicação mais usual em discos para lixadeiras portáteis.

### 3.3.2.2 - Adesivos

O processo produtivo de lixas é relativamente simples. A primeira etapa envolve a preparação do adesivo que irá fixar o grão ao costado. São duas etapas de aplicação de adesivo, chamadas respectivamente de *Maker* e *Sizer*. As matérias-primas usadas nos adesivos *Maker* e *Sizer* variam de acordo com o tipo de lixa a ser produzido. Genericamente podemos dividir as matérias primas usadas (Tabelas 3.5 e 3.6).

**Tabela 3.5 - Matérias primas do adesivo *Maker***

<b>TIPO DE LIXA</b>	<b>PRINCIPAIS MATÉRIAS PRIMAS USADAS</b>
Lixa ferro	Resinas de origem animal, água, pigmentos e aditivos
Lixa massa/madeira	Resinas de milho, cargas, pigmentos, aditivos e água
Lixa d'água	Resinas alquídicas, cargas, xileno e aditivos

**Tabela 3.6 - Matérias primas do adesivo *Sizer***

<b>TIPO DE LIXA</b>	<b>PRINCIPAIS MATÉRIAS PRIMAS USADAS</b>
lixa ferro	resina uréia-formol, água, cargas e aditivos
lixa massa/madeira	resina uréia-formol, água, cargas e aditivos
lixa d'água	resina fenólica, água, cargas e aditivos

### 3.3.2.3 – Grãos abrasivos

O grão é o agente abrasivo da lixa. Os tipos de grãos abrasivos mais utilizados são: óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) e carbureto de silício (SiC). O tamanho dos grãos pode ser definido de malha 8

a 2500 *mesh*. Na unidade Igarassu são usados os grãos de carbureto de silício e óxido de alumínio nas malhas de 36 a 1500 *mesh*.

### **3.3.3 – O processo produtivo**

O processo de produção de lixas envolve 3 etapas principais: aplicação de adesivo ao costado (2 fases), aplicação do grão, através de excitação eletrostática e cura em estufa. Essas etapas são feitas, em seqüência, em duas máquinas chamadas respectivamente de *Maker* e *Sizer*.

#### **3.3.3.1 – Máquina *Maker***

Na máquina *Maker* o adesivo é aplicado ao costado, que recebe também a identificação do produto com auxílio de calandras e cilindros apropriados. O grão (óxido de alumínio, ou carbureto de silício), é induzido através de uma corrente eletrostática a fixar-se no meio adesivo-costado e daí a lixa segue para a etapa de secagem do adesivo *Maker* em estufa, que pode variar de 50 a 135 °C, num processo contínuo onde o produto é curado por cerca de 30 minutos. Imediatamente após a saída desta estufa, chamada ‘Intermediária’ localiza-se a máquina *Sizer*.

#### **3.3.3.2 – Máquina *Sizer***

Na máquina *Sizer*, a lixa, com o grão já fixado em sua base, recebe o segundo adesivo, *Sizer*, também através de calandras e cilindros apropriados; segue para a cura definitiva do produto em estufa a temperaturas variando de 70 a 100 °C, onde a lixa permanece por cerca de 1h em fluxo contínuo para fixação total do grão e cura da resina.

Ítems de controle são permanentemente avaliados, como: peso de adesivo e grão aplicado, viscosidade e temperatura de aplicação do produto, velocidade de máquina, altura da camada de adesivo, cura da resina, etc.

Após esse processo a lixa segue para processos complementares como molhagem e flexibilização e daí para a conversão, por corte, em folhas. O fluxo de produção da lixa é contínuo e envolve o uso de vários processos e operações unitárias bem como o emprego de

vários cilindros, calandras e outros equipamentos. A Figura 3.2, ilustra o processo, destacando-se as fases de *Maker* e *Sizer*.

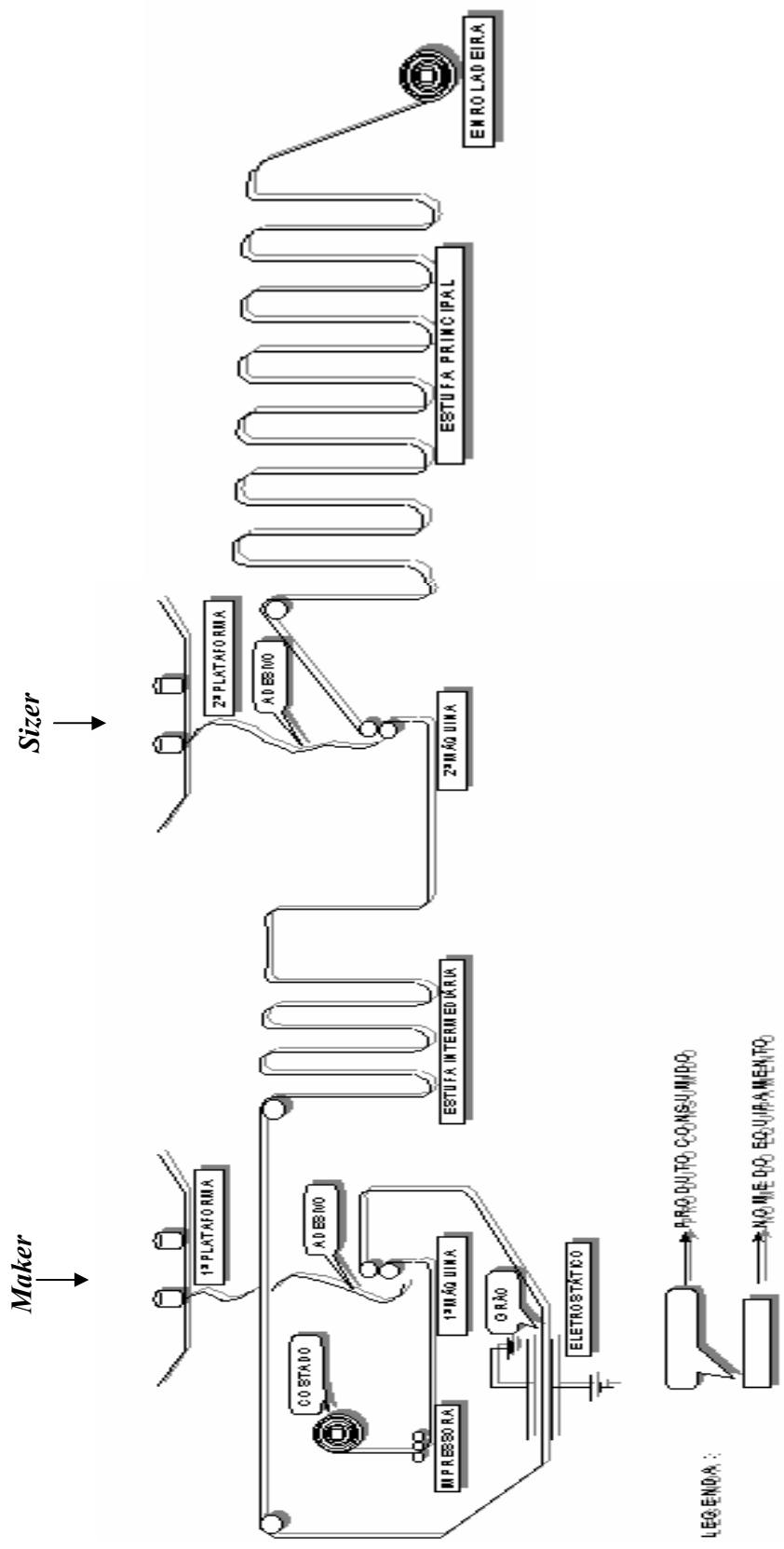


Figura 3.2 – Fluxograma do processo de produção de lixas

O estudo do perfil da empresa *Saint-Gobain*, bem como do processo produtivo de lixas, revelou importantes aspectos a serem considerados na avaliação de seus impactos ambientais. Há na literatura, trabalhos como o de NOGUEIRA (2000) que avaliam se as multinacionais adotam os mesmos padrões de gerenciamento na matriz e nos países onde operam suas subsidiárias. Concluiu, na avaliação de uma multinacional alemã, que os programas de segurança, saúde e meio ambiente são adotados em todas as unidades da empresa no mundo, embora no Brasil os investimentos para a operacionalização dos projetos sejam menores. Em conformidade com essa visão, observou-se que, na *Saint-Gobain* há uma forte divulgação da cultura mundial da empresa com relação à segurança, saúde e meio ambiente e que, de fato, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos nesse sentido. No entanto, o nível de imprevisto de algumas atividades, a falta de um conhecimento profundo das operações unitárias que envolvem o processo, e das interações entre as matérias primas, leva a concluir que essa unidade não detém o controle de toda tecnologia do produto, limitando-se a seguir procedimentos operacionais.

Segundo BRAILE e CAVALCANTE (1993), avaliando as características dos resíduos da indústria química, a grande maioria dos poluentes desse segmento vem do processo produtivo, sendo indispensável um profundo conhecimento desse processo na avaliação dos impactos negativos que ele pode causar ao meio ambiente e à saúde das pessoas.

Também a EPA (2002), descrevendo o perfil das indústrias químicas orgânicas e inorgânicas e o procedimento para a avaliação de seus riscos ambientais, sugere que é indispensável um conhecimento amplo do processo, e a identificação de todos os dados relativos aos produtos poluentes e seus riscos específicos para saúde e meio ambiente.

Verificou-se, no caso da *Saint-Gobain Abrasives*, que existe uma diversidade muito grande de processos e matérias primas utilizadas na produção e que, mesmo as equipes de engenharia da unidade, desconhecem, em profundidade, a tecnologia que envolve as interações entre esses produtos na obtenção da lixa. Isso dificultou o levantamento dos aspectos e impactos ambientais, pois muitas avaliações dependeram de observações e opiniões que se basearam mais no empirismo de quem atuava em uma determinada área, do que em aspectos técnicos, que poderiam ser muito mais abrangentes.



### 3.3.4 – Avaliação de aspectos e impactos ambientais

Ao todo foram levantados os aspectos e impactos ambientais negativos de 74 atividades, distribuídas no processo produtivo e ETE, divididas em 20 fichas de avaliação. Como exemplo, colocamos abaixo, nas Tabelas 3.7 e 3.8, duas fichas de avaliação, uma do *Maker* 03 e outra da Centrífuga na ETE, respectivamente. As demais fichas podem ser vistas em Anexos.

Tabela 3.7 – Avaliação de aspectos e impactos do Maker 03 - 1ª/2ª máquinas

LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL					
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	1ª/2ª máquina	Aquecimento de costado	Consumo de gás natural	R	Emissão de gases tóxicos	B	L	M	T	Usar costado sem aquecê-lo
02	1ª/2ª máquina	Uso de solventes orgânicos	Produção de vapores de SOx, CO <sub>2</sub> , CO, etc	R	Emissão de gases tóxicos	A	A	A	A	Procedimento operacional; Proteção coletiva(exaustores)
03	1ª/2ª máquina	Combustão dos queimadores	Consumo de gás natural	R	Emissão de gases tóxicos	B	I	B	T	Medir mensalmente volume de gás/hora emitido
04	1ª/2ª máquina	Limpeza de máquina	Geração de aerodispersóides	R	Contaminação do ar	A	I	M	M	Procedimento operacional; Proteção coletiva(exaustores)
05	1ª/2ª máquina	Operação Maker	Ruído	R	Poluição sonora	A	L	A	A	Projeto para enclausuramento de máquinas e motores

#### legenda

TI – Tipo do Impacto (R= real; P=potencial)  
 FR – Frequência (A=alta; M=média; B=baixa)  
 ES – Escala (I=isolada; L=local; A=ampla)  
 GS – Grau de Severidade (A=alta; M=média; B=baixa)  
 SF – Significância Final (T=trivial; M=média; A=alta)

#### classificação da Significância Final (SF)

SF Trivial: TI=P; FR ou GS=B; ES=I ou L  
 SF Média: TI=P ou R; FR ou GS=M; ES=I ou L  
 SF Alta: TI=R; FR e GS=A ou M; ES=L ou A

No exemplo da Tabela 3.7, podemos observar duas das atividades, com impactos de alta significância, observadas no setor do *Maker 03*. O uso de solventes orgânicos e a operação da máquina *Maker* geram, respectivamente, emissão de gases tóxicos e poluição sonora com alta frequência e grau de severidade, sendo um impacto do tipo real. Observa-se, ainda, atividades com impactos de significância média e trivial, devido a baixa frequência ou médio grau de severidade que apresentam. As medidas de controle propostas priorizam a resolução dos impactos de alta significância. A Tabela 3.8 traz um outro exemplo da avaliação dos aspectos e impactos ambientais feitos na estação de tratamento de efluentes (ETE), para o processo de centrifugação.

**Tabela 3.8 - Avaliação de aspectos e impactos da ETE - centrífuga**

LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				Medidas de Controle
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	
01	ETE	Embalamento de biomassa	Geração de resíduos sólidos	R	Contaminação do solo/água	A	L	A	A	Troca por tambores
02	ETE	Embalamento de biomassa	Rompimento do <i>big bag</i>	R	Contaminação do solo/água	M	L	A	M	Troca por tambores
03	ETE	Funcionamento da centrífuga	Ruído	R	Poluição sonora	A	L	A	A	Enclausuramento
04	ETE	Quebra da centrífuga	Diminuição da eficiência em remoção de DQO	P	Contaminação da água	B	L	M	T	Procedimento operacional
05	ETE	Limpeza interna	Geração de resíduo sólido e líquido	R	Contaminação do solo/água	B	I	B	T	Procedimento operacional

**legenda**  
Final (SF)

TI – Tipo do Impacto (R= real; P=potencial)  
FR – Frequência (A=alta; M=média; B=baixa)  
ES – Escala (I=isolada; L=local; A=ampla)  
GS – Grau de Severidade (A=alta; M=média; B=baixa)  
SF – Significância Final (T=trivial; M=média; A=alta)

**classificação da Significância**

SF Trivial: TI=P; FR ou GS=B; ES=I ou L  
SF Média: TI=P ou R; FR ou GS=M; ES=I ou L  
SF Alta: TI=R; FR e GS=A ou M; ES=L ou A

Nesse exemplo, de uma das planilhas levantadas na ETE, podemos observar duas atividades, no processo de centrifugação, que geram impactos de alta significância: O embalagem de biomassa, feito em *big bags* plásticos, que causa, com alta frequência e grau de severidade, contaminação no solo e água em torno da área de operação, devido a respingos, dificuldades de operação em virtude do acentuado tamanho (1 ton) dos *big bags*, freqüentes transbordos, eventuais rompimentos do *big bag*, entre outros; e o funcionamento da centrífuga, que gera poluição sonora devido ao ruído em sua operação, sendo que esta opera 24 horas por dia.

No balanço geral da pesquisa, na ETE e processo produtivo foram levantadas 12 atividades que causavam impactos de alta significância, 23 atividades de significância média e 35 atividades de significância trivial. Como exemplos mais relevantes, de alta significância, podemos citar: poluição sonora; contaminação do solo por derrame de resíduos; emissão de gases tóxicos; contaminação dos corpos receptores por proliferação de microrganismos; contaminação do lençol freático por infiltração de efluentes industriais; entre outras. Para todas elas foram propostas medidas mitigadoras sendo que pôde-se perceber que algumas atividades, inclusive com impacto de alta significância, necessitaram de medidas relativamente simples para que se mitigasse o impacto. Outras, como a emissão de vapores tóxicos, envolvem projetos um pouco mais complexos de proteção coletiva, mas que trazem um ganho ambiental e de qualidade, no local de trabalho, significativos. Segundo BARBOSA FILHO (2001) gases e vapores tóxicos, ruídos, e aerodispersóides estão entre os riscos ambientais mais comuns na indústria brasileira. As atividades cujas medidas de controle apontam ‘procedimentos operacionais’ são aquelas em que foram criados procedimentos para orientar os operadores da área no diagnóstico do impacto ambiental e como contorná-lo.

Há, na literatura, diversos trabalhos que confirmam essa percepção de que muitos investimentos ainda precisam ser feitos em nível ambiental nas empresas brasileiras. NOLASCO *et al.*, (2001), pesquisando os aspectos ambientais relacionados aos efluentes gerados nas indústrias de celulose e papel, concluíram que era muito grande a quantidade e diversidade dos produtos poluentes encontrados em seus efluentes e que os investimentos em tecnologia se restringiam ao sistema produtivo. PETRONI (2000) sugere que a implantação de programas de certificação ambiental, como a ISO 14000, tem oferecido uma relação custo e benefício bastante

vantajosa no que diz respeito à melhoria da performance ambiental. Ademais, NOGUEIRA (2000) atesta que, para a gestão de seus aspectos e impactos ambientais, muitas empresas multinacionais têm adotado a série de normas ISO 14000. Entretanto, há um questionamento crescente quanto à existência de diferenças na maneira como a questão ambiental é tratada em seus países de origem e nos países onde operam suas subsidiárias.

GUPTA *et al.*, (2001) concluíram que risco ambiental e análise de risco estavam intimamente ligados. A análise dos aspectos e impactos ambientais tenta responder quão grande é, ou pode ser, o impacto, e isso é um passo importante para a minimização do risco. Ainda, ZAROR (2002) atesta que a avaliação dos impactos ambientais é um dos componentes essenciais para a obtenção de processos limpos. Isso requer um conhecimento das relações de causa-efeito entre aspectos e impactos ambientais e a elaboração de modelos preventivos de avaliação.

### **3.3.5 – Perfil das indústrias visitadas**

Pernambuco possui 6 mil indústrias cadastradas, sendo 2 mil consideradas representativas para licenciamento ambiental e 100 como sendo de grande porte (FIEPE, 2002). O maior gerador de resíduos perigosos (Classe I) é a indústria química, seguida pelo setor metalúrgico (resíduos de solventes e óleos usados). O setor sucroalcooleiro é o maior gerador de resíduos não inertes (resíduos de bagaço e vinhoto), classificados como classe II (NBR 10004), responsável por 90% do volume gerado em toneladas ao ano (ton/ano). A maior geração de resíduos inertes (classe III– embalagens em geral) é procedente do setor alimentício. A destinação predominante nos setores metalúrgicos, papel e papelão, químico e têxtil, são o re-processamento e reciclagem externos (CPRH, 2002).

Nesta etapa do trabalho foram visitadas dez grandes indústrias no estado de Pernambuco, todas multinacionais de diferentes ramos de atuação, como: têxteis, siderúrgicas, eletrônicos, químicos e outros. A Tabela 3.9 mostra os principais resultados obtidos para cada indústria visitada.

**Tabela 3.9 - Perfil das indústrias em Pernambuco com relação a tecnologia e gestão ambiental**

<b>Empresa (segmento)</b>	<b>Fun-cioná-rios</b>	<b>ISO 14000</b>	<b>Unidade de trata-mento</b>	<b>Gestão de Resíduos sólidos</b>	<b>Monitor Impactos ambientais</b>	<b>Trabalh Com a co-munidade</b>	<b>Possui Política ambiental</b>
<b>Tintas e resinas</b>	280	Sim	Lodos ativados	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Têxtil</b>	350	Não	Físico-químico	Não	Não	Não	Não
<b>Tintas</b>	150	Não	Físico-químico	Não	Não	Não	Não
<b>Petro-química</b>	450	Sim	Terceirizado (lodos ativados)	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Alimentos</b>	300	Sim	Anaerób. + lodos ativados	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Componentes eletrônicos</b>	250	Sim	Lodos ativados	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Esponjas de aço</b>	278	Não	Lodos ativados	Não	Não	Não	Não
<b>Metalúrgica</b>	152	Não	Físico-químico	Não	Não	Não	Não
<b>Siderúrgica</b>	400	Não	Físico-químico	Não	Não	Não	Não
<b>Alimentos</b>	106	Não	Lodos ativados	Sim	Não	Não	Sim

Observa-se que, apesar de todas as indústrias serem multinacionais, a preocupação ambiental em suas filiais no estado ainda carece de maiores investimentos. Percebeu-se a maioria das empresas visitadas têm o sistema de lodos ativados como sua principal unidade de

tratamento, precedido de um tratamento físico-químico. Em seis destas, o funcionamento é precário, sendo a estação operada por funcionário não qualificado para a função.

Quatro das empresas optaram apenas pelo tratamento físico-químico, por acreditarem ser suficiente para o atendimento da legislação e, assim, não fazem um monitoramento no corpo receptor nem caracterizações mais completas de seus efluentes, restringindo-se a avaliação do percentual de DQO removida. A planilha de visitas do órgão ambiental fiscalizador revelou, na quase totalidade das empresas, que a periodicidade é muito pequena, em alguns casos anual, revelando que pouco vem sendo feito, por parte do poder público, para estabelecer diretrizes e procedimentos que permitam uma melhor avaliação da situação dessas empresas à luz da legislação vigente. JACOMINO *et al.*, (2001) pesquisando o controle ambiental das indústrias de ferro-gusa no estado de Minas Gerais, verificaram que há uma carência de investimento em novas tecnologias para eliminar ou reduzir a geração de resíduos líquidos e sólidos e melhorar a performance ambiental das empresas.

NOLASCO *et al.*, (2001) estudando os aspectos ambientais relacionados com a indústria de celulose e papel, sugerem que os interesses econômicos têm prioridade frente a políticas ambientais. Um aspecto muitas vezes observado nas visitas feitas nesse trabalho é que, as empresas têm profunda preocupação com investimentos em segurança e desenvolvimento de novas tecnologias de processo, como a automatização de atividades, para garantir maior produtividade e menor custo de seus produtos. Isso cria um contraste evidente quando se compara o perfil produtivo dessa empresa com sua performance ambiental. Por outro lado, o poder público no estado, no que concerne à fiscalização ambiental, tem contribuído para que esse modelo se perpetue.

Observando o nível de preocupação das empresas visitadas com o meio ambiente, em face da legislação em vigor, podemos concluir que o estado não atua de maneira eficaz na fiscalização dessas indústrias. Provavelmente, a atual inadequada gestão ambiental, em nível estadual, tem suas causas diretamente associadas à:

- Ausência de definição da política ambiental
- Fragilidade dos órgãos de controle ambiental
- Pouca integração entre os órgãos envolvidos com a questão
- Parcial cumprimento da legislação ambiental vigente
- Grande desinformação e desinteresse da população sobre as questões ambientais

- Conceito de interdisciplinaridade da matéria ainda não absorvido pela população

### 3.3.6 – Diretrizes de Gestão

Em virtude dos resultados obtidos neste trabalho, algumas diretrizes seriam oportunas na melhoria da gestão ambiental nas indústrias em Pernambuco. Comparando o estudo de caso, a fábrica de lixas, com o perfil traçado das indústrias visitadas, podemos concluir que a *Saint Gobain Abrasives* apresenta um desempenho ambiental acima da média no estado. Um dos pontos importantes observados é que a *Saint Gobain Abrasives*, apesar de não possuir certificação ISO 14000, tem uma forte preocupação com o controle dos seus resíduos sólidos e efluentes, estando isso evidenciado no significativo investimento que a empresa faz para tratar esses resíduos e dispô-los adequadamente.

Entretanto, a empresa necessita otimizar o enfoque que dá aos seus aspectos e impactos ambientais, treinando e capacitando equipes internas e investindo em treinamento externo para melhorar o seu desempenho ambiental. SILVA *et al.*, (2001) recomendam que cada organização deve escolher seu modelo de avaliação de aspectos e impactos ambientais, em virtude das características de cada segmento. A fábrica de lixas do grupo *Saint Gobain* é a única no segmento de abrasivos em todo o norte e nordeste do Brasil, o que leva a concluir que seus produtos e processos são pouco conhecidos na região e que, conseqüentemente, seus impactos ambientais precisam ser melhor conhecidos e administrados. HALE (1995), propondo modelos de gerenciamento ambiental para a indústria, sugere o controle dos impactos ambientais através de quatro etapas objetivas: a) descobrir o que precisa ser controlado, através do diagnóstico dos impactos ambientais; b) definir a extensão do controle, através da escolha de sistemas de gestão ambiental adequados; c) implementação do sistema, que deve ser bem planejada e executada; e d) manutenção do controle, através de verificações periódicas da eficácia do sistema.

Nenhuma das empresas visitadas, à exceção daquelas que possuem certificação ISO 14000, possuem um modelo de avaliação de seus aspectos e impactos ambientais. A exemplo do estudo de caso, a fábrica de lixas, essas empresas possuem atividades que causam impacto ao meio ambiente. É necessário que seja mais divulgado, possivelmente através de organizações de classe como a FIEPE (Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco), a importância de uma

mudança de cultura em relação a gestão ambiental nas empresas, e como políticas ambientais podem trazer não só uma melhor conformidade ambiental, mas também redução de custos.

Avaliando a performance ambiental em relação aos custos, NAGEL (2002), atesta que as despesas com multas ambientais, perdas no processo, e desperdício de recursos naturais não renováveis, justificam o investimento em um sistema de gestão ambiental.

De extrema importância na implementação de uma nova cultura ambiental na região é o papel do Estado, pois tanto na fábrica de lixas quanto nas outras empresas visitadas, ficou evidenciado o distanciamento do Estado no que concerne à fiscalização e auditoria ambiental. Políticas públicas definidas com respeito ao controle ambiental nas empresas têm levado a expressivos resultados em todo o mundo. Segundo NOGUEIRA (2000), nos Estados Unidos, a partir de 1992, quando a EPA (*Environmental Protection Agency*) passou a acompanhar mais de perto as questões ambientais nas empresas, houve uma redução de 32% no índice que correlaciona a quantidade de resíduos sólidos e a quantidade produzida e a emissão de poluentes ficou abaixo do mínimo exigido pela agência de proteção ambiental. A Europa adota sistemas de gerenciamento ambiental formalizados, estimulando a adoção de certificações ambientais, como a ISO 14000 e a adoção de princípios como o da ‘atuação responsável’. Para a melhoria da performance ambiental das indústrias no estado, Pernambuco precisa definir uma política ambiental eficaz, reestruturar seus órgãos de fiscalização, capacitar adequadamente seu pessoal, e promover o envolvimento das empresas e comunidade na abordagem e gestão das questões ambientais.

### **3.4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

As principais conclusões derivadas deste trabalho são:

- O traçado do perfil de um grupo de indústrias no estado de Pernambuco revelou que há uma carência de investimentos das empresas em programas de gestão ambiental que envolvam uma moderna política de gestão de resíduos líquidos e sólidos. Também ficou evidente que as empresas, apesar de altos investimentos em novas tecnologias de processo, ainda não dão à questão ambiental o mesmo status que recebe, por exemplo, a qualidade e a produtividade.
- A avaliação dos aspectos e impactos ambientais da indústria de lixa revelou que muitos impactos significantes podem ser minimizados ou suprimidos com ações de baixo



custo. Conclui-se que a empresa, a exemplo das empresas visitadas, não dispunha de uma política adequada de gerenciamento ambiental e a avaliação de aspectos e impactos é uma ferramenta muito útil neste aspecto.

- O estudo da empresa e de seu processo produtivo revela que, apesar de tratar-se uma multinacional, investimentos de grande monta precisam ser feitos na melhoria da tecnologia de produção de lixas, indicando que, provavelmente, os procedimentos usados em sua filial, o estudo de caso, podem ser diferentes daqueles utilizados na matriz da empresa.
- A avaliação dos aspectos ambientais também revela um dado importante e preocupante, a emissão de ruído e gases tóxicos em diversos setores da fábrica causam extremo desconforto aos funcionários, fazendo com que a questão de controle ambiental assuma uma seriedade maior, uma vez que não se sabe até que ponto a saúde de seus funcionários está sendo comprometida.

Assim, recomendamos algumas medidas que poderão ser úteis na abordagem dessas questões:

- Implantação de um programa permanente de avaliação de riscos ambientais por parte da *Saint-Gobain Abrasives*. Trabalhos como o mapa de riscos de acidentes, comuns nas empresas, poderiam servir de guia e modelo para implantação de um mapa de riscos ambientais, que poderia ser afixado em áreas estratégicas da empresa e, assim, manter enfocada a constante preocupação com a minimização desses riscos.
- Criação de um programa de ajuda mútua, entre as empresas vizinhas na cidade de Igarassu, exclusivamente com foco no meio ambiente, que preveja apoio em conjunto na avaliação e prevenção de riscos ambientais e na atuação conjunta em emergências dessa natureza. Promover intercâmbio entre os técnicos e especialistas das empresas no programa, com o intuito de aumentar o espírito de parceria e favorecer a troca de informações entre segmentos diferentes.
- Criação, por parte do poder público, de comissões especializadas que atuem diretamente com as empresas na divulgação de programas de implantação e melhoria de políticas ambientais que objetivem os interesses da empresa, comunidade e legislação vigente.

## **4.0 - AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO ANAERÓBIO EXISTENTE E DO USO DO TRATAMENTO ANAERÓBIO PARA OS EFLUENTES GERADOS NA INDÚSTRIA DE ABRASIVOS REVESTIDOS**

### **4.1 – INTRODUÇÃO**

Segundo CAMPOS *et al.*, (1999), a digestão anaeróbia é um processo biológico no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos, na ausência de oxigênio molecular, promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como metano e gás carbônico. Nos sistemas de tratamento anaeróbio procura-se acelerar o processo da digestão, criando as condições favoráveis. Há duas prerrogativas básicas : (a) o sistema de tratamento deve manter grande massa de bactérias ativas que atue no processo da digestão anaeróbia e (b) é necessário que haja contato intenso entre o material orgânico presente no afluente e a massa bacteriana no sistema

Tecnologias de tratamento anaeróbio foram inicialmente desenvolvidas para o tratamento de lodo de esgotos municipais. Com o desenvolvimento dos sistemas de alta taxa, no período de 1950 a 1980, essa tecnologia passou a ser aplicada aos efluentes industriais (FIELD, 2001). Durante os últimos 20 anos, iniciativas ambientais em larga escala têm tido lugar, nos Estados Unidos e na Europa, que têm resultado em regulamentações mais restritivas quanto às emissões da indústria química. Isso tem feito com que novas tecnologias de tratamento sejam avaliadas e implementadas para o tratamento de efluentes industriais. Entre elas está a implantação da digestão anaeróbia (ARAYA *et al.*, 1998).

Segundo FIELD *et al.*, (1988), para avaliar a viabilidade da aplicação de sistemas de tratamento anaeróbio no tratamento de efluentes, é preciso dispor de alguns parâmetros básicos, do efluente e do lodo a inocular (Tabela 4.1). Esses parâmetros podem ser determinados analiticamente ou em ensaios biológicos do lodo anaeróbio. O tratamento anaeróbio de efluentes industriais oferece duas importantes vantagens, comparado com o tratamento aeróbio: produção de biogás e uma taxa de produção de biomassa 5 vezes menor (BAUMANN e MÜLLER, 1996).

**Tabela 4.1 – Parâmetros a considerar na avaliação da aplicabilidade do processo de tratamento anaeróbio**

**CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE**

---

- Concentração de matéria orgânica (DQO)
- Biodegradabilidade do efluente
- Concentração de nutrientes
- Alcalinidade
- Concentração de sólidos suspensos
- Presença de compostos tóxicos
- Temperatura

**CARACTERÍSTICAS DO LODO A INOCULAR**

---

- Concentração de SSV no lodo
- Atividade metanogênica específica

**Fonte:** Adaptado de FIELD *et al.*, (1988)

No Brasil, a aplicação de reatores anaeróbios como principal unidade de tratamento teve início na década de 1980, para o tratamento de esgotos domésticos (CAMPOS *et al.*, 1999). No tratamento de efluentes industriais ainda predominam os sistemas aeróbios, notadamente o de lodos ativados. LOPEZ (1988), sugere que isso se dá porque as empresas desconhecem os avanços que houve nos sistemas de tratamento anaeróbio nos últimos anos, e ainda existe o paradigma de que se necessita de um especialista para sua operação e que ele é empírico e ineficiente. Além do mais, o sistema de lodos ativados é eficiente, a experiência acumulada com ele é maior, e acredita-se que o processo seja menos complicado, embora, reconhecidamente, mais oneroso.

Segundo KAWAHARA *et al.*, (1999), muitos laudos de monitoramento indicam que ambientes anaeróbios, como os sedimentos, estão sujeitos a uma concentração de contaminantes muito maior que os ambientes aeróbios, e ainda assim, a maioria das avaliações de biodegradabilidade de produtos químicos é com testes aeróbios.

Os processos de digestão anaeróbia oferecem grandes possibilidades para o tratamento da maioria dos efluentes industriais, e muitos desses sistemas de tratamento já estão, hoje, disponíveis (LETTINGA e HULSHOPOL, 1991). Segundo RINTALA (1991), o tratamento anaeróbio de efluentes oferece muitas vantagens sobre o tratamento aeróbio. Requerimentos de energia, lodo de excesso e demanda de nutrientes são muito menores nos sistemas anaeróbios.

Neste capítulo, o principal objetivo do estudo foi avaliar a possibilidade de se propor a tecnologia de tratamento anaeróbio para os efluentes líquidos gerados numa indústria de abrasivos revestidos, e, conseqüentemente, reduzir os custos com a disposição do lodo aeróbio da ETE existente. O estudo de caso foi desenvolvido com os efluentes industriais na unidade de abrasivos revestidos (lixas) do grupo *Saint-Gobain* localizada na BR 101 Norte, Km 48,4, Igarassu- PE.

## 4.2 - METODOLOGIA

A pesquisa dividiu-se nas seguintes etapas:

- Análise do processo produtivo e operação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) existente;
- Análise de metais do afluente, efluente, lodo e do corpo d'água à montante e à jusante do ponto de lançamento;
- Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia dos efluentes gerados na indústria.

Na análise do processo produtivo foi feito um levantamento dos principais produtos que a empresa produz, das matérias primas utilizadas no processo, consumo de água e operações envolvidas na produção de lixas. O foco do trabalho foi no setor que produz a maior parte dos efluentes da empresa, que é conhecido como *Maker*. Na ETE aeróbia, estudou-se o projeto inicial da estação e fez-se um monitoramento, de toda a planta, com relação a: volume tratado; custos operacionais médios, com disposição de lodo; acompanhamento de caracterização físico-química do afluente e do efluente; conformidade da situação atual com a prevista no projeto; e atendimento da legislação vigente.

A análise de metais de todas as amostras foi feita através de digestão em ácido nítrico e leitura em ICP. A preparação das amostras deu-se no LPA-UFPE (Laboratório de Preparação de Amostras) e a leitura no ICP-AES (do inglês, *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*) Departamento de Geologia- UFPE. O Equipamento usado foi o espectrômetro de emissão atômica em plasma indutivamente acoplado, marca IRIS Termo *Jarrell Ash Corporation*, modelo *Plasma Spectrometer*.

As análises foram feitas em triplicata, para cada ponto, e as coletas efetuadas em diferentes dia da semana. Para traçar um perfil mais abrangente, analisou-se a presença de metais no afluente, efluente, no ponto de lançamento do efluente , a 200 m à montante e a 200 m à jusante desse ponto no corpo receptor que é o rio Desterro, Na da Figura 4.1 é apresentado a bacia dos pequenos rios litorâneos (GL1-PE), em Igarassu -PE, onde encontra-se o rio, classificado como classe 2 pela CPRH (Companhia Pernambucana de Meio Ambiente).

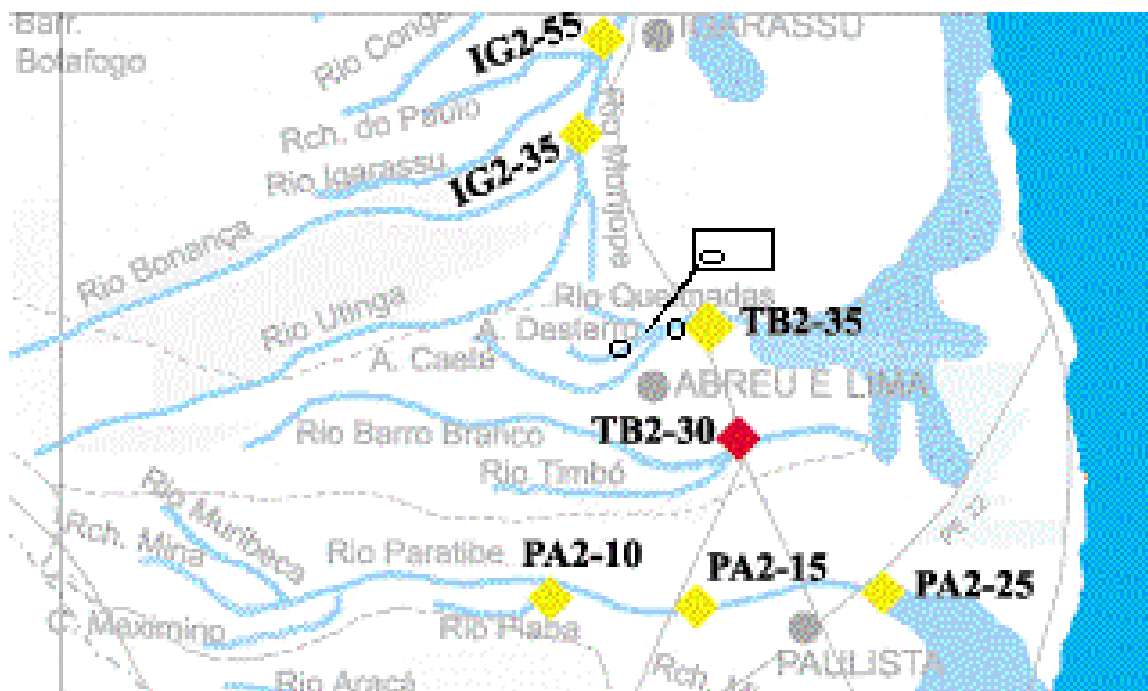


Figura 4.1 – Bacia dos pequenos rios litorâneos - GL1-P

Fábrica
  Pontos de coleta no rio Desterro

PA, TB, IG – Estações de monitoramento

**LEGENDA**

	Estrada	<b>Estação de Monitoramento</b>
	Limite da Bacia Hidrográfica	
	Núcleo Urbano	
	Limite Municipal	
	Corpo D'água	

A avaliação da biodegradabilidade anaeróbia dos efluentes gerados na indústria de lixas, foi efetuada no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFPE (LSA-UFPE). Foram usados lodos de indústria de refinações de milho e usina de açúcar, na concentração de 4 g SSV/L. Foram feitos testes estáticos, em duplicata, e usou-se reatores de 0,5 L e 1,0 L. Paralelamente à avaliação da biodegradabilidade do efluente, avaliou-se a atividade metanogênica específica (AME) dos lodos das referidas indústrias de alimentos e usina de açúcar (Figura 4.2). A metodologia seguida, para ambos os testes, foi a utilizada por FIELD et al., (1988).



Figura 4.2 - Teste de biodegradabilidade anaeróbia e atividade metanogênica específica (AME)

A determinação da AME é feita incubando-se uma amostra de lodo à temperatura ambiente com abundante substrato metanogênico. Durante o período de incubação observa-se a taxa de produção de metano até ocorrer a sua diminuição (HASKONING, 1989 citado por VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994). A determinação da concentração de metano no biogás pode ser feita absorvendo o gás carbônico presente no biogás, através de sua passagem em solução alcalina. Os volumes de biogás produzido são registrados, em cada intervalo de tempo, ao longo do período de teste (mL/h).

A avaliação da AME é realizada a partir da inclinação da reta tangente à curva de produção de metano. A inclinação fornece então a taxa de produção de metano (mL CH<sub>4</sub>/h) que, dividida pela quantidade inicial de biomassa presente no frasco de reação (g STV), leva à atividade metanogênica específica do lodo (mL CH<sub>4</sub>/g STV.h). Usualmente faz-se a

correspondência do volume de metano em massa de DQO, de forma a possibilitar que a AME seja expressa em termos de g DQO<sub>CH<sub>4</sub></sub>/g STV.d (CHERNICHARO, 1997).

O teste de biodegradabilidade é semelhante ao de AME, sendo que o lodo é incubado diretamente com efluente a ser degradado e, além da medição diária da produção de metano, é feito um acompanhamento diário da redução de DQO, até que essa ela tenda a equilibrar-se. A incubação, em ambos os testes, foi realizada em uma sala climatizada a  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . O volume de metano produzido foi medido pelo deslocamento de solução de NaOH (30g/L) de uma garrafa de soro de 1000 mL invertida, sendo pesado diariamente. O volume deslocado da solução corresponde ao CH<sub>4</sub> produzido. A análise de DQO foi feita através do método colorimétrico

## 4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.3.1 – O processo produtivo

A produção na unidade Igarassu atende aos mercados do Brasil, parte da Europa e América do Norte e Central. Os principais produtos produzidos são as lixas para uso doméstico e industrial. A empresa possui duas máquinas de produção de lixas, chamadas de *Makers*. Os *Makers* 1 e 2 localizam-se em São Paulo e os 3 e 4 em Igarassu.

Cada *Maker* é composto por uma equipe de 9 homens por turno, sendo 4 operadores, 4 ajudantes de operação e um encarregado de produção. A produção trabalha em 3 turnos fixos de 8 horas, de segunda a sábado.

A Tabela 4.2 mostra os principais produtos produzidos nos *Makers* da filial Igarassu. O volume médio mensal produzido pelos dois *Makers* é de 2 000 000 m<sup>3</sup> de lixa. A fábrica possui ainda os setores de conversão, onde é feito o corte da lixa em folhas, expedição, caldeiras, administração, entre outros. Neste capítulo foram avaliados apenas o processo produtivo e a ETE, por serem as áreas mais representativas para o objetivo do trabalho, uma vez que são os maiores produtores de efluentes industriais. Sendo que as outras áreas citadas têm uma parcela de contribuição desprezível nesse aspecto.

**Tabela 4.2 – Linha de produtos – Igarassu-PE**

<b>REPAROS AUTOMOTIVOS</b>	<b>PINTURAS AUTOMOTIVAS</b>	<b>METALURGIA/PINTURAS AUTOMOTIVAS</b>	<b>LINHA IMOBILIÁRIA</b>
T-223 (Lixa d' água)	T-469	A-219 (No-Fil)	A-257 (Lixa Massa)
T-466	A-273	T427	A237 (Lixa Madeira)
T-467	A-275	T227	K-246 (Lixa Ferro)

Na avaliação do processo produtivo observou-se o uso de inúmeros produtos químicos. O maior volume, além da água, é o das resinas, usadas na preparação do adesivo que irá fixar o grão ao costado. As principais resinas utilizadas são: resina alquídica, resina fenólica, resina uréia-formol, resina de origem animal e resina à base de milho.

Esses produtos, quando enviados para a estação de tratamento de efluentes (ETE), ou quando da lavagem dos tanques após a produção, ou para descartar os restos não utilizados, geram uma DQO bastante elevada, em torno de 40 000 a 50 000 mg/L de O<sub>2</sub>.

O processo (Figura 4.3), envolve, basicamente, a preparação do adesivo com o uso de resina e aditivos (água, carbonatos, corantes, etc.). Esse adesivo é aplicado ao costado, que pode ser de papel ou pano, e, ao conjunto, é aplicado eletrostaticamente o grão, que tem granulometria variando de 8 a 2 500 *mesh* e é constituído basicamente de óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ou carbureto de silício (SiC). O próximo passo é a cura da resina aplicada em estufas e o produto final é cortado em folhas na dimensão de 225x275 mm.

Devido a variedade de produtos produzidos, e das constantes inovações que surgem nos laboratórios de desenvolvimento (R&D) da empresa, há uma modificação constante de fornecedores e de matérias primas que são utilizadas. O monitoramento desses novos produtos limita-se ao acompanhamento de um laudo de análise emitido pelo fornecedor, não existindo uma metodologia de avaliação de sua interação com outras matérias primas, nem de seu impacto na estação de tratamento.





**Figura 4.3 – Fluxo de produção de lixas: 1-aplicação do adesivo; 2) cura em estufa; 3) produto acabado (jumbos); 4) linha de corte em folhas.**

Toda água consumida no processo produtivo vem de poço subterrâneo. A empresa possui licença de operação da Companhia Pernambucana do Meio Ambiente- CPRH, para a captação, que é feita no aquífero Beberibe, em Igarassu-PE, pertencente ao grupo de bacias de pequenos rios litorâneos- GL1- Pernambuco/Paraíba, via poço tubular a uma profundidade de 62 metros. O termo de outorga autoriza a captação de 10 000 m<sup>3</sup>/mês, sendo que a média atual é de 1 600 m<sup>3</sup>/mês de volume captado. As análises físico-química e bacteriológica da água foram feitas por laboratório credenciado (*Potare*) pelo Ministério da Saúde e Conselho Regional de Química, que atende a empresa e faz as análises com periodicidade semestral. Uma outra empresa terceirizada (*B&F Poços Tubulares*) faz a limpeza e manutenção do poço com periodicidade anual. A Tabela 4.3 mostra um sumário da análise de potabilidade da água do poço, apresentando suas características físicas e químicas e relacionando os valores encontrados nas análises com os valores máximos permitidos pelo Ministério da Saúde para uma água considerada potável.

**Tabela 4.3 – Sumário de potabilidade de água**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>		
<b>DETERMINAÇÃO</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>PADRÃO* - VMP</b>
CONDUTIVIDADE (us/cm)	499,0	-
COR (uH)	5,0	15,0
TURBIDEZ (uT)	0,1	5,0
pH POTENCIOMÉTRICO	7,2	6-5-8,5**

<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>		
<b>DETERMINAÇÃO</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>PADRÃO* - VMP</b>
ALCALINIDADE DE BICARBONATOS (ppm CaCO <sub>3</sub> )	251,0	-
CLORETOS (ppm Cl <sub>2</sub> )	19,7	250
DUREZA DE CARBONATOS (ppm CaCO <sub>3</sub> )	232	-
DUREZA TOTAL (ppm CaCO <sub>3</sub> )	232	500
COLORO LIVRE (ppm Cl <sub>2</sub> )	0,0	0,2*
CÁLCIO (ppm Ca)	49,5	-
MAGNÉSIO (ppm Mg)	26,4	-
FERRO TOTAL (ppm Fe)	<0,3	0,3
DIÓXIDO DE CARBONO LIVRE (ppm CO <sub>2</sub> )	29,4	-
SÓLIDOS TOTAIS (ppm)	312,4	-
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (ppm)	299,2	1000

\* Portaria Nº 36 do Ministério da Saúde, publicada no D.O.U em 23.01.1990 (ainda em vigência)

VMP – Valor Máximo Permissível: Valor de qualquer característica da qualidade da água, acima do qual ela é considerada não potável.

\*\* Valor recomendado pelo Ministério da Saúde

Podemos concluir que a amostra apresenta-se dentro dos padrões físico-químicos de potabilidade estabelecidos pela portaria nº 36 do Ministério da Saúde. A água apresenta baixos teores de Ferro, Cálcio, Magnésio e Cloretos, sendo assim, ideal para a atividade industrial proposta, uma vez que não causa interferências no processo de cura da resina usada na preparação do adesivo, sendo também apropriada para outras atividades dentro do processo produtivo.

O estudo do processo produtivo revelou que os efluentes gerados na produção e destinados à ETE têm uma ampla quantidade de componentes orgânicos e inorgânicos dissolvidos em água. Segundo ZAROR (2002) a água é um dos principais constituintes dos compostos industriais, sendo um poderoso solvente e, como tal, um veículo de transferência de uma amplíssima gama de compostos orgânicos e inorgânicos solúveis. Sua principal origem é de águas de resfriamentos, águas de processo, água de lavagens de equipamentos e águas servidas.

O sistema de produção na fábrica de lixas não é contínuo, sendo que há uma grande diversidade de produtos, cada qual com uma ampla quantidade de matérias primas específicas. Assim, o efluente gerado, e destinado à ETE, também tem vazão não uniforme, uma vez que depende da sazonalidade dos volumes produzidos e da diversidade dos produtos.

Estas características dos efluentes gerados na *Saint-Gobain* estão de acordo com o atestado por BRAILE (1993), de que os efluentes das fábricas de produtos inorgânicos variam quantitativamente e qualitativamente, dependendo do tipo de produto ou produtos fabricados, processos utilizados e matérias-primas empregadas. De um modo geral, os efluentes contêm teores variáveis de sólidos em suspensão e em solução, na forma de ácidos, álcalis, sais tóxicos, solventes orgânicos, metais, graxas e óleos.

Em relação ao estudo da tratabilidade anaeróbia, SPEECE (1995) sugere que, embora essa tecnologia tenha amadurecido nas duas últimas décadas, e notadamente para o tratamento de efluentes muito concentrados, muitos tipos de efluentes que não tem essa característica particular já estão sendo degradados. Isso abre uma perspectiva muito otimista para o tratamento dos efluentes na indústria *Saint-Gobain* pois vários casos citados na literatura de empresas que conseguem tratar, parcial ou totalmente, seus efluentes por via anaeróbia, apresentam características físico-químicas semelhantes às encontradas nos efluentes da fábrica de lixas (ARAYA et al., 1998; SPEECE, 1995).

Apesar do consumo de água na unidade ser inferior ao permitido no termo de outorga, ainda representa um volume significativo em face das diversas legislações em tramitação em nível estadual e federal acerca da cobrança pelo uso da água em poços subterrâneos (MMA, 2002; CPRH 2002). Ainda não existe um valor de concenso a ser cobrado por m<sup>3</sup> consumido, mas isso aponta para a necessidade de um estudo de novas tecnologias que envolvam o uso mais racional desse recurso natural.

### 4.3.2 – A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)

A ETE situa-se na indústria *Saint-Gobain Abrasives*, na BR 101 Norte Km 46,4 Igarassu – PE. Tem uma área de 1 875 m<sup>2</sup> (Figura 4.4) e capacidade diária de tratamento de 36 m<sup>3</sup>, sendo 18 m<sup>3</sup> de efluente industrial (0,75 m<sup>3</sup>/h) e 18 m<sup>3</sup> de esgoto sanitário (9 bateladas de 2 m<sup>3</sup>/dia). A descarga é feita no rio Desterro (classe 2).



Figura 4.4- Vista geral da ETE

O efluente sanitário é recebido num tanque com capacidade para 18 m<sup>3</sup> que alimenta o tanque de aeração em bateladas de 2 m<sup>3</sup>. O efluente industrial é recebido num tanque de decantação para pré-tratamento físico-químico (Figura 4.5) e após separação do lodo, o sobrenadante é transferido para tanques de equalização (Figura 4.6).

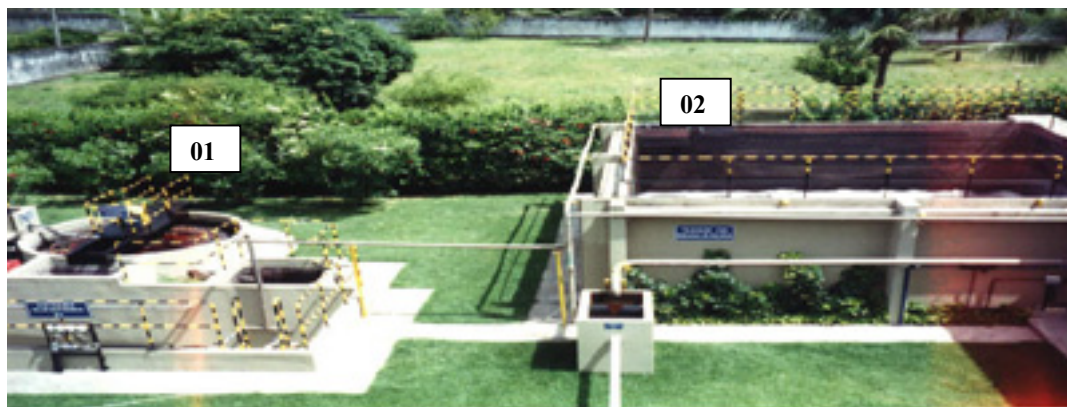


Figura 4.5 – Chegada do Afluente à ETE. (1) Tanque de decantação; (2) Equalização

Os tanques de equalização têm o objetivo de homogeneizar o fluxo e composição do que será transferido para o tratamento nos tanques de aeração. O volume total dos dois tanques (vasos comunicantes) é de 250 m<sup>3</sup>.



**Figura 4.6 – Tanques de equalização**

Na seqüência do processo, o efluente industrial entra nos tanques de aeração (Figura 4.7). E o efluente sanitário é transferido em bateladas de 2 m<sup>3</sup>.



**Figura 4.7 - Tanque de aeração**

Do tanque de aeração o líquido misto é transferido por gravidade para um tanque de decantação secundário onde é separado: biomassa e líquido (água). Uma parte do lodo é recirculada de volta para o sistema e outra parte vai para um tanque adensador para uma re-decantação. O sobrenadante do adensador volta para a estação sanitária (onde o efluente sanitário é recebido) e o lodo é centrifugado. O lodo seco é colocado em tambores e enviado para disposição por empresa especializada no estado de Alagoas (CINAL).

O efluente final apresenta uma redução bastante significativa nos índices de DBO e DQO, gerando uma eficiência em torno de 98%, no entanto o efluente lançado no corpo receptor ainda apresentou, nos ensaios de laboratório, cor (108 unidades de Pt-Co) e turbidez (116 NTU) elevadas (Figura 4.8).

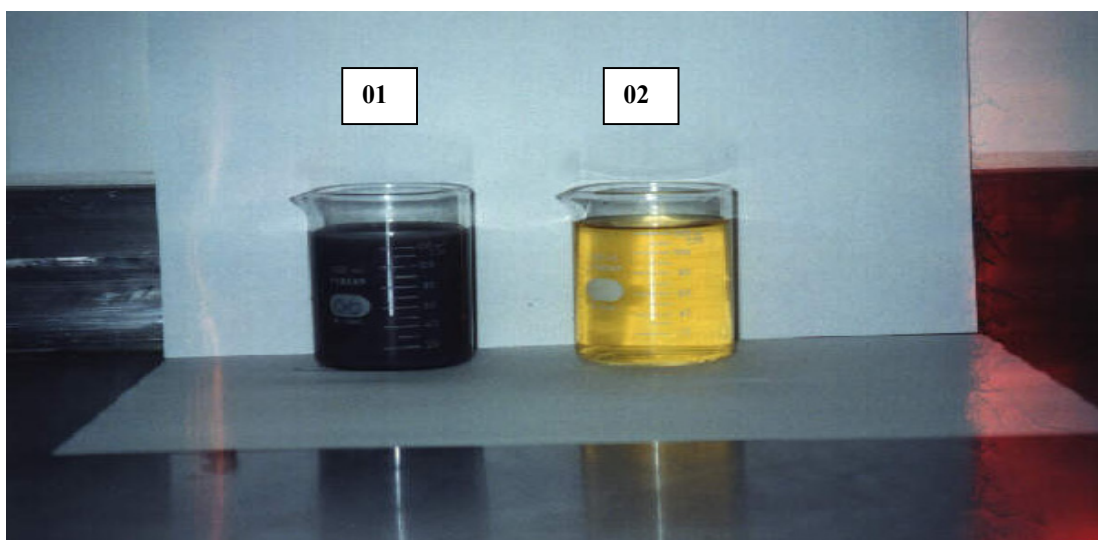


Figura 4.8 – Comparativo afluente-efluente da fábrica de lixas. (1) afluente (2) efluente

Durante a avaliação dos procedimentos e operações na ETE, observou-se dois problemas relacionados ao pré-tratamento físico-químico:

**a) Falhas de Previsão de Produção:** Inicialmente previu-se que os principais produtos produzidos seriam K246, T233 e A257 (lixa ferro, lixa d'água e lixa massa, respectivamente). Com o tempo, e as modificações em função de diversos fatores, outros produtos, com composição e granulometrias diferentes, passaram a ser produzidos, alterando o que se esperava

introduzir no sistema de tratamento como afluente (alterou para mais a quantidade de sólidos). Isso fez com que as dimensões de tubulações e bombas do projeto fossem inadequadas para a nova realidade. Hoje, por exemplo, trabalha-se com resina epóxi, não prevista no projeto, que catalisa fortemente no fundo do decantador, formando um tapete que dificulta a sua remoção. No projeto previa-se 4% de sólidos, hoje tem-se de 8 a 11%.

**b) Falhas de Projeto:** As bombas e tubulações são inadequadas. O projeto previa uma saída de fundo de 6'' no decantador primário, porém foi instalada uma de 3,5'', tornando impossível a operação de bombeamento do lodo físico-químico. Assim, o sólido fica sem ser tratado por cerca de 3 meses até que se encha o tanque e o resíduo é removido manualmente para tambor e levado para a empresa de destinação final do resíduo CINAL (AL).

A Tabela 4.3 traz os resultados das 4 últimas caracterizações do efluente gerado na indústria de lixas, que é feito semestralmente pelo laboratório *Qualitex*, com sede em Maceió (AL) e certificado pelas normas ISO 14000, abrangendo o período de fevereiro de 2001 a agosto de 2002

**Tabela 4.3 – Caracterização do efluente da indústria de lixas *Saint Gobain Abrasives***

EMPRESA											
SAINT GOBAIN ABRASIVES LTDA.											
Logradouro			Bairro				Município				
Rod. Br 101 Norte km 46,4			Cruz de Rebouças				Igarassu/PE				
Corpo Receptor						Data das análises					
Rio Timbó-Bacia GL1-PE (classe 2)						Fev/2001 a Ago/2002					
Parâmetro	Vazão(m <sup>3</sup> /h)	PH	DQO afluente (mg/L)	DQO efluente (mg/L)	Eficiência (%)	DBO afluente (mg/L)	DBO efluente (mg/L)	Eficiência (%)	Sólidos Sed. (mg/L) af.	Sólid. Susp. (mg/L) ef.	Fosfato (mg/L) ef.
Análises											
Fev/2001	0,40	7,2	49.910	691	98,62	724	3,8	99,48	0,00	55	0,73
Ago/2001	0,75	7,0	33.291	854	96,64	766	4,7	98,97	0,50	87	3,46
Fev/2002	0,60	7,1	48.500	682	98,18	682	7,9	99,55	0,10	74	1,94
Ago/2002	0,65	7,0	38.320	960	98,07	820	5,7	99,16	0,10	76	0,67
Média	0,65	7,0	42.505	797	97,78	726	5,2	99,28	0,16	73	1,20

O afluente apresenta uma DQO média de 42 000 mg/L e DBO média de 1 100 mg/L, devido a alta carga orgânica (fenol, formol, cola animal, cola de milho, uréia, etc) e inorgânica (caulim, dolomita, etc). Embora a DQO efluente média de 797 mg/L seja ainda muito alta para um rio classe 2, há uma norma técnica do CPRH que estabelece critérios e padrões de emissão que resultem na redução da carga orgânica industrial lançada direta ou indiretamente nos recursos hídricos do estado de Pernambuco (CPRH N2.001), fixando, em percentual, a remoção de DQO para empresas de grande porte no estado. Para a faixa de 2 a 50 m<sup>3</sup>/dia de efluentes tratados, caso desta empresa, exige-se uma remoção de 90% de DQO. Como verifica-se, sua média é em torno de 98%. Embora a eficiência em remoção de DQO seja satisfatória, não há um acompanhamento da presença de metais no efluente, nem é feita caracterização do lodo que é enviado para disposição. A Tabela 4.4 mostra os custos médios de disposição do lodo da ETE.

**Tabela 4.4 – Custos com lodo - período referente: jan/jun de 2002**

<b>MÊS</b>	<b>M<sup>3</sup>/MÊS</b>	<b>R\$/M<sup>3</sup></b>	<b>CUSTO PARA DISPOR(R\$)</b>	<b>CUSTO COM FRETE(R\$)</b>	<b>CUSTO COM IMPOSTOS (R\$)</b>	<b>CUSTO TOTAL (R\$)</b>
JANEIRO	41,60	171,00	7 113,60	2 070,00	39,80	9 223,40
FEVEREIRO	10,40	171,00	1 178,40	520,00	7,80	2 306,20
MARÇO	20,80	171,00	3 556,80	1 040,00	15,60	4 612,40
ABRIL	20,80	171,00	3 556,80	1 040,00	15,60	4 612,40
MAIO	10,40	171,00	1 178,40	520,00	7,80	2 306,20
JUNHO	41,60	171,00	7 113,60	2 080,00	31,20	9 224,80
<b>TOTAL</b>	<b>145,60</b>	<b>171,00</b>	<b>24 697,60</b>	<b>7 270,00</b>	<b>117,80</b>	<b>32 285,40</b>

O volume de lodo nos meses de fevereiro a maio foi pequeno devido a retração no mercado de lixas nesse período e uma conseqüente redução na produção. Isso fez com que o custo total com o lodo no semestre fosse inferior ao do mesmo período do ano anterior em quase 50%. O custo médio semestral dos últimos 4 anos foi de R\$ 51 000,00, ou seja, R\$ 102 000,00 por ano. Esse valor representa cerca de 9% do custo fixo anual da fábrica e aproximadamente 4,55% dos custos totais em um ano. O frete é pago para o transporte do Recife a Maceió, onde localiza-se a empresa CINAL, que é a responsável pelo tratamento e destinação final do lodo. Não existe um acompanhamento da disposição que é dada a esse lodo, nem como ele é tratado naquela empresa.



### 4.3.3 – Análise de metais

A Tabela 4.6 traz os resultados da análise de metais para todos os pontos coletados e relaciona com a resolução CONAMA nº 20, que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas, segundo seu uso preponderante, e que, no seu artigo 5º, estabelece os limites e condições de lançamentos em águas de classe 2, que é o caso do rio onde são lançados os efluentes da empresa em estudo.

**Tabela 4.6 – Resultados da análise de metais**

<b>AMOSTRA</b>	<b>Al TOTAL</b>	<b>Fe TOTAL</b>	<b>Mn TOTAL</b>	<b>Ca TOTAL</b>	<b>Mg TOTAL</b>	<b>Pb TOTAL</b>
	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>
<b>AFLUENTE</b>	15,42	2,39	0,24	67,20	18,20	ND
<b>EFLUENTE</b>	0,66	0,32	0,13	32,40	8,20	<0,02
<b>LODO</b>	12,45	2,14	0,45	46,13	12,05	<0,02
<b>PONTO DE LANÇAMENTO NO RIO</b>	0,36	3,60	0,11	27,00	6,15	<0,02
<b>A MONTANTE (200 m )</b>	0,22	2,62	0,04	6,02	2,73	<0,02
<b>A JUSANTE (200 m )</b>	0,48	2,42	0,11	21,10	4,25	<0,02
<b>CONAMA 20,Art 5º (MÁX)</b>	<b>0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>0,10</b>	<b>NR</b>	<b>NR</b>	<b>0,03</b>

A análise de metais revelou a fragilidade do sistema atual na remoção de metais do efluente. É importante salientar que, o ‘ponto de lançamento’ encontra-se a cerca de 300 metros da fábrica. Existe um canal a céu aberto que conduz o efluente até o rio, o uso e ocupação do solo nesta área é de terrenos desocupados e pequenos sítios. O alumínio tem valores no efluente 6 vezes maior que o permitido na legislação. A alta concentração de alumínio no afluente deve-se à composição do grão abrasivo, para o qual é largamente usado na fabricação de lixas, o óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ). O ferro tem concentração no efluente no limite previsto na legislação, no entanto, devido uma carga proveniente de alguma contaminação à montante, que não se conseguiu identificar, os valores no ponto de lançamento e a jusante são muito altos. Dos metais estudados, o manganês e o chumbo foram os únicos para os quais se obteve valores dentro do limite legal no corpo receptor, sendo que o chumbo não foi verificado na análise em nenhum

ponto de coleta. O cálcio e magnésio, embora não tenham limites regulamentados pela legislação para essa classe de águas, apresentaram valores que podem alterar a dureza da água a jusante do ponto de lançamento. Uma vez que o rio Desterro deságua no canal de Santa Cruz, que é uma rica área de manguezal, a presença de metais nestas concentrações pode comprometer o equilíbrio ecológico na região e contribuir para a degradação do meio ambiente. Nota-se que os valores à montante, do alumínio e do ferro, estão acima dos limites máximos permitidos para essa classe de águas, levando a concluir que, à montante, o rio já não conserva as características originais de um rio classe 2.

Na Figura 4.9 podemos ver uma comparação do rio a montante e jusante do ponto de lançamento. A ocupação do solo é quase inexistente à montante e não há outras indústrias desaguando seus efluentes diretamente nesse rio, nem à montante, nem à jusante.



**Figura 4.9 – Rio Desterro (1) à montante; (2) à jusante**

Embora não exista regulamentação para a concentração de metais presentes no lodo, os valores encontrados caracterizam o alto grau de toxicidade desse produto e evidenciam a preocupação com a disposição que está sendo dada à ele. A análise de metais leva a supor que o atual sistema de tratamento, embora eficiente na remoção de DQO, apresenta baixo rendimento na remoção de metais e expõe o ecossistema local à deposição desses metais no rio, prejudicando o uso e ocupação a jusante. Não existe regulamentação do órgão de fiscalização estadual que determine esta análise, portanto as empresas a fazem com frequência irregular, devido, também, ao seu alto custo.

Essa falta de regulamentação pode ser vista nos resultados da avaliação da água da bacia hidrográfica feita pelo órgão fiscalizador (CPRH), em março de 2002 (Tabela 4.6).

**Tabela 4.7 – Avaliação da água do Grupo de Bacias dos Pequenos Rios Litorâneos (GL 1)**

BACIA	ESTAÇÃO	CORPO D'ÁGUA	MUNICÍPIO	LOCAL	RESTRIÇÃO DE USO
Canal de Santa Cruz	SC2-30	Canal de Santa Cruz	Itapissuma	Ponte que liga Itapissuma a Itamaracá	Pouco Comprometida
Botafogo	BF2-20	Rio Botafogo	Igarassu	Em frente a Vila Araripe	Pouco Comprometida
	BF2-30	Rio Botafogo	Igarassu	Na ponte na BR-101, Norte	Moderadamente comprometida
Igarassú	IG2-35	Rio Igarassu	Igarassu	Após receber seus afluentes Riacho do Paulo e Monjope	Poluída
	IG2-45	Rio Conga	Igarassu	A jusante da Indústria Ondunorte II	Poluída
	IG2-55	Rio Igarassu	Igarassu	Antiga ponte de acesso a Igarassu	Poluída
Timbó	TB2-30	Rio Desterro	Abreu Lima/Igarassu	A jusante da antiga Indústria GE/ALBA	Muito poluída
	TB2-35	Rio Timbó	Abreu Lima	A jusante da Indústria Wolf do Brasil	Poluída
Paratibe	PA2-10	Rio Paratibe	Paulista	A 3 km da BR-101 Norte, local da captação da Compesa	Poluída

Fonte: CPRH (2002)

Da avaliação destes resultados concluiu-se que, a única área onde a água está pouco comprometida para uso é nas proximidades do canal de Santa Cruz, que é uma área de balneário, sem indústrias, mas que recebe descarga de todos os outros corpos d'água da bacia GL-1, que, como se vê, estão com classificações de moderadamente poluída a muito poluída, que é o caso do rio que foi objeto do presente estudo, o rio Desterro.

#### 4.3.4 – Biodegradabilidade Anaeróbia

A Figura 4.10 mostra a produção de metano acumulada durante o teste de atividade metanogênica (AME) do lodo de indústria de refinações de milho, realizado em duplicata, na concentração de 4 g SSV/L e 4 g/L DQO do substrato.

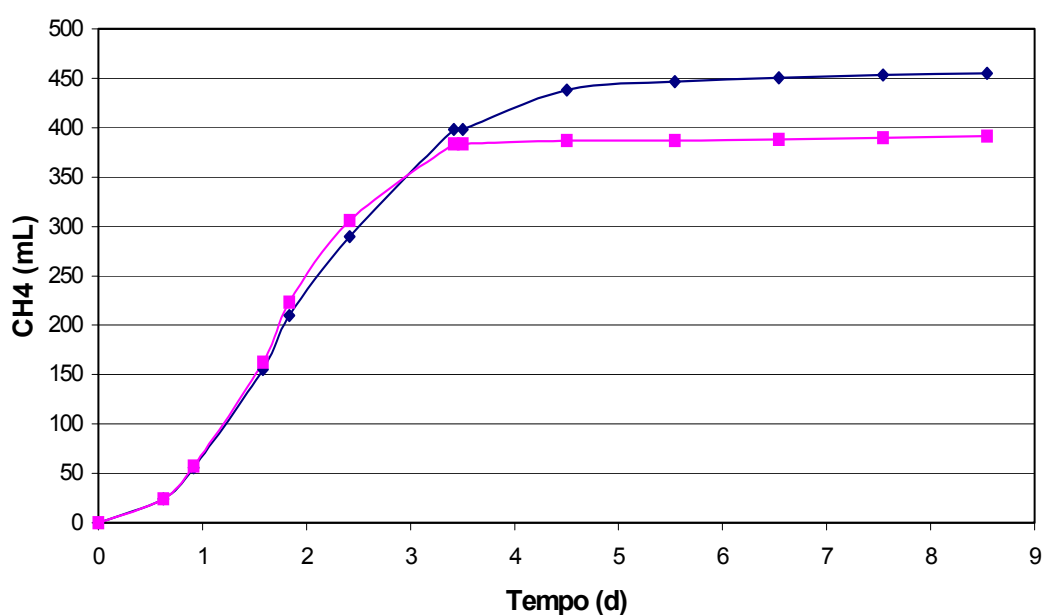
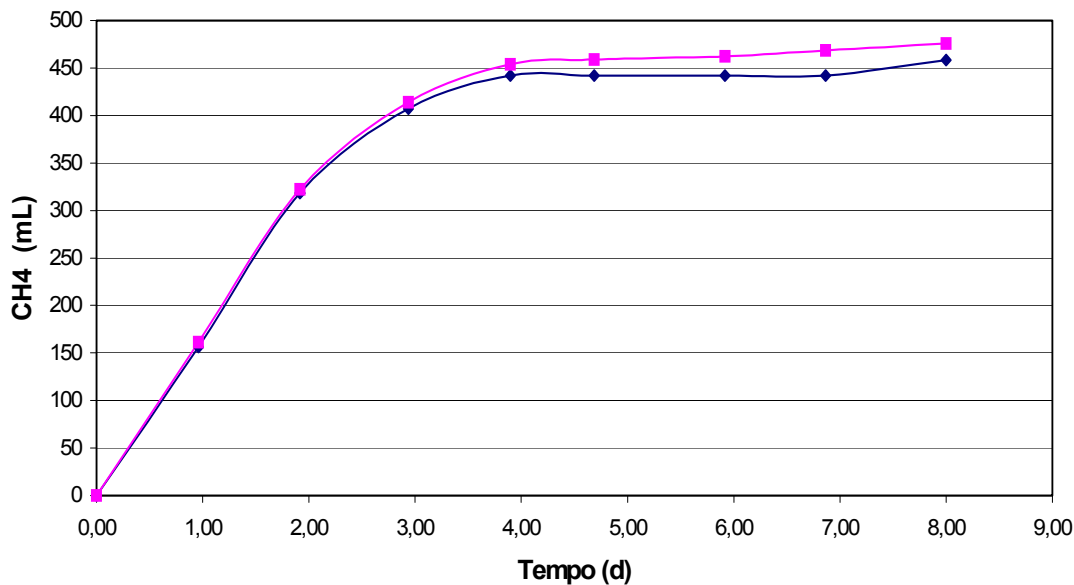


Figura 4.10 – Produção de metano acumulada durante o teste de AME do lodo de indústria de refinações de milho (4 g SSV/L e 4 g/L DQO)

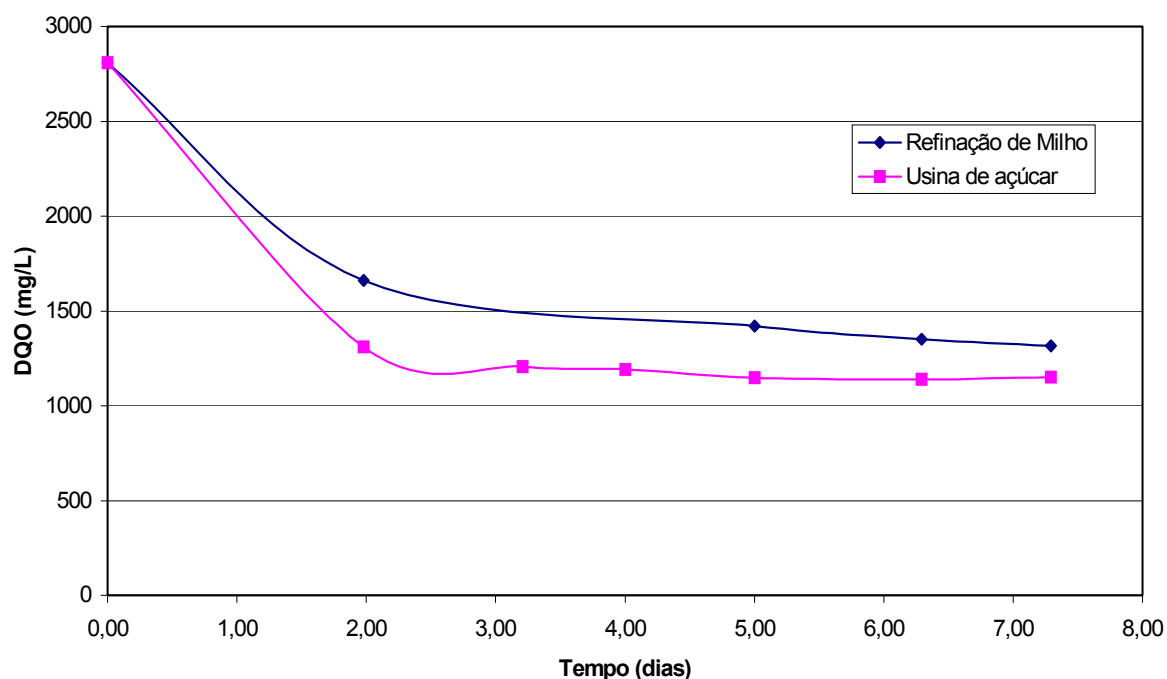
O cálculo da inclinação da máxima tangente no gráfico, resultou em uma AME de 0,20 g DQO-CH<sub>4</sub>/g SSV\*d. A Figura 4.11 mostra a produção de metano acumulada para o teste de atividade metanogênica do lodo de usina de açúcar. O teste também foi realizado em duplicata e utilizou-se a concentração de 4 g SSV/L no lodo e 4 g/L DQO no substrato.



**Figura 4.11 - Produção de metano acumulada durante o teste de AME do lodo de indústria de açúcar e álcool (4 g SSV/L e 4 g/L DQO)**

O cálculo da inclinação da máxima tangente no gráfico, resultou em uma AME de 0,29 g DQO-CH<sub>4</sub>/g SSV\*d. Observou-se, em ambos os testes, uma significativa produção de metano nos primeiros dias de experimento, seguida de uma estabilização à partir do 3º dia. Provavelmente, isso se dá devido a aclimatação do lodo ao substrato (FIELD *et al.*, 1988). Segundo HAMMER (1979), as bactérias anaeróbias possuem baixas taxas de crescimento e alta atividade metanogênica específica. Os resultados obtidos nos experimentos confirmam os dados encontrados na literatura, mostrando que, mesmo o lodo anaeróbio contendo uma baixa concentração de sólidos suspensos voláteis (biomassa), possui uma massa ativa para converter o substrato (acetato de sódio) em metano.

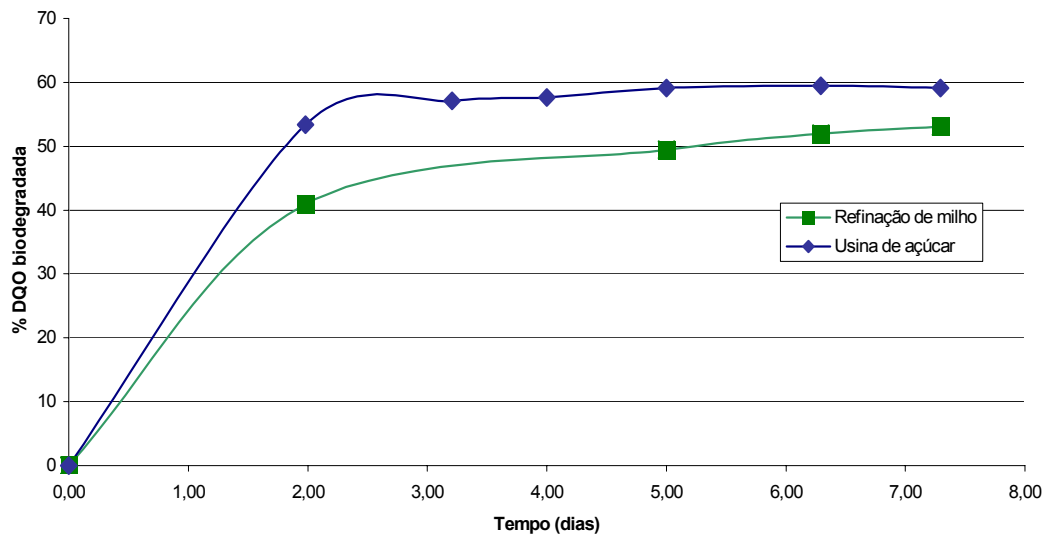
A Figura 4.12 mostra a remoção de DQO do efluente da indústria de lixas ao longo dos dias de experimento do teste de biodegradabilidade anaeróbia. A Figura 4.13 mostra o percentual de DQO biodegradada do efluente dessa indústria, usando-se lodo da indústria de refinações de milho e usina de açúcar.



**Figura 4.12 – Remoção de DQO do efluente da indústria de lixas usando lodos de usina de açúcar e indústria de refinações de milho**

A DQO inicial do experimento foi de 2 800 mg/L de  $O_2$ . Foram efetuados 3 testes para cada lodo, sendo dois em reatores de 0,5 L e um em reator de 1,0 L. Em todos os ensaios, houve uma tendência à remoção significativa de DQO nos primeiros dias, havendo uma estabilização a partir daí. Supõe-se que isso tenha acontecido devido a falta de micronutrientes no efluente. Segundo SPEECE (1996) micronutrientes como níquel, cobalto e ferro foram mostrados como sendo estimulantes no tratamento anaeróbio de diferentes tipos de águas residuárias. Este efeito estimulante na metanogênese é explicado pelo requerimento desses metais pelas metanogênicas.

A remoção percentual de DQO foi significativa, sendo que a produção de DQO- $CH_4$  não foi corresponde a esta redução, obtendo-se valores muito reduzidos. Essa tendência foi verificada em todos os ensaios, de onde concluiu-se que pode ter havido perda na captação do metano produzido durante a retirada de amostras, ou vazamentos nas mangueiras condutoras do metano. A Figura 4.13 mostra a redução percentual de DQO para os ensaios demonstrados na Figura 4.12.



**Figura 4.13 – Percentual de DQO biodegradada do efluente da indústria de lixas usando-se lodo de usina de açúcar e indústria de refinações de milho**

Observa-se que, em ambos os casos, há uma degradação significativa nos primeiros dias de experimento, seguindo-se uma tendência de estabilização, em torno de 55 a 60%. Isso se dá, provavelmente, devido a toxicidade do efluente, e, ou, a presença de metais que podem inibir a atividade bacteriana ou causar um decréscimo de população. Observa-se que o lodo da indústria de produção de açúcar e álcool obteve um percentual maior de remoção de DQO, provavelmente devido a sua maior AME.

Os resultados obtidos são similares a alguns citados na literatura para indústrias semelhantes à indústria de lixas. ARAYA *et al.*, (1999), pesquisando a biodegradabilidade anaeróbia de efluentes da indústria de polímeros, obtiveram uma remoção de DQO entre 55 e 70%, e resultados semelhantes foram obtidos por PÉREZ *et al.*, (1997) na avaliação da degradação anaeróbia de efluentes provenientes de destilarias de vinho.

Resultados superiores, em remoção de DQO, também são citados em inúmeros outros experimentos na literatura, sugerindo que futuros testes com efluentes da indústria de lixas podem apresentar melhores resultados.

#### 4.3.5 – Diretrizes de Tecnologia

No processo produtivo precisam ser feitas otimizações em produtos e processos. No caso de produtos, pesquisar, através de testes em escala de laboratório e escala piloto na fábrica, o uso de resinas à base d'água na preparação do adesivo. Deve-se solicitar apoio do fornecedor de resinas nesses testes, com suporte técnico e orientação, quando necessário, à equipe de engenharia da unidade. As resinas alquídicas têm solvente orgânico, xileno, em alto percentual na sua composição e agregam dezenas de matérias primas potencialmente poluidoras, como secantes à base de metais, antiespumantes e outros aditivos químicos.

Segundo ZAROR (2002), as operações unitárias, típicas da indústria de processo, como lavagem de equipamentos, processo de separação de componentes e reações químicas e biológicas, são as maiores responsáveis pela produção de resíduos líquidos. O processo e maquinário atual da fábrica de lixas, datam da década de 1980 e poucas inovações tecnológicas foram introduzidas desde então. Um intercâmbio técnico com a matriz da empresa, na França, poderia trazer novas tecnologias em uso na Europa e assim suprimir atividades potencialmente geradoras de efluentes industriais perigosos, como a lavagem de tanques com soda cáustica, sendo o resíduo da lavagem enviado diretamente para a ETE.

BRAILE e CAVALCANTE (1993) apontam os metais como um dos constituintes mais poluentes nos efluentes da indústria de processos. O resultado da análise de metais no presente estudo revelou valores acima do permitido pela legislação para o corpo receptor do efluente da fábrica de lixas. Sugere-se a criação de um procedimento operacional para análise periódica de metais do efluente em períodos inferiores aos atuais, seis meses, para que possa haver um banco de dados mais representativo.

Apesar do consumo de água da empresa estar abaixo do permitido pelo termo de outorga de exploração do seu poço, tramitam vários projetos, em esfera estadual e federal, para cobrança pelo uso da água (MMA 2002). Embora não exista consenso sobre os valores a serem cobrados, isso sugere a avaliação de novas tecnologias na economia e reuso da água na empresa. Sugere-se a avaliação, pela engenharia de projetos, da viabilidade operacional e técnica do uso do efluente tratado como água de lavagem dos tanques de preparação de adesivo. Essa operação consome um demasiado volume de água potável, cerca de 7 m<sup>3</sup>/dia, pois requer várias realimentações em



tanques de até dois mil litros, para retirada de restos de cola, operação que, provavelmente, pode ser feita com água de qualidade menos nobre.

Deve-se promover, também, visitas freqüentes à empresa que recebe o lodo para acompanhamento da destinação que é dada ao mesmo.

Os valores obtidos em remoção de DQO, nos testes de biodegradabilidade, sugerem a implantação de um sistema de pré-tratamento anaeróbio, em princípio em escala piloto, com o objetivo de desenvolver o tratamento em escala real. Há que promover também a eficiência de remoção de DQO com uma maior segurança, junto com a remoção de metais pesados; podendo-se obter uma significativa redução nos custos operacionais e de disposição de lodo da ETE existente. Apesar da literatura apresentar valores de remoção de DQO superiores para outros tipos de efluentes (KAMEYA *et al.*, 1994; SPEECE, 1996), o tratamento anaeróbio, hoje, uma tecnologia consolidada, pode ser usado, de maneira eficiente, no tratamento de diversos tipos de efluentes industriais (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994), como o estes da fábrica de abrasivos.

#### **4.4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O presente trabalho objetivou avaliar o tratamento aeróbio existente e tratabilidade anaeróbia dos efluentes da indústria de lixas. A partir dos resultados encontrados foi possível concluir que:

- O processo produtivo da unidade Igarassu da *Saint-Gobain Abrasives*, apesar de atender a eficiência de demanda da empresa quanto a volume produzido, apresenta processos e operações unitárias obsoletos que contribuem significativamente no incremento da carga orgânica e inorgânica de seus efluentes
- A empresa possui estrutura corporativa para investir em inovações de processo e apresenta motivação gerencial nesse sentido, evidenciado pelo apoio que deu a esse estudo e aos investimentos, cada vez maiores, que tem feito para otimizar sua performance ambiental.
- A análise de metais do efluente revelou que o sistema de tratamento atual, embora eficiente na remoção de DQO, é vulnerável na remoção de metais devido,

provavelmente, a falhas na execução do projeto da ETE, que inviabilizou o sistema de pré-tratamento físico-químico.

- Os valores obtidos na análise de metais do corpo receptor indicam que o rio já não apresenta as características de um rio classe 2 à montante do ponto de lançamento da fábrica, sendo que as descargas da indústria de lixas causam um incremento na degradação do corpo receptor à jusante, comprometendo áreas de manguezal e estuarinas.
- Os resultados obtidos na análise da biodegradabilidade anaeróbia indicam que os efluentes da indústria de lixas são degradáveis por esse sistema.

Como algumas questões permaneceram sem resposta após o final dos experimentos, mais trabalhos podem ser recomendados para avaliar o uso do tratamento anaeróbio nos efluentes da indústria de lixas, tais como:

- Operar um reator anaeróbio, em escala de laboratório, para avaliar a efetiva remoção de DQO dos efluentes da fábrica de lixas
- Realizar testes de atividade metanogênica específica utilizando micronutrientes para estudar a importância destes no incremento da degradação do efluente
- Realizar um teste de tratabilidade anaeróbia, seguido de uma alimentação em reator aeróbio, para avaliar a eficiência global desse sistema.
- Desenvolvimento de um sistema de captação de metano que minimize a possibilidade atual de perdas e possibilite uma eficiência maior nos testes de biodegradabilidade anaeróbia.

## 5.0 – CONCLUSÕES E DIRETRIZES GERAIS

O objetivo desse trabalho foi propor diretrizes de gestão e tecnologia para o tratamento de efluentes industriais, tendo como estudo de caso a *Saint-Gobain Abrasives*, uma indústria de abrasivos revestidos, mais conhecidos como lixas. Para consecução desse objetivo foi feito um levantamento dos aspectos e impactos ambientais da indústria de lixas, fez-se o traçado de um perfil de algumas indústrias de grande porte no estado de Pernambuco, com relação à tecnologia e gestão ambiental, e avaliou-se a biodegradabilidade anaeróbia dos efluentes gerados na indústria de lixas. A partir dos resultados obtidos, apresentamos abaixo algumas conclusões e diretrizes gerais:

- Embora apresentando um desempenho ambiental acima da média, se comparada às outras indústrias visitadas no estado de Pernambuco, a *Saint-Gobain Abrasives* necessita otimizar o enfoque que dá à gestão de seus impactos ambientais. Uma vez que a empresa demonstra, através da disponibilização de recursos, motivação para avançar nesse aspecto, sugere-se que seja investido em treinamento da sua equipe, com o objetivo de difundir, em todos os níveis hierárquicos, um forte comprometimento com os assuntos relativos ao meio ambiente e o papel de cada um na melhoria da performance ambiental da empresa. De igual importância é a necessidade de investimentos em novas tecnologias, mais limpas, que em muito contribuiriam para a otimização da gestão ambiental na empresa, trazendo importantes ganhos em redução de custos e incremento da produtividade. É papel fundamental da mais alta direção da empresa um envolvimento firme e objetivo no sentido de apoiar essas mudanças, e no incentivo às iniciativas que para elas contribuam.

- Da avaliação do perfil das indústrias visitadas no estado de Pernambuco concluiu-se que muito ainda precisa ser feito para que se dissemine uma política ambiental eficaz no estado. Uma vez que todas as empresas visitadas são multinacionais, e tendo em vista o fraco desempenho ambiental da maioria delas, é necessário que haja uma reavaliação da forma como essas empresas são administradas nos países onde mantém subsidiárias. É, também, importante salientar que o estado tem um papel fundamental, enquanto agente fiscalizador, na obtenção de índices mais

expressivos por parte das empresas com relação à gestão ambiental em Pernambuco. Treinamento e capacitação de pessoal, investimentos em instituições de fiscalização e controle ambiental, vontade política para mudanças efetivas, são ferramentas muito úteis que podem ser usadas na conquista desse objetivo.

- No processo produtivo da *Saint-Gobain Abrasivos* observou-se que precisam ser feitos investimentos em produtos e processos que agreguem tecnologias mais modernas. Sugere-se o intercâmbio com profissionais da empresa, nas unidades do sul do país e na matriz, na França, com o objetivo de trocar informações que viabilizem a permuta de sistemas mais avançados e menos impactantes. Importante, também, é o contato com fornecedores, no intuito de aproximar os técnicos dessas empresas dos processos e produtos onde são usadas suas matérias primas, com o objetivo de avaliar mudanças que otimizem o atual sistema em uso na fábrica de lixas.

- Os resultados obtidos na análise da biodegradabilidade anaeróbia indicam que os efluentes da indústria de lixas são degradáveis por esse processo. Sugere-se a implantação de um sistema de pré-tratamento anaeróbio, seguido do atual sistema aeróbio. Esse sistema de tratamento minimizaria os custos com disposição de lodo, mantendo uma eficiência satisfatória na remoção de DQO. Outra vantagem, advinda desse processo, poderia ser a melhoria na remoção de metais do efluente, que, como pôde ser observado no estudo, apresenta uma concentração acima da permitida pela legislação para a classe do corpo receptor onde é feito o lançamento, causando uma indesejada contaminação a jusante e comprometendo o equilíbrio do ecossistema local.

- Para uma melhor avaliação da viabilidade de implantação das medidas de controle dos impactos ambientais negativos, aqui propostas, sugere-se o levantamento dos custos que envolvem a implantação desse modelo e dos benefícios dele derivados. Paralelamente sugere-se a quantificação, quando aplicável, dos impactos levantados, para que se possa acompanhar de forma mais precisa a eficácia de sua mitigação.

## 6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. APWA; AWWA; WPCF. 19<sup>o</sup> edition, Washington, 1995.
2. ARAYA, P; AROCA, G; CHAMY, R. Anaerobic treatment of effluents from an industrial polymers synthesis plant. **Waste Management**, v. 19, p 141-146. 1999.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 10004**: Resíduos sólidos, classificação. ABNT, set. 1987. 63p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classe II- não inertes e III- inertes. Rio de Janeiro, Jul. 1990.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, Abr. 1992.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, maio 2000. 22 p.
7. BALIEIRO, S. Os verdes na fábrica. **Info Exame**. E-biz. São Paulo. p. 86-87. abril 2001.
8. BARBOSA FILHO, A.N. **Segurança do trabalho e gestão ambiental**. Ed. Atlas, São Paulo, 2001. 185p.
9. BAUKAT, F.; ANDREATTA, E. Utilização de efluentes em processos industriais. **Weg em Revista**, Jaguará do Sul, SC. n. 11, p. 11, Jul./Ago. 2001.

10. BAUMANN, U; MÜLLER, M. T. Determination of anaerobic biodegradability with a simple continuous fixed-bed reactor. **Water Research**. v. 31, n. 06, p. 1513-1517. 1997.
11. BRAILE, P.M; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**, CETESB, São Paulo – SP, 764p. 1993.
12. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 20/86**. 4ª ed. ver. e aum. Brasília: CONAMA, 1992. 245p.
13. CAMPOS, J.R. (coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, ABES, 464p. (Projeto PROSAB) 1999.
14. CANTER, L.W. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. 2 ed. MacGraw-Hill, Madrid, 1998.
15. CHEHEBE, J. R. **Análise do ciclo de vida de produtos** – Ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark. 1998. 104 p.
16. CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Minas Gerais. SEBRAC, 1997, 246p. ISBN (85-7041-130-8).
17. CHERNICHARO, C.A.L; VAN HAANDEL, A; CAVALCANTE, P.F.F; **Controle operacional de reatores anaeróbios**. In: Tratamento de esgotos sanitários por disposição por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, cap.9, p 221-247. 1999.
18. CPRH - COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Projeto de controle ambiental no estado de Pernambuco – CPRH/GTZ**. Disponível em <<http://www.cprh.pe.gov.br/gtz-2002>> Acesso em: 21. out., 2002.
19. DE CICCIO, M.G.A.F. Sistemas integrados: tendência irreversível. **Revista Proteção**. n. 76, abril 1998.
20. ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY – EPA. **Federal Facility Pollution Prevention Project Analysis: A Primer for Applying Life Cycle and Total Cost**

- Assessment Concepts.** . The International Journal of Life Cycle Assessment. agos. 1998. Disponível em: <<http://es.epa.gov/oeca/fedfac/complian/lcatca2.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2001.
21. ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY – EPA. **Profile of the organic chemical industry.** Office of Compliance. Disponível em <<http://www.epa.gov/compliance/resources.pdf>>. Acesso em 20 out., 2002.
  22. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO – FIEPE. **Pesquisa de indicadores industriais-sondagem industrial.** Disponível em: <<http://www.fiepe.org.br/pesquisas.asp>>. Acessado em 05 dez., 2002.
  23. FIELD, J.A. Limits of anaerobic biodegradation. In: WORLD CONGRESS OF ANAEROBIC DIGESTION, Antuerphy, Belgic, 2001. **Anais....** Technological institute, Antuerphy n. 1, p. 45-52.2001.
  24. FIELD, J; ALVAREZ, R. S; LETTINGA, G. Toxicidad metanogenica de compuestos fenolicos y lipidicos. In: 4º SEMINARIO DE DEPURACION ANAEROBIA DE AGUAS RESIDUALS. 1988. **Anais...** Universidad de Valladolid. p. 52-80. 1988.
  25. GUPTA, A.K; SURESH, I.V; MISRA, J; YUNUS, M. Environmental risk mapping approach: risk minimization tool for developing of industrial growth centres in developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 271-281. 2001.
  26. HALE, M. Training for environmental technologies and environmental management. **Journal of Cleaner Production**. v. 3, n. 1-2, p. 19-23. 1995
  27. HAMMER, M.J. **Sistemas de abastecimento de água e esgoto.** Livros Técnicos e Científicos, Rio de janeiro, 1979. 563p.
  28. HENZE, M; HARREMOËS, P. Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactors – a literature review. **Water Science and Technology**, v. 15, p. 1-101. 1983.
  29. JACOMINO, V.M.F; BATISTA, A.A.M; RIBEIRO, E.D.L; CASTRO, L.F.A. Pesquisa tecnológica para o controle ambiental em indústrias de produção de ferro-

- gusa **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 6 n. 1 jan/mar 2001 e n. 2 abr/jun 2001, p. 34-37.
30. KAMEYA, T; MURAYAMA, T; KITANO, M; URANO, K. Testing and classification methods for the biodegradabilities of organic compounds under anaerobic conditions. **The Science of the Total Environment**. v. 170, p. 31-41, 1995.
31. KAWAHARA, K; YAKABE, Y; OHIDE, T; KIDA, K. Evaluation of laboratory-made sludge for an anaerobic biodegradability test and its use for assessment of 13 chemicals. **Chemosphere**, v. 39, n. 12, p. 2007-2018, 1999.
32. LETTINGA, G; HULSHOFF POL, L.W. UASB – process design for various types of wastewaters. **Water Science Technology**, v. 24, n. 8, p. 87-107. 1991.
33. LETTINGA, G; VAN HAANDEL, A.. Anaerobic Digestion for Energy Production and Environmental Protection. **In: RENEWABLE ENERGY**, cap. 19, p. 817-839. 1993.
34. LOPEZ, J.I. Control de reactores anaeróbios: parâmetros y procedimientos. In: 4º SEMINARIO DE DEPURACIÓN ANAERÓBIA DE ÁGUAS RESIDUALES. **Anais...** p. 111-137. Valladolid, 1988.
35. METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse**. 3<sup>rd</sup> ed./revised by George Tchobanoglous, Frank Burton. Tata McGraw – Hill, 1995. 1334 p.
36. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE –MMA. **Cobrança e outorga pelo uso da água –Lei 9433/97**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo.html>> Acessado em 09.Dez.2002.
37. NAGEL, M.H. Managing the environmental performance of production facilities in the electronics industry: more than application of the concept of cleaner production. **Journal of Cleaner Production** , v. 11, p.11-26. 2002.
38. NAKASAKI, K; AKAKURA, N; ADACHI, T; AKIYAMA, T. Use of wastewater sludge as a raw material for production of l-lactic acid. **Environment Science and Technology**. v. 33, n. 01, p. 198-200. 1999.



39. NOGUEIRA, R. Gerenciamento ambiental no setor químico-farmacêutico. Estudo de caso: comparação na abordagem ambiental da multinacional Bayer no país de origem e nos países onde operam suas subsidiárias. **Semear-RH**. Ano 1, n. 1. 2000.
40. NOLASCO, M.A; PIRES, E.C; SPRINGER, A.M. Aspectos ambientais relacionados aos efluentes líquidos das indústrias de celulose e papel: o estado da arte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 6 n. 1 jan/mar 2001 e n. 2 abr/jun 2001, p. 17-21.
41. PEREZ, M; ROMERO, L.I; SALES, D. Thermophilic anaerobic degradation of distillery wastewater in continuous-flow fluidized bed bioreactors. **Biotechnology Program**. v. 13, n. 6, p. 33-38. 1997.
42. PETRONI, A. Developing a methodology for analysis of benefits and shortcomings of ISO 14001. **Journal of Cleaner Production**. v. 9, p. 351-364. 2000.
43. RESS, B.B; CALVERT, P.P; PETTIGREW, C.A; BARLAZ, M.A. Testing anaerobic biodegradability of polymers in a laboratory-scale simulated landfill. **Environment Science and Technology**, v. 32, n. 6, p. 821-827. 1998.
44. RINTALA, J. High-rate anaerobic treatment of industrial wastewaters. **Water Science and Technology**. v. 24, n. 01, p. 69-74. 1991.
45. SANTOS, R. Empresa e Meio Ambiente. **Ação Ambiental**. Minas Gerais, n. 16 p.9, Fev. / Mar. 2001.
46. SILVA, G. A; TARALLI, G; MARTINS, A.I.S. Identificação de aspectos e perigos e avaliação de impactos e danos para a implantação de um sistema integrado de gestão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 6 n. 1 jan/mar 2001 e n. 2 abr/jun 2001, p. 73-71.
47. SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. **Environmental Science and Technology**. v.17, p. 416-427. 1983.
48. SPEECE, R.E. **Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment**. Vanderbilt University, USA. 392p. 1996.

49. VAN HAANDEL, A; LETTINGA G. **Tratamento Anaeróbico de Esgotos: Um Manual para Regiões de Clima Quente.** Campina Grande - PB. Ed. Epgraf. 1994.
50. VAN HAANDEL, A; MARAIS, G. **O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicações para projetos e operação.** Campina Grande, PB, ed. Epgraf, 488p. 1999.
51. ZAROR, C.Z. **Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos.** Universidad de Concepción, Chile. 2ª ed, 611p. 2002.

#### **LIVROS E ARTIGOS CONSULTADOS**

1. BERTON, R.S, Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. **In:** Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Editores: BETTIOL, W; CAMARGO, O.A. Jaguaraúna, SP: EMBRAPA Meio ambiente, 2000. Cap. 16, p. 259-268.
2. BORGES, P. R. Lodos originados do pré-tratamento de águas residuárias das indústrias da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista DAE**, v.47, n. 148, mar. 1987.
3. CALDWELL, E.M; GARRET, M.R; PRINCE, C.R; SUFLITA, M.J. Anaerobic biodegradation of long-chain n-alkanes under sulfate-reducing conditions. **Environment Science and Technology**, vol 32, nº 14, pp 2191-2195. 1998.
4. COSTA, A.R.F; PIZZI, L.C.V; BERTOLDO, M.E.L; LUIS, S.M.B. **Orientações metodológicas para produção de trabalhos acadêmicos.** Maceió: EDUFAL, série apontamento, 4ª edição, 1999.
5. GAMA, A.M.C.F; QUEIROZ, A.B.; GENERINO, R.M. **Tratamento de efluentes industriais.** Apostila do curso da Univerão, Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, Departamento de Química, Recife, 1993. 118p.

6. FERREIRA, L.G.R. Redação científica: como escrever artigos, monografias, dissertações e teses. 2. ed. ver. amp. Fortaleza, EUFC, 1998.
7. FLORENCIO L. **The fate of methanol in Anaerobic bioreactors**. Tese de Doutorado. Agricultural University of Wageningen. Wageningen, The Netherlands. 1994. 137p.
8. HILSON, G. M. Introduction to this special issue on environmental management in the small-scale mining industry. **Journal of Cleaner Production**. v. 11 p. 91-93. 2002.
9. JAWED, M; TARE, V. Microbial composition assessment of anaerobic biomass through methanogenic activity tests. **Water Science and Technology**. v. 25 n.3, p. 345-349. 1999.
10. KATO, M.; FIELD, J. A.; LETTINGA, G. Anaerobe tolerance to oxygen and the potentials of anaerobic and aerobic cocultures for wastewater treatment. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. v. 14, n. 04, p. 395-407. dec. 1997.
11. MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL. **Normas para apresentação gráfica de teses**. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Centro de Tecnologia e Geociências, escola de Engenharia de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, ago. 1996. 15p.
12. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 1469**, 29 de dezembro de 2000. Padrões de potabilidade. 34 p.
13. MORAL, R; PEDRENO, J.N; GOMEZ, I; MATAIX, J. Quantitative analysis of organic wastes: Effects of sample preparation in the determination of metals. **COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS** 27: (3-4), 1996. P. 753-761.
14. POETSCH, P.B; KOETZ, P. R. Sistema de determinação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios. **Rev. Brasileira de Agrociência** vol. 4, n. 3, p. 161-165, Set-Dez, 1998.

15. SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE. **Plano estadual de Recursos Hídricos (PERH-PE)**. 1º plano do estado de Pernambuco, vol. 3 Secretária de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Diretoria de Recursos Hídricos, Recife, PE.
16. VIDAL, N; ALCÁNTARA, B.R; RODA, R.I; POCH, M. Design of wastewater treatment plants using a conceptual design methodology. **Industrial Engineering Chemist Research**. v. 42, p. 4993-5005. 2002.
17. VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das águas e ao tratamento de Esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, vol. 1, Belo Horizonte, 1996. 243p.

## 7.0 – ANEXOS

Tabela 7.1 – Resultados da avaliação de aspectos e impactos ambientais da ETE

LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	ETE	Embalamento de biomassa	Geração de resíduos sólidos	R	Contaminação do solo/água	A	L	A	A	Embalar em tambores
02	ETE	Embalamento de biomassa	Rompimento do <i>big bag</i>	R	Contaminação do solo/água	M	L	A	M	Embalar em tambores
03	ETE	Funcionamento da centrífuga	Ruído	R	Poluição sonora	A	L	A	A	Enclausuramento
04	ETE	Quebra da centrífuga	Diminuição da eficiência em remoção de DQO	P	Contaminação da água	B	L	M	T	Procedimento operacional em manual ambiental
05	ETE	Limpeza interna	Geração de resíduo sólido e líquido	R	Contaminação do solo/água	B	I	B	T	Procedimento operacional em manual ambiental
Setor/área		Processo de Produção		Responsável		Data			Revisão	
ETE		DECANTADOR PRIMÁRIO				18/08/02				
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Decantador primário	Recebimento de resíduos dos <i>makers</i>	Derrame ou vazamento de resíduo sólido e líquido	R	Contaminação do solo	A	L	M	A	Projeto para otimização do transporte de efluentes para a ETE
02	Decantador primário	Recebimento de resíduos dos <i>makers</i>	Emissão de gases tóxicos	R	Poluição do ar	A	I	M	A	Avaliar viabilidade de sistema de exaustão no decantador
03	Decantador primário	Transporte de resíduos para o tanque elevatória I	Geração de resíduos sólidos na limpeza da tubulação	R	Contaminação do solo	B	I	M	M	Procedimento para operação segura de transporte e destinação de resíduos
04	Decantador primário	Limpeza do decantador	Geração de resíduos	R	Contaminação do solo	B	I	B	T	Procedimento para operação segura do decantador e destinação de resíduos
05	Decantador primário	Transporte de tambores resultante da limpeza	Derrame de resíduos	R	Contaminação do solo	B	I	B	T	Uso de tambores com tampa e lacre
Setor/área		Processo de Produção		Responsável		Data			Revisão	
ETE		ELEVATÓRIA 1				25/08/02				
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Elevatória 1	Transporte de efluente bruto via tubulação	Entupimento da tubulação	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Manutenção periódica nas tubulações
02	Elevatória 1	Transporte de efluente bruto via	Geração de resíduos sólido	R	Contaminação do solo	B	I	M	M	Procedimento para limpeza e disposição

		tubulação	durante limpeza da tubulação							de resíduos
03	Elevatória 1	Limpeza do pocinho de lodo I	Geração de resíduos sólidos e líquidos	R	Contaminação do solo	B	I	M	M	Procedimento para limpeza e disposição de resíduos
04	Elevatória 1	Transporte de tambores resultante da limpeza do pocinho de lodo I	Derrame de resíduos líquidos e sólidos	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Uso de tambores com tampa e lacre
05	Elevatória 1	Manutenção de bombas	Derrame ou vazamento de efluente industrial	P	Contaminação do solo	M	I	B	T	Procedimento manutenção das bombas

<b>Setor/área</b>		<b>Processo de Produção</b>		<b>Responsável</b>		<b>Data</b>			<b>Revisão</b>	
ETE		ELEVATÓRIA 2 (SANITÁRIA)				25/08/02				

### LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

### AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Elevatória 2 (sanitária)	Recebimento de efluente sanitário	Derrame ou vazamento do tanque sanitário	R	Contaminação do solo	A	L	M	A	Estudo de causas e procedimento para operação segura do tanque
02	Elevatória 2 (sanitária)	Recebimento de efluente sanitário	Emissão de gases	R	Contaminação do ar	A	I	B	M	projeto para otimização do processo
03	Elevatória 2 (sanitária)	Transporte de efluente sanitário para tanque de aeração	Vazamento ou rompimento da tubulação	R	Contaminação do solo	B	I	B	T	Manutenção periódica nas tubulações
04	Elevatória 2 (sanitária)	Limpeza das grades	Geração de resíduos	R	Contaminação do solo	B	A	B	T	Procedimento para limpeza e destinação dos resíduos
05	Elevatória 2 (sanitária)	Manutenção das bombas	Derrame ou vazamento de líquido sanitário	P	Contaminação do solo	B	I	B	T	Procedimento para limpeza segura das bombas

<b>Setor/área</b>		<b>Processo de Produção</b>		<b>Responsável</b>		<b>Data</b>			<b>Revisão</b>	
ETE		GALPÃO DE RESÍDUOS				15/08/02				

### LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

### AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Galpão de resíduos	Transporte de <i>big bags</i>	Derrame ou vazamento de resíduos	R	Contaminação do solo	A	L	M	A	Trocar por tambores de metal
02	Galpão de resíduos	Armazenamento de resíduos sólidos	Vazamento de resíduos	P	Contaminação do solo e água	B	L	M	M	Armazenar tambores sobre pallets e monitorar piso do galpão
03	Galpão de resíduos	Armazenamento de resíduos sólidos	Proliferação de microorganismos	R	Contaminação do solo e água	A	I	B	M	Usar tambores com tampa e lacre e manter estoque baixo de lodo
04	Galpão de resíduos	Armazenamento de resíduos sólidos	Geração de gases pela decomposição da matéria orgânica	P	Poluição do ar	A	L	B	T	Usar tambores com tampa e lacre e manter estoque baixo de resíduos
05	Galpão de resíduos	Armazenamento de resíduos classe I misturados com classe II	Geração efluente contaminado pela água da chuva	P	Contaminação da água	M	I	M	M	Regulamentar armazenamento de resíduos e definir local seguro para disposição

Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão						
ETE	LABORATÓRIO ETE		20/08/02							
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL					
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Laboratório ETE	Coleta de amostra para análise	Derrame de amostra	P	Contaminação do solo	B	I	B	T	Procedimento para coleta segura das amostras
02	Laboratório ETE	Coleta de amostra para análise	Geração de resíduos sólidos	R	Contaminação do solo	B	I	B	T	Procedimento para coleta segura das amostras
03	Laboratório ETE	Lavagem de vidrarias	Geração de resíduo de embalagem	R	Contaminação da água	B	I	B	T	Procedimento para lavagem segura de material
04	Laboratório ETE	Lavagem de vidrarias	Vazamento de produto químico por queda	P	Contaminação da água, solo e ar	B	I	B	T	Procedimento para lavagem segura de material
05	Laboratório ETE	Lavagem de vidrarias	Emissão de gases pelo exaustor	R	Contaminação do ar	B	L	B	T	Procedimento para lavagem segura de material
Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão						
ETE	SOPRADORES		02/08/02							
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL					
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Sala dos sopradores	Funcionamento dos sopradores	Geração de graxa expurgada durante a queima	R	Contaminação do solo	A	I	M	A	Projeto para otimização do sistema
02	Sala dos sopradores	Falta de energia	Diminuição da eficiência em remoção de DBO	P	Contaminação da água e solo	B	A	M	M	Uso de gerador em <i>stand by</i>
03	Sala dos sopradores	Funcionamento do sistema de resfriamento	Emissão de gases com particulados	R	Contaminação do ar	A	L	B	M	Projeto para otimização do sistema
04	Sala dos sopradores	Manutenção e lubrificação	Geração de graxas e óleos	R	Contaminação do solo	B	I	B	T	Procedimento para manutenção segura
05	Sala dos sopradores	Funcionamento dos vasos de pressão	Explosão dos vasos de pressão	P	Contaminação do solo	B	I	A	T	Procedimento para medidas de controle emergenciais
Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão						
ETE	TANQUE DE AERAÇÃO		12/08/02							
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL					
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Tanque de aeração	Recebimento de efluente do tanque de equalização	Transbordo do efluente	R	Contaminação da água e solo	M	L	A	A	Projeto para otimizar sistema de transferência
02	Tanque de aeração	Recebimento de efluente do tanque de equalização	Geração de resíduos sólidos	P	Contaminação da água e solo	B	L	M	M	Procedimento para medidas de controle emergenciais
03	Tanque de aeração	Recebimento de efluente do tanque de equalização	Vazamento ou rompimento da tubulação	P	Contaminação do solo e água	B	I	B	T	Manutenção periódica nas tubulações

04	Tanque de aeração	Decomposição (total) da matéria orgânica presente no efluente industrial	Geração de espumas (com emissão de particulados)	R	Contaminação do ar e solo	M	L	B	M	Uso de antiespumante e procedimento para medidas de controle emergenciais
05	Tanque de aeração	Decomposição (total) da matéria orgânica presente no efluente industrial	Infiltração por fissura no concreto do tanque	P	Contaminação do lençol freático	B	A	B	T	Manutenção periódica no tanque e procedimento para medidas de controle emergenciais

<b>Setor/área</b>	<b>Processo de Produção</b>	<b>Responsável</b>	<b>Data</b>	<b>Revisão</b>
ETE	TANQUE DE EQUALIZAÇÃO		05/09/02	

<b>LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL</b>
--	---------------------------------------

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Tanque de equalização	Recebimento de efluente do pocinho de lodo 1	Vazamento ou rompimento da tubulação	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Manutenção periódica das tubulações
02	Tanque de equalização	Decomposição (parcial) da matéria orgânica presente no efluente industrial	Geração de espumas (com emissão de particulados)	P	Contaminação do solo e ar	M	L	M	M	Uso de antiespumante e procedimento de medidas emergenciais
03	Tanque de equalização	Decomposição (parcial) da matéria orgânica presente no efluente industrial	Infiltração por fissura do concreto do tanque	P	Contaminação do lençol freático	B	A	M	M	Manutenção periódica no tanque de equalização e monitoramento
04	Tanque de equalização	Decomposição (parcial) da matéria orgânica presente no efluente industrial	Liberação de gases tóxicos	R	Contaminação do ar	A	L	B	M	Avaliar utilização de sistema de exaustão

<b>Setor/área</b>	<b>Processo de Produção</b>	<b>Responsável</b>	<b>Data</b>	<b>Revisão</b>
ETE	TANQUE DE EQUALIZAÇÃO		05/09/02	

<b>LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL</b>
--	---------------------------------------

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Tanque de equalização	Limpeza dos vertedores	Geração de resíduos sólidos	R	Contaminação do solo	B	I	M	M	Procedimento para operação segura e destinação de resíduos
02	Tanque de equalização	Limpeza periódica (anual)	Geração de resíduos sólidos	R	Contaminação do solo	B	A	M	M	Procedimento para operação segura e destinação de resíduos
03	Tanque de equalização	Transporte de tambores resultante da limpeza do pocinho de lodo 1	Derrame de resíduos sólidos	P	Contaminação do solo e ar	B	I	M	T	Uso de tambores com tampa e lacre
04	Tanque de equalização	Manutenção das bombas	Derrame ou vazamento de efluente industrial	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Procedimento para operação segura e medidas de controle emergenciais
05	Tanque de equalização	Manutenção das bombas	Consumo de óleos e graxas	R	Escassez de recursos naturais renováveis	B	I	B	T	Uso racional do recurso



Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão
ETE	TANQUE DE MISTURA		08/09/02	

LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				
---	--	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	--

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Tanque de mistura	Recebimento de lodo biológico do adensador	Derrame ou vazamento do tanque	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Procedimento para ações de emergência em manual ambiental
02	Tanque de mistura	Recebimento de lodo biológico do adensador	Fissura no concreto do tanque	P	Contaminação do lençol freático	B	A	M	M	Manutenção periódica no tanque
03	Tanque de mistura	Transporte de lodo biológico para centrífuga	Rompimento e vazamento da tubulação	P	Contaminação do solo e ar	B	I	M	T	Manutenção periódica na tubulação
04	Tanque de mistura	Manutenção de bomba e do redutor	Derrame ou vazamento da tubulação	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Procedimento para operação segura
05	Tanque de mistura	Manutenção de bomba e do redutor	Geração de graxas e óleos	P	Contaminação do solo	B	I	M	T	Não necessárias

Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão
ETE	DECANTADOR SECUNDÁRIO		20/08/02	

LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL				
---	--	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	--

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Decantador secundário	Recebimento de efluentes do tanque de aeração	Geração de resíduos sólido por flotação do lodo	P	Contaminação da água	B	A	B	T	procedimento de caracterização periódica da água
02	Decantador secundário	Limpeza dos vertedores	Geração de resíduos de lodo	P	Contaminação de água	B	A	B	T	procedimento de caracterização periódica da água
03	Decantador secundário	Transporte de efluente para o tanque de aeração e adensador	Vazamento ou rompimento da tubulação	R	Contaminação do solo	B	I	B	T	Manutenção preventiva nas tubulações
04	Decantador secundário	Limpeza das bombas	Derrame de óleos e graxas	P	Contaminação do solo	B	I	B	T	Utilizar o produto de forma racional
05	Decantador secundário	Quebra das bombas do decantador secundário	Diminuição da eficiência na remoção de DQO	P	Escassez de recursos naturais renováveis	B	A	B	T	Manutenção preventiva nas bombas

**legenda**

TI – Tipo do Impacto (R= real; P=potencial)  
FR – Frequência (A=alta; M=média; B=baixa)  
ES – Escala (I=isolada; L=local; A=ampla)  
GS – Grau de Severidade (A=alta; M=média; B=baixa)  
SF – Significância Final (T=trivial; M=média; A=alta)

**classificação da Significância Final (SF)**

SF Trivial: TI=P; FR ou GS=B; ES=I ou L  
SF Média: TI=P ou R; FR ou GS=M; ES=I ou L  
SF Alta: TI=R; FR e GS=A ou M; ES=L ou A

**Tabela 7.2 - Resultados da avaliação de aspectos e impactos ambientais dos Makers**

Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão						
Maker 03	1ª/2ª máquina		25/08/2002							
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL					
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	1ª/2ª máquina	Limpeza das panelas de cola	Vazamento de resíduos durante transporte à ETE	P	Contaminação do solo e cursos d'água	A	A	A	A	Projeto para revestimento da calha de efluentes com material isolante
02	1ª/2ª máquina	Acionamento dos sprinklers	Geração de resíduos líquidos	P	Contaminação do solo e cursos d'água	B	L	B	T	Procedimento operacinal
03	1ª/2ª máquina	Descarte de costado	Geração de resíduos sólidos	P	Contaminação do solo	M	A	M	M	Avaliar modificação o procedimento de descarte
04	1ª/2ª máquina	Descarte de embalagens de mat. Primas	Geração de resíduos sólidos	P	Contaminação do solo	B	A	M	M	Avaliar modificação o procedimento de descarte
05	1ª/2ª máquina	Descarte de epi's usados	Geração de resíduos sólidos	P	Contaminação do solo	B	A	B	T	Destinar à empresa especializada

Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão						
MAKER 03	ELETROSTÁTICO		10/09/02							
LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS					AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL					
Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Eletrostático	Produção de lixas	Emissão de aero-dispersóides	R	Contaminação do ar	A	L	A	A	Proteção coletiva e individual (exaustores e EPI's)
02	Eletrostático	Limpeza de máquinas	Descarte de restos de grão abrasivo(SiC, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	R	Contaminação do solo	A	L	B	M	Recuperar o grão e destinar a empresa de reaproveitamento
03	Eletrostático	Limpeza de máquinas	Descarte de resíduo sólidos( plástico, papel)	R	Contaminação do solo	A	L	B	M	Procedimento para coleta seletiva e destinação adequada
04	Eletrostático	Produção de lixas	Consumo de energia elétrica	R	Esgotamento de recursos naturais	A	L	B	M	Campanhas de uso racional do recurso
05	Eletrostático	Descarte de EPI's usados	Geração de resíduos sólidos	R	Contaminação do solo	A	I	B	M	Destinação para empresa recicladora
06	Eletrostático	Produção de lixas	Ruído	R	Poluição sonora	A	L	A	A	Enclausuramento de motores

Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão
MAKER 03	ENROLADERIA		11/09/02	

<b>LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL</b>
--	---------------------------------------

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Enroladeira	Umedecimento de produtos	Emissão de vapor d'água	P	Altera umidade do meio	B	I	B	T	Não necessárias
02	Enroladeira	Operações de limpeza	Produção de resíduos sólidos	P	Contaminação do solo	B	L	B	T	Procedimento de destinação em manual ambiental
03	Enroladeira	Operações com trocadores de calor	Risco de descarte de água quente	P	Altera temperatura dos cursos d'água	B	L	B	T	Procedimento de segurança na operação
04	Enroladeira	Operações com queimadores	Emissão de vapores tóxicos	R	Contaminação do ar	M	A	M	M	Quantificar e propor diretrizes
05	Enroladeira	Operações de limpeza	Ruído	R	Poluição sonora	A	I	A	A	Quantificar e enclausurar motores
06	Enroladeira	Operações de limpeza	Emissão de aerodispersóides	R	Contaminação do ar	A	A	M	A	Quantificar e avaliar proteção coletiva
07	Enroladeira	Uso de equipamentos elétricos	Consumo de energia elétrica	P	Esgotamentos de recursos naturais	B	A	M	T	Incentivar uso racional do recurso
08	Enroladeira	Cura final do produto	Consumo de gás natural	R	Contaminação do ar	M	A	B	M	Quantificar e propor diretrizes

Setor/área	Processo de Produção	Responsável	Data	Revisão
MAKER 03	PLATAFORMAS DE ADESIVO		10/09/02	

<b>LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL</b>
--	---------------------------------------

Nº	Local/Máquina	Atividade	Aspecto Ambiental	TI	Impacto Ambiental	FR	ES	GS	SF	Medidas de Controle
01	Plataformas de adesivo	Uso de solventes orgânicos	Emissão de vapores tóxicos	R	Contaminação do ar	M	L	M	M	Quantificar e propor diretrizes
02	Plataformas de adesivo	Preparação de adesivos	Geração de resíduos sólidos	R	Lançamento de efluentes à ETE	A	L	M	A	Procedimento de destinação em manual ambiental
03	Plataformas de adesivo	Preparação de adesivos	Ruído	R	Poluição sonora	A	L	M	A	Quantificar e propor diretrizes
04	Plataformas de adesivo	Uso de equipamentos elétricos	Consumo de energia	P	Esgotamento de recursos naturais	B	I	B	T	Estimular uso racional do recurso
05	Plataformas de adesivo	Limpeza	Descarte de resto de adesivos	R	Lançamento de efluentes à ETE	A	L	M	A	Projeto para descarte à parte em tambores e procedimento de destinação em manual ambiental
06	Plataformas de adesivo	Preparação de adesivos	Emissão de aerodispersóides	R	Contaminação do ar	M	A	M	M	Quantificar e propor diretrizes

**legenda**

TI – Tipo do Impacto (R= real; P=potencial)  
FR – Frequência (A=alta; M=média; B=baixa)  
ES – Escala (I=isolada; L=local; A=ampla)  
GS – Grau de Severidade (A=alta; M=média; B=baixa)  
SF – Significância Final (T=trivial; M=média; A=alta)

**classificação da Significância Final (SF)**

SF Trivial: TI=P; FR ou GS=B; ES=I ou L  
SF Média: TI=P ou R; FR ou GS=M; ES=I ou L  
SF Alta: TI=R; FR e GS=A ou M; ES=L ou A

## 8.0 – CURRICULUM VITAE

O autor desta dissertação, nascido em 03 de junho de 1971 no Recife – Pernambuco, Brasil, concluiu seus estudos de nível técnico em Química na Escola Técnica Professor Agamêmnon Magalhães (ETEPAM) em 1991, na cidade do Recife – Pernambuco. Obteve o diploma de Bacharel em Química pela Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, em 1998. Iniciou o curso de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos no ano de 2001, no departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Tem atuado em indústrias multinacionais desde 1990, na supervisão de equipes de processo e desenvolvendo programas corporativos. Desde novembro de 1999 é funcionário da *Saint-Gobain Abrasives*, onde supervisiona o processo produtivo de abrasivos revestidos.