

CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO - UNICENP

BIANCA ELIZABETH LANDUCHE

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA GESTÃO CORPORATIVA DE
RESÍDUOS NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA:
ESTUDO DE CASO DA COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL**

CURITIBA

2007

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

BIANCA ELIZABETH LANDUCHE

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA GESTÃO CORPORATIVA DE
RESÍDUOS NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA:
ESTUDO DE CASO DA COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão Ambiental do curso de mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Centro Universitário Positivo (UnicenP).

Orientadora: Prof^a. Dra. Sandra Mara Alberti

Co-orientador: Dr. Noel Massinhan Levy

CURITIBA

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do UnicenP - Curitiba – PR

L264 Landuche, Bianca Elizabeth.
Desenvolvimento de metodologia para gestão corporativa
de resíduos no setor de energia elétrica : estudo de caso da
Companhia Parananense de Energia – COPEL / Bianca
Elizabeth Landuche. – Curitiba : UnicenP, 2007.
121p. : il.

Dissertação (mestrado) – Centro de Estudos Superiores
Positivo – UnicenP, 2007.

Orientadora : Sandra Mara Alberti

1. Resíduos – Setor elétrico. 2. Resíduos – Aspectos
ambientais. 3. Resíduos industriais. I. Título.

CDU 504.06

TÍTULO: “DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA GESTÃO CORPORATIVA DE RESÍDUOS NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO DA COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL”.

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GESTÃO AMBIENTAL (área de concentração: gestão ambiental) PELO PROGRAMA DE MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL DO CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO – UNICENP. A DISSERTAÇÃO FOI APROVADA EM SUA FORMA FINAL EM SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA, NO DIA 31 DE JULHO DE 2007, PELA BANCA EXAMINADORA COMPOSTA PELOS SEGUINTESS PROFESSORES:

- 1) Prof^{ra}. Sandra Mara Alberti - UnicenP - (Presidente);*
- 2) Prof. Ricardo José Ferracin - examinador externo - do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Dpma, Utpd. Centro Politécnico da UFPR.*
- 3) Prof. Paulo Roberto Janissek - UnicenP;*
- 4) Prof. Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho - UnicenP.*

CURITIBA – PR, BRASIL

*PROF. MAURÍCIO DZIEDZIC
COORDENADOR DO PROGRAMA DE MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL*

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Sergio Antonio Landuche ,
pelo apoio e paciência constantes.

A minha filha Kelly Landuche,
que Deus sempre a ilumine

Aos meus finados pais, Hilário e Elir Scotti,
que emanam forças e pensamentos positivos
das dimensões em que se encontram.

AGRADECIMENTOS

À UNICENP pela oportunidade oferecida pela realização deste programa de pós-graduação;

À Companhia Paranaense de Energia - COPEL, pelo apoio financeiro e por acreditar no aperfeiçoamento e crescimento de seus profissionais;

À Prof^a. Dr^a. Sandra Mara Alberti e ao Dr^a. Noel Massinhan Levy pelas valorosas horas de orientação e apoio prestado para este trabalho científico;

A todos os meus familiares e amigos que me compreenderam perante as dificuldades e momentos de afastamento para que fosse possível concluir as diversas fases desse trabalho;

Aos colegas Marcos Bosquetti e Leonardo da Silva Mendes que me incentivaram a trilhar essa maravilhosa empreitada;

Aos técnicos envolvidos com a validação da pesquisa pela colaboração irrestrita;

Aos colegas de trabalho pela paciência e entendimento no decorrer dessa importante etapa da minha vida;

E à Deus, por dar-me forças, saúde e por sempre iluminar o meu caminho.

A sustentabilidade do Planeta está
sem dúvida alguma, nas mãos do homem,
o único ser capaz de, com suas ações,
romper o equilíbrio dinâmico produzido
espontaneamente pela interdependência das forças da natureza
e modificar os mecanismos reguladores que,
em condições normais,
mantêm ou renovam os recursos naturais
e a vida na Terra.

MILARÉ

RESUMO

Todo processo por mais eficiente que seja, gera algum tipo de resíduo, para o qual é necessário um encaminhamento adequado e que não venha oferecer riscos ambientais. Empresas com enfoque unicamente financeiro, e por consequência de curto prazo, deixam de realizar análises que reflitam as questões ambientais, sociais, técnicas e jurídicas, que vêm desempenhar papéis altamente relevantes dentro de um contexto de sustentabilidade empresarial. A presente dissertação consiste no desenvolvimento de uma metodologia para gestão corporativa de resíduos no setor de energia elétrica, que consiste da análise do ciclo interno do resíduo, levantamento da composição, classificação, ocorrência de impactos ambientais negativos e considera princípios de Produção Mais Limpa, Ecoeficiência e legislação específica. A análise ponderada de alternativas tecnológicas para tratar e dispor corretamente cada resíduo abrange aspectos sociais, ambientais, técnicos, econômicos e jurídicos e, ao final, prioriza alternativas apropriadas, fornecendo parâmetros para a tomada de decisão gerencial. Os resultados obtidos na validação da metodologia, realizada por meio de técnicos especializados, comprovam sua utilidade e efetividade.

Palavras-chave: resíduos gerados no setor elétrico; gestão de resíduos industriais; sustentabilidade.

ABSTRACT

However efficient a process may be, it will always output some kind of waste, which will require adequate treatment as not to pose any environmental risk. Financially-only driven businesses, usually doomed to a brief existence, fail in not duly assessing environmental, social, technical and legal issues, whose role is highly relevant as regards corporate sustainability. This dissertation presents the development of a methodology concerning the corporate management of waste in the electric power industry, encompassing the assessment of the waste internal cycle, waste composition and classification, and its possible negative environment impacts. For the purpose of this study, Cleaner Production principles, Ecoefficiency and specific legislation on the matter are taken into account. The application of mean analyses of technological options to treat and correctly dispose of each type of waste do involve social, environmental, technical, economical and legal aspects. In the end, the appropriate options are prioritized, supplying parameters for the managers' decision making process. The results obtained in the validation of the methodology, carried out by specialized technicians, attest its usefulness and effectiveness.

Key words: electric sector waste; industrial waste management; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Quadro 1-Técnicas instrumentais de maior aplicabilidade..... | 23 |
| Quadro 2-Principais técnicas cromatográficas..... | 26 |
| Quadro 3-Algumas aplicações da Termogravimetria..... | 30 |
| Quadro 4-Característica analisada e métodos indicados..... | 31 |
| Quadro 5-Métodos de ensaio normatizados pela ABNT NBR 10.004:2004..... | 32 |
| Quadro 6-Listagens para classificação de resíduo..... | 32 |
| Quadro 7-Regulamentações editadas com referência à resíduos industriais..... | 56 |
| Quadro 8-Produção mais Limpa <i>versus</i> Emissões Zero..... | 67 |
| Quadro 9-Princípios para a construção de uma sociedade sustentável..... | 70 |
| Quadro 10-Formulário da Segunda seleção..... | 78 |
| Quadro 11-Atribuição de valores para cada parâmetro analisado..... | 81 |
| Quadro 12-Critérios de classificação de tecnologias..... | 82 |
| Quadro 13-Perfis de avaliadores da metodologia de gestão de resíduos industriais..... | 86 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1- Resíduos sólidos industriais tratados e dispostos em 2005 (t/ano)..... | 10 |
| Tabela 2- Custo comercial médio e geração de emprego de tecnologias de tratamento e de destinação final de resíduos industriais | 84 |
| Tabela 3-Formulário da Terceira seleção..... | 84 |
| Tabela 4-Resultado da priorização para baterias de chumbo-ácido..... | 89 |
| Tabela 5-Resultado da priorização para estopa contaminada com óleos e graxas..... | 90 |
| Tabela 6-Resultado da priorização para lâmpadas com vapor de mercúrio..... | 92 |
| Tabela 7-Resultado da priorização para óleo lubrificante usado..... | 94 |
| Tabela 8-Resultado da priorização para óleo mineral isolante..... | 96 |
| Tabela 9-Resultado da priorização para papel contaminado com óleo mineral..... | 97 |
| Tabela 10-Resultado da priorização para pilhas..... | 99 |
| Tabela 11-Resultado da priorização para solventes orgânicos diversos..... | 100 |
| Tabela 12-Resultado da priorização para terra <i>Füller</i> usada..... | 102 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1a-Representação da cadeia alimentar..... | 6 |
| Figura 1b-Ciclo industrial de produção..... | 6 |
| Figura 2-Alternativas disponíveis para tratamento e destinação final de resíduos..... | 11 |
| Figura 3-Localização geográfica dos aterros para resíduos de classe I..... | 11 |
| Figura 4-Resíduos industriais tratados em 2005..... | 12 |
| Figura 5-Geração de resíduos industriais perigosos e destinação no Brasil e na Região Sul..... | 13 |
| Figura 6-Espectrômetro de massas..... | 25 |
| Figura 7-Esquema técnico de Espectrometria de Absorção Atômica de Chama..... | 28 |
| Figura 8-Processo de desidratação do óleo..... | 46 |
| Figura 9-Fluxos das etapas do ciclo de vida de um produto ou serviço..... | 63 |
| Figura 10-Esquema representativo de balanço de massa..... | 64 |
| Figura 11-Hierarquia para o gerenciamento ambiental..... | 65 |
| Figura 12- Resíduos industriais analisados com seus resultados obtidos e validados..... | 87 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas Públicas e Resíduos Especiais

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos

ACIR – Análise do Ciclo Interno do Resíduo

ACV – Análise do ciclo de vida

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CEMPRE – Compromisso Empresarial com a Reciclagem

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas

COELBA – Companhia Elétrica da Bahia

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

CPFL – Companhia Piratininga de Força e Luz

FIEP – Federação das Indústrias do Estado do Paraná

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

NBR – Norma Brasileira

OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

ONU – Organização das Nações Unidas

PCB – Bifenila Poli Clorada

PGRS – Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RGE – Rio Grande Energia

UNEP – United Nations Environmental Program

UNIDO – United Nations Industrial Development Organization

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

| | |
|---|----------|
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT | ix |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | x |
| LISTA DE TABELAS | xi |
| LISTA DE FIGURAS | xii |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |
| 2 REVISAO DA LITERATURA | 4 |
| 2.1 CONCEITUAÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS | 4 |
| 2.1.1 Conceitos de resíduo | 4 |
| 2.1.2 Ciclo natural de produção | 5 |
| 2.1.3 Ciclo industrial de produção | 6 |
| 2.1.4 Gestão de Resíduos Industriais | 8 |
| 2.2 TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS. | 21 |
| 2.3 TÉCNICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS. | 33 |
| 2.3.1 Disposição inadequada de resíduos industriais e suas conseqüências | 33 |
| 2.3.2 Técnicas de disposição final de resíduos | 34 |
| 2.3.3 Técnicas de tratamento de resíduos | 37 |
| 2.4 RESPONSABILIDADE AMBIENTAL | 51 |

| | |
|---|------------|
| 2.4.1 Instrumentos econômicos e regulatórios | 51 |
| 2.4.2 Legislação Federal | 52 |
| 2.4.3 Legislação Estadual | 59 |
| 2.4.4 Legislação Municipal | 60 |
| 2.5 GESTÃO SUSTENTÁVEL | 61 |
| 2.5.1 Produção Mais Limpa | 61 |
| 2.5.2 Análise do Ciclo de Vida | 62 |
| 2.5.3 Prevenção à Poluição | 65 |
| 2.5.4 Ecoeficiência | 66 |
| 2.5.5 Metodologia de Emissões Zero – ZERI | 67 |
| 2.5.6 Sustentabilidade | 69 |
| 2.6 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E METODOLOGIAS UTILIZADAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS | 71 |
| 2.6.1 Métodos estatísticos de análise e de decisão | 71 |
| 2.6.2 Metodologia utilizada para transformar resíduos em produtos | 73 |
| 3 METODOLOGIA DE GESTÃO CORPORATIVA DE RESÍDUOS DO SETOR ELÉTRICO | 75 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 86 |
| 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES. | 103 |
| 6 REFERÊNCIAS | 106 |
| APÊNDICES | 112 |

1 INTRODUÇÃO

A partir do domínio do fogo, do uso da agricultura e conseqüente sedentariedade do ser humano, mesmo se tratando de eventos temporalmente distantes, argumenta-se que tenham sido o ponto inicial das ações antrópicas com maior intensidade sobre o meio ambiente, demonstrando que problemas ambientais contemporâneos, como o desflorestamento, a erosão do solo, a desertificação, a salinização e a perda da biodiversidade, são tão antigos quanto às civilizações remotas (PHILIPPI JUNIOR et al, 2004). Mais adiante, no século XVIII, com o advento da Revolução Industrial, a natureza começa a se mostrar frágil, em decorrência da produção de inúmeros materiais nocivos, substâncias sintetizadas e novas tecnologias, que por outro lado, possibilitaram o desenvolvimento material da humanidade (MAGERA, 2003).

Um ajuste equilibrado entre o meio ambiente e o desenvolvimento, segundo Milaré (2005) é de extrema importância, o que significa considerar os problemas ambientais dentro de um processo contínuo de planejamento, onde as exigências de ambos sejam atendidas, sobretudo observando o inter-relacionamento específico a cada contexto sociocultural, político, econômico e ecológico, em uma dimensão de tempo e espaço.

O tratamento indevido e a disposição inadequada dos resíduos podem resultar em alterações na qualidade ambiental e vir a afetar o equilíbrio ecológico. A responsabilidade daquele que causou o dano é objetiva e a ausência de culpa não impede a reparação (KRIGER, 1998).

Diante deste panorama, a qualidade ambiental vem recebendo importante destaque dentro do contexto empresarial, de forma a contribuir para a garantia de sustentabilidade do negócio e fortalecer sua competitividade. Em alinhamento à visão organizacional, a implantação de programas de gerenciamento ecológico, tem como objetivo evitar que a

poluição seja contínua e apresente riscos à saúde pública, como também visa oferecer opções para minimizar a geração de resíduos (ANDRADE et al, 2002).

Empresas com visão de longo prazo estabelecem uma nova forma de gestão sustentável por entender que há necessidade de apresentar equilíbrio entre os resultados financeiros, sociais e ambientais.

Mas afinal, qual é a melhor forma de dispor e tratar cada resíduo industrial gerado? Existe padronização nos processos de forma que possa ser utilizado sem restrições em toda a empresa?

A COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL, objeto desse estudo de caso é uma sociedade de economia mista localizada na região sul do Brasil, com concessão do governo federal para atuar no Estado do Paraná nos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e no segmento de telecomunicações. Possui um parque gerador próprio, que responde pela produção de aproximadamente 4,6% da eletricidade gerada no Brasil (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2005).

A empresa possui um programa de avaliação e alternativas para gestão de resíduos, efluentes e emissões em suas usinas geradoras de energia, denominado Programa ZERE. Entretanto, nos demais processos operacionais (distribuição, transmissão e telecomunicações) e administrativos, são gerados outros tipos específicos de resíduos, como postes de madeira e de concreto, sucatas de ferro e aço, isoladores, transformadores, pneus, materiais poliméricos em geral, papéis inservíveis, plásticos diversos (MENDES; ALBERTI; LUDWIG, 2003). O controle de resíduos industriais (classe II) é realizado pelos almoxarifados e direcionados para venda por licitações públicas semestrais (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2005). Como está inserida no segmento de geração de energia, a empresa precisa perceber o dispêndio de energia nos insumos utilizados, além da pertinência de co-responsabilidade quanto a geração de resíduos em todos os seus processos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolvimento de uma metodologia para gestão corporativa de resíduos no setor elétrico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar e analisar modelos de gestão de resíduos industriais existentes no setor elétrico;
- Considerar resultados sociais, ambientais, técnicos, econômicos e jurídicos;
- Analisar o ciclo interno do resíduo;
- Priorizar a redução na geração de resíduos e o reaproveitamento em outro processo;
- Estabelecer alternativas de tratamento e de destinação final adequadas;
- Aplicar a metodologia proposta em resíduos gerados pelo setor elétrico.

2 REVISAO DA LITERATURA

2.1 CONCEITUAÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS

2.1.1 Conceitos de resíduo

A percepção quanto à geração de resíduos não é fato novo, remonta de tempos antigos, porém é no mundo contemporâneo, onde mudanças e pressões ambientais são mais claramente sentidas pelo homem, que se tem dado maior destaque e importância. O descompasso existente entre o esgotamento de certos recursos naturais em relação ao excessivo consumo de bens, está levando o homem a refletir e mudar seus hábitos e conceitos até então, fortemente enraizados.

A palavra resíduo, originária do latim *residuum*, significa resto, o restante; já a palavra lixo – *lix* em latim - geralmente utilizada como sinônimo de resíduo, significa cinzas ou lixívia. Sob a ótica econômica, resíduo é definido como uma matéria sem valor, onde seus valores de uso e de troca são nulos ou negativos para seu detentor ou proprietário. A Organização Mundial de Saúde define-o como “qualquer coisa que o proprietário não quer mais, em um certo local e em um certo momento, e que não apresenta valor comercial corrente ou percebido”. Segundo Bidone (2001), a Comunidade Européia estabelece que resíduo é toda substância, ou todo objeto, cujo detentor se desfaz ou tem a obrigação de se desfazer em virtude de disposições nacionais em vigor. Em linguagem jurídica não tem emprego o vocábulo na forma singular sendo então conceituado, como tudo aquilo que resta, que remanesce (SIDOU, 2000; MILARÉ, 2005). Em resumo, o conceito de resíduo está diretamente relacionado a dois aspectos principais: serventia e valor econômico (PHILIPPI JUNIOR, 2004). Resíduos perigosos são aqueles que podem ser nocivos, no presente e no

futuro, à saúde dos seres humanos, de outros organismos e ao meio ambiente (BRAGA, 2005).

De acordo com a norma brasileira NBR 10.004, editada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - resíduos sólidos são resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origens industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. A classificação de resíduos contida na norma estipula três classes distintas: Classe I – Resíduo Perigoso – resíduo que apresenta periculosidade quanto à saúde pública ou ao meio ambiente segundo características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade; Classe II A – Resíduo Não Inerte – resíduo que apresenta propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; Classe II B – Resíduo Inerte – resíduo que por contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada não tiver nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

2.1.2 Ciclo natural de produção

No ambiente natural as sobras de um organismo são restos que ao se decomporem devolvem ao ambiente alguns elementos químicos que serão absorvidos por outros seres vivos, de modo que nada se perde (BARBIERI, 2004). Assim, a noção de resíduo não existe na natureza. Conforme demonstrado na figura 1, o papel do decompositor nos grandes ciclos

naturais é transformar e/ou incorporar completamente as matérias descartadas pelos outros componentes do sistema, sem alterar o equilíbrio natural (BIDONE, 2001).

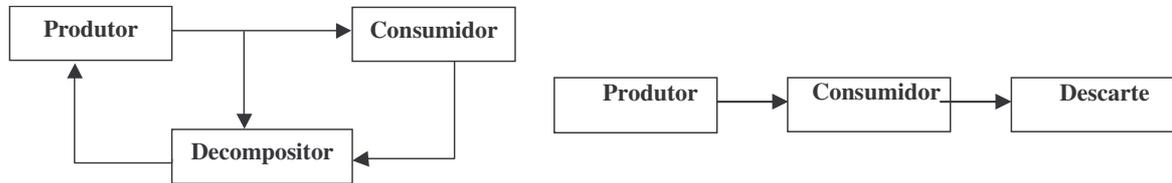


Figura 1a – Representação da cadeia alimentar.
Fonte: BIDONE, 2001.

Figura 1b – Ciclo industrial de produção.
Fonte: Adaptado de SCHNEIDER, 2001.

A sobrevivência de cada espécie na natureza depende de sua interdependência e da sua colaboração, segundo a descentralização de conhecimento e de acordo com princípios que determinam mais do que o próprio interesse e a própria sobrevivência. Espírito de equipe, respeito com diversidades e diferenças, garantia do melhor e do máximo aproveitamento de cada recurso que o ecossistema oferece, são as palavras-chave. O objetivo é reutilizar todos os componentes da natureza como alimento, de forma que resíduo para uma espécie é alimento para outra (PAULI, 1998).

A mudança do entendimento da relação do homem com o meio ambiente é um fator impulsionador de degradação ambiental. Há quem sustente que os povos que se sentem parte da natureza apresentam um comportamento mais prudente em relação ao meio ambiente e utilizam seus recursos com parcimônia e a crença de que a natureza existe para servi-lo contribuiu para o estado de degradação ambiental que hoje se observa (BARBIERI, 2004).

2.1.3 Ciclo industrial de produção

O conceito e a noção de resíduo são de certa forma, relativos, tanto no tempo, quanto no espaço, pois um valor de uso ou utilidade nulo para alguém pode corresponder a valores

totalmente diferenciados para outros. O estado de resíduo é provisório, transitório, dependente dos estados da economia, tecnologia e informação, além do contexto psicológico e sociológico, já que estes fatores também evoluem no tempo e no espaço (BIDONE, 2001). Entretanto a civilização industrial perturbou o fluxo natural de energia e rompeu o ciclo normal da matéria, pela produção de resíduos em quantidades sempre crescentes de produtos com alto grau de descartabilidade. O volume de resíduos descartados diariamente é aumentado de modo permanente pela obsolescência dos bens de consumo, levando a uma oferta cada vez maior de energia e matérias-primas, o que em longo prazo, fatalmente levará a um déficit insuperável de produtos de base para as atividades industriais e agrícolas (SCHNEIDER et al, 2001).

O processo de transformação industrial pelo qual passam as matérias-primas extraídas da natureza torna-se cada dia mais complexo pelo avanço da tecnologia, tornando muitas dessas transformações irreversíveis, o que somado à estrutura consumista do sistema social vigente, leva à geração contínua e crescente de resíduos descartáveis, exigindo uma política séria e estruturada sobre a problemática da origem e do destino final desses resíduos (SCHNEIDER et al, 2001).

A situação é constatada no setor produtivo, considerando que não existe processo industrial que resulte em aproveitamento total de insumos, de forma a não gerar algum tipo de resíduo. Os resíduos industriais variam de 65% a 75% do total de resíduos gerados em regiões mais industrializadas, havendo responsabilidade do gerador e prestador de serviço, quanto ao manejo e destinação dos mesmos (PHILIPPI JUNIOR, 2004).

Considerando o resíduo industrial como falha de produção em alguma etapa do processo e para tratar ou dispor corretamente estes resíduos, empresas preocupadas em enxugar seus custos, muitas vezes acabam por optar pela alternativa com maior atratividade

econômica, sem considerar possíveis implicações futuras, no tocante aos aspectos socioambientais e jurídicos.

O lançamento indevido de resíduos industriais, de diferentes fontes, ocasiona modificações nas características do solo, da água e do ar, podendo gerar contaminação, oferecendo ameaça à saúde do homem, plantas e animais, ou poluição quando modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio ambiente.

Para KINLAW *apud* MISSIAGGIA (2002), empresas com visão estratégica e de longo prazo tem como meta a melhoria de seu desempenho ambiental, considerando a sua responsabilidade com o meio ambiente, fator essencial para continuidade das operações e melhoria de competitividade. Em busca destes resultados, estas empresas desenvolvem novos processos produtivos, mudam suas embalagens, recuperam e reutilizam seus resíduos por programas de reciclagem de papel, de produtos químicos, plástico, água e outros.

2.1.4 Gestão de Resíduos Industriais

a) Panorama Internacional

Na Europa observam-se duas tendências relacionadas à gestão de resíduos: a) mudanças na regularização fruto da organização dos agentes envolvidos; b) responsabilidade das indústrias pelos resíduos gerados (LOPES, 2003).

A Alemanha gera 15,5 milhões de toneladas de resíduos perigosos por ano, tratados em 32 unidades de incineração, com capacidade unitária para tratar 1 milhão de toneladas por ano. Existem ainda 100 plantas de tratamento físico-químico com capacidade de 2,2 milhões de toneladas por ano, três aterros subterrâneos onde são dispostos 200 mil toneladas por ano e minas de sal desativadas que recebem anualmente 800 mil toneladas de resíduos.

A Dinamarca é o país europeu com a legislação mais avançada quanto à redução e o tratamento de resíduos, reuso e reciclagem, com práticas usadas desde a década de 60. Na França, cerca de 100 mil toneladas por ano de lixo perigoso provém da região de Paris, onde é priorizada a incineração em 74% dos resíduos sólidos. A política nesses locais se concentra nas medidas reguladoras (padrões de emissão, uso do solo, taxas ambientais sobre produtos) e pelo envolvimento da sociedade que recebe informações sobre o manejo dos resíduos para que haja um controle social das atividades (LOPES, 2003).

Na Suécia e Noruega foram criados sistemas de depósitos para a compra de automóveis novos que serão devolvidos ao final de sua vida útil, desde que os veículos sejam entregues em locais predeterminados para proceder ao desmanche e recuperar o material (BARBIERI, 2004).

Muitos países industrializados criaram leis para o gerenciamento de resíduos. Foi aprovada em 1980 a *European Economic Community Directive on Toxic and Dangerous Waste*; em 1986 a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – OCDE - aprovou a *Decision on the Export of Hazardous Waste from OCDE Countries*; em 1987 a *Cairo Guidelines and Principles for the Environmental Sound Management of Hazardous Waste* foi aprovada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (LORA apud ALMEIDA, 2005). A Diretiva 94/62 da Comunidade Européia é um exemplo da responsabilidade expandida dos produtores (BARBIERI, 2004).

b) Panoramas Nacional e Regional

No Brasil, a representatividade de resíduos perigosos, em 2005, foi de 3,8%, ocorrendo situação similar no estado do Paraná, considerando a participação de 4% de resíduos perigosos no total de resíduos industriais gerados (ABRELPE, 2005).

Tabela 1 - Resíduos sólidos industriais tratados/dispostos em 2005 (t/ano)

| UF | Perigosos | Não Perigosos | Total |
|-------------------|-----------|---------------|------------|
| São Paulo | 535.615 | 26.084.062 | 26.619.677 |
| Rio de Janeiro | 293.953 | 5.768.562 | 6.062.515 |
| Rio Grande do Sul | 205.326 | 1.430.364 | 1.635.690 |
| Paraná | 634.543 | 15.106.393 | 15.740.936 |
| Pernambuco | 12.622 | 1.329.861 | 1.342.483 |
| Goiás | 4.405 | 1.486.969 | 1.491.374 |
| Ceará | 115.238 | 393.831 | 509.069 |
| Minas Gerais | 828.183 | 14.337.011 | 15.165.194 |
| Total | 2.629.885 | 65.937.053 | 68.566.938 |

Fonte: ABETRE/ FGV e inventários do RSI (estados do Ceará e Minas Gerais)

É importante destacar que os números apresentados na tabela 1 consideram apenas alguns estados e as respectivas quantidades de resíduo coletadas. Subentende-se que as demais quantidades não coletadas, que podem estar espalhadas em lixões, rios, encostas e outros locais inapropriados, não estão contabilizadas, mas contribuem para a degradação ambiental e conseqüentes agravos à saúde pública.

A inexistência de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos cria uma lacuna que, pela da inexistência de dados oficiais, torna desconhecida a quantidade, o volume, os tipos, as formas de destinação e tratamento dos resíduos, fazendo com que a questão sobre os resíduos sólidos industriais seja tratada de maneira fragmentada.

Segundo pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE), o setor brasileiro de tratamento e disposição final de resíduos dispõe de 112 unidades receptoras (figura 2). É composto por aterros classe I e classe IIA, por cimenteiras licenciadas para realizar co-processamento, por unidades de blendagem para co-processamento, por incineradores industriais e por outras tecnologias. Deve ser considerado que algumas destas unidades receptoras, denominadas de Centrais de Tratamento de Resíduos, reúnem mais do que uma tecnologia as quais são distintas e diferenciadas. Neste segmento observa-se que existe predominância de aterros classes I e IIA, respondendo por 47% do setor, conforme a figura 2 mostra.

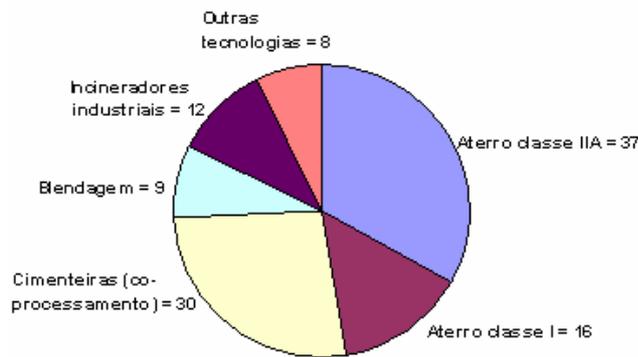


Figura 2: Alternativas disponíveis para tratamento e disposição final de resíduos

Fonte: Revista Saneamento Ambiental – novembro/dezembro de 2006.

Nas regiões sul e sudeste existe a maior concentração de aterros para resíduos industriais perigosos – classe I – de acordo com a referida pesquisa, evidenciada na figura 3.

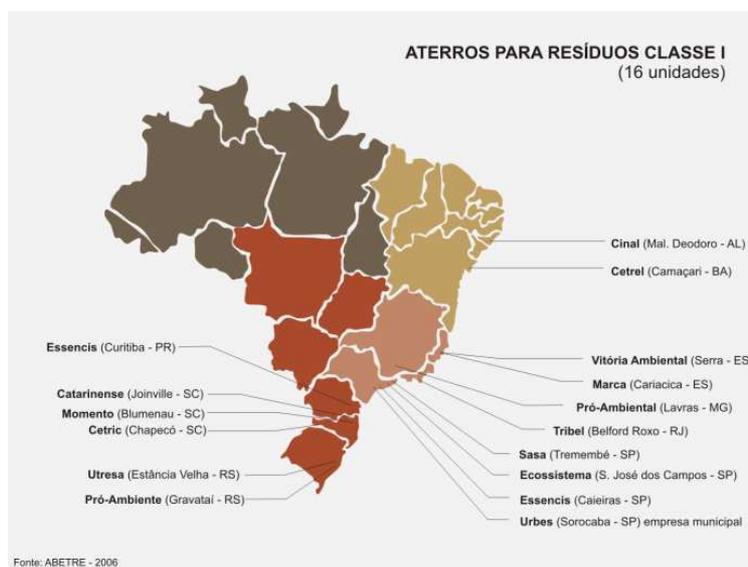


Figura 3: Localização geográfica dos aterros para resíduos de classe I

Fonte: Revista Saneamento Ambiental – novembro/dezembro de 2006.

A pesquisa ainda apontou que, no ano de 2005, cerca de 8,1 milhões de toneladas de resíduos receberam alguma forma de destinação final. Destes, 41%, ou seja, 3,3 milhões de

toneladas eram resíduos industriais, prevalecendo a disposição em aterros, conforme pode ser observado na figura 4.

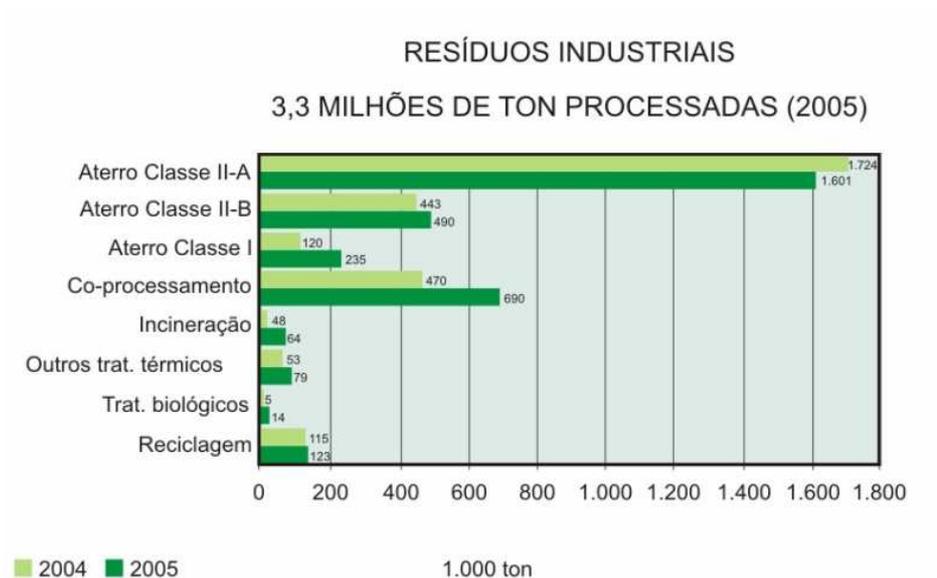


Figura 4: Resíduos industriais tratados em 2005

Fonte: Revista Saneamento Ambiental – novembro/dezembro de 2006.

Do total de 5.560 municípios brasileiros, a coleta de resíduos industriais é realizada somente em 674 destes e a incineração é a forma de tratamento utilizada em 45 destes municípios. Em se tratando de disposição final, 58 municípios encaminham seus resíduos industriais para aterros de resíduos especiais, mas os resíduos industriais gerados na maioria dos municípios são dispostos junto aos demais resíduos, em lixões e aterros sanitários, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Outra pesquisa realizada em 2002 pelo IBGE, a MUNIC 2002, aponta que cerca de 5.400 municípios brasileiros não possuem aterro industrial dentro de seus limites territoriais, utilizando-se de outras formas para dispor seus resíduos. Tal situação é confirmada pela do relatório Perfil dos Municípios Brasileiros, realizado em 2002 pelo IBGE, o qual aponta como predominância, no destino final para resíduos perigosos, a disposição a céu aberto dentro do próprio município, similaridade observada tanto em termos nacionais, como na região Sul, conforme demonstrado na figura 5.

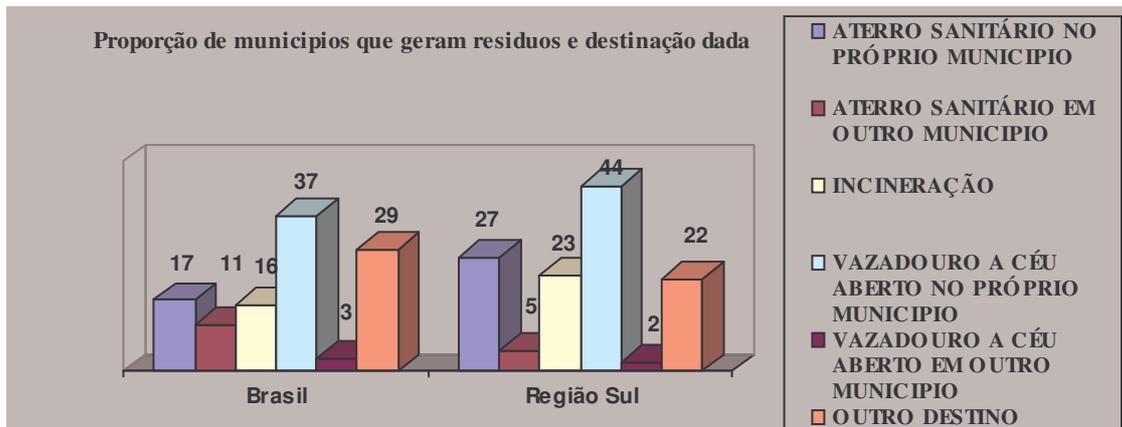


Figura 5: Geração de resíduos industriais perigosos e destinação no Brasil e na Região Sul.

Fonte: Perfil dos municípios brasileiros – Meio Ambiente 2002 IBGE.

Para reverter este cenário, que traz graves consequências ambientais e sérios riscos para a saúde da população, gestores municipais e industriais precisam desenvolver e implementar mecanismos para reduzir, tratar e dispor corretamente os resíduos que geram.

c) Panorama Setorial – Setor Elétrico Nacional

Analisando-se o setor elétrico nacional, realizado por meio de consultas em páginas eletrônicas de nove empresas, foi verificada ausência de dados quantitativos. Os dados qualitativos, escolhidos devido à disponibilidade encontrada em empresas, são apresentados a seguir:

A Companhia Energética de Minas Gerais¹ – CEMIG – é a concessionária de energia elétrica do estado de Minas Gerais, a qual vem implementando ao longo dos anos uma

¹ Disponível em www.cemig.com.br. Acesso em 05ago2006

política que objetiva a prática de cuidados ambientais, com destaque para a reciclagem de materiais. Abaixo o gerenciamento de alguns resíduos:

- Lâmpadas a vapor de sódio, de mercúrio e mistas são encaminhadas para descontaminação em empresas especializadas;
- Baterias veiculares são enviadas aos fabricantes para serem reaproveitadas, gerando economia na aquisição de baterias novas;
- A sucata de chumbo é vendida para ser reciclada e reutilizada;
- A reciclagem do óleo isolante é realizada nas oficinas da CEMIG onde o óleo é regenerado e reaproveitado nos equipamentos em manutenção e nos novos. A central de óleo isolante tem como função a triagem e o encaminhamento do óleo isolante de equipamentos no final de sua vida útil para a regeneração ou venda para empresas especializadas;
- Sucatas de poste de concreto são doadas para entidades assistenciais, onde a reciclagem permite o reaproveitamento total das ferragens e do concreto dos postes, que são transformados em tijolos e briquetes para a construção de casas populares e a compactação do solo.

Por uma parceria com a prefeitura municipal, isoladores de porcelana são reaproveitados para a construção e confecção de pisos, bancos de praça e mesas. A ferragem é vendida como sucata às siderúrgicas, para ser reciclada. Mensalmente, são destinadas 10 toneladas de porcelana britada para serem recicladas. A política da empresa dita que todo o material pode ser reaproveitado, desde que o custo para isso não supere 40% do custo de um mesmo material ou equipamento novo.

Centrais Elétricas de Santa Catarina² – CELESC - concessionária de energia elétrica do Estado de Santa Catarina tem como palavras-chave reciclar e reusar. Implantou o “Programa

² Disponível em www.celesc.com.br. Acesso em 03ago2006

de Gestão de Resíduos” para os resíduos resultantes de atividades, obras e serviços da empresa, subdividido em:

- Sub-Programa Descontaminação de Lâmpadas - As lâmpadas fluorescentes, de luz mista e de vapor de sódio são encaminhadas para descontaminação por empresas especializadas e licenciadas ambientalmente para tal fim.
- Sub-Programa Pré-Seleção e Coleta de Papel Reciclável - Os papéis resultantes das atividades administrativas são doados à entidades assistenciais, que os reciclam e os reutilizam.
- Sub-Programa Tratamento de Bifenilas Policloradas (PCBs) - a CELESC vem constantemente substituindo os equipamentos contendo óleo ascarel e encaminhando os equipamentos descartados para empresas especializadas no seu tratamento e destinação.

O grupo **CPFL**³, presente nos estados de São Paulo, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, estruturou em 2003 o “Programa Cadeia Reversa”, objetivando a recuperação de alguns de seus principais resíduos, de forma que possam ser reutilizados na companhia.

Para os demais materiais foram estabelecidos procedimentos específicos:

- Equipamentos com PCBs são encaminhados para incineração;
- Lâmpadas queimadas são encaminhadas para descontaminação e reciclagem;
- Materiais ferrosos e não-ferrosos, transformadores de distribuição, luminárias, cruzetas, postes de concreto, de ferro e de madeira, escadas, são encaminhadas como sucata para processo de alienação.

A **Rio Grande Energia**⁴ (RGE) é a distribuidora de energia elétrica da região norte-nordeste do estado do Rio Grande do Sul. O principal foco do “Projeto Logística Reversa” é relativo

³ Disponível em www.cpfl.com.br. Acesso em 03ago2006

aos materiais e equipamentos retirados das redes de distribuição de energia da RGE, tais como: postes de madeira e concreto, isoladores, cabos condutores, chaves faca e fusível, entre outros. Abrange também resíduos administrativos, provenientes da frota de veículos e equipamentos de proteção individual e coletiva.

Os principais objetivos do projeto são:

1. Reaproveitar os equipamentos e materiais retirados e ainda possuem condições operacionais adequadas.
2. Reparar equipamentos danificados para reuso, reduzindo a geração de resíduos;
3. Dar destino ambiental adequado para os materiais e equipamentos que não podem ser reutilizados ou consertados pela RGE;
4. Economizar recursos pela reutilização e reciclagem de materiais retirados.

Em 2005, o projeto recuperou 9% do material e encaminhou para a reciclagem 91% do total de 6.182 toneladas.

A **Elektro Energia**⁵ atua em parte do Estado de São Paulo, presente nas cidades de Andradina, Atibaia, Guarujá, Itanhaém, Limeira, Rio Claro, Tatuí e Votuporanga. Possui uma política ambiental bem delineada ao desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gestão Ambiental - SGA, que permite minimizar e controlar os impactos ambientais. Implantou o “Programa de Gestão de Resíduos” com o objetivo de eliminar ou reduzir desperdícios em seu processo produtivo e destinar adequadamente os resíduos os rejeitos gerados. O Guia de Resíduos foi disponibilizado aos colaboradores, parceiros e fornecedores e fornece informações e instruções básicas sobre os procedimentos para o descarte dos resíduos gerados na empresa.

⁴ Disponível em www.rge.com.br. Acesso em 05ago2006

⁵ Disponível em www.elektro.com.br. Acesso em 04ago2006

Entre os seus princípios ambientais, **a AES Eletropaulo**⁶, que distribui energia elétrica para 24 municípios da região metropolitana de São Paulo, incluindo a capital, estabelece o gerenciamento de emissões e a prevenção como formas de evitar a poluição, reduzir, reaproveitar, reciclar e destinar corretamente o material descartado pela empresa. O “Programa Reciclando” tem como objetivo separar, em coletores seletivos, o resíduo reciclável e o não-reciclável produzido pela companhia, sendo toda a receita oriunda da venda de material reutilizável revertida para os programas beneficentes da empresa. Os resíduos que fazem parte da coleta seletiva são: plástico, papel, papelão, vidro, metal, cartuchos, tonalizantes, baterias de celular, rádio ou equipamentos de informática. Todos os materiais são tratados, acondicionados e armazenados conforme o Guia de Gerenciamento de Resíduos, documento interno disponível no Sistema de Gestão Ambiental. Os resíduos gerados na coleta seletiva são vendidos apenas para empresas especializadas em reciclagem, como forma de garantir que sua destinação não será feita de forma inadequada, evitando-se possíveis impactos ambientais.

A COELBA⁷, do Grupo Neoenergia, concessionária de energia presente no Estado da Bahia, implantou a coleta seletiva e como resultado do programa, doa os resíduos sólidos recicláveis gerados (papelão, plástico, garrafas PET, latas de alumínio, sucata ferrosa, entre outros materiais recicláveis) para cooperativas, contribuindo assim para a geração de trabalho e renda, além de reduzir a pressão sobre os aterros sanitários. O volume de recicláveis ultrapassou 13 mil quilos e proporcionará à COELBA obter o Selo Amigo Catador, que tem como objetivo sensibilizar a sociedade para o reconhecimento da importância do trabalho do catador, estimulando a realização da coleta seletiva pelas cooperativas. Em 2005, em

⁶ Disponível em www.eletropaulo.com.br. Acesso em 05ago2006

continuidade a estratégia de reduzir o uso de cruzetas de madeira nativa, aumentou o uso de cruzetas de concreto e iniciou projeto para desenvolver uma cruzeta de madeira reflorestada, testando seu desempenho mecânico e avaliando toda a cadeia produtiva. Implantou também o processo de reciclagem de resíduos como: transformadores de distribuição, medidores de energia, óleo mineral isolante, baterias chumbo ácida, lâmpadas de descarga, baterias de celulares, religadores e disjuntores. Os demais materiais como aço galvanizado, ferro puro, cobre, bronze, alumínio, chumbo, plástico, cruzetas de madeira, postes de concreto e de ferro, são considerados como sucata, porém não são divulgados os encaminhamentos adotados.

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco⁸ - CHESF - é uma empresa de economia mista controlada pela Eletrobrás. Sediada em Recife, atende parte dos estados do Piauí (PI), Ceará (CE), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Bahia (BA), Distrito Federal (DF) e São Paulo (SP). No que concerne ao manejo de resíduos perigosos, vem implementando procedimentos e estabelecendo normas para manuseio, operação, manutenção, transporte, armazenamento e descarte final de seus passivos ambientais, de modo a assegurar o atendimento às exigências da Legislação Ambiental vigente no país. Realiza o descarte de 100% do passivo de ascarel, 85% do passivo de baterias de chumbo-ácido das gerências regionais, 100% do passivo de bauxita contaminada com óleo mineral, 20% do passivo de agrotóxicos dos Projetos Irrigados e 100% do passivo de óleo isolante. Também realiza campanhas de divulgação de instruções normativas sobre baterias e ascarel, nas suas diversas gerências de operação, contribuindo para a disseminação de uma consciência ambiental entre os funcionários da empresa.

⁷ Disponível em www.coelba.com.br. Acesso em 03ago2006

⁸ Disponível em www.chesf.gov.br. Acesso em 03ago2006

A Companhia Paranaense de Energia⁹ - COPEL - foi criada pelo Decreto n° 14.947 de 26 de outubro de 1954, tendo como base principal para a integralização de seu capital o Fundo Estadual de Eletrificação. Com o Decreto n° 1.412, de 1956, passou a centralizar todas as ações governamentais de planejamento, construção e exploração dos sistemas de produção, transmissão, transformação, distribuição e comércio de energia elétrica e serviços correlatos, tendo incorporado todos os bens, serviços e obras em poder de diversos órgãos. Pessoa jurídica de direito privado, é uma sociedade de economia mista, localizada na região sul do Brasil, com concessão do governo federal para atuar no Estado do Paraná nos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e no segmento de telecomunicações e está presente em 393 municípios e 1.111 localidades. A companhia abriu seu capital ao mercado de ações Bovespa (abril de 1994), tornou-se a primeira empresa do setor elétrico brasileiro a ser listada na Bolsa de Valores de Nova York (julho de 1997) e tem sua marca presente na Comunidade Econômica Européia, com seu ingresso na Latibex, o braço latinoamericano da Bolsa de Valores de Madri, desde junho de 2002. Possui um parque gerador próprio, que responde pela produção de aproximadamente 4,6% da eletricidade gerada no Brasil, composto por 17 usinas hidrelétricas, 1 usina termelétrica, 369 subestações e atende 2,6 milhões de consumidores residenciais, 57 mil indústrias, 279 mil estabelecimentos comerciais e 330 mil propriedades rurais. O quadro funcional da companhia é composto por 10.908 colaboradores, considerados empregados, estagiários, terceirizados e menores aprendizes (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2005).

A preocupação com o desenvolvimento sustentável é objeto constante da missão, da visão, do planejamento empresarial e de acordos firmados pela COPEL, como a assinatura do Pacto Global, junto à Organização das Nações Unidas, o qual tem como objetivo mobilizar as empresas, em conjunto com outros atores sociais, para contribuir na construção de uma

⁹ Disponível em www.copel.com. Acesso em 03ago2006

economia global mais inclusiva e sustentável (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2005).

A empresa possui estabelecido um programa de avaliação e alternativas para gestão de resíduos, efluentes e emissões em suas usinas geradoras de energia, denominado Programa ZERE, entretanto nos demais processos operacionais (distribuição, transmissão e telecomunicações) e administrativos são gerados outros tipos específicos de resíduos, como postes de madeira e de concreto, sucatas de ferro e aço, isoladores, transformadores, pneus, materiais poliméricos em geral, papéis inservíveis, plásticos diversos (MENDES; ALBERTI; LUDWIG, 2003) Resíduos perigosos gerados como estopas contaminadas com óleo, transformadores contaminados com ascarel, lâmpadas de iluminação pública e lâmpadas fluorescentes que contem mercúrio, são devidamente encaminhados para empresas especializadas nos tipos específicos de tratamento. O controle de resíduos industriais (classe II) é realizado pelos almoxarifados e direcionados para venda por meio de licitações públicas semestrais (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2005).

2.2 TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Leite (2002) conceitua metais pesados, de acordo com dois pontos de vista. Do ponto de vista químico conforme conceitos inseridos na Tabela Periódica dos Elementos, de acordo com relações ou propriedades (densidade absoluta, ponto de fusão, volume e raio atômico), que consideradas, levam ao denominado “Pesado”. Do ponto de vista biológico, classificação diretamente ligada ao ecossistema e à saúde humana, considerando sua acumulação no organismo biológico gerando toxidez, podendo ser categorizados como metais essenciais e não essenciais.

Os organismos vivos requerem pelo menos 27 elementos; destes 15 são metais. Absorvidos pelo organismo, que não apresenta a mesma capacidade para eliminá-los, são bioacumulados, isto é, se acumulam e são potencialmente transmitidos para toda a cadeia alimentar. Existem metais que são essenciais em maiores quantidades: potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na) e cálcio (Ca), outros em quantidades menores: manganês (Mn), ferro (Fe), cobalto (Co), cobre (Cu), zinco (Zn) e molibdênio (Mo) e alguns em quantidades traço: vanádio (V), cromo (Cr), estanho (Sn), níquel (Ni) e alumínio (Al). As quantidades maiores são necessárias para equilibrar as cargas elétricas associadas com macromoléculas orgânicas negativamente carregadas existentes na célula e também para manter a pressão osmótica dentro da célula e impedir seu colapso (TOMA, 1999).

Mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e arsênio (As) são os metais pesados que apresentam mais incidência de riscos ambientais devido ao uso intenso, toxicidade e ampla distribuição (BAIRD, 2002; LEITE, 2002).

“Além do mercúrio ser altamente tóxico, esses quatro metais são perigosos nas suas formas catiônicas e também quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono. Do ponto de vista bioquímico, o mecanismo de sua ação tóxica deriva da forte afinidade dos cátions pelo

enxofre. Os grupos sulfidrila, que ocorrem comumente nas enzimas que controlam a velocidade de reações metabólicas de importância crítica no corpo humano, ligam-se rapidamente aos cátions de metais pesados ingeridos ou a moléculas contendo tais metais. Pelo fato de a ligação resultante metal-enxofre afetar a enzima como um todo, ela não pode atuar com normalidade, e, em consequência, a saúde humana vê-se afetada de maneira desfavorável, às vezes fatal.” (BAIRD, 2002).

As emissões de material orgânico, de nutrientes e metais pesados para os rios, baías e praias, as emissões de material particulado e gases para a atmosfera, a gestão inadequada de resíduos industriais, poluem e contaminam o ar, o solo, as águas superficiais e subterrâneas (IBGE, 2002).

Compostos orgânicos tóxicos são substâncias orgânicas identificadas em agrupamentos químicos como organoclorados, aminas aromáticas, aromáticos, polinucleares, pesticidas, nitrosaminas, ftalo-ésteres, éteres e compostos organo-metálicos. Desenvolvem efeitos tóxicos carcinogênicos, teratogênicos ou mutagênicos, são bioacumulativos e persistentes com relação ao meio em que se encontrarem.

Hidrocarbonetos aromáticos têm por base possuir um anel benzênico em sua estrutura química. O benzeno é líquido, inflamável, incolor e tem um aroma doce e agradável. É um composto tóxico e carcinogênico, cujos vapores, se inalados, causam tontura, dores de cabeça e até mesmo inconsciência. É uma substância usada como solvente (de iodo, enxofre, graxas, ceras, etc.) e matéria-prima básica na produção de muitos compostos orgânicos importantes como fenol, anilina, trinitrotolueno, plásticos, gasolina, borracha sintética e tintas. O tolueno ou metil benzeno é a matéria prima a partir da qual se obtém derivados do benzeno, caprolactama, sacarina, medicamentos, corantes, perfumes, TNT e detergentes. É adicionado aos combustíveis e como solvente para pinturas, revestimentos, borrachas, resinas, diluente em lacas nitrocelulósicas e em adesivos. O tolueno é um líquido incolor com um odor característico e ocorre na forma natural no petróleo e na árvore tolú. Também é produzido durante a manufatura da gasolina e de outros combustíveis a partir do petróleo cru e na

manufatura do coque a partir do carvão. O xileno é o conjunto de compostos dimetil benzeno, onde a diferença é a posição relativa dos radicais metil. Possuem ponto de ebulição, densidade e ponto de fusão ligeiramente diferentes, sendo usados como solventes e precursores de outros produtos químicos, sendo encontrados no alcatrão e no petróleo. Baird (2002) destaca ainda o cuidado acerca do uso de produtos sintéticos organoclorados e poluentes orgânicos persistentes, utilizados na fabricação de pesticidas, inseticidas, herbicidas, fungicidas, bem como os efeitos de dioxinas, de furanos e de bifenilas policloradas na saúde e no meio ambiente.

Segundo Leite (2002), Mothé e Azevedo (2002), Ewing (2001), para realizar a análise quali-quantitativa das substâncias tóxicas e metais pesados que possam estar presentes nos resíduos industriais, utilizam-se as técnicas analíticas descritas no quadro 1:

Quadro 1: Técnicas instrumentais de maior aplicabilidade

| Análise | Objeto da análise |
|---|--------------------------|
| Espectrometria de Massas | Orgânicos |
| Cromatografia Gasosa e Líquida | |
| Espectrometria na região do infravermelho | Metais |
| Espectrometria de Absorção Atômica de Chama | |
| Técnicas Termogravimétricas | |
| | Orgânicos e metais |

Fonte: a autora.

Espectrometria de Massas

Espectrometria de massas é uma técnica instrumental que envolve o estudo na fase gasosa de moléculas ionizadas que objetiva a determinação da massa molecular, a caracterização estrutural, o estudo da reatividade em fase gasosa e a análise qualitativa e quantitativa dos componentes de uma mistura.

O espectrômetro de massas é um instrumento que seleciona moléculas de gás carregadas de acordo com suas massas e como resultado oferece informação qualitativa e quantitativa sobre a composição atômica e molecular de materiais inorgânicos e orgânicos.

Os espectros de massas são utilizados para identificar um composto e para produzi-lo são utilizadas técnicas nas quais os íons, geralmente positivos, são gerados por colisão de elétrons, que se movem rapidamente com as moléculas do gás a ser analisado. No espectrômetro de massas as moléculas são bombardeadas com um feixe de elétrons de alta energia, ionizando-se e dissociando-se em muitos fragmentos. Cada espécie de íons possui determinado valor da razão da massa pelo número de carga.

Podem-se obter espectros de massas para amostras sólidas assim como para gases e líquidos voláteis, tanto por volatilização direta, como por pirólise. Se a amostra apresentar pressão de vapor apreciável, ela é introduzida no instrumento por difusão através do escape, orifício de tamanho extremamente pequeno. Se não for volátil, se vaporizará uma pequena porção com um arco elétrico ou faísca por aquecimento (por laser ou por outros processos).

Pequenas unidades sem capacidade de varredura possuem largo uso como detectores de escape. Outra aplicação para espectrômetros de intervalo de massas limitado é como analisador de gás residual, podendo determinar não apenas a pressão total residual em uma câmara evacuada, como também a pressão parcial de cada gás presente. Existem vários tipos de espectrômetros de massa: Espectrômetros de focalização eletromagnética, espectrômetros de tempo de trânsito, espectrômetros de massas quadrupolar e espectrômetros de radiofrequência (EWING, 2001).



Figura 6: Espectrômetro de massas

Fonte: Laboratório de Espectrometrias de Massas do Instituto de Química da UNICAMP

Cromatografia Gasosa e Líquida

Cromatografia é um processo de separação, cuja aplicação permite a análise qualitativa ou quantitativa de uma amostra. A cromatografia permite separar constituintes de uma mistura através de sua distribuição por uma fase estacionária (fixa) e outra fase móvel. Durante a passagem da fase móvel sobre a fase estacionária, os componentes da mistura são distribuídos entre as duas fases, de tal forma que cada um dos componentes é seletivamente retido pela fase estacionária, resultando em migrações diferenciais destes componentes (PERES, 2002). A cromatografia pode ser utilizada para a identificação de compostos, por comparação com padrões previamente existentes, para a purificação de compostos, separando-se as substâncias indesejáveis e para a separação dos componentes de uma mistura (COLLINS et al 1997). As principais técnicas cromatográficas são listadas no quadro 2.

Quadro 2: Principais técnicas cromatográficas

| Tipo | Características e funcionalidades principais |
|---|--|
| Cromatografia em camada delgada (TLC) | A retenção das substâncias deve-se à absorção sofrida na superfície da fase estacionária, uma camada fina formada por um sólido granulado (sílica, alumina, poliamida, etc.) depositado sobre uma placa de vidro, alumínio ou outro suporte inerte. |
| Cromatografia em papel (CP) | A retenção das substâncias é devida à partição das duas fases líquidas, uma móvel e outra estacionária, sendo esta constituída pelo líquido absorvido no papel. Encontra-se bastante difundida devido à sua facilidade experimental e ao seu baixo custo. |
| Cromatografia Gasosa (CG) | A fase estacionária da cromatografia gasosa é um material, líquido ou sólido, que propicia a separação da mistura por processos físicos e químicos. A fase estacionária líquida é um líquido pouco volátil que recobre um suporte sólido, separando as substâncias presentes na amostra através das diferenças de solubilidade e volatilidade. Como fase móvel é utilizado um gás (os mais utilizados são o hélio (He), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e argônio (Ar)), denominado gás de arraste, que transporta a amostra através da coluna de separação até o detector, onde os compostos separados são detectados. |
| Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) | A sua fase móvel é um solvente que respeite algumas características impostas por esse método analítico (os mais utilizados são água, metanol e acetonitrila), sendo a principal característica é que dissolva a amostra sem qualquer interação química entre ambas. Esta fase deve ter alto grau de pureza ou ser de fácil purificação, para que se possa fazer análises de alta sensibilidade, pois as impurezas podem interferir na detecção do analito por ultravioleta (UV). A fase móvel deve ser compatível com o detector empregado e possuir polaridade adequada para permitir uma separação conveniente dos componentes da amostra. Como fase estacionária utiliza-se sólidos ou semirígidos, cujas partículas porosas esféricas ou irregulares apresentam diferentes diâmetros e suportam pressão até 350 bar. |

Fonte: PERES, 2002.

A cromatografia pode desempenhar um papel valioso em combinação com outra técnica instrumental que possa receber amostras gasosas ou líquidos voláteis, e, que seja compatível em velocidade. As mais importantes técnicas são: espectrometria de massa e espectrometria de infravermelho (EWING, 2001).

Espectrometria na região do infravermelho

Nesta técnica é usada a região do infravermelho do espectro eletromagnético, situada entre as regiões do visível e das microondas (LEITE, 2002).

Seus resultados são de grande importância na análise orgânica qualitativa para identificar um composto, investigar a composição de uma amostra, determinar a pureza e quantificação de substâncias orgânicas, realizar o controle e o acompanhamento de reações e processos de separação. A redução no tempo de análise, a diminuição substancial nas quantidades de amostra, a ampliação da capacidade de identificar ou caracterizar estruturas complexas, a não destruição da amostra e a possibilidade de acoplamento com métodos modernos de separação, como a cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR) e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), são algumas vantagens apresentadas por esta técnica (LOPES, 2003).

As ligações químicas das substâncias possuem frequências de vibração específicas que correspondem a níveis de energia da molécula, dependendo da forma da superfície de energia potencial da molécula, da geometria molecular, das massas dos átomos e eventualmente do acoplamento vibrônico. Se a molécula receber luz com a mesma energia de uma dessas vibrações, a luz será absorvida. Para que uma vibração apareça no espectro, a molécula precisa sofrer uma variação no seu momento dipolar durante essa vibração. Como os espectros de infravermelho são provocados pelos diferentes modos de vibração e rotação de uma molécula, são considerados como a impressão digital do composto (LEITE, 2002).

Pela comparação dos valores de energia da radiação infravermelha para os quais há absorção, é possível identificar as moléculas ou os tipos de moléculas presentes nas amostras.

Espectrometria de Absorção Atômica de Chama

A Espectrometria de Absorção Atômica de Chama é uma importante ferramenta analítica para identificar e quantificar as várias espécies metálicas (elementos traço) nas

diversas amostras de interesse ambiental, ou seja, é um método de análise usado para determinar qualitativamente e quantitativamente a presença de metais (CETESB, 2004).

Esta técnica baseia-se na medida da absorção da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de luz, por átomos gasosos no estado fundamental, os quais são produzidos no nebulizador-queimador após nebulização da amostra aquosa. A quantidade de radiação absorvida é medida pela diferença entre o sinal transmitido na presença e na ausência do elemento a ser determinado. O método consiste em determinar a presença e quantidade de um determinado metal em uma solução qualquer, usando como princípio a absorção de radiação ultravioleta por parte dos elétrons que, ao sofrerem um salto quântico depois de devidamente excitados por uma chama de gás acetileno a 3.000 graus celsius, esses devolvem a energia recebida para o meio, voltando assim para a sua camada orbital de origem (CETESB, 2004).

A espectrometria de absorção atômica de chama é um método de doseamento de elementos presentes em solução que se baseia no fato dos átomos dos diferentes elementos absorverem energia a comprimentos de onda característicos e de absorvância, A , ser proporcional à concentração atômica (lei de Beer): $A = k l c$, onde:

c = concentração da espécie absorvente;

k = absortividade para um dado comprimento de onda, característica da espécie;

l = percurso óptico, no caso concreto da absorção atômica, corresponde à largura da chama.

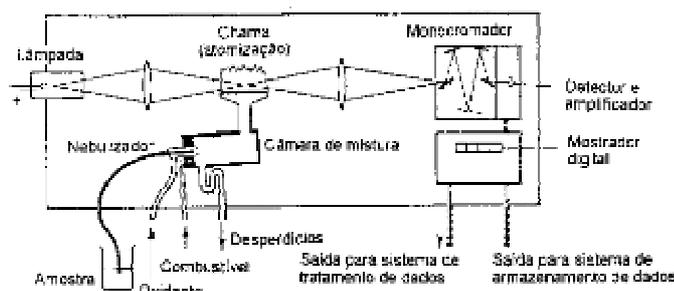


Figura 7 – Esquema técnico de Espectrometria de Absorção Atômica de Chama
Fonte: CETESB, 2004.

Para o efeito, a solução a analisar é aspirada e, no nebulizador é convertida num aerossol. Durante esse processo, ocorre simultaneamente uma mistura da amostra com um gás combustível (habitualmente o acetileno) e com um gás oxidante (geralmente o ar ou o óxido nítrico). A fração da mistura constituída por gotas com uma adequada distribuição de tamanhos ($\sim 10 \mu\text{m}$ ou menos) é depois conduzida para o queimador. Devido à elevada temperatura da chama ($\sim 2300 \text{ K}$ ou $\sim 3200 \text{ K}$, respectivamente, para a chama de ar/acetileno e para a chama de óxido nítrico/acetileno), o solvente é evaporado e as pequenas partículas que se formam são fundidas e vaporizadas. O vapor é constituído por uma mistura de compostos que tendem a decompor-se em átomos. Estes são sujeitos a uma fonte de radiação adequada (normalmente, lâmpada de cátodo oco correspondente ao elemento que se pretende dosear) e medida a absorção a um determinado comprimento de onda (CETESB, 2004).

Técnicas Termogravimétricas

A Análise Termogravimétrica baseia-se no estudo da variação de massa de uma amostra, resultante de uma transformação física (sublimação, evaporação, condensação) ou química (degradação, decomposição, oxidação) em função do tempo ou da temperatura. Na termogravimetria dinâmica, tipo mais usual de termogravimetria, a amostra é aquecida em um ambiente no qual a variação de temperatura está programada em velocidade linear. É amplamente aplicada aos problemas analíticos nos campos da metalurgia, tintas, cerâmicos, mineralogia, bioquímica, geoquímica, alimentos e outros, viabilizando a sua utilização na caracterização e determinação de umidade de diversos materiais (MOTHÉ; AZEVEDO, 2002).

Quadro 3 : Algumas aplicações da Termogravimetria

| Aplicações |
|--|
| Adsorção e curvas de dessorção. |
| Calcinação e sinterização de minerais. |
| Corrosão de metais em atmosfera variada. |
| Decomposição de materiais explosivos. |
| Decomposição térmica de pirólise de materiais orgânicos, inorgânicos e biológicos. |
| Degradação oxidativa térmica de substâncias poliméricas. |
| Desenvolvimento de procedimentos analíticos gravimétricos (peso constante) |
| Destilação e evaporação de líquidos. |
| Determinação de pressão de vapor e entalpia de vaporização de aditivos voláteis |
| Determinação de umidade, voláteis e conteúdo de cinzas. |
| Diagrama de fase e não estequiométrico envolvendo atmosfera |
| Estudo de cinética de reação envolvendo espécies voláteis. |
| Estudos de desidratação e higroscopicidade. |
| Identificação de polímeros e intermediários. |
| Razões (taxas) de evaporação e sublimação. |
| Reações no estado sólido que desprendem voláteis. |
| Propriedades magnéticas, isto é, temperatura de cura, susceptibilidade magnética. |

Fonte: MOTHÉ; AZEVEDO, 2002.

Lixiviação e solubilização

A norma ABNT NBR 10.004:2004 considera como técnicas analíticas de ensaio adequadas, os métodos SW 846 da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - *USEPA* – e, quando disponíveis, os métodos nacionais equivalentes.

A publicação de Resíduos Sólidos-846 (SW 846) *USEPA*, intitulada Metodologia para Avaliação de Métodos Físico Químicos de Resíduos Sólidos, é um conjunto oficial e atual de métodos de amostragem e de análises, avaliado para uso em consonância com as regulamentações da Lei de Recuperação e Conservação de Recursos (RCRA). O manual funciona inicialmente como um documento orientativo, o qual estabelece metodologias para a coleta e testes de amostras representativas de resíduos e outros materiais a serem monitorados. Aspectos de amostragem e testes incluem o controle de qualidade, a implementação e o

desenvolvimento de planos de amostragem, análises de constituintes inorgânicos e orgânicos, a estimativa das propriedades físicas intrínsecas e a avaliação das características do resíduo.

Os procedimentos descritos neste manual foram idealizados para serem abrangentes e detalhados levando em conta que problemas encontrados nas situações de análise e amostragem requerem certa dose de flexibilidade. As soluções destes problemas dependerão, em parte, de habilidade, de treinamentos e experiências do analista. Para algumas situações é possível usar o manual como um modelo de roteiro, em outras situações será requerido uma combinação de habilidades técnicas e a utilização do manual, além de um passo-a-passo.

O capítulo oito da norma *USEPA* trata de métodos para determinação de características. Relaciona os procedimentos definidos pelo método, onde o resultado analítico é completamente dependente do processo usado para realizar a medição, conforme o quadro 4. Exemplos incluem o uso de procedimentos de lixiviação quanto às características de toxicidade para preparar a lixívia.

Quadro 4: Característica analisada e métodos indicados.

| CARACTERÍSTICA | MÉTODOS INDICADOS |
|----------------|--|
| Infamabilidade | Método 1010A: Métodos de Teste para Ponto de Fulgor Pensky-Martens Testador de Copo Fechado Método 1020B: Métodos de Teste Padrão para Ponto de Fulgor Setaflash (pequena escala) |
| Corrosividade | Método 9040C: Medição Eletrométrica de pH Método 1110A: Corrosividade em Contato com o Aço |
| Toxicidade | Método 1310B: Procedimento de Extração para Método de Teste de Toxicidade e Teste de Integridade Estrutural Método 1311: Procedimento de Lixiviação quanto às características de Toxicidade |

Fonte: a autora.

A ABNT normatizou os procedimentos específicos de lixiviação e solubilização, as quais estão relacionados no quadro 5 a seguir:

Quadro 5: Métodos de ensaio normatizados pela ABNT NBR 10.004:2004

| TÉCNICA | NORMATIZAÇÃO | OBJETIVO DA NORMA |
|---------------|-----------------|--|
| Lixiviação | NBR 10.005:2004 | Fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10004 como classe I – perigosos - e classe II – não perigosos. |
| Solubilização | NBR 10.006:2004 | Fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10004 como classe I – perigosos - e classe II – não perigosos. |

Fonte: a autora

Compõem a norma ABNT NBR 10.004:2004, oito listagens, as quais descrevem o resíduo, o código de sua classificação, o constituinte perigoso e a característica de periculosidade. Estas listagens, além das técnicas anteriormente descritas, possibilitam a classificação do resíduo, conforme se observa no quadro 6:

Quadro 6: Listagens para classificação de resíduo.

| ANEXO | OBJETO DA ANÁLISE |
|-------|---|
| A | Resíduos perigosos de fontes não específicas. |
| B | Resíduos perigosos de fontes específicas. |
| C | Substâncias que conferem periculosidade ao resíduo. |
| D | Substâncias agudamente tóxicas. |
| E | Substâncias tóxicas. |
| F | Limite máximo por conteúdo de um extrato obtido no teste de lixiviação. |
| G | Padrões para teste de solubilização. |
| H | Codificação de alguns resíduos classificados como não-perigosos. |

Fonte: NBR 10.004:2004.

2.3 TÉCNICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

2.3.1 Disposição inadequada de resíduos industriais e suas conseqüências

Segundo Pesquisa de Informações Básicas Municipais em 38% dos municípios brasileiros houve registros de poluição freqüente do recurso água (nascentes, águas subterrâneas, rios, lagos, lagoas, enseadas, represas, açudes, baías, mares), sendo as regiões Sul e Sudeste as regiões que apresentaram resultados mais elevados, de 45% e 43% respectivamente. Houve contaminação de solo em 33% dos municípios brasileiros, predominantemente em 50% na região Sul e 34% na região Sudeste (IBGE, 2002).

Nesse contexto a disposição de resíduos industriais responde por 10% dentre as possíveis causas. A proporção de municípios afetados por algum tipo de contaminação de solo por disposição inadequada de resíduos industriais aumenta de acordo com as faixas populacionais, fato esse apontado em 59% dos municípios com população maior que 500.000 habitantes (IBGE, 2002).

Os procedimentos de eliminação de resíduos, segundo Bidone (2001), visam globalmente a dois objetivos: estocagem e tratamento. Na estocagem objetiva-se impedir que se realizem trocas entre o resíduo e o meio natural, de forma que quanto mais estável for esse resíduo menor será a troca. Já no tratamento busca-se modificar as propriedades físicas, químicas e biológicas do resíduo.

As alternativas para a disposição final e para o tratamento de resíduos industriais segundo Silveira (2004), Barbieri (2004), Trigueiro (2003), Braga (2005), Baird (2002), Sisino (2003), Formosinho (2000), Lora (2000), Rodrigues (2005), Maringolo (2001), entre outros autores são: aterro industrial, incineração, co-processamento, plasma, compostagem,

landfarming, rerrefino e reciclagem, as quais são apresentadas a seguir. As considerações formuladas fundamentam-se por decorrência de sua utilização e não em virtude da implantação das mesmas.

2.3.2 Técnicas de disposição final de resíduos

Lixão

Caracteriza-se pela simples descarga do resíduo sobre o solo, o qual não apresenta sistema de impermeabilização ou controle de emissões, que pode vir a causar degradação ambiental e prejuízos à saúde pública.

Muitas vezes denominado como descarga de resíduos a céu aberto ou lixão, trata-se de uma forma inadequada e precária de disposição final de resíduos, que não recebem nenhum tratamento prévio (SILVEIRA, 2004).

Como não existem sistemas de tratamento e de impermeabilização do solo ou outro tipo de controle ambiental, além de oferecer sérios riscos de contaminação, agravados pelo desconhecimento da origem do material descartado contribuem para a proliferação de insetos, vetores de doenças e geração de maus odores, tendo grande possibilidade de provocar contaminação da água, do ar e do solo. Como não dispõe de sistemas de controle eficazes, facilita a presença de pessoas no local, atraídas por esse descontrole e esperançosas por encontrar algum alimento ou objeto para seu sustento pessoal (BARBIERI; 2004, TRIGUEIRO; 2003).

Aterro controlado

Este método utiliza técnicas básicas, como o recobrimento dos resíduos com argila, a fim de aumentar a segurança do local e minimizar riscos de impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Muitas vezes são antigos lixões que passaram por algum tratamento técnico, mas que não possuem a segurança e o controle de um aterro sanitário. Como não existem sistemas de tratamento e de impermeabilização do solo ou outro tipo de controle ambiental, além de oferecer sérios riscos de contaminação que são agravados pelo desconhecimento da origem do material descartado contribui para a proliferação de insetos, vetores de doenças e geração de maus odores, agravando a possibilidade de contaminar o solo e corpos d'água (BARBIERI, 2004; TRIGUEIRO, 2003).

Aterro sanitário

De acordo com ABNT NBR 8419, trata-se de técnica de disposição utilizada de forma a não causar danos e riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

Os aterros são construídos seguindo projetos que prevêm a proteção do solo com a execução de argila compactada e aplicação de geotêxteis, com controle geotécnico das camadas de recobrimento, com redes de coleta de líquidos percolados e posterior encaminhamento à estações de tratamento, com rede de coleta de gases resultantes das reações da decomposição orgânica, com rede de drenagem pluvial para impedir escoamentos de precipitações pluviais ou corpos d'água existentes ou próximos da área aumentem o volume de percolação local (SILVEIRA, 2004).

Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos dentro da menor área possível, cobrindo-os com uma camada de terra ou argila (solo local) na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário. O resíduo é acumulado em câmaras ou camadas, sofre compactação e redução de volume pela movimentação das máquinas de terraplanagem que trabalham no local. Nessas câmaras, devido à baixa presença de oxigênio, passa-se rapidamente ao processo de degradação anaeróbia, que libera gases e chorume. A parte gasosa, predominantemente gás metano, tende a se acumular nas porções superiores das câmaras, podendo ser drenada para queima, beneficiamento ou utilização. Decorrente da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos, o chorume ou percolato, é um líquido escuro, de alto potencial poluidor. De acordo com o tipo de resíduo depositado que comumente contém contaminantes microbianos dissolvidos, ácidos orgânicos voláteis como ácido acético, ácidos graxos, bactérias, metais pesados e sais de íons orgânicos comuns, essas substâncias tendem a se acumular no solo e percolar para o lençol freático, no caso de não haver a correta impermeabilização (BRAGA, 2005; TRIGUEIRO, 2003; BAIRD, 2002).

Um aterro sanitário é construído para receber somente resíduos de classe IIB, o que exige um controle efetivo e rigoroso para não receber resíduos de classe I e de classe IIA, não adequados para este tipo de aterro (SISINNO, 2003).

O custo deste serviço já está embutido no valor cobrado do imposto predial e territorial urbano (IPTU) anual de cada contribuinte, seja pessoa física ou jurídica.

Segundo Lora (2000) o aterramento de 10.000 toneladas de lixo cria 6 empregos.

Aterro industrial

O aterro industrial, além de seguir os critérios construtivos e operacionais de um aterro sanitário e utilizar sistema de impermeabilização do solo com argila e dupla geomembrana de polietileno de alta densidade - PEAD - dispõe de um sistema de cobertura removível, com estrutura metálica, que impede que o solo seja umidificado por meio de chuvas ou outras águas, bem como programas de monitoramento e sujeito ao licenciamento ambiental. O efluente gerado no local é captado por um sistema de drenagem, o qual é encaminhado para tratamento (ESSENCIS, 2006). Esse tipo de aterro também tem vida útil limitada o qual deixa passivo ambiental para o gerador, exigindo gerenciamento constante de controle e manutenção (FORMOSINHO, 2000).

É utilizado para resíduos industriais enquadrados na classe I (resíduos perigosos) e para classe IIA (resíduos não inertes), tais como lodos de estação de tratamento de efluentes e galvânicos, borras de retífica e de tintas, cinzas de incineradores, pilhas e baterias.

Aos custos de disposição de resíduos em aterro devem ser incluídos outros custos diretos como embalagem, tratamento e transporte, e, principalmente custos indiretos, como o desgaste da imagem da empresa devido à gestão ambiental ineficiente, que pode desencadear confrontos com organizações sociais e perda de consumidores (JOHN, 2000).

2.3.3 Técnicas de tratamento de resíduos

Os métodos de tratamento de resíduos podem envolver, de acordo com Lora (2000), uma ou mais de uma das técnicas abaixo:

- Diminuir a toxicidade do resíduo;

- Destruir quimicamente os produtos perigosos;
- Separar os constituintes perigosos da massa do resíduo e assim reduzir o volume a ser disposto;
- Alterar a estrutura química de certos resíduos a fim de tornar sua assimilação pelo meio ambiente, de maneira mais fácil possível.

Na seqüência são listadas e discutidas as formas de tratamento de resíduos que se encontram técnica e mercadologicamente disponíveis:

Incineração

Processo pelo qual é realizada a queima controlada do resíduo inerte, propiciando redução do peso, volume e periculosidade, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e características de patogenicidade (FORMOSINHO, 2000).

Os incineradores são reatores com câmaras de alta temperatura e atmosferas oxidantes, devendo controlar de forma criteriosa as condições de combustão segundo quantidade de oxigênio disponível na câmara de combustão, turbulência, temperatura e tempo de permanência dos compostos. Existem incineradores tipo modular onde a queima é realizada em duas etapas. Os resíduos são colocados numa câmara principal e queimados em temperaturas que variam de 500° C e 900° C. Os gases e partículas resultantes e transportados pelo ar passam por outra queima, na câmara de combustão secundária, com temperaturas entre 750° C e 1250° C, eliminando assim gases residuais (BAIRD, 2002; HENRIQUES, 2004).

As emissões gasosas podem ser lançadas à atmosfera desde que utilizem equipamentos que retenham as partículas geradas. A presença de materiais que contem cloro, em especial plástico polivinil clorado PVC, tem forte chance em provocar a formação de dioxinas e

furanos, geradas em temperaturas abaixo de 400° C e pela lenta velocidade em que as reações ocorrem (BAIRD, 2002).

Para reter os materiais particulados, de diâmetro acima de 0,5 µm, que se encontram presentes no fluxo de gases efluentes, utilizam-se filtros mangas (sacos de tecido) que são periodicamente trocados. Também são utilizados lavadores de gás, que consistem de uma corrente de líquido ou sólido que passa através do fluxo de gás, removendo alguns gases, ácidos e partículas. O material não combustível coletado no fundo do incinerador da queima dos resíduos, as cinzas de fundos, equivalem aproximadamente a um terço do peso inicial (BAIRD, 2002).

Os dois tipos mais comuns de incineradores de resíduos tóxicos são o de forno rotatório e o de injeção de líquido.

Incineradores de forno rotatório, ou forno rotativo, apresentam um cilindro longo (>20m), levemente inclinado (5° da horizontal), o qual lentamente gira propiciando a contínua oxidação, de 650° a 1.100° C, ao material ainda não queimado. Por cerca de uma hora, os resíduos continuam queimando pelo caminho descendente do cilindro. Os gases quentes originados pela queima são levados, e permanecem no mínimo por dois segundos, para uma câmara de combustão secundária fixa, sofrendo queima constante (950° a 1200° C), onde as moléculas orgânicas são destruídas. À medida que saem desta câmara, esses gases são rapidamente resfriados (230° C) por meio da evaporação de água pulverizada. Para dissolver e remover alguns dos gases ácidos e cinzas desse processo utiliza-se uma combinação comum que consiste da lavagem de gases com água e alta velocidade, seguido de filtragem realizada por sistemas de filtros de mangas (BAIRD, 2002).

Nos incineradores de leito fluidizado, o material sólido granulado (calcário, areia ou alumina) é suspenso no ar, através de um jato de ar, ocorrendo queima à 900° C

aproximadamente, finalizando com a oxidação dos gases completada numa câmara de combustão secundária (BRAGA, 2005; BAIRD, 2002).

O tipo de forno a ser utilizado depende do resíduo: a) Forno rotativo é usado para resíduos sólidos (granular, homogêneo, irregular, de baixo ponto de fusão como alcatrões, orgânicos com cinzas fundentes, volumosos), líquidos (aquosos contendo orgânicos sólidos, orgânicos), sólidos e líquidos (contendo compostos aromáticos halogenados), lamas (orgânicos aquosos, se resíduo não agrupar depois de seco); b) Injeção líquida é usada para resíduos sólidos (de baixo ponto de fusão como alcatrões), líquidos (aquosos contendo orgânicos sólidos, orgânicos), sólidos e líquidos (contendo compostos aromáticos halogenados, se for líquido) e c) Fornos de Câmara são usados para resíduos sólidos (granular, homogêneo, irregular, de baixo ponto de fusão como alcatrões), líquidos (orgânicos) e lamas (orgânicos aquosos) (RODRIGUES, 2005).

Em caso de falta de controle, existem fortes riscos quanto ao lançamento de gases poluentes (gases ácidos, dioxinas e furanos), poluição da água (lixiviação) além de gerar cinzas com concentrações tóxicas (GAIA, 2003).

Em referência à produtos orgânicos de combustão incompleta, predominantemente metano e benzeno, foi verificada a formação de gases poluentes na região pós-chama onde ocorre a redução de temperatura para menos de 600° C (BAIRD, 2002).

Segundo Lora (2000) o aterramento de 10.000 toneladas de resíduo cria um emprego.

Co-processamento

Processo de co-incineração de resíduos industriais em fornos de fabricação de clínquer, que é o principal constituinte do cimento após processo de moagem.

O clínquer resulta do processo de calcinação e sinterização de compostos químicos sob elevadas temperaturas, uma mistura de matérias-primas naturais, tais como calcários, argilas, areias ou compostos de ferro e alumínio, devidamente doseificados e moídos até alcançar tamanho adequado, onde mais que 85% é inferior à 88 mm. Não são utilizados resíduos perigosos com características de corrosividade, reatividade ou toxicidade, a menos que sejam combustíveis com quantidade de energia significativa, pela legislação atual de no mínimo 2775 kcal/kg ou 11.620 kJ/kg na base seca (MARINGOLO, 2001).

A tecnologia de co-processamento tem como objetivo receber os resíduos industriais que atendam aos seguintes critérios: a) reaproveitamento de energia: significa substituir o combustível utilizado no forno desde que seu poder calorífico inferior, na base seca, seja superior à 11.620 kJ/kg, ou, b) reaproveitamento de matéria prima: apresentar características similares às dos componentes normalmente empregados na produção do clínquer (MARINGOLO, 2001).

Para utilizar resíduos industriais nesta alternativa é necessário que os mesmos apresentem características físico-químicas compatíveis ao processo de produção de clínquer. Para que possa ser utilizado como substituto de combustível, o resíduo deve fornecer energia térmica ao processo quando feita sua combustão. Como substituto parcial de matéria-prima, o resíduo deverá conter componentes majoritários cálcio, sílica, alumínio e ferro. Incluem-se neste caso os materiais mineralizadores e/ou fundentes. Nesta operação, a parte orgânica é totalmente destruída e a inorgânica, constituída pelas cinzas, é dissociada e incorporada ao clínquer, pela combinação dos seus elementos com os das matérias primas utilizadas, constituindo novos compostos. É necessário o aquecimento apropriado até a temperatura de destruição e manutenção por um determinado tempo, bem como fornecer quantidade suficiente de oxigênio para destruí-lo (MARINGOLO, 2001).

Os fornos utilizados na produção de cimento são especiais, do tipo rotatório longo, onde altas temperaturas são geradas, acima de 1.700° C, objetivando liberar o dióxido de carbono do calcário na formação da cal. Devido ao tempo de queima ser longo, o que resulta em mudanças físicas e químicas, os resíduos podem ser queimados conjuntamente ao combustível da chama, permitindo que sejam utilizados resíduos líquidos perigosos como parte do combustível (BAIRD, 2002).

O pó resultante do processo (fornos, moinhos e resfriadores) é direcionado para as chaminés e retido por coletores como ciclones (separação centrífuga), filtros de mangas (trama de fibras naturais ou sintéticas onde partículas de gás são retidas nos vazios do tecido) ou por precipitadores eletrostáticos (descargas elétricas sobre as partículas de pó em suspensão criando forte campo magnético coletadas por eletrodos de carga positiva). A parte orgânica é totalmente destruída durante a combustão; a parte inorgânica dos combustíveis e resíduos permanece inerte. Todo o material particulado que é retido nos filtros, basicamente formado de óxidos e sais provenientes dos constituintes minerais, retorna ao processo. Existem muitas dúvidas quanto à eliminação de dioxinas e furanos pelo co-processamento devido aos diferentes níveis de emissões permitidos nas legislações americana e européia vigentes, variações de emissões observadas na mesma temperatura no desempoeirador e existência de poucos estudos realizados com o propósito de averiguar a efetividade dos sistemas de controle de gases (QUERCUS, 2001).

A atividade integrada de destruir resíduos e valorizar seu poder energético no processo de fabricação do clínquer mostra ser um eficiente indicador de sustentabilidade ao aliar crescimento econômico, balanço ecológico (produção com menos recursos energéticos não renováveis) e progresso social (MARINGOLO, 2001).

Plasma

Os incineradores de plasma podem atingir temperaturas de até 10.000° C por meio da passagem de uma forte corrente elétrica através de um gás inerte, como o argônio. O plasma é constituído por uma mistura de elétrons e íons positivos, incluindo núcleos. Pode decompor compostos com sucesso, produzindo emissões bem menores do que os incineradores tradicionais (BAIRD, 2002).

Quando um gás é aquecido a temperaturas elevadas, aproximadamente a 2.000° C, ocorrem mudanças significativas nas suas propriedades e suas moléculas gasosas começam a dissociarem-se, em estado atômico. A 3000° C os átomos são ionizados, pela perda de parte dos elétrons, formando um gás ionizado chamado de plasma. O gás sob o estado de plasma apresenta boa condutividade elétrica e alta viscosidade quando comparado a um gás no estado normal (MENEZES et al, 1999).

A matéria orgânica pode ser convertida em gases, como hidrogênio, metano e monóxido de carbono, combustíveis líquidos como hidrocarbonetos, álcoois, ácidos orgânicos de elevada densidade e baixo teor de enxofre e por resíduo sólido formado por carbono quase puro (char), vidro, metais e outros materiais inertes (BAIRD, 2002; AIRES, 2003).

Os métodos por plasma estão ganhando importância na fusão de sucata de metais e ligas, alumínio contido nos rejeitos, lamas de eletrodeposição, recuperação de metais de catalisadores gastos e cinzas de incineração e processos para tratamento de líquidos orgânicos, inclusive organoclorados, têm sido testados em reatores de plasma. No Japão o plasma é usado para fundir cinzas de incineração e reduzir o volume descartado; na França, cinzas de incineração e asbesto são transformadas em escória inerte; nos Estados Unidos está sendo empregado para recuperar metais de catalisadores, destruir resíduos militares e na recuperação de zinco metálico de poeiras siderúrgicas. As reduções de volume são extremamente elevadas,

chegando à 99%. É ineficaz para resíduos diversificados que contenham matéria orgânica em quantidades significativas, pois precisam ser incinerados de forma indireta (MENEZES et al, 1999; FORMOSINHO, 2000).

Compostagem

Processo biológico aeróbio e controlado, no qual ocorre a transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados.

O processo de compostagem tem como objetivo acelerar a decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, realizado por uma população diversificada de organismos, de acordo com condições que propiciem o desenvolvimento microbiano, como temperatura, aeração, umidade, relação carbono, nitrogênio e nutrientes (COSTA et al, 2005).

Durante o processo alguns componentes da matéria orgânica são utilizados pelos próprios microorganismos para formação de seus tecidos, outros volatilizados, outros transformados biologicamente em uma substância escura (húmus) que é rica em partículas coloidais, com propriedades físicas, químicas e físico-químicas próprias (adubo orgânico). O processo inicia pela fase termófila, que dura cerca de quatro semanas, com a temperatura em ascensão (no máximo 70° C). Decresce a partir daí, chegando à 30° C quando entra na fase mesófila, durando de dois a quatro meses, até que a temperatura se estabiliza à ambiente (BRAGA, 2005).

A compostagem tem sido utilizada como alternativa para a disposição de resíduos provenientes de diversas atividades na agroindústria, como esterco bovino, torta de filtro, casca de árvores como pinus, lã de carneiro, vísceras e descartes do abate de suínos e bovinos,

casca de café e de arroz, serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e sabugo de milho triturado, grama, folhas secas, restos e cascas de frutas (COSTA et al, 2005).

Landfarming

Método onde o substrato orgânico de um resíduo é degradado biologicamente na camada superior do solo e os íons metálicos, liberados na degradação ou presente nos resíduos, são incorporados na mesma camada de terra. Objetiva a biodegradação de resíduos orgânicos e retenção de metais na camada superficial do solo. O sistema de landfarming não requer barreiras físicas, como mantas impermeabilizantes para isolar os constituintes perigosos (LORA, 2000).

O método de landfarming foi desenvolvido há cerca de 20 anos pela indústria petrolífera para tratar borras oleosas. Trata-se da disposição controlada, mediante taxas de aplicação definidas, num solo receptor, de um resíduo orgânico e misturá-lo com a camada fértil. Isso facilita o acesso dos microorganismos do solo à camada oleosa e permite a aeração da mistura (LORA, 2000). Neste tratamento, resíduos não perigosos ou tóxicos são dispostos de maneira controlada na superfície ou no interior do horizonte superficial do solo, onde sofrem monitoramento e remanejamento constante, possibilitando a degradação e transformação.

Pelo revolvimento freqüente da mistura, a degradação desenvolve-se e o resíduo é estabilizado. Os íons presentes nos resíduos e liberados durante o processo, são incorporados ao solo ate determinados limites (LORA, 2000). São utilizadas técnicas agrícolas, aeração mecânica e adubação química para auxiliar na atividade decompositora de microorganismos (RODRIGUES, 2005).

O landfarming é realizado em células operadas em ciclos regenerativos do solo, que duram cerca de um ano. Após o último ciclo de degradação será feito o plantio de cobertura vegetal para que se evite a erosão do solo (LORA, 2000).

Alguns resíduos como palha contaminada com óleo, serragem contaminada, turfa e lodos de estações de tratamento de esgoto podem utilizar desse tratamento.

Rerrefino

Processo industrial de remoção de contaminantes, incluindo água, partículas sólidas, produtos de diluição, produtos de oxidação e os aditivos químicos previamente incorporados ao óleo básico, diferentemente do processo de recuperação de óleos usados, que faz a remoção de impurezas, porém não remove aditivos presentes no óleo (LWART, 2006).

O processo de rerrefino consiste das etapas de desidratação à 180° C, passando por peneiras e filtros grosseiros em operação de bateladas em desidratadores, separando água para ETE e solventes aproveitados como combustível para os fornos, conforme a figura 8. O óleo é bombeado para forno sob 280° C ocorrendo flasheamento sob alto vácuo, sendo separadas as frações leves do óleo usado (LWART, 2006).



Figura 8 - Processo de desidratação do óleo
Fonte: LWART LUBRIFICANTES

Após a destilação, o óleo é bombeado e passa por outro forno aquecido à 280°C. É enviado para evaporadores de película, sendo nesta etapa separada a fração asfáltica do óleo que é composta pela maior parte do óleo degradado, sendo encontrado principalmente polímeros, metais, resinas, aditivos e compostos de carbono. Como o óleo ainda possui certa quantidade de materiais oxidantes é aplicada pequena parcela de ácido sulfúrico, promovendo a aglomeração dos contaminantes, gerando como resíduo poluente a borra ácida. A borra ácida é lavada com água neutralizada e desidratada, transformando-se em combustível pesado com alto poder calorífico.

Na combustão da borra ácida, o ácido sulfúrico dissocia-se, originando dióxido de enxofre sendo absorvido pela cal hidratada, formando sulfito e sulfato de cálcio, destinados à produção de gesso e de fertilizantes (LWART, 2006).

Após a filtração das partículas de maior dimensão, o óleo passa por filtros especiais para eliminar os remanescentes. Ao final é obtido o óleo básico mineral rerrefinado, que apresenta as mesmas características do óleo mineral básico refinado (LWART, 2006).

Reciclagem

A reciclagem é o resultado de uma série de atividades pelas quais materiais que se tornariam lixo ou estão no lixo, são desviados, sendo coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de bens, que eram anteriormente produzidos apenas como matéria-prima virgem. Requer forma significativa de processamento físico, químico ou biológico, antes do material ser usado novamente.

Para garantir a sustentação econômica da reciclagem, deve ser considerada a demanda de mercado para o resíduo, a proximidade da fonte geradora com o local onde será reciclado o

material, a disponibilidade de material em termos de quantidade e qualidade, custos de preparo (separação, coleta transporte, armazenamento) e de processo, bem como a existência de tecnologia de transformação, características e aplicação do produto resultante.

Os fatores que motivam a reciclagem são:

- Necessidade de poupar e preservar recursos naturais;
- Redução do volume de resíduos a transportar, tratar e dispor;
- Aumento da vida útil dos aterros;
- Redução do custo de gerenciamento dos resíduos;
- Redução da poluição e contaminação ambiental e dos problemas de saúde pública e social decorrentes; e principalmente,
- Criação de empregos e renda pelo aproveitamento de mão de obra disponível em melhores condições de trabalho (ROLIM, 2000).

Os resíduos pós-consumo freqüentemente coletados para reciclagem são: papel, alumínio, plástico, aço e vidro. No aspecto econômico e de conservação de energia, a reciclagem faz sentido para alguns materiais, como o metal (ferro e aço) onde a energia necessária para a redução do óxido de alumínio representa cerca de 25% dos custos. Nos demais tipos de resíduos, entretanto, não ocorrem alterações significantes no estado de oxidação médio de seus constituintes durante sua transformação (matéria prima até produto final), não sendo economizado grande parte de energia quando reciclados. A produção de papel virgem consome 25% de energia em comparação à produção de papel reciclado, se considerado todo o processo (transporte, descoloração) o que exige, inclusive, nova tecnologia sendo dada maior relevância para os resultados sociais e ambientais (BAIRD, 2002). Geralmente gera receita para o gerador. Requer separação eficaz e é indicada para todos os tipos de resíduos pós-consumo desde que não contaminados (FORMOSINHO, 2000). Segundo Lora (2000), a reciclagem de 10.000 toneladas de lixo cria 36 empregos.

O CEMPRE¹⁰, Compromisso Empresarial para a Reciclagem, divulga e incentiva as boas práticas relacionadas à reciclagem de resíduos. As Bolsas de Resíduos Estaduais, como no caso do estado do Paraná, desenvolvida por parceria com a Federação das Indústrias do Estado do Paraná FIEP, também viabiliza estratégia agindo como intermediário, fazendo uma ponte entre o gerador do resíduo (que passa a ser o vendedor) e o comprador do resíduo.

Além das técnicas acima, foram encontradas na literatura alternativas modernas, como o uso de fluidos supercríticos, oxidação por água supercrítica e oxidação por ar úmido, sob ação no estado supercrítico da matéria (pressão e temperatura extremamente altas).

A pré-hidrólise é um processo de digestão de materiais lignocelulósicos (madeira, papel, bagaço de cana, capim, resíduos agrícolas, parte orgânica do lixo) e de digestão material (monazita, zirconita, entre outros). A biomassa é picada e compactada em um silo. Uma rosca helicoidal comprime a biomassa dentro de um reator de aço carbono revestido com metais refratários. Adiciona-se ácido sulfúrico residual industrial diluído, ocorrendo aquecimento pelo movimento de giro do reator. Dessa reação originam-se uma parte hidrolisada sólida (a celulignina) e uma parte líquida pré-hidrolisada (solução de açúcares). O caldo orgânico gerado (pré-hidrolisado) segue para um segundo reator onde é aquecido a 220°C e torna-se furfural, que tem aplicações na indústria têxtil, petroquímica e química em geral. A celulignina catalítica sólida pode transformar-se em pó e ser utilizado como combustível, ração animal e madeira sintética. O furfural segue para uma tancagem e depois de aquecido é feita uma destilação. O vinhoto da planta é transferido para uma unidade de tratamento de água onde é retirado o lodo e, depois de seco, é tratado por um processo de conversão a baixa temperatura que gera carvão e óleo que podem ser queimados.

¹⁰ Disponível em www.cempre.org.br. Acesso em 10out2006

Gera impactos ambientais, como a geração de dióxido de carbono pela queima da celulignina, a disposição de furfural e o descarte desse efluente, que precisam ser estudados com maior detalhamento (HENRIQUES, 2004).

O processo de redução química com reciclagem total, não-oxidativo, para resíduos perigosos, o qual usa uma atmosfera redutora, hidrogênio gasoso a 850° C, com a qual reage, não liberando emissões descontroladas. A descloração química, para resíduos orgânicos com cloro, que consiste na substituição de átomos de cloro unidos (ligações covalentes) por átomos de hidrogênio ou alguns outros grupos não halogenados, destoxificando e permitindo que passem por outro processo de incineração (BAIRD, 2002). A eletrólise, processo que separa os elementos químicos de um composto pelo uso da eletricidade, pela passagem por um condutor líquido, chamado condutor de segunda classe ou eletrolito. Procede-se inicialmente a decomposição do composto em íons e, posteriormente com a passagem de uma corrente contínua através destes íons são obtidos os elementos químicos (WIENDL, 1998). Materiais não biodegradáveis são, em geral, compostos contendo anéis aromáticos ou polímeros sintéticos, cuja eletroxidação faz com que se transformem em moléculas biodegradáveis. A eletroxidação desses compostos orgânicos pode servir como um pré-tratamento de compostos tóxicos e não biodegradáveis para que estes sejam posteriormente tratados por sistemas biológicos convencionais (ANGELIS et al 1998).

Todas estas tecnologias encontram-se em fase de validação e desenvolvimento e são chamadas de tecnologias de bancada. Por esse motivo estão indisponíveis mercadologicamente.

2.4 RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

2.4.1 Instrumentos econômicos e regulatórios.

O tratamento indevido e a disposição inadequada dos resíduos podem ocasionar danos ambientais conceituado segundo Kriger (1998), como a lesão direta ou indireta sofrida pelo meio ambiente, inclusive qualquer diminuição na qualidade ambiental que afete o equilíbrio ecológico, mediante atos, omissões ou atividades praticadas ou consentidas por particulares ou pelo poder público, que atinge interesse difuso de toda a coletividade, mesmo que não cause prejuízo direto para alguma pessoa individualizada. A responsabilidade daquele que causou o dano é objetiva e a ausência de culpa não impede a reparação.

Dentro do novo conceito de gestão compartilhada de resíduos abordada por Chiuvite (2006), o resíduo passa a ser considerado um bem móvel, permeando completa cadeia de responsabilidades, onde os geradores devem manter informações adequadas e atualizadas garantindo segurança em seus processos produtivos; fabricantes e revendedores são responsáveis por disponibilizar informações para o reuso e tratamento correto ao resíduo; o poder público na adoção de tecnologias de reaproveitamento e disposição correta dos resíduos além de disponibilizar informações de caráter educacional e os consumidores acondicionando corretamente e efetuando a entrega do resíduo no local adequado.

Segundo Barbieri (2004), os instrumentos econômicos - fiscais e de mercado - procuram influenciar o comportamento das pessoas e das organizações em relação ao meio ambiente utilizando medidas que representem benefícios ou custos adicionais e, cada tipo de instrumento tem vantagens e desvantagens, bem como defensores e detratores. Os instrumentos de mercado se efetuam mediante transações entre os agentes privados em mercados regulados pelo governo. Os instrumentos fiscais se realizam por meio de

transferências de recursos entre os agentes privados e o setor público, sob a forma de tributos ou subsídios. Subsídios são quaisquer tipos de renúncia ou transferência de receita do agente estatal em benefício privado para que seus níveis de degradação ambiental sejam reduzidos. Isenções, reduções ou deferimento de impostos e financiamentos em condições específicas objetivando estimular práticas ambientais, auxiliar a implementar projetos de controle e prevenção da poluição ou substituição de recursos, são alguns tipos de subsídios. Os tributos ambientais transferem recursos dos agentes privados para o setor público em decorrência de algum problema ambiental, tais como impostos e encargos ambientais (segundo a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – OCDE) e ecotaxas (no âmbito da União Européia).

De forma a fazer emergir um sentimento de responsabilidade com ações de maior efetividade, objetivando diminuir os impactos e reduzir as incidências de contaminações, inicia-se o esboço de uma política ambiental no Brasil, no momento em que o país começa a dar passos firmes em direção à industrialização. Assim a década de 30 é considerada como o início de uma política ambiental efetiva, sendo reforçada a partir de 1972, na Conferência de Estocolmo, com a intensificação das preocupações ambientais (BARBIERI, 2004).

2.4.2 Legislação Federal

Princípio, juridicamente, significa início, começo, ponto de partida. São as proposições básicas, fundamentais, típicas, que condicionam todas as estruturas subsequentes. O Direito, como ciência humana e social, está pautado em princípios constitutivos, tendo o direito ambiental dez princípios, que serão apresentados na medida em que se discorrem as legislações federais (MILARÉ, 2005). Permitem o balanceamento de valores e interesses conforme a sua importância (MACHADO, 2006).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano de 1972 e a Constituição Federal de 1988 nos termos do art. 225, estabelecem que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, em prol do desenvolvimento sustentável. Este direito foi reafirmado em 1992 pela Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e em 1997 pela Carta da Terra. A saúde dos seres humanos, segundo Machado (2006) não significa apenas não ter doenças no presente, mas sim tomar por base o estado dos elementos da natureza.

- O princípio do ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental da pessoa humana está diretamente alicerçado no artigo 225, no que tange ao meio ambiente sadio e por conseqüência uma vida saudável e com qualidade, considerado por Machado (2006) como princípio do direito à sadia qualidade de vida.

- O princípio da natureza pública da proteção ambiental admite o meio ambiente ecologicamente equilibrado, ser um bem de uso comum do povo (MILARÉ, 2005).

- O princípio do controle do poluidor pelo Poder Público impõe ao Estado o dever de estabelecer um tributo ao agente poluidor, usuário ou não de algum serviço público destinado a tratar a poluição. São dois objetivos esperados com sua aplicação: 1) de natureza fiscal, pela necessidade de arrecadar receita para custear os serviços públicos ambientais evitando que os prejuízos causados pelos poluidores privados recaiam sobre a sociedade, 2) de natureza extrafiscal, visando cumprir melhor seu papel à medida que induz um comportamento ambiental preventivo por parte dos agentes privados. Fica clara a incumbência do Estado para controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (BARBIERI, 2004;

MILARÉ, 2005) ou princípio da obrigatoriedade da intervenção do Poder Público, segundo Machado (2006).

- O princípio da participação comunitária, contido na Declaração do Rio de 1992 e no art.225 da Constituição, reafirma e estabelece ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente de forma sustentável, para a presente e para as futuras gerações. (MILARÉ, 2005; MACHADO, 2006)

- O princípio da prevenção, considerado por alguns juristas como princípio da precaução, requer atuação de cunho prioritário a ser dispensada em conjunto à promoção de medidas que evitem o aparecimento de atentados ao ambiente, de modo a reduzir ou eliminar as causas de ações capazes de alterar sua qualidade. Sua atenção está voltada para momento anterior ao da consumação do dano, visto via de regra, a degradação ambiental ser irreparável. O Estudo de Impacto Ambiental – EIA – previsto no Art.225 da Constituição Federal, é um exemplo da aplicação deste princípio (MILARÉ, 2005). Visa a durabilidade da sadia qualidade de vida das gerações humanas e à continuidade da natureza existente no planeta (MACHADO, 2006).

- O princípio da função socioambiental da propriedade, define que “a propriedade sem deixar de ser privada, se socializou, com isso deve oferecer à coletividade uma maior utilidade dentro da concepção de que o social orienta o individual”. Refere-se a este princípio a possibilidade de imposição ao proprietário rural do dever de recomposição da vegetação em áreas de prevenção permanente e reserva legal (MILARÉ, 2005). Machado (2006) denomina-o como princípio do acesso equitativo dos recursos naturais, tratando do meio ambiente como bem de uso comum do povo.

- O princípio da consideração da variável ambiental no processo decisório de políticas de desenvolvimento, contido na Declaração do Rio de Janeiro e atendido pela implantação dos Estudos de Impactos Ambientais – EIA’s, estabelece a obrigação de se levar em

consideração a variável ambiental em qualquer ação ou decisão, tanto de cunho público como também privado, que possa causar algum impacto negativo ao meio ambiente. O custo a ser devido ao poluidor não está apenas vinculado à imediata reparação do dano como também na atuação preventiva (MACHADO, 2006).

- A Lei Federal nº 6938/81 e o 16º princípio contido na Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento tratam do princípio do poluidor-pagador, também conhecido como princípio da responsabilidade. Considerando a Lei Federal discorrer sobre a defesa do poluidor, que alegando exercer atividade lícita e devidamente autorizada pelo órgão competente, entretanto a mesma não o exime da reparação do dano, se este ocorreu em virtude da sua atividade. No artigo 14, §1 prevê que: “Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente de existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, efetuados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente” (MILARÉ, 2005). A Política Nacional de Meio Ambiente visando contemplar responsabilidades além do poluidor/pagador, determinou que fosse imposto também ao usuário, uma contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

- O princípio do usuário-pagador fundamenta-se no fato de os recursos ambientais constituírem patrimônio da coletividade, mesmo que, em alguns casos, possa incidir sobre eles título de propriedade privada. Tanto no caso dos elementos abióticos, como no caso dos elementos bióticos, os instrumentos legais são fartos e variados, merecendo destaque as Resoluções CONAMA (MILARÉ, 2005).

- O princípio da cooperação entre povos, estabelecido no âmbito da Lei nº 9.605, considera a cooperação internacional, visando troca quanto à produção de provas, exame de

objetos e lugares, informações e presença temporária de pessoas presas cujas declarações sejam importantes para a decisão de uma causa (MILARÉ, 2005).

- O princípio da reparação considera a responsabilidade objetiva ambiental e a obrigação da reparação dos danos causados ao meio ambiente (MACHADO, 2006).
- O princípio da informação estabelece que cada indivíduo deva ter acesso às informações ambientais, inclusive sobre materiais e atividades perigosas em suas comunidades (MACHADO, 2006).

A Lei Federal nº 6938, de 31/08/81, estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Tal lei incorporou de forma aperfeiçoada normas estaduais vigentes e instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA – integrado pela União, Estados e Municípios. Por decorrência da lei, coube aos Estados a responsabilidade na execução das normas protetoras ao meio ambiente e criou-se o CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente – a quem cabe a edição de normas importantes sob a matéria ambiental. O quadro 7 apresenta as regulamentações com relação à resíduos industriais.

Quadro 7 : Regulamentações editadas referentes à resíduos industriais

continua

| RESOLUÇÃO | DATA | DISPÕE SOBRE |
|----------------|------------|--|
| CONAMA nº 001A | 23/01/86 | Transporte de resíduos perigosos em território nacional |
| CONAMA nº005 | 05/08/93 | Procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos |
| CONAMA nº006 | 19/09/91 | Incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos. |
| CONAMA nº009 | 31 /08 /93 | Recolhimento e destinação adequada de óleos lubrificantes. |
| CONAMA nº023 | 12/12/1996 | Importação e uso de resíduos perigosos |
| CONAMA nº244 | 16/10/1998 | Exclui o anexo 10 da Resolução CONAMA nº 023 |
| CONAMA nº024 | 07/12/1994 | Resíduos radioativos |
| CONAMA nº228 | 20/08/1997 | Resíduos de acumuladores elétricos de chumbo. |

| RESOLUÇÃO | DATA | DISPÕE SOBRE | conclusão |
|--------------|------------|--|-----------|
| CONAMA n°257 | 30/06/1999 | Pilhas e baterias | |
| CONAMA n°263 | 12/11/1999 | Altera a Resolução CONAMA n°257 | |
| CONAMA n°258 | 26/08/1999 | Coleta e destinação final adequada aos pneus inservíveis | |
| CONAMA n°301 | 21/03/2002 | Altera algumas disposições da Resolução CONAMA n°258 | |
| CONAMA n°264 | 20/03/2000 | Fornos de clínquer (co-processamento de resíduos) | |
| CONAMA n°275 | 25/04/2001 | Código de cores para coleta seletiva de resíduos | |
| CONAMA n°283 | 12/07/2001 | Tratamento e disposição final dos resíduos do serviço de saúde | |
| CONAMA n°307 | 05/07/2002 | Resíduos de construção civil | |
| CONAMA n°313 | 29/10/2002 | Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais | |
| CONAMA n°316 | 29/10/2002 | Sistemas de tratamento térmico de resíduos. | |
| CONAMA n°348 | 16/08/2004 | Inclui o amianto na classe de resíduos perigosos. | |
| CONAMA n°358 | 29/04/2005 | Resíduos dos serviços de saúde | |
| CONAMA n°362 | 23/06/2005 | Óleos lubrificantes | |

Fonte: Ministério do Meio Ambiente/CONAMA.

A Resolução CONAMA n° 313 que trata do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, estabelece que empresas dos ramos de: couro, petróleo, produtos químicos, metalurgia básica, fabricação de produtos de metal, máquinas e equipamentos, de máquinas para escritório, equipamentos de informática, veículos automotores, reboques e carrocerias e outros equipamentos de transporte, apresentem o inventário a cada vinte e quatro meses. As concessionárias de energia elétrica e empresas que possuam materiais e equipamentos contendo bifenilas policloradas (PCB's), ficam sujeitas a apresentar o inventário de estoques, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental.

A Convenção sobre Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos, conhecida como Convenção de Basileia, entrou em vigor em 1992 e objetiva: a) estabelecer obrigações visando reduzir ao mínimo os movimentos entre as fronteiras e exigir que seja feito de maneira ambientalmente segura; b) minimizar a quantidade e a toxicidade dos resíduos gerados, garantir seu tratamento ambientalmente seguro e próximo da fonte geradora; c) proibir seu embarque para países com incapacidade técnica para tal tratamento. A

Convenção não proíbe a movimentação, mas estabelece mecanismos para seu controle e acompanhamento. O Decreto nº 875 de 19/07/93 promulgou o texto da Convenção de Basiléia (MILARÉ, 2005).

A Lei Federal nº 9.605/98 que trata dos crimes ambientais considera o lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, óleos ou substâncias oleosas, como causa de poluição, quando em desacordo com as exigências legais. No artigo 20 evidencia a responsabilidade criminal, segundo o grau de culpa do agente, que atinge, a todos aqueles que contribuíram para o dano, inclui os envolvidos no processo de forma direta, como os que de forma omissa, não impediram tal ato, mesmo que isso estivesse ao seu alcance (MARTINI JUNIOR; FIGUEIREDO; GUSMÃO, 2005).

Encontra-se tramitando no Congresso Nacional, o Projeto de Lei nº 203/1991, ainda não definido, que discorre sobre o estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Observa-se a mesma situação quanto ao projeto de Lei do Senado Federal nº 265/1999, que circula no Senado.

Segundo Braga (2005) nestes projetos destacam-se os seguintes pontos:

1. Prevenção da poluição ou redução da geração de resíduos na fonte;
2. Minimização dos resíduos;
3. Recuperação de materiais ou de energia dos resíduos ou produtos descartados;
4. Tratamento dos resíduos;
5. Disposição final dos resíduos remanescentes; e
6. Recuperação das áreas degradadas pela disposição inadequada dos resíduos.

Após a definição desta política nacional, caberá às empresas a identificação dos resíduos gerados em seus processos produtivos, classificá-los, quantificá-los, informar os sistemas de tratamento e as formas de disposição final utilizadas.

2.4.3 Legislação Estadual

A Lei nº 12.493, do Estado do Paraná, de 22/01/1999, regulamentada pelo Decreto nº 6674/2002, estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no estado. Responsabiliza o gerador do resíduo, pelo acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento, disposição final, passivo ambiental oriundo da desativação da fonte geradora e recuperação de áreas degradadas, de acordo com normas da ABNT e do Instituto Ambiental do Paraná - IAP. Estabelece a necessidade de cadastro e apresentação de inventário junto ao IAP, cuja periodicidade está diretamente atrelada à renovação de licenciamento ambiental, sem formalizar obrigatoriedade de apresentação de inventário para as demais empresas. Estabelece multas simples ou diárias que variam de R\$ 500,00 à R\$ 50.000,00.

Empresas públicas, como no caso da empresa objeto do estudo de caso, são regidas pela lei de licitações (Lei nº 8666/93). Adicionalmente a esta Lei, o Decreto nº 6252, de 22/03/2006, e a Lei nº 15.340, de 22/12/2006, vêm dispor sobre a integração de variáveis ambientais nas licitações e nos contratos públicos do estado do Paraná. Tais variáveis devem ser consideradas como critérios de seleção dos licitantes e contratantes interessados, de produtos e serviços ambientais e socialmente sustentáveis quanto à origem dos insumos, a forma de produção, manufatura, embalagem, distribuição, destino, utilização de produtos recicláveis, operação, manutenção e execução do serviço.

Com a indefinição do estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Estado de São Paulo, pela Lei Estadual nº 12.300 de 16/03/2006, instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos, definindo princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da

poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no estado. O sistema Declaratório Anual para o controle da geração, estocagem, transporte e destinação final de resíduos industriais foi implantado e os gerenciadores de resíduos industriais deverão seguir, na elaboração dos respectivos planos de gerenciamento, as gradações de metas estabelecidas pelas suas associações representativas setoriais e pelo órgão ambiental.

2.4.4 Legislação Municipal

Em Curitiba, a Lei Municipal nº 7833 de 19/12/1991, dispõe sobre a política de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente de forma a mantê-lo ecologicamente equilibrado. O Termo de Referência para a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS - estabelecido pelo Decreto Municipal nº 983/2004, provê orientações para a elaboração de PGRS de forma a contribuir para a redução da geração de resíduos sólidos no município, orientando o correto acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final.

2.5 GESTÃO SUSTENTÁVEL

2.5.1 Produção Mais Limpa

A Produção Mais Limpa, ou P+L, é definida como uma estratégia ambiental preventiva aplicada a processos, produtos e serviços para minimizar os impactos sobre o meio ambiente (BARBIERI, 2004).

Pode ser aplicada a processos em qualquer indústria, aos processos em si e a vários tipos de serviços desenvolvidos na sociedade. Para processos produtivos, a P+L resulta de uma combinação de esforços de conservação de materiais, água e energia, eliminação de materiais tóxicos e perigosos e redução da quantidade de toxicidade de todas as emissões e resíduos que foram criados ao longo do processo. Para os produtos, busca reduzir os impactos ambientais, à saúde e à segurança provocados pelos produtos ao longo de sua vida útil, desde a extração de matérias primas passando pelos processos de manufatura, uso do produto e descarte final. Para serviços implica na incorporação de preocupações ambientais no projeto até a entrega ou execução dos serviços (MAIA; WILK, 2004).

De acordo com a *United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)* e *United Nations Environmental Program (UNEP)*, os pontos-chave da P+L são a redução na geração de resíduos e desperdícios em todos os estágios do processo de produção e que precisariam de tratamento no final do processo; utilização em alguns países dos termos “prevenção da poluição”, “redução na origem” e “minimização de resíduos”, como sinônimo de P+L; realização por meio de boas práticas de produção, modificação nos processos, mudanças de tecnologia, substituição de matéria-prima e redesenho ou reformulação do produto; vantagens econômicas advindas da redução de custos efetivos; vantagem ambiental devido a redução do problema de geração de resíduos na fonte; demora na aceitação de P+L

devido a fatores culturais; como a P+L ataca o problema em todos os seus níveis introduzindo um programa em nível de fábrica, requer o consentimento dos principais responsáveis pelo gerenciamento e um método sistêmico de produção em todos os aspectos do processo de produção (MAIA; WILK, 2004).

Segundo Barbieri (2004) a preocupação da P+L decorre da necessidade de prevenir a poluição durante o processo de produção e objetiva reduzir os impactos ambientais agregados a todo o ciclo de vida de um produto, inclusive a conservação de recursos e de energia.

Com produtos menos impactantes e processos mais eficientes, os custos de tratamento e disposição final dos resíduos tendem a ser reduzidos e até mesmo eliminados, pois a diferença essencial da P+L é a promoção do questionamento acerca do motivo que origina a geração do resíduo, a forma e quando esse resíduo é gerado.

2.5.2 Análise do Ciclo de Vida

A análise do ciclo de vida – ACV – consiste no inventário quantitativo e qualitativo de todos os insumos consumidos, dos resíduos sólidos e demais poluentes liberados no ambiente, durante todo o ciclo de vida do produto ou serviço, incluindo a fase de uso, demolição e destinação dos resíduos. A ACV é conceituada segundo Braga (2005) como abordagem holística para a verificação das implicações ambientais dos produtos e processos, desde sua geração até seu desaparecimento. É uma ferramenta que fornece os meios necessários para identificar e avaliar oportunidades de minimizar os impactos ambientais adversos.

Tem sido usada desde 1960 e encontra-se regulamentada na Alemanha, França e Estados Unidos, A partir de 1980, tornou-se um instrumento para auxiliar a regulamentação pública ambiental na Comunidade Européia. A metodologia está consagrada na série de normas ISO 14.000 (NBR 14040 – Princípios e estrutura da ACV, NBR 14.041 – Análise do

Inventário, NBR 14.043 – Avaliação de Impactos e NBR 14.048 – Formatação de dados e documentação) (BARBIERI, 2004).

O conceito do “berço ao túmulo”, outro termo utilizado para descrever a análise do ciclo de vida, analisa os estágios do ciclo de vida de um produto, iniciando com a aquisição de matéria prima, o nascedouro dos insumos primários, mediante a extração de recursos naturais, seguindo pelos processos de fabricação, transporte e distribuição, uso e reuso do produto e por fim, o túmulo, como exemplo, a reciclagem (BARBIERI, 2004; BRAGA, 2005).

Conforme demonstrado na figura 9, em cada etapa do ciclo de vida são contabilizadas as entradas, tais como o consumo de água, de energia, de força de trabalho e insumos diversos; e as saídas, como os produtos finais obtidos, os efluentes, os resíduos e as emissões atmosféricas e outros impactos ambientais que porventura apareçam (BRAGA, 2005).

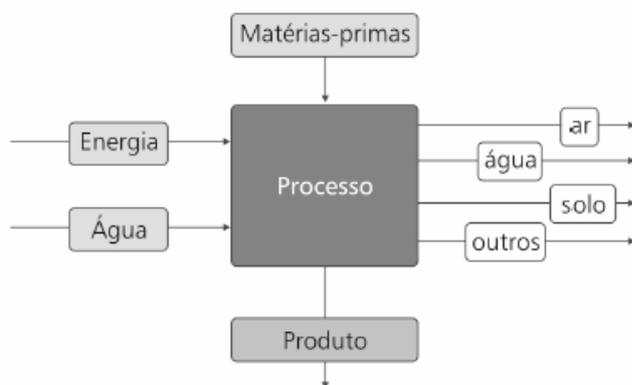


Figura 9: Fluxos das etapas do ciclo de vida de um produto ou serviço

Fonte: BRAGA, 2005.

A análise típica do ciclo de vida compreende as etapas de: definição do objetivo; definição da abrangência e da unidade funcional; inventário; avaliação dos impactos; interpretação ou decisão; análise crítica e relatório.

Para se estabelecer e sustentar um programa de gestão e redução de resíduos é necessário inicialmente ter disponíveis e conhecidas informações detalhadas sobre os processos industriais, obtidos em documentos e registros, levantar quais as entradas (insumos, matérias primas, água e energia aplicados no produto), o processo (descrição das etapas que o produto ou serviço passa) e as saídas (produto ou serviço beneficiado, perdas de produção, geração de resíduos).

A análise crítica dos dados que foram coletados é realizada pela elaboração de balanços de massa e de energia, de forma a contabilizar todo o processo, conhecer e levantar as perdas e os ganhos oriundos do processo, identificar os principais pontos para atuação e conhecer o grau de dificuldade para a identificação de alternativas para a redução. A figura 10 demonstra as variáveis que compõe um balanço de massa (MARTINI JUNIOR; FIGUEIREDO; GUSMÃO, 2005):

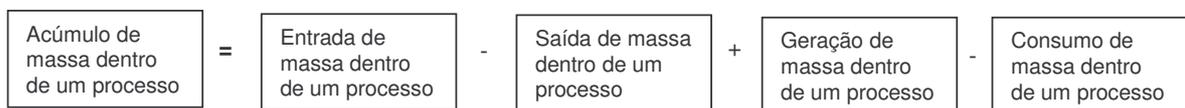


Figura 10: Esquema representativo de balanço de massa

Fonte: MARTINI JUNIOR; FIGUEIREDO; GUSMÃO, 2005.

A dificuldade em conhecer a composição exata de cada componente, a ausência de dados representativos, processos muito complexos com grande quantidade de correntes, impedem a elaboração de um balanço de massa completo. Outro ponto a ser destacado é quanto a dificuldade em se realizar, de forma correta e precisa, a conversão das unidades de dimensão, o que pode incidir em um cálculo incorreto (MARTINI JUNIOR; FIGUEIREDO; GUSMÃO, 2005).

2.5.3 Prevenção à Poluição

A prevenção à poluição combina duas preocupações ambientais básicas: o uso sustentável dos recursos e o controle da poluição (BARBIERI, 2004). O conceito de prevenção à poluição segundo Braga (2005) é:

“Qualquer prática que reduz a quantidade ou impacto ambiental e na saúde de qualquer poluente antes da sua reciclagem, tratamento ou disposição final, incluindo modificação de equipamentos ou tecnologias, reformulação de produtos, substituição de matérias-primas e melhoria organizacional, treinamento ou controle de inventário”.

Os princípios da Prevenção à poluição – P2 –se resumem em substituir materiais e insumos, mudar procedimentos, realizar melhorias na organização e desenvolver programas educacionais (BRAGA, 2005).

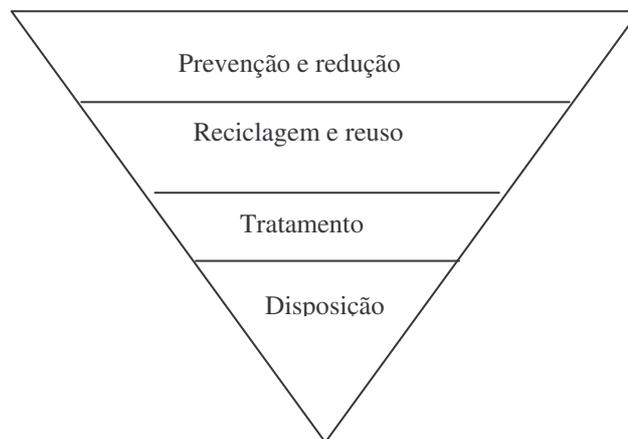


Figura 11 – Hierarquia para o gerenciamento ambiental.

Fonte: BRAGA, 2005.

O uso sustentável de recursos envolve ações de maior proatividade, como estratégias de prevenção e redução na fonte, reuso e reciclagem, seguidas por alternativas de tratamento e disposição final dos resíduos (Fig. 11).

2.5.4. Ecoeficiência

A ecoeficiência baseia-se na idéia de que a redução de materiais e energia por unidade de produto ou serviço aumenta a competitividade da empresa, ao mesmo tempo em que reduz as pressões sobre o meio ambiente, seja como fonte de recurso, seja como depósito de resíduos (BARBIERI, 2004).

Para as entidades promotoras dessa nova forma de gestão (*Organization for Economic Co-Operation and Development - OCDE e World Business Council for Sustainable Development - WBCSD*), a ecoeficiência se atinge pela entrega de produtos e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e melhorem a qualidade de vida, enquanto reduzem progressivamente os impactos ecológicos e a intensidade dos recursos ao longo de seu ciclo de vida para no mínimo manter a capacidade de carga estimada do planeta (BARBIERI, 2004).

De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL, reciclagem é a repetição de um procedimento sobre determinado produto ou substância objetivando reaproveitar as propriedades desse produto. Furtado (2005) cita que se deverá partir para a reciclagem somente depois da adoção, por completo, de técnicas de prevenção, enfatizando assim o uso da reciclagem interna.

Pode-se considerar a ecoeficiência como um avanço da P+L, pois existe a valorização da reciclagem interna e externa, além de preocupar-se com o produto e os impactos ambientais que esse venha a ocasionar.

2.5.5 Metodologia de Emissões Zero – ZERI (*Zero Emissions Research Initiative*)

Do “berço ao berço”, conceito segundo Pauli (1998), estabelece a não geração de resíduos, de forma que todas as entradas e insumos sejam utilizados na própria produção. Quando ocorre a geração de qualquer tipo de resíduo, estes são utilizados por outras indústrias, obtendo valor agregado. Pode-se considerar que este conceito é uma evolução do tradicional conceito do “berço ao túmulo” já discorrido anteriormente.

A metodologia de emissão zero é um instrumento de gestão comparável ao conceito de qualidade total e significa basicamente, que nada será perdido sendo todo o resíduo utilizado como valor agregado. Estes resíduos podem ser reutilizados dentro das próprias atividades da indústria ou como insumo de valor agregado para outras indústrias. Se uma empresa é beneficiadora de matérias-primas, mas está descartando quantidades maciças de resíduos e subprodutos, a metodologia também possibilitará as autoridades locais estudar como podem ser reutilizadas em outras indústrias, além do fato de ter como consequência geração de outros postos de trabalho. O quadro 8 mostra um comparativo entre metodologia usual de produção mais limpa com a metodologia ZERI.

Quadro 8 – Produção mais Limpa *versus* Emissões Zero

| PRODUÇÃO MAIS LIMPA | EMISSÕES ZERO |
|--|---|
| O primeiro passo a ser dado | O objetivo final |
| Reduzir os efeitos da velha ordem | Criar novas indústrias da nova ordem |
| Minimizar os resíduos | Entradas de valor agregado |
| Reduzir custos | Gerar mais renda |
| Processo único | Conglomerados industriais |
| Concentra-se em resíduos, energia e água | Fusão de agendas incluindo postos de trabalho |
| Concentra-se na questão <i>hic et nunc</i> | Trata da demanda geral |
| Processo baseado em entrada/saída | Processo baseado em saída/entrada |
| Linear | Complexo |

Fonte: PAULI, 1998.

A metodologia ZERI foi testada em mais de 50 setores industriais, pesquisadores, estudantes e oficiais do governo de todos os continentes, excluindo a Antártica. A cervejaria foi o setor que obteve maiores avanços, podendo evoluir mais rapidamente, passando do estudo à prática. Consiste dos seguintes passos:

1. Modelos de aproveitamento total ao se utilizar a tabela entrada/saída – tabela que indica os processos de entrada que estão sendo convertidos em saídas, e as outras fontes de resíduo geradas no processo. Além de se procurar uso para as matérias residuais, busca-se verificar se o processo de produção não pode ser melhorado ao se reduzir o consumo de alguns componentes.
2. Busca criativa de valor agregado utilizando-se modelos de entrada/saída – requer uma abordagem multidisciplinar que busque opções não consideradas dentro do negócio. Tais ações precisam ser priorizadas segundo critérios de seleção da Metodologia ZERI: avaliar o potencial para valor agregado, estabelecer as necessidades de energia, determinar os investimentos de capital, revisar as necessidades de espaço físico e calcular as oportunidades de criação de postos de trabalho.
3. Modelos de conglomerados industriais – a formação de conglomerados industriais é um exercício para quantificar a escala ideal, de forma que o modelo proposto possa controlar o fluxo de matérias sem arriscar a economia e a eficiência da conversão de um resíduo em um insumo para o outro processo.
4. Identificação de avanços tecnológicos - a integração de inúmeros sistemas de produção pode exigir mudanças nas tecnologias de processos e produtos.
5. Planejamento de políticas industriais – o ultimo passo na metodologia é resumir a abordagem, os achados e propostas em um documento oficial, o qual deve ser submetido ao sistema legal e cultural existente.

2.5.6 Sustentabilidade

Segundo Furtado (2005), sustentabilidade representa um processo contínuo, de longo prazo, capaz de impedir a ruína de determinado sistema ou de conjunto de bens e meios, pela garantia de acesso e de reposição de bens e serviços. A permanência de longo prazo demanda a conservação, a proteção, a reposição ou o desenvolvimento de recursos intra, inter e trans-gerações.

Na área empresarial é definido como a adoção de estratégias de negócios e atividades que atendam às necessidades da organização e de suas partes interessadas, ao mesmo tempo em que protege, mantém e aprimora os recursos humanos e naturais que serão necessários no futuro.

Diante disso, é necessário selecionar ferramentas aplicáveis ao aprimoramento incremental de operações, atividades e práticas correntes selecionadas como P+L, prevenção de poluição, ecoeficiência (FURTADO, 2005).

O desenvolvimento da sustentabilidade está relacionado diretamente à capacidade natural de suporte (recursos naturais existentes) e à capacidade de sustentação (atividades sociais, políticas e econômicas geradas pela própria sociedade e em seu benefício) (MILARÉ, 2005).

A construção de uma sociedade sustentável, conforme os princípios descritos no quadro 9, deve apoiar-se em uma estratégia mundial que reflete declarações à respeito de igualdade de desenvolvimento sustentável, conservação da natureza e como fator essencial para a sustentação da vida.

Quadro 9: Princípios para a construção de uma sociedade sustentável

| PRINCÍPIO | CONTEÚDO |
|-----------|--|
| 1 | Respeitar e cuidar da comunidade dos seres vivos; |
| 2 | Melhorar a qualidade da vida humana; |
| 3 | Conservar a vitalidade e a diversidade do planeta Terra; |
| 4 | Mínimizar o esgotamento de recursos não-renováveis; |
| 5 | Permanecer nos limites da capacidade de suporte do planeta Terra; |
| 6 | Modificar atitudes e práticas pessoais; |
| 7 | Permitir que as comunidades cuidem de seu próprio meio ambiente; |
| 8 | Gerar uma estrutura nacional para a integração de desenvolvimento e conservação; |
| 9 | Constituir uma aliança global. |

Fonte: MILARÉ, 2005.

A evolução deste assunto deu-se com a construção da Agenda 21 Brasileira, expandida para estados e municípios, que tem como maior desafio internalizar os valores e princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas públicas do país.

“Por fim, é preciso ressaltar, uma vez mais, que a Agenda 21 brasileira não é um plano de governo, mas um compromisso da sociedade em termos de escolha de cenários futuros. Praticar a Agenda 21 pressupõe a tomada de consciência individual dos cidadãos sobre o papel ambiental, econômico, social e político que desempenham em sua comunidade. Exige, portanto, a integração de toda a sociedade na construção desse futuro que desejamos ver realizado. Uma nova parceria, que induz a sociedade a compartilhar responsabilidades e decisões junto com os governos, permite maior sinergia em torno de um projeto nacional de desenvolvimento sustentável” (MILARÉ, 2005).

Todos os conceitos apresentados alinham-se fortemente com a responsabilidade estendida do produto, que define que as responsabilidades pela gestão de resíduos, usualmente atribuídas aos consumidores e governos, sejam transferidas ao produtor e também como citado anteriormente em Gestão Compartilhada de Resíduos que responsabiliza todos os envolvidos no processo produtivo (o gerador, o poder público e o consumidor final) (MAIA; WILK, 2004; CHIUVITE, 2006).

2.6 - FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E METODOLOGIAS UTILIZADAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

2.6.1 Métodos estatísticos de análise e de decisão

Para minimizar o grau de subjetividade e visando a aplicabilidade da metodologia proposta no capítulo 3, foram pesquisados métodos de análise e de decisão, ferramentas estatísticas e metodologias existentes que possibilitem pontuar, priorizar coerentemente e realizar uma melhor análise das alternativas, segundo critérios quantitativos e qualitativos e resultar em um modelo de gestão de resíduos.

Dentre alguns métodos estatísticos foram encontrados os seguintes: Método da Teoria da Utilidade, *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* – *ELECTRE*, *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* - *MACBETH*, Análise Hierárquica de Processos – AHP e Metodologia da Agência de Proteção Ambiental Americana - EPA.

No Método da Teoria da Utilidade o decisor assume as escolhas que deseja fazer, de acordo com o maior nível de satisfação ou utilidade esperada. As preferências do decisor são representadas por funções matemáticas chamadas de função utilidade. Esse método resolve algumas limitações da teoria da probabilidade, mas tem seu alcance contestado (JANSEN, 2004).

Método semelhante ao *Promethee*, o método *ELECTRE* é um algoritmo que reduz o tamanho do conjunto de alternativas possíveis por sua classificação de acordo com o critério da dominância de uma alternativa sobre a outra (JANSEN, 2004). O método é baseado nos conceitos de concordância e discordância e fornece apenas a ordenação de alternativas com

base em princípios de dominância. Existem diversas versões do *ELECTRE* (SALOMON et al, 1999).

MACBETH é um método que critica o uso de funções com valor cardinal, fornecendo um indicador de inconsistência do conjunto de critérios formulados, o que facilita sua revisão por programação linear. No método MACBETH o decisor precisa elaborar julgamentos absolutos sobre a diferença de atratividade entre duas ações. Por esta comparação par-a-par é calculada por programação linear a função de valor, ou seja, escala de atratividade local, que representa as preferências expostas pelo decisor (JANSEN, 2004).

A Análise Hierárquica de Processos – AHP consiste de quatro etapas básicas: a) desenvolvimento dos níveis de hierarquia de decisão dos elementos inter-relacionados; b) determinação de preferência por comparações paritárias, c) síntese e determinação de prioridade relativa em um dado nível usando o método de autovetor e d) agregação das prioridades relativas para a escolha final. Segundo Prieto et al (2005) o método possui restrições como a quantidade de comparações paritárias necessárias que cresce rapidamente com o tamanho da matriz e a reversão de ordem, a alteração das alternativas dominantes em função da inclusão ou exclusão de alternativas irrelevantes e necessidade de realizar julgamentos comparativos. Como na metodologia proposta cada variável tem critérios distintos, o método AHP dificulta a comparação das variáveis, pois o mesmo é utilizado para atingir meta de decisão única a qual é consolidada sob critérios que sejam aplicáveis em todas as alternativas.

A Metodologia da Agência de Proteção Ambiental Americana - Metodologia EPA - associa correlações qualitativas e quantitativas de priorização e seleção de alternativas. O método atribui valores numéricos para variáveis qualitativas pré-selecionadas, mas não define um critério de avaliação dos valores dessas variáveis. Para auxiliar na análise das alternativas, Martini Junior; Figueiredo; Gusmão (2005) adaptaram a metodologia EPA, adotando critérios

baseados na ISO 14.001 e definindo pesos para cada um dos critérios, consensados por um grupo de trabalho profissional multidisciplinar e cita que o método EPA é baseado no preenchimento de uma planilha e a priorização obtida pela soma dos produtos dos pesos (P) atribuídos para cada critério e as notas (N) concedidas às alternativas em cada critério.

A priorização é proporcional ao somatório da alternativa, ou seja, quanto maior a soma do produto $N \times P$ maior será a prioridade (MARTINI JUNIOR; FIGUEIREDO; GUSMÃO, 2005).

2.6.2 Metodologia utilizada para transformar resíduos em produtos

O trabalho desenvolvido por John e Ângulo (2000) consiste na apresentação de metodologia para a condução dos processos de pesquisa e desenvolvimento visando transformar resíduos em produtos viáveis, segundo condições de mercado determinadas.

Esta metodologia de reciclagem de resíduos considera o desenvolvimento técnico do material, os impactos ambientais do processo e a viabilidade mercadológica. A análise de mercado é justificada pela geração de empregos, pela redução do volume de aterros e por não utilizar recursos naturais que evita a contaminação do meio ambiente ou o comprometimento da saúde populacional. Considera que além do desenvolvimento de pesquisas quanto ao domínio de ciências dos materiais e do meio ambiente, são fundamentais estudos quanto a viabilidade de mercado que por consequência depende da possibilidade econômica do processo, da específica abordagem de marketing, da adequação do produto às restrições legais e da aceitação pela sociedade.

A referida metodologia compreende as seguintes fases:

- Geração de resíduos
 - Estimar a geração de resíduos

- Custos associados à prática atual da gestão de resíduos
- Análise do processo industrial que gera o resíduo
- Análise do processo de gestão do resíduo
- Caracterização do resíduo
 - Composição química, micro-estruturas, aspectos físicos, poder calorífico e condutividade térmica
 - Análise de fases e separabilidade
- Seleção de usos potenciais para os resíduos
 - Identificação de alternativas com potencial técnico (normalização prescritiva e critérios de seleção, alterações no processo, análise de conveniência de separação de fases para reciclagem)
 - Seleção da alternativa para pesquisa e desenvolvimento (critérios para seleção e ferramentas de decisão)
- Desenvolvimento do produto
- Avaliação do produto
 - Avaliação do desempenho técnico
 - Análise de sustentabilidade (análise do ciclo de vida, lixiviação de espécies químicas)
 - Viabilidade econômica
 - Transferência de tecnologia

3 METODOLOGIA DE GESTÃO CORPORATIVA DE RESÍDUOS DO SETOR ELÉTRICO

A metodologia para gestão corporativa de resíduos proposta é composta pelas seguintes etapas:

- a) Análise do Ciclo Interno do Resíduo – ACIR;
- b) Caracterização do resíduo;
 - Estado físico;
 - Composição química;
- c) Classificação do resíduo;
- d) Primeira seleção – Levantamento prévio de alternativas tecnológicas;
- e) Impactos ambientais negativos ocasionados pelo resíduo;
- f) Segunda seleção - Redução de geração de resíduos / Reaproveitamento do resíduo em outro processo;
- g) Pertinência legal e normativa;
- h) Terceira seleção - Análise de alternativas sustentáveis;
- i) Priorização de alternativas sustentáveis.

a) Análise do Ciclo Interno do Resíduo - ACIR

A metodologia proposta visa conhecer o percurso interno do material desde sua utilização inicial até o seu provável descarte, momento em que ele passa a ser considerado como um resíduo.

Padronizou-se denominar esse levantamento de Análise de Ciclo Interno do Resíduo – ACIR. Foi adaptado da metodologia desenvolvida por John (descrita no item 2.5) e conceitos de ACV (descritos no item 2.4.2).

Na ACIR foi realizado o levantamento de todo um ciclo interno que o resíduo percorre na companhia, pelo conhecimento: da(s) fonte(s) geradora(s) do resíduo, do processo gerador, da marca do material que gera o resíduo, da forma de acondicionamento, do armazenamento temporário, do encaminhamento atual dado e realização de acompanhamento, da quantidade média mensal gerada, das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Essa etapa faz com que a referida metodologia desenvolva um claro propósito de gestão, pois à medida que se faz necessário realizar a análise do ciclo interno do material, descobre-se o foco de geração do resíduo em toda a companhia, devendo haver para isto uma atuação integrada e conjunta, além da necessidade de disponibilizar dados e monitoramento contínuo com o auxílio de um banco de dados.

b) Caracterização do resíduo

Nesta etapa de caracterização do resíduo foi necessário conhecer o estado físico, a composição básica e a classificação do resíduo de acordo com a norma ABNT NBR 10.004:2004.

- Estado físico

Foi caracterizado o estado físico em que o resíduo se encontra, sendo escopo do presente trabalho resíduos sob estados sólido, líquido e pastoso. A metodologia proposta não contempla o estado gasoso por entender que seriam necessários tratamentos diferenciados,

mais precisamente controles, que são estabelecidos por meio de parâmetros de emissões consideradas em legislação específica e devido a norma ABNT NBR 10.004:2004 não considerar o estado gasoso.

- Composição (componentes básicos do resíduo industrial)

Para caracterizar o resíduo em estudo, foi realizado levantamento de dados sobre a composição química de sua massa bruta por literatura técnica disponível.

Compreendem a literatura técnica: catálogos, revistas, informativos e panfletos técnicos, informações contidas nos rótulos dos produtos, além de material obtido por pesquisa bibliográfica.

c) Classificação do resíduo

A classificação do resíduo foi realizada pelo seu enquadramento de acordo com a norma NBR ABNT 10004:2004 e as listagens anexas à norma, que possibilitaram informar o código de identificação, a característica de periculosidade e a classe que este resíduo industrial pertence.

d) Primeira seleção – Levantamento prévio de alternativas tecnológicas

Na primeira seleção foram levantadas, por pesquisa em literatura técnica, alternativas tecnológicas disponíveis no mercado nacional para, prioritariamente, tratar o resíduo e para realizar sua correta disposição final.

Em seguida, realizou-se uma prévia seleção das alternativas, categorizadas como apropriadas e não apropriadas, pelo preenchimento de formulário específico. (quadro 10)

Recomenda-se que esta análise seja realizada por técnico que possua conhecimento prévio das alternativas disponíveis e alguma experiência profissional na gestão de resíduos industriais.

As alternativas não apropriadas, por não atender aos requisitos técnicos necessários, foram descartadas a partir desta etapa.

As alternativas apropriadas, consideradas tecnicamente viáveis e pertinentes para que o processo de tratamento do resíduo realize-se com efetividade, foram relacionadas na tabela 3.

Quadro 10 – Formulário da Segunda seleção

| ALTERNATIVAS | APROPRIADA | NÃO APROPRIADA | ENSAIOS LABORATORIAIS |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| T R A T A M E N T O S | | | |
| Incineração | | | IV, CR, EM, AA |
| Co-processamento | | | IV, CR, EM, AA |
| Plasma | | | IV, CR, EM, AA |
| Compostagem | | | NBR 10.005/10.006/10.007 |
| Rerrefino | | | ÑÃO É NECESSÁRIO |
| Landfarming | | | NBR 10.005/10.006/10.007 |
| Reciclagem | | | ÑÃO É NECESSÁRIO |
| DISPOSIÇÃO FINAL | | | |
| Aterro Industrial Classe I | | | NBR 10.005/10.006/10.007 |
| Aterro Industrial Classe IIB | | | NBR 10.005/10.006/10.007 |

Legenda: IV = Espectrometria na região do infravermelho, CR = Cromatografia Gasosa / Líquida, EM = Espectrometria de massas, AA = Espectrometria de Absorção Atômica de Chama.
Fonte: a autora.

Quando não existir condições de caracterização do resíduo pela análise do processo e em caso de insuficiência ou não disponibilização de literatura técnica sobre a composição inicial do resíduo, foi considerado necessário realizar ensaios laboratoriais para a alternativa final escolhida (quadro 10).

A metodologia previu a realização das seguintes análises laboratoriais, escolhidas para identificar a presença de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas na base inicial do resíduo e uma possível contaminação deste resíduo devido ao seu contato com outros materiais durante o processo de armazenamento temporário.

As análises laboratoriais são:

- Espectrometria na região do infravermelho;
- Cromatografia Gasosa e Líquida;
- Espectrometria de massas;
- Espectrometria de Absorção Atômica de Chama;
- Testes de lixiviação (NBR 10.005); e
- Testes de solubilização (NBR 10.006).

e) Impactos ambientais negativos ocasionados pelo resíduo

Devem ser identificados os principais impactos ambientais negativos que podem ser ocasionados pelo tratamento inadequado ou disposição incorreta do resíduo, de forma a não oferecer prejuízos ao ar, ao solo, aos cursos d'água e, por consequência, à saúde humana.

f) Segunda seleção – Redução de geração do resíduo / Reaproveitamento do resíduo em outro processo

Na segunda seleção foram aplicados os conceitos de ecoeficiência, P+L e Gestão Sustentável. Pelo conhecimento e análise da ACIR, foi verificada a possibilidade de reduzir a

geração do resíduo na fonte ou reaproveitar o resíduo em outro processo, seja pela modificação ou pelo aprimoramento do processo, pela utilização de novos produtos e equipamentos.

Se existir esta possibilidade, a metodologia previu o desenvolvimento de um plano de redução de geração do resíduo ou plano para reaproveitamento do resíduo em outro processo, bem como a aplicação da referida metodologia para esta nova situação. Após esta fase, passou-se à etapa seguinte.

g) Pertinência legal e normativa

A condição legal é de alta relevância na metodologia proposta, sendo nesta etapa, levantadas regulamentações, normas, leis e resoluções vigentes, sob os âmbitos municipal, estadual e federal, que determinam procedimentos específicos para o resíduo em estudo, as quais obrigatoriamente deverão ser atendidas.

A existência de norma ou legislação para o resíduo em análise, induz como solução proposta nesta metodologia, o atendimento da mesma.

Na hipótese de não haver legislação específica para o resíduo em estudo, a metodologia estabeleceu a continuidade da análise de acordo com as etapas seguintes.

h) Terceira seleção – Análise de alternativas sustentáveis

Para realizar a terceira seleção foi utilizada a metodologia EPA (capítulo 2.5) e inseridas adaptações com relação ao conceito inicial.

Foram estabelecidos cinco parâmetros: social, ambiental, técnico, econômico e jurídico, e, para cada parâmetro foi atribuído um valor de peso específico.

Por se considerar que os resultados ambientais encontram-se alinhados diretamente às propostas de atendimento às necessidades atuais e mundiais, além do foco de sustentabilidade estar estabelecido e descrito neste trabalho, atribuiu-se o peso três. Para o parâmetro social foi atribuído o peso dois igualmente para o parâmetro técnico, por se entender que estes requisitos apresentam uma importância relativa em relação às demais. O parâmetro econômico recebeu o peso um, o menor peso, entendendo-se que a questão financeira está diretamente relacionada com a gestão econômica da organização, visando resultados de curto prazo, contrariando a proposta da metodologia que objetiva resultados de longo prazo.

Em cada parâmetro foram analisadas variáveis distintas (quadro 2). A análise em cada variável considerou três estágios: 1, 2 e 3 considerando a relevância crescente de suas contribuições do ponto de vista social, ambiental, técnico, econômico e jurídico. (quadro 11).

Quadro 11: Atribuição de valores para cada parâmetro analisado.

| Parâmetros | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONÔMICO | | JURIDICO | |
|---|--------------------|-------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|
| Peso atribuído | 2 | | 3 | | 2 | | 1 | | 3 | |
| Variável Analisada | Geração de emprego | | Nível de poluição resultante do processo | | Tempo de consolidação da tecnologia | | Custo comercial | | Passivo ambiental remanescente | |
| Pontuação atribuída em relação ao estágio observado | valor | estágio | valor | estágio | valor | estágio | valor | estágio | valor | estágio |
| | 1 | Até 50 pessoas envolvidas | 1 | Gera poluição | 1 | Incipiente | 1 | Alto (> R\$ 1.201,00 p/ton.) | 1 | Deixa passivo ambiental |
| | 2 | Envolve de 51 até 250 pessoas | 2 | Não gera nenhum tipo de poluição, desde que utilize controles adequados | 2 | Usada há mais de 5 anos | 2 | Moderado(de R\$ 301,00 até R\$1.200,00 p/ton) | | |
| | 3 | Envolve mais de 251 pessoas | 3 | Não gera nenhum tipo de poluição | 3 | Usada há mais de 10 anos | 3 | Baixo (R\$ 300,00 p/ton) | 3 | Não deixa passivo ambiental |
| | | | | | | 4 | O custo é nulo ou gera receita. | | | |

Fonte: a autora

No parâmetro social foi avaliada a geração de emprego, tendo como base a classificação de empresas de serviços adotada pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, que estabelece relação pelo número de funcionários em cada classe de empresa. São considerados quatro níveis de empresas, porém após analisar o perfil

das empresas que atuam neste segmento tecnológico de tratamento e destinação de resíduos, foram agrupadas num único nível de empresas, ou seja, de porte micro e empresas de pequeno porte. Atribui-se valor 1 para a tecnologia que emprega até 50 pessoas; valor 2 para a tecnologia que emprega de 51 até 250 pessoas; e valor 3 para a tecnologia que emprega mais de 251 pessoas.

No parâmetro ambiental foi avaliado o nível de poluição resultante do processo tecnológico de acordo com o levantamento bibliográfico que embasou o capítulo 2.2. Atribui-se valor 1 para a tecnologia cujo processo gera poluição; valor 2 será para a tecnologia cujo processo não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados; e valor 3 para a tecnologia cujo processo não gera nenhum tipo de poluição.

No parâmetro técnico foi avaliado o tempo de consolidação e atuação da tecnologia no mercado, segundo dois critérios de classificação de Pinheiro (2001), que considera o impacto que a tecnologia gera em relação ao estágio em que se encontra, demonstrado no quadro 12.

Quadro 12: Critérios de classificação de tecnologias.

| CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO | ENQUADRAMENTO DA TECNOLOGIA | IMPACTO | JUSTIFICATIVAS |
|---------------------------|-----------------------------|---------|---|
| Importância | Base | 0 | Já difundida, conhecida. |
| | Chave | 1 | Modifica o domínio tecnológico atual |
| | Pacing | 1 | |
| Idade | Nova | 1 | Amplia e modifica o domínio tecnológico atual |
| | Crescente | 1 | |
| | Madura | 0 | Mantêm o estágio técnico |

Legenda : impacto menor = 0 (zero); impacto maior = 1 (um)

Fonte: PINHEIRO (2001)

A partir deste embasamento atribui-se valor 1 para a tecnologia cujo processo gera poluição; valor 2 será para a tecnologia cujo processo não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados; e valor 3 para a tecnologia cujo processo não gera nenhum tipo de poluição.

No parâmetro econômico foi avaliado o custo comercial médio vigente para tratar ou destinar cada tonelada de resíduo, consideradas classes distintas de resíduos. Pretendendo fornecer subsídios e embasar esta avaliação econômica, realizou-se pesquisa junto às empresas prestadoras de serviços das tecnologias em estudo. Especificamente para esta variável, estabeleceram-se quatro estágios devido às dificuldades para se obter informações comerciais desejadas na referida pesquisa. Atribuiu-se valor 1 para a tecnologia cujo custo comercial considerou-se alto (valor acima de R\$ 1.201,00 por tonelada); valor 2 para a tecnologia cujo custo comercial considerou-se moderado (valores entre R\$ 301,00 e R\$ 1.200,00 por tonelada); valor 3 para a tecnologia cujo custo comercial considerou-se baixo (valores até R\$ 300,00 por tonelada) e valor 4 para a tecnologia cujo custo comercial é nulo ou gera receita.

No parâmetro jurídico foi considerada, pela aplicação da alternativa técnica escolhida, a não eliminação total do resíduo e como consequência os riscos e a geração de passivos ambientais. Os princípios contidos no capítulo 2.3, que trata do direito ambiental, justificam esta avaliação. Para este parâmetro foram estabelecidos apenas dois estágios, atribuindo-se valor 1 para a tecnologia de cujos processos possam resultar passivos ambientais e valor 3 para a tecnologia cujos processos não possam resultar passivos ambientais.

Para fornecer melhor embasamento à metodologia proposta, realizaram-se pesquisas qualitativa e quantitativa junto às empresas apontadas na pesquisa realizada pela ABETRE (item 2.1.4.b), a fim de se levantar os valores médios atuais praticados no mercado para classes distintas de resíduos, como também o número de empregos diretos fomentados em cada alternativa de tratamento e disposição final de resíduo, cujos resultados resumidos estão contidos na tabela 2.

Tabela 2: Custo comercial médio e geração de emprego de tecnologia de tratamento e destinação final de resíduos industriais.

| ALTERNATIVA ANALISADA | ECONÔMICO | SOCIAL |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| | CUSTO COMERCIAL MÉDIO POR TON | GERAÇÃO DE EMPREGO |
| Aterro Industrial Classe I | de 150,00 a 500,00 | de 50 a 100 |
| Aterro Industrial Classe IIA | de 50,00 a 250,00 | de 50 a 100 |
| Incineração | de 1.200,00 a 3.500,00 | de 20 a 100 |
| Co-processamento | de 300,00 a 800,00 | de 150 a 500 |
| Plasma | De R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00 | Até 50 |
| Reciclagem | Gera receita | de 51a 150 |
| Refino | Gera receita | Não informado |

Fonte: a autora.

Após a avaliação foram atribuídos pontos às alternativas consideradas apropriadas. Cada pontuação foi individualmente ponderada (relação entre a nota atribuída e o peso estabelecido) e ao final realizou-se a soma geral.

A tabela 3 apresenta o formulário da terceira seleção considerando, apenas como um exemplo, resultados referentes a um resíduo qualquer em específico.

Tabela 3 – Formulário da Terceira seleção

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|-------------------|
| | valor | v'2 (S) | valor | v'3 (A) | valor | v'2 (T) | valor | v'1 (E) | valor | v'3 (J) | |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 17 |
| CO-PROCESSAMENTO | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 9 | 22 |
| PLASMA | 1 | 2 | 2 | 6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 9 | 20 |
| RECICLAGEM | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 4 | 4 | 3 | 9 | 29 |
| ATERRO | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 21 |

Fonte: a autora.

i) Priorização de alternativas sustentáveis

A partir do resultado final obtido, as alternativas consideradas apropriadas para tratamento e destinação final do resíduo industrial foram ordenadas, seguindo a classificação em ordem crescente.

A ordem de classificação para cada alternativa foi complementada com as justificativas que mostram seus pontos fortes.

Estes parâmetros subsidiam a tomada de decisão para a escolha da alternativa considerada a que melhor pode atender as necessidades da empresa geradora do resíduo, segundo critérios gerenciais estabelecidos e alinhados à estratégia de gestão da empresa.

Com a priorização das alternativas, a empresa que optar por custos poderá justificar a escolha da alternativa que for mais econômica, mesmo se a metodologia proposta considerar futuros passivos ambientais. Outra empresa já poderia escolher uma alternativa ambientalmente correta, sem questionar os valores a serem dispensados para o tratamento do resíduo industrial analisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos com a aplicação da metodologia de gestão corporativa de resíduos industriais.

A metodologia proposta no capítulo anterior foi testada por técnicos que atuam na gestão de resíduos industriais. A validação da metodologia por meio deste trabalho ocorre pela análise detalhada dos resultados obtidos.

Cinco técnicos da COPEL e dois técnicos do laboratório de pesquisa LACTEC participaram desta fase de testes da metodologia, os quais apresentaram os perfis descritos no quadro 13, com uma diversidade bastante adequada para esta etapa.

Os resíduos testados pela metodologia proposta foram escolhidos, espontaneamente, de acordo com a expertise de cada técnico.

Quadro 13: Perfis de avaliadores da metodologia de gestão de resíduos industriais e resíduo testado.

| FORMAÇÃO | ESPECIALIZAÇÃO | EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL | RESÍDUO TESTADO |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---|
| Engenharia Civil | Mestrado em Engenharia Ambiental | 5 anos | Óleo mineral isolante |
| Química | Doutorado em Ciências | 20 anos | Solventes orgânicos diversos Estopa contaminada com óleos e graxas |
| Engenharia Ambiental | | 2 meses | Baterias de chumbo-ácido |
| Engenharia Química | | 2 anos | Lâmpadas com vapor de mercúrio Terra <i>Füller</i> usada |
| Engenharia Química | Doutorado em Meio Ambiente | Mais de 10 anos | Pilhas |
| Biologia | | 5 anos | Óleo de sistemas hidráulicos Papel contaminado com óleo mineral |
| Administração de Empresas | Mestrado em Gestão Ambiental | 1 ano | Óleo lubrificante usado |

Fonte: a autora

A figura 12 apresenta os resultados apontados pela aplicação da metodologia proposta confrontada com o respaldo bibliográfico e normativo que embasa esta validação.

| Resíduo analisado | Resultado apontado pela metodologia | Validação |
|---------------------------------------|--|---|
| Baterias de chumbo-ácido | Reciclagem 18 pontos Incineração 15 pontos | CONAMA nº. 257 |
| Estopa contaminada com óleos e graxas | Co-processamento... 27 pontos Incineração 24 pontos | CONAMA nº. 264 MARINGOLO, 2001 |
| Lâmpadas com vapor de mercúrio | Reciclagem 27 pontos Aterro Classe I 21 pontos | Inexistência legal MARINGOLO, 2001 ROLIM, 2000 |
| Óleo de sistemas hidráulicos | CONAMA nº 362 | |
| Óleo lubrificante usado | Rerrefino 32 pontos Co-processamento ... 29 pontos | CONAMA nº. 362 MARINGOLO, 2001 |
| Óleo mineral isolante | Rerrefino 29 pontos Reciclagem 24 pontos | CONAMA nº. 362 Regeneração de óleo prática setorial |
| Papel contaminado com óleo mineral | Co-processamento... 32 pontos Incineração 23 pontos | CONAMA nº. 264 MARINGOLO, 2001 CONAMA nº. 316 FORMOSINHO, 2001 |
| Pilhas | Reciclagem 25 pontos Aterro Classe I 17 pontos | CONAMA nº. 257/263 |
| Solventes orgânicos diversos | Incineração 26 pontos Aterro Classe I 22 pontos | CONAMA nº. 264 CONAMA nº. 316 RODRIGUES, 2005 |
| Terra <i>Füller</i> usada | Reciclagem 29 pontos Co-processamento ... 22 pontos | ROLIM, 2000 MARINGOLO, 2001 |

Figura 12: Resíduos industriais analisados com seus resultados obtidos e validados.

Fonte: a autora

Para efetivar a etapa de validação elaborou-se um formulário (APÊNDICES A, B e C) que considerou as etapas descritas no capítulo 3. Os parâmetros social e econômico foram definidos com o auxílio da tabela 2.

Nesta etapa de testes não foram realizados os ensaios laboratoriais analíticos indicados no quadro 10, pois o corpo técnico que participou do teste, tinha conhecimento da composição e origem dos resíduos analisados, o que justifica a dispensa de tais ensaios.

Resíduo analisado: Baterias de chumbo-ácido

A partir da utilização da metodologia, iniciada pela aplicação da ACIR, foram levantados dados com relação ao ciclo interno que a bateria percorre na empresa. A ACIR mostrou que a bateria é gerada pela área administrativa e pela área de manutenção elétrica, no processo de troca de baterias sem carga e que não é acondicionada.

O resíduo, armazenado temporariamente no depósito de resíduos industriais, segue para um almoxarifado, considerado pelo avaliador, como seu encaminhamento final. Foi informado que não é realizado nenhum acompanhamento no processo final pelo qual o resíduo passa e que a média mensal gerada é de dez baterias. O avaliador considerou que o resíduo apresentava características de corrosividade, embasando sua classificação como resíduo de classe I.

Na primeira seleção, com o levantamento prévio de alternativas tecnológicas, a incineração e a reciclagem foram consideradas alternativas apropriadas, seguindo para as etapas seguintes de acordo com a metodologia prévia.

Segundo o avaliador, a destinação final inadequada dos componentes internos da bateria pode poluir água e solo, considerado como um impacto ambiental negativo. Na segunda seleção foi apontado que não existe como reduzir a geração de baterias ou reaproveitá-las em outro processo.

Ao aplicar-se a metodologia para este resíduo, foram avaliadas todas as etapas além da verificação da legislação existente. A escolha das duas alternativas, apresentadas na tabela 4, se deu pela análise de todas as principais possibilidades existentes e conhecidas para o referido resíduo e atribuíram-se os valores constantes do quadro 11 (capítulo 3).

Das duas alternativas analisadas (tabela 4), optou-se pela técnica de reciclagem com um total de pontuação igual a 18, visto que para a incineração obteve-se um score igual a 15.

Tabela 4: Resultado da priorização para baterias de chumbo-ácido

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v°2 (S) | valor | v°3 (A) | valor | v°2 (T) | valor | v°1 (E) | valor | v°3 (J) | |
| RECICLAGEM | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 3 | 18 |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 |

É importante observar que a Resolução CONAMA n° 257, estabelece, prioritariamente, a reciclagem como destinação final para baterias de chumbo-ácido. Na impossibilidade do uso desta técnica, a resolução indica a destruição térmica, desde que obedecidas às condições técnicas previstas na NBR 11175 – Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA n°. 03, o que demonstra uma perfeita correlação com os resultados obtidos.

A resolução CONAMA n° 257 também estabelece como destinação final adequada, a devolução para o fabricante. Verificou-se na empresa analisada neste estudo, que as baterias de chumbo-ácido são incluídas na relação de sucatas alienadas em licitações públicas, as quais seguem indiretamente para reciclagem.

Resíduo analisado: Estopa contaminada com óleos e graxas

Os dados levantados pela aplicação da ACIR embasaram as etapas da metodologia proposta. O avaliador citou que a estopa contaminada com óleos e graxas é gerada pelo processo de limpeza e desengraxe da manutenção dos equipamentos e máquinas das usinas e uma única área é responsável por sua geração de dez quilos mensais.

O avaliador respondeu que o resíduo é acondicionado em tambores de latão, seguindo para destino final para co-processamento, mas sem nenhum acompanhamento. Com características de inflamabilidade foi classificado como resíduo perigoso de classe I.

Incineração, co-processamento, plasma e aterro industrial foram alternativas consideradas apropriadas, na primeira seleção.

Os impactos ambientais negativos apontados foram a poluição de solo e de cursos d'água, possibilidade levantada quanto de seu armazenamento temporário realizado de forma inadequada.

Foi descrito, na segunda seleção, que sua substituição por panos laváveis, seria uma forma de reduzir a geração deste resíduo, e para tanto, seria desenvolvido um plano específico para esta nova ação.

Como não foi encontrada legislação específica, seguiu-se para as etapas seguintes, analisando as quatro alternativas apontadas na primeira seleção.

Pela utilização da metodologia proposta, obteve-se como alternativa mais apropriada o co-processamento (tabela 5) que apresentou um total de pontuação igual a 27, seguido da incineração que obteve um escore igual a 24. O plasma e o aterro industrial totalizaram 20 e 19 pontos, respectivamente.

Tabela 5: Resultado da priorização para estopa contaminada com óleos e graxas.

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v'2 (S) | valor | v'3 (A) | valor | v'2 (T) | valor | v'1 (E) | valor | v'3 (J) | |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 9 | 24 |
| CO-PROCESSAMENTO | 3 | 6 | 2 | 6 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 9 | 27 |
| PLASMA | 1 | 2 | 2 | 6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 9 | 20 |
| ATERRO CLASSE I | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 3 | 19 |

Os resultados obtidos são coerentes com o contido na Resolução CONAMA n°. 264, que estabelece a utilização do resíduo como substituto do combustível, para fins de reaproveitamento de energia. Tal visão é reforçada por Maringolo (2001), que considera a atividade integrada de destruir resíduos e valorizar seu poder energético no processo de fabricação do clínquer, um eficiente indicador de sustentabilidade, ao aliar crescimento econômico, balanço ecológico de produção com menor uso de recursos energéticos não renováveis e progresso social.

Resíduo analisado: Lâmpadas com vapor de mercúrio

Pode-se verificar que este resíduo é gerado pelas áreas administrativas e serviços de iluminação pública, acondicionado em sua embalagem original, armazenado temporariamente em almoxarifados, encaminhado para reciclagem, sem que haja nenhum acompanhamento e em média, são geradas, aproximadamente, 5.700 unidades mensais.

O resíduo analisado apresentava características de toxicidade e, segundo o avaliador, causa impactos negativos ambientais e de saúde ocupacional, sendo classificado como resíduo perigoso de classe I.

Na primeira seleção, com o levantamento prévio de alternativas tecnológicas, a reciclagem e o aterro industrial classe I foram consideradas alternativas apropriadas, seguindo para as etapas seguintes de acordo com a metodologia prévia.

Segundo o avaliador, o armazenamento inadequado pode ocasionar a quebra de lâmpadas com conseqüente liberação de mercúrio sob a forma de vapor, podendo ser aspirado por quem as manuseia.

Na segunda seleção foi apontado que não existe forma de reduzir sua geração ou reaproveitamento em outro processo, nem legislação específica para lâmpadas com vapor de mercúrio.

Com a priorização realizada (tabela 6), a metodologia apontou a reciclagem, que obteve um total de 27 pontos, como alternativa mais apropriada para a destinação final de lâmpadas com vapor de mercúrio. A alternativa de aterro classe I, para este resíduo, apresentou um escore de 21 pontos e foi, neste caso, considerada a segunda alternativa mais apropriada.

Tabela 6: Resultado da priorização para lâmpadas com vapor de mercúrio

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v°2 (S) | valor | v°3 (A) | valor | v°2 (T) | valor | v°1 (E) | valor | v°3 (J) | |
| RECICLAGEM | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 3 | 9 | 27 |
| ATERRO CLASSE I | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 21 |

Não se encontrou legislação específica para este tipo de resíduo, contudo, segundo Maringolo (2001), resíduos perigosos com características de toxicidade não são utilizados no co-processamento, a menos que sejam combustíveis com quantidade de energia significativa pela legislação atual (mínimo 2775 kcal/kg ou 11.620 kJ/kg) na base seca, ou, como substituto parcial de matéria-prima, caso sua composição seja predominantemente composta por cálcio, sílica, alumínio e ferro.

Como o vidro e o alumínio representam a maior parte dos componentes de uma lâmpada, e, analisando os resultados advindos da reciclagem quanto à preservação de recursos naturais, aumento do tempo de vida útil dos aterros, redução da poluição e contaminação ambiental e dos problemas de saúde pública e social decorrentes, além do aspecto de criação de emprego e renda (ROLIM, 2000), observa-se que os resultados apresentados por meio da aplicação da metodologia proposta, encontram-se em consonância com as referidas considerações e, portanto, são cabíveis. A reciclagem de resíduos perigosos deve ser acompanhada de técnicas de descontaminação, realizadas dentro de princípios de saúde e segurança ocupacional e ambiental.

Resíduo analisado: Óleo de sistemas hidráulicos e óleo lubrificante usado

Os resultados e discussões sobre o óleo de sistemas hidráulicos e óleo lubrificante usado foram agrupados devido à similaridade das suas características. Entretanto, a

metodologia foi utilizada de duas maneiras distintas, apresentando ao final, os mesmos resultados.

O óleo de sistemas hidráulicos, utilizado pela área de manutenção e operação dos equipamentos e máquinas das usinas, é acondicionado em tambores, armazenado temporariamente no depósito de inflamáveis nas usinas e encaminhado para reciclagem sem que seja realizado algum acompanhamento. O avaliador informou que, em média, mensalmente são gerados 400 quilos deste tipo de resíduo, que por apresentar características de inflamabilidade, foi classificado como resíduo perigoso, classe I.

Na primeira seleção, a incineração, o co-processamento e o rerrefino foram as alternativas consideradas apropriadas.

A contaminação do solo e corpos d'água foram apontados como impactos ambientais negativos por seu armazenamento temporário realizado de forma inadequada.

Na segunda seleção foi registrada a inexistência em reduzir a geração deste resíduo.

Na etapa de verificação de existência de legislação específica foi encontrada a Resolução CONAMA nº 362, que estabelece o método de rerrefino como ambientalmente seguro e melhor alternativa de gestão ambiental. Conforme o estabelecido na metodologia proposta, finalizou-se a análise deste resíduo nesta etapa.

Já a análise do óleo lubrificante, utilizado no serviço de manutenção e lubrificação de guindautos¹¹, foi testada até a etapa final da metodologia proposta.

Na questão referente à marca do material, foram citadas as marcas Mobil – DTE26 e AE68 - e Texaco – HANDO 32 e HANDO 46.

Houve o registro de que o resíduo é acondicionado em tambor, armazenado temporariamente em almoxarifado, vendido sem a realização de acompanhamento e que a média anual gerada totaliza 100 litros por guindauto.

¹¹ Guindautos são veículos utilizados na manutenção de rede de distribuição.

Por apresentar características de inflamabilidade, este resíduo foi classificado como resíduo classe I, com código de identificação F130 e com característica de periculosidade tóxica, segundo as listas anexas à NBR 10.004:2004.

Sob estado físico líquido, este lubrificante é um óleo mineral com aditivos antioxidantes, antidesgastes e inibidores de ferrugem e espuma para o óleo Hando e base mineral e aditivos para o óleo Mobil..

Na primeira seleção, foram apontadas como alternativas apropriadas: a incineração, o co-processamento, o rerrefino e o aterro industrial.

A contaminação do solo e corpos d'água foram apontados como impactos ambientais negativos por seu armazenamento temporário realizado de forma inadequada.

Na segunda seleção foi registrada a inexistência em reduzir a geração deste resíduo.

Na etapa de verificação de existência de legislação específica foi encontrada a Resolução CONAMA nº 362, que estabelece o método de rerrefino como ambientalmente seguro e melhor alternativa de gestão ambiental, seguindo-se para as etapas seguintes e previstas na metodologia proposta.

A técnica de rerrefino, com um total de 32 pontos, foi considerada a alternativa mais apropriada (tabela 7). A segunda alternativa, que obteve o escore de 29 pontos, foi o co-processamento, seguido pela incineração, que obteve 24 pontos, e pela alternativa menos apropriada, o aterro classe I, que obteve um total de 21 pontos.

Tabela 7: Resultado da priorização para óleo lubrificante usado

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v'2 (S) | valor | v'3 (A) | valor | v'2 (T) | valor | v'1 (E) | valor | v'3 (J) | |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 9 | 24 |
| CO-PROCESSAMENTO | 3 | 6 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 3 | 9 | 29 |
| RERREFINO | 2 | 4 | 3 | 9 | 3 | 6 | 4 | 4 | 3 | 9 | 32 |
| ATERRO CLASSE I | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 21 |

Destaca-se a Resolução CONAMA n° 362, que estabelece o método de rerrefino como ambientalmente seguro e melhor alternativa de gestão ambiental, o que demonstra alinhamento e coerência com os resultados obtidos com este teste.

O co-processamento apresentou como ponto forte não incidência de passivo ambiental, devido ser utilizado como combustível e, conseqüentemente, ser eliminado (MARINGOLO, 2001). Já o aterro, por deixar um passivo ambiental e exigir gerenciamento constante, segundo Formosinho (2001), foi considerado como alternativa menos apropriada.

Resíduo analisado: Óleo mineral isolante

O óleo mineral isolante, usado em equipamentos de subestações e na rede de distribuição de energia elétrica, é gerado pelo processo de manutenção, onde ocorre a substituição do equipamento ou a regeneração do óleo.

O avaliador registrou que as marcas Petrobrás e Texaco foram identificadas, acondicionado em tambor, armazenado temporariamente em almoxarifados, agências e subestações. O encaminhamento final dado ao óleo mineral isolante é co-processamento e reciclagem e o volume anual gerado totaliza 200.000 litros.

Foi registrada que a composição deste óleo é óleo mineral naftênico com teor de hidrocarbonetos aromáticos de petróleo (3%).

Por apresentar características de toxicidade foi classificado como resíduo perigoso, com código de identificação F430.

As alternativas apropriadas apontadas na primeira seleção foram: co-processamento, rerrefino e reciclagem.

Apontou a contaminação de solo, de água superficial e de água subterrânea, como os impactos ambientais negativos ocasionados com seu armazenamento temporário indevido.

Na segunda seleção, considerou-se que com o uso de medidas cautelosas na realização da troca, resultariam reduções no volume de óleo. Neste caso, indicou-se o desenvolvimento de plano de redução para o processo de troca de óleo.

Das três alternativas analisadas, o rerrefino obteve a maior pontuação, apresentou o total de 29 pontos (tabela 8) e foi considerado como a alternativa mais apropriada. A técnica de reciclagem obteve o escore total de 24 pontos e, com o total de 23 pontos, o co-processamento, neste caso, foi considerado como terceira alternativa.

Tabela 8: Resultado da priorização para óleo mineral isolante

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v*2 (S) | valor | v*3 (A) | valor | v*2 (T) | valor | v*1 (E) | valor | v*3 (J) | |
| CO-PROCESSAMENTO | 1 | 2 | 2 | 6 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 9 | 23 |
| RERREFINO | 3 | 6 | 2 | 6 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 9 | 29 |
| RECICLAGEM | 3 | 6 | 2 | 6 | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 3 | 24 |

É importante observar que o rerrefino é considerado, pela Resolução CONAMA n.º 362, como a melhor alternativa de gestão ambiental, o que comprova coerência com os resultados obtidos pela metodologia proposta. A reciclagem, segunda técnica que obteve a maior pontuação, vem agregar à validade da metodologia proposta, considerando que no setor elétrico a regeneração de óleo já é uma prática utilizada.

Resíduo analisado: Papel contaminado com óleo mineral

O processo de filtragem de óleo, realizado na área de operação e manutenção de usinas, utiliza alguns materiais e, conseqüentemente, gera outros tipos de resíduos, além do óleo usado.

O papel utilizado no filtro é um destes resíduos, o qual após ser utilizado é acondicionado em tambores, armazenado temporariamente no depósito de inflamáveis nas usinas e encaminhado para co-processamento, sem acompanhamento, para o total mensal de 3.000 quilos.

Por apresentar características de inflamabilidade foi considerado como resíduo de classe I.

Na primeira seleção, foram apontadas como alternativas apropriadas: a incineração, o co-processamento e o aterro industrial.

A contaminação do meio ambiente foi apontada como impactos ambientais negativos por seu armazenamento temporário realizado de forma inadequada.

Na segunda seleção foi registrada a inexistência em reduzir a geração deste resíduo e de legislação específica.

Das três alternativas analisadas (tabela 9), optou-se pela técnica de co-processamento com um total de pontuação igual a 32. A incineração obteve um escore igual a 23 pontos e o aterro industrial classe I fez um total de 22 pontos, conseqüentemente considerado como a alternativa menos apropriada.

Tabela 9: Resultado da priorização para papel contaminado com óleo mineral

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v°2 (S) | valor | v°3 (A) | valor | v°2 (T) | valor | v°1 (E) | valor | v°3 (J) | |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 6 | 1 | 1 | 3 | 9 | 23 |
| CO-PROCESSAMENTO | 3 | 6 | 3 | 9 | 3 | 6 | 2 | 2 | 3 | 9 | 32 |
| ATERRO CLASSE I | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 3 | 22 |

Para que o resíduo industrial possa ser utilizado como substituto de combustível, deve fornecer energia térmica ao processo quando feita sua combustão. (MARINGOLO, 2001). A Resolução CONAMA n°. 264 considera que o resíduo pode ser utilizado como substituto do combustível, para fins de reaproveitamento de energia, desde que o ganho de energia seja

comprovado, considerações estas, que evidenciam a efetividade dos resultados apresentados pela aplicação da metodologia.

A incineração, segunda alternativa apropriada apontada pela metodologia e considerada tecnicamente viável pela Resolução CONAMA no. 316, quando comparada à técnica de co-processamento, apresenta custos superiores e menor geração de emprego. O aterro industrial mostrou-se em desvantagem em relação às demais alternativas, por deixar passivo ambiental e exigir gerenciamento constante (FORMOSINHO, 2001). Os resultados apresentados neste teste mostram que, mesmo havendo interpretação distinta pelo avaliador, o caráter subjetivo é eliminado pela ponderação de alternativas.

Resíduo analisado: Pilhas

A ACIR apontou que pilhas são geradas em toda a empresa, principalmente pelo uso de equipamentos eletrônicos. Formadas basicamente por metal, tinta e ácido, de marcas diversas, após seu uso são armazenadas temporariamente em almoxarifados, não sendo adotado atualmente nenhum encaminhamento final e formal.

Com características de corrosividade e reatividade, foi classificada como resíduo perigoso, classe I.

Na primeira seleção, a reciclagem e o aterro industrial, foram as alternativas apontadas como apropriadas.

O armazenamento temporário pode gerar corrosão de invólucro metálico e vazar a solução de ácido (pilhas secas) e de base (alcalinas), com teores variáveis de metais pesados, principalmente cádmio, níquel e mercúrio.

Na segunda seleção foi registrada a inexistência em reduzir a geração deste resíduo e de legislação específica

No teste realizado com as pilhas, decidiu-se seguir todas as etapas da metodologia proposta, mesmo havendo legislação específica (Resolução CONAMA n.º 257 e n.º 263) que estabelece orientações e encaminhamentos para este resíduo.

Das alternativas analisadas, a técnica de reciclagem totalizou 25 pontos (tabela 8) e foi considerada como a alternativa mais apropriada. Considerou-se como segunda alternativa, o aterro industrial classe I, que obteve o escore de 17 pontos.

Tabela 10: Resultado da priorização para pilhas

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v*2 (S) | valor | v*3 (A) | valor | v*2 (T) | valor | v*1 (E) | valor | v*3 (J) | |
| RECICLAGEM | 2 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 9 | 25 |
| ATERRO CLASSE I | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 17 |

É importante observar que a Resolução CONAMA n.º 257, prioritariamente estabelece a reciclagem como destinação final para pilhas, bem como sua devolução para os fabricantes, situação que ainda não ocorre na prática, percebida com certas restrições e fortemente discutida pelas partes envolvidas, o que mostra o alinhamento com o resultado apresentado pela aplicação da metodologia. Como no processo de co-processamento não são utilizados resíduos perigosos com características de corrosividade, reatividade ou toxicidade, reforça-se, neste caso, a aplicabilidade da metodologia proposta (MARINGOLO, 2001).

Resíduo analisado: Solventes orgânicos diversos

Os solventes orgânicos são substâncias líquidas utilizadas para realizar o processo de análise química em laboratórios, de marcas diversas, acondicionados em bombonas de vidro.

Segundo o avaliador, o solvente é encaminhado para co-processamento, com volume de geração média mensal de 100 litros, apresenta características de inflamabilidade e toxicidade, sendo classificado como resíduo perigoso (classe I).

Incineração, plasma e aterro foram as três alternativas consideradas na primeira seleção com o levantamento prévio de alternativas tecnológicas.

Na segunda seleção foi verificada que pela reciclagem existia a possibilidade de redução de geração deste resíduo e também considerou-se a existência de resíduos neste processo.

Na análise de alternativas sustentáveis, na terceira seleção, das três alternativas analisadas, a técnica de incineração foi considerada como a alternativa mais apropriada por apresentar o escore de 26 pontos (tabela 11). Neste teste considerou-se como segunda alternativa, o aterro industrial classe I, que obteve o escore de 22 pontos e o plasma, como terceira alternativa por obter 20 pontos.

Tabela 11: Resultado da priorização para solventes orgânicos tóxicos

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v°2 (S) | valor | v°3 (A) | valor | v°2 (T) | valor | v°1 (E) | valor | v°3 (J) | |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 1 | 1 | 3 | 9 | 26 |
| PLASMA | 1 | 2 | 2 | 6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 9 | 20 |
| ATERRO CLASSE I | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 3 | 3 | 1 | 3 | 22 |

Como a Resolução CONAMA n.º. 264 não permite que resíduos domiciliares brutos, resíduos de serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins, sejam encaminhados para co-processamento, a incineração mostra-se a melhor alternativa, evidenciada pela Resolução CONAMA n.º. 316, que estabelece para o tratamento térmico temperaturas superiores à 800°C. Além disso, Rodrigues (2005) mostra em seus estudos que a incineração realizada em fornos de injeção líquida é usada para resíduos sólidos, de baixo ponto de fusão como alcatrões, líquidos do tipo aquosos contendo orgânicos sólidos e

orgânicos, além de sólidos e líquidos que contenham compostos aromáticos halogenados, o que vem complementar a efetividade do resultado obtido.

Resíduo analisado: Terra *Füller* usada.

A terra *Füller* é usada para o processo de regeneração do óleo mineral isolante e tem como função reter os contaminantes e os produtos da oxidação presentes no óleo.

A ACIR mostrou que este resíduo é gerado nas oficinas de regeneração de óleo mineral isolante, instaladas em todo o estado do Paraná, armazenado em tambores de 200 litros, seguindo para reciclagem interna e co-processamento quando esgotada esta possibilidade

Segundo o avaliador sua composição é formada por óxidos de silício, alumínio, ferro, magnésio, titânio, cálcio, potássio, pentóxido de fósforo, água e óleo mineral.

Foi classificado como resíduo perigoso, classe I, por apresentar características de infamabilidade.

Na primeira seleção, incineração, co-processamento, plasma, reciclagem e aterro industrial foram consideradas as alternativas apropriadas.

Na segunda seleção foi registrada a inexistência em reduzir a geração deste resíduo e de legislação específica.

Na terceira seleção, analisaram-se cinco alternativas (tabela 9) e optou-se pela técnica de reciclagem, que mostrou ser a mais apropriada, que obteve o escore de 29 pontos. Perfazendo 22 pontos o co-processamento foi ranqueado como segunda alternativa, seguido pelo aterro industrial (21 pontos) e plasma (20 pontos). A incineração obteve um total de 17 pontos, conseqüentemente considerada como a alternativa menos apropriada.

Tabela 12: Resultado da priorização para terra *Füller* usada

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TÉCNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|----------------------|
| | valor | v°2 (S) | valor | v°3 (A) | valor | v°2 (T) | valor | v°1 (E) | valor | v°3 (J) | |
| INCINERAÇÃO | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 17 |
| CO-PROCESSAMENTO | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 9 | 22 |
| PLASMA | 1 | 2 | 2 | 6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 9 | 20 |
| RECICLAGEM | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 4 | 4 | 3 | 9 | 29 |
| ATERRO | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 21 |

Por aumentar o tempo de vida útil dos aterros, reduzir a contaminação ambiental e problemas de saúde pública decorrentes, contribuir na preservação de recursos naturais e fomentar a criação de empregos, a reciclagem mostrou-se a alternativa mais apropriada e totalmente coerente com o resultado que a metodologia expôs (ROLIM, 2000).

Considerando um possível esgotamento quanto ao aproveitamento das características básicas da terra *Füller*, o co-processamento, segunda alternativa que a metodologia apontou em seus resultados, mostrou ser pertinente e viável, que segundo Maringolo (2001), por ser uma atividade integrada que além de destruir o resíduo, valoriza seu poder energético, alia crescimento econômico e balanço ecológico, além do aspecto social de geração de emprego e renda.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia proposta nesta dissertação tem o enfoque de gestão sustentável como um ponto forte. Com a análise do ciclo interno do resíduo, realiza um mapeamento na empresa, conhecendo os processos críticos e geradores do resíduo, numa visão sistêmica. Com os dados disponibilizados em um banco de dados específico, poderão ser monitoradas e acompanhadas oscilações expressivas. Também a divulgação do formulário preenchido, possibilita o conhecimento geral dos dados específicos e detalhados do resíduo.

As etapas seguintes, de caracterização e classificação, promovem o embasamento técnico a ser aplicado na primeira seleção, quando é realizado o levantamento prévio de alternativas tecnológicas.

A segunda seleção promoveu mudanças visando reduzir a geração de resíduos e seu reaproveitamento em outros processos, e para isso, propõe o desenvolvimento de planos específicos de substituição de materiais e mudanças de procedimentos. O enfoque de gestão sustentável é considerado nesta etapa, tendo como base os princípios de P+L, prevenção a poluição, ecoeficiência e sustentabilidade, para agir preventivamente, visando minimizar impactos ambientais negativos.

Foi sugerido por ocasião dos testes, que a metodologia não seja finalizada com a verificação de legislação específica para determinado resíduo. Isso faz com que a metodologia exerça um papel adicional como verificadora da legislação estabelecida, que quando não revisada, fica em descompasso com o desenvolvimento tecnológico de alternativas para o tratamento e disposição final de resíduos industriais. Essa adicionalidade induz uma proposta para a revisão de normas e legislações vigentes em função de atualizações necessárias.

Quando, na terceira seleção, pontua as tecnologias por meio de critérios pré-estabelecidos, descarta o caráter de subjetividade e possibilita identificar aspectos reais em

cada tecnologia analisada. O principal aspecto da metodologia proposta é o atendimento de resultados de longo prazo, avaliando critérios sociais, ambientais, técnicos e jurídicos, fazendo com que a gestão seja efetivamente sustentável e supere a análise econômica realizada de forma única e prioritária, que resulta em ganhos de curto prazo.

Pelos resultados observados na análise de resíduos específicos do setor elétrico, pode-se considerar que a metodologia proposta para a gestão de resíduos industriais converge com os critérios estabelecidos em empresas socioambientalmente responsáveis. Esta conclusão é reforçada quando considerada a opinião dos avaliadores de que a metodologia proposta é simples, aplicável, condiz com a realidade e cumpre o seu papel na gestão de resíduos industriais, ficando comprovado que todos os fatores devem ser levados em consideração com maior relevância para o aspecto ambiental. Com o perfil diversificado dos avaliadores, a metodologia se mostra usual, tendo como requisitos conhecimento técnico e experiência profissional mínimos.

Como resultado indireto, a metodologia vem contribuir para a formação do corpo técnico envolvido com a gestão de resíduos industriais e para a fundamentação dos argumentos técnicos, os quais embasam a tomada de decisão gerencial alinhada à estratégia empresarial em cada empresa.

Contudo, a aplicação da referida metodologia, entendida como orientativa, não libera da necessidade de autorizações ambientais e de respectivos condicionantes emitidos pelos órgãos ambientais estaduais para efetivar a destinação final do resíduo industrial.

Em se tratando de processo dinâmico e contínuo, e em função do desenvolvimento de tecnologias, surgimento de novos materiais e como consequência, novos resíduos, aliado ao aprimoramento normativo e legislativo, propõe-se que sejam realizadas revisões periódicas.

Recomenda-se a continuidade de estudos e testes para a metodologia proposta, a qual pode evoluir e se transformar em uma ferramenta informatizada, fornecendo agilidade à gestão de resíduos industriais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS - *U. S. Environmental Protection Agency. Test Methods – SW-846*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/sw-846/main.htm>>. Acesso em 04 jun.2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS – ABETRE. Novo estudo da Abetre faz radiografia do setor. **Revista Saneamento Ambiental**, São Paulo, n. 124, 01 dez.2006. p.22-27. Entrevista concedida à Mara Fornari.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS PÚBLICAS E RESÍDUOS ESPECIAIS ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2005**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.com.br>>. Acesso em 20 mai. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Classifica os resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública. Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10.005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10.006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

AIRES, R.D. **Pirólise**. III Fórum de Estudos Contábeis 2003. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br>>. Acesso em 09 abr.2006.

ALMEIDA, A.C.S.; FARIAS, F.E.C.; RAMOS, Y. S. – **Manejo dos Resíduos Perigosos na CHESF com base nos Indicadores de Desempenho Ambiental**. SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. XVIII SNPTEE, 2005, Curitiba.

ANDRADE, R.O.B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. **Gestão Ambiental: Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2002.

ANGELIS, D.F, CORSO, C.R.; BIDOLA, E.D.; MORAES, P.B.; DOMINGOS, R.N; ROCHA-ILHO, R.C. Eletrólise de resíduos poluidores, I – Efluente de uma industria liofilizadora de condimentos. **Revista Química Nova**. São Paulo, v.21, n.1, jan/fev.1998.

BAIRD, C. **Química Ambiental**./ Colin Baird; trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARBIERI, J.C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

BRAGA, B. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n^o. 257 de 30 de junho de 1999. Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1999.

_____. Resolução n^o. 264 de 20 de março de 2000. Estabelece licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2000.

_____. Resolução n 316 de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2002.

_____. Resolução n^o. 362 de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o rerrefino de óleo lubrificante. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Espectrometria de Absorção Atômica CHAMA**. Curso e treinamento, São Paulo, 2004.

CHIUVITE, T. B. S. **A Função Social Ambiental da Propriedade dos Bens Móveis**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2006.

COLLINS, C.H., BRAGAS, G.L., BONATO, P.S. **Introdução a métodos cromatográficos**. Campinas, SP. Editora da UNICAMP, 1997. 7^a. edição.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA COPEL. **Relatório Anual Gestão 2005**. Curitiba, 2006.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Revista da Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, mai./ago. 2005.

DICIONÁRIO DE LATIM – PORTUGUÊS. 2. ed. 2000. Portugal: Porto Editora.

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Aterros Classes I, IIA e IIB**. Disponível em: <http://www.essencis.com.br/serv_atr.asp> Acesso em 14ago2006.

EWING, G. W. **Métodos instrumentais de análise química**. Tradução de Aurora Giora Albanese e Joaquim Teodoro de Souza Campos. São Paulo, Edgard Blucher, 1972. Volumes I e II.

FORMOSINHO, S.J.; PIO, C. A . ; BARROS, J. H.; CAVALHEIRO, J. R. . **Parecer relativo ao tratamento de resíduos industriais perigosos**. Aveiro, Portugal: COMISSÃO CIENTIFICA INDEPENDENTE DE CONTROLO E FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DA CO-INCINERAÇÃO, 2000, 329 p. Relatório técnico.

FURTADO, J.S. **Sustentabilidade Empresarial**: Guia de práticas econômicas, ambientais e sociais. Salvador: NEAMA, CRA, 2005.

GAIA ALIANÇA GLOBAL PARA ALTERNATIVAS AS INCINERADORAS/ ALIANÇA GLOBAL ANTI-INCINERADORAS. **A incineração de resíduos: uma tecnologia a desaparecer**. Filipinas, 2003. 6 p. Relatório técnico.

HENRIQUES, R.A. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica**. Rio de Janeiro, 2004. Tese (Mestrado em Ciências) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais Perfil dos Municípios Brasileiros Meio Ambiente 2002**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/economia/perfilmunic>. Acesso em 22 mai. 2006.

JANSEN, L.K.C.; SHIMIZU, T.; JANSEN, J.U. **Uma análise de investimentos considerando fatores intangíveis**. XXIV Encontro Nacional de Eng. De Produção, Florianópolis, SC. 05nov2004.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: Contribuição à Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Paulo, 2000. Tese Livre Docência (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

JOHN, V. M.; ANGULO, S. C. **Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos**. Coletânea Habitare, cap. 2, 2003.

KRIGER, M. G.; MACIEL, A. M. B.; ROCHA, J.C.C.; FINATTO, M.J.; BEVILACQUA, C. L. **Dicionário de Direito Ambiental**: Terminologia das leis do Meio Ambiente. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 1998.

LEITE, F. **Validação em análise química**. Campinas, SP. Editora Átomo, 2002. 4ª. edição.

LOPES, A. A. **Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de São Carlos**. Dissertação de mestrado. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2003.

LORA, E.E.S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Brasília, DF: ANEEL, 2000.

LWART LUBRIFICANTES. **Processo industrial do rerrefino**. Disponível em: <<http://www.lwart.com.br>>. Acesso em 20ago2006.

MACHADO, P.A.L. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo, SP. Malheiros Editores, 2006.

MAGERA, M. **Os empresários do lixo: um paradoxo de modernidade**. Campinas, São Paulo: Átomo, 2003.

MAIA, T.; WILK, E.O. **Produção mais Limpa e Vantagem Competitiva**: Estudo de Caso em uma Empresa do Setor Plástico do Rio Grande do Sul. Trabalho técnico de mestrado. São Paulo: XXVIII EnAnpad - Encontro da ANPAD - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2004.

MARINGOLO, V. **Clinker co-processado: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento**. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

MARTINI JUNIOR, L. C. de; FIGUEIREDO, M.A.G.; GUSMÃO, A.C.F. **Redução de Resíduos Industriais**: como produzir mais com menos. Rio de Janeiro: Fundação Bio Rio: Aquarius, 2005.

MENDES, M.A.; ALBERTI, S. M.; LUDWIG, L. A.M. In: II CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE ENERGIA ELÉTRICA, 2., 2003, Salvador. **Alternativas para a Gestão de Resíduos nas Usinas Hidrelétricas da Copel**. Salvador.

MENEZES, R. A.A.; BESSA, I, MENEZES, M. A . **O plasma térmico: Solução final para os resíduos perigosos**. In: SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, 1999, São Paulo.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 4ª. ed. rev., atual. e ampl. – São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE CONAMA. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama> Acesso em set.2005.

MISSIAGGIA, R.R. **Gestão de Resíduos Sólidos Industriais – Caso Springer Carrier**. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MOTHÉ, C. G., AZEVEDO, A. D. de. **Análise térmica de materiais**. São Paulo. iEditora, 2002.

OLIVEIRA, R. P. **Glossário técnico manutenção e engenharia industrial: um guia de referência para a indústria**. Belo Horizonte: O Lutador, 2003.

PAULI, G. **Upsizing: como gerar mais renda criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição**. Tradução de Andréa Caleffi. Porto Alegre: Fundação Zeri Brasil, L&PM, 1998.

PERES, T. B. Noções básicas de cromatografia. *Biológico*, São Paulo, v.64, n.2, p.227-229, jul./dez., 2002. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental-Instituto Biológico.

PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMÉRIO, M.A.; BRUNA, G.C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

PINHEIRO, I. A. **Uma avaliação ex-ante do impacto sobre a capacidade tecnológica da localidade acolhedora das empresas que aderiram ao regime automotivo brasileiro e aos seus desdobramentos estaduais: O caso da instalação da General Motors do Brasil em Gravataí, Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2001. Tese (Doutorado em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PRIETO, V.C.; LAURINDO, F.J.B.; CARVALHO, M.M. **Método de análise hierárquica aplicado à seleção de ambientes de aprendizagem: estudo de caso na área do ensino superior à distância.** Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com./a05v26n02/05260203.html>

QUERCUS - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA QUERCUS. **Há Emissões Acrescidas na Co-Incineração de Resíduos Industriais Perigosos em Cimenteiras: Uma análise crítica a alguns aspectos centrais do parecer da Comissão Científica Independente e do relatório do Grupo de Trabalho Médico.** Coimbra: UNIVERSIDADE DE COIMBRA, 2001. 15 p. Relatório técnico.

RODRIGUES, N. L.V. B. **Testes de toxicidade aguda através de bioensaios no extrato solubilizado dos resíduos classe IIA - não inertes e classe IIB - inertes.** Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná.

ROLIM, A.M. **A reciclagem de resíduos plástico pós-consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2000. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SALOMON, V. P. et al. **Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica.** 19º ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999.

SÃO PAULO. Lei nº. 12.300 de 16 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.** Diário Oficial do Estado, 2006.

SCHNEIDER, V. E. et al. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde.** São Paulo: CLR Balieiro, 2001.

SIDOU, J.M. **Dicionário Jurídico:** Academia Brasileira de Letras Jurídicas. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

SILVEIRA, A. M. M. **Estudo do peso específico de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro. 2004. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SISINNO, C. L. S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 19 (2): 369-374, mar./abr. 2003 .

TOMA, H. E. et al. **Química Inorgânica não tão concisa.** Original inglês Concise Inorganic Chemistry de J. D. Lee. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.

TRIGUEIRO, A. **Meio Ambiente no Século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento.** Coordenação André Trigueiro. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

WIENDL, W.G. **Processos eletrolíticos no tratamento de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 1998.

APÊNDICES

APENDICE A – Formulário utilizado – p.1

METODOLOGIA PARA GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

1 SELECIONE O RESÍDUO A SER ESTUDADO

2 ANÁLISE DO CICLO INTERNO DO RESÍDUO (ACIR): Disponibilizar e monitorar estas informações em um banco de dados

2.1 O resíduo é gerado por: uma área. Qual: _____ por mais de uma área. Quais: _____

2.2 Qual processo gera o resíduo? _____

2.3 O resíduo é formado por: uma substância, qual: _____ mais de uma substância, quais: _____

2.4 É conhecido a marca do material que gera este resíduo? Não se conhece Sim. Citar a marca: _____

2.5 O resíduo é acondicionado em: tambor a granel caçamba saco plástico outros _____ não é acondicionado

2.6 O resíduo é armazenado temporariamente? Não Sim. Onde: _____

2.7 Qual é o encaminhamento final dado ao resíduo? Não se sabe aterro venda doação incineração coprocessamento reciclagem almoxarife

2.8 É realizado algum acompanhamento no processo final pelo qual o resíduo passa? Sim Não

2.9 Em média, quanto é gerado deste resíduo? _____ kg/mês. Outra unidade/periodicidade: _____. Dado não disponível.

2.10 O resíduo tem características de: inflamabilidade corrosividade reatividade toxicidade patogenicidade não se sabe

3 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO

3.1 Estado físico sólido líquido pastoso

3.2 Composição (componentes básicos do resíduo industrial)

Consultar literatura técnica disponível e informar a composição inicial do resíduo.

Na indisponibilidade desta informação, prosseguir diretamente para o item 4

4 Classificação do resíduo

Analisar todas as informações acima, sobretudo o item 2.10, consultar a norma ABNT NBR 10.004:2004 e listagens anexas (A,B,C,D,E,F,G,H) e informar:

Código de identificação

Característica de periculosidade

Resíduo Perigoso Classe I

Resíduo Não Inerte Classe IIA

Resíduo Inerte Classe IIB

APENDICE B - Formulário utilizado – p.2

5 1a. SELEÇÃO - LEVANTAMENTO PRÉVIO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Avaliar cada alternativa considerando se é apropriada ou não apropriada para o resíduo em análise.

| ALTERNATIVAS | APROPRIADA | NÃO APROPRIADA | ENSAIOS LABORATORIAIS |
|------------------------------|------------|----------------|------------------------------|
| TRATAMENTOS | | | |
| Incineração | | | IV, CR, EM, AA |
| Co-processamento | | | IV, CR, EM, AA |
| Plasma | | | IV, CR, EM, AA |
| Compostagem | | | NBR 10.005/10.006/10.008 |
| Re-refino | | | NAO É NECESSARIO |
| Landfarming | | | NBR 10.005/10.006/10.008 |
| Reciclagem | | | NAO É NECESSARIO |
| DISPOSIÇÃO FINAL | | | |
| Aterro Industrial Classe I | | | NBR 10.005 / 10.006 / 10.007 |
| Aterro Industrial Classe IIA | | | NBR 10.005 / 10.006 / 10.007 |

Legenda: IV = Infravermelho, CR = Cromatografia, EM = Espectometria de massa, AA = Absorção atômica.

- 5.1 Caso a alternativa seja considerada apropriada: a) Relacionar a alternativa no item 9.2, b) Prosseguir para o item 9.3.
Obs: Para o resultado obtido no item 9.3, será necessário realizar os ensaios laboratoriais descritos para a alternativa final escolhida.
- 5.2 Caso a alternativa não seja considerada apropriada: Descartar a

6 Impactos ambientais negativos

Caso seja verificada presença de metal pesado, contaminantes orgânico ou inorgânico no resíduo em análise: Descrever os principais impactos negativos que podem ser causados no armazenamento temporário quando o resíduo não estiver acondicionado de forma apropriada e/ou não respeitar condições de segurança.

Caso não seja verificada presença de metal pesado, contaminantes orgânico ou inorgânico: Prosseguir para o item 7.

7 2a. SELEÇÃO - REDUÇÃO DE GERAÇÃO DO RESÍDUO / REAPROVEITAMENTO DO RESIDUO EM OUTRO PROCESSO

Existe como reduzir a geração deste resíduo ou reaproveitá-lo em outro processo ?

- Não..... Prosseguir para o item 8.
- Sim, de que forma?

Desenvolver plano de redução de geração deste resíduo. Aplicar a referida metodologia para o novo processo.

8 LEGISLAÇÃO ESPECIFICA

Verificar a existência de legislação específica para o resíduo em estudo

- Não existe legislação específica. Prosseguir para o item 9.
- Existe legislação específica. Atender o contido na legislação. METODOLOGIA FINALIZADA.

APENDICE C – Formulário utilizado – p.3

9 3a. SELEÇÃO - ANÁLISE DE ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

9.1 Pontuar cada alternativa, de acordo com o quadro de atribuição de valores a seguir:

| Parâmetros | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TECNICO | | ECONÔMICO | | JURIDICO | |
|---|--------------------|-------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------|-----------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Peso atribuído | 2 | | 3 | | 2 | | 1 | | 3 | |
| Variável Analisada | Geração de emprego | | Nível de poluição resultante do processo | | Tempo de consolidação da tecnologia | | Custo comercial | | Passivo ambiental remanescente | |
| Pontuação atribuída em relação ao estágio observado | valor | estágio | valor | estágio | valor | estágio | valor | estágio | valor | estágio |
| | 1 | Até 50 pessoas envolvidas | 1 | Gera poluição | 1 | Incipiente | 1 | Alto (> R\$ 1.201,00 p/ton.) | 1 | Deixa passivo ambiental |
| | 2 | Envolve de 51 até 250 pessoas | 2 | Não gera nenhum tipo de poluição, desde que utilize controles adequados | 2 | Usada há mais de 5 anos | 2 | Moderado (de R\$ 301,00 até R\$1.200,00 p/ton) | | |
| | 3 | Envolve mais de 251 pessoas | 3 | Não gera nenhum tipo de poluição | 3 | Usada há mais de 10 anos | 3 | Baixo (R\$ 300,00 p/ton) | 3 | Não deixa passivo ambiental |
| | | | | | | | 4 | O custo é nulo ou gera receita. | | |

9.2 Obter os resultados pontuados para cada alternativa considerada apropriada.

| Alternativa apropriada | SOCIAL | | AMBIENTAL | | TECNICO | | ECONOMICO | | JURIDICO | | TOTAL (S+A+T+E+J) |
|------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|---------|-------------------|
| | valor | v*2 (S) | valor | v*3 (A) | valor | v*2 (T) | valor | v*1 (E) | valor | v*3 (J) | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

9.3 Com o resultado final obtido para cada tecnologia, ordenar as alternativas consideradas apropriadas seguindo ordem crescente de pontuação. Na justificativa informar os critérios onde obteve maior pontuação e pontos fortes da alternativa.

| Ordem de classificação | Alternativa apropriada | Justificativa |
|------------------------|------------------------|---------------|
| 1a. | | |
| 2a. | | |
| 3a. | | |
| 4a. | | |

APENDICE F – Resultado da pesquisa realizada com empresas que realizam trat. e destinação final de resíduos: INCINERAÇÃO

| Forma de tratamento e disposição final | Empresa | fone | | Social | Ambiental | Tecnico | Economico | Juridico | |
|--|---------|-------------------|--------------|--|---|--|-------------------------------|--------------------------------|-----|
| | | | | Geração de emprego | Nível de poluição resultante do processo | Tempo de consolidação da | Custo comercial | Passivo ambiental remanescente | |
| Incinerção 12 | 1 | Ambisol | (11)62157171 | patricia@ambisol.com.br www.ambisol.com.br | 16 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 2004 | variavel | não |
| | 2 | Angel | (11)55041121 | rivaldo.mello@angelgeologia.com.br www.angelgeologia.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| | 3 | Cavo | (11)38415400 | cavosp@cavo.com.br www.cavo.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| | 4 | Cinal | (82)32182514 | gabai2cinal.com.br www.cinal.com.br | 54 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que | 1989 | não informou | não |
| | 5 | EPA | (11)36730555 | epa@grupoepa.com.br www.grupoepa.com.br | oferecem consultoria | | | | |
| | 6 | Multigeo | (11)38421383 | multigeo@multigeo.com.br www.multigei.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| | 7 | Onyx SASA | | sasa@onyx-groupve.com.br | email 06092006 | Não respondeu | | | |
| | 8 | Pioneira | (11)47482922 | pioneira@pioneira.com.br www.pioneira.com.br | 1300 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 1970 | 1.500,00 a 3.500,00 | sim |
| | 9 | Servmar | (11)50506955 | sac@servmarunipetro.com.br www.servmarunipetro.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| | 10 | Silcon | | silcon@silcon.com.br | email 06092006 | Não respondeu | | | |
| | 11 | Tribel | | | 91 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 2001 | | não |
| | 12 | Pesquisa Panorama | | | | | | 1.200,00 a 3.000,00 | |
| RESUMO | | | | de 20 a 100 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | a partir de 1970 | de 1.200,00 a 3.500,00 | não | |

APENDICE G – Resultado da pesquisa realizada com empresas que realizam trat. e dest.final de resíduos:CO-PROCESSAMENTO

| Forma de tratamento e disposição final | Empresa | fone | | Social | Ambiental | Tecnico | Economico | Juridico | |
|--|---------|------------------------------|---------------|---|--|--|--|---|-----|
| | | | | Geração de emprego | Nível de poluição resultante do processo | Tempo de consolidação da tecnologia no mercado | Custo comercial | Passivo ambiental remanescente | |
| Co-processamento 30 | 1 | Ambisol | (11)62157171 | patricia@ambisol.com.br www.ambisol.com.br | 16 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 2004 | variavel | não |
| | 2 | Angel | (11)55041121 | rivaldo.mello@angelgeologia.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 3 | Cavo | (11)38415400 | cavosp@cavo.com.br www.cavo.com.br | | | consultoria e caracterizacao de residuos | | |
| | 4 | Cimpor | | www.cimpor.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 5 | Cinal | | | 54 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 1989 | não informou | não |
| | 6 | Essencis Soluções Ambientais | ok | | 59 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 2003 | De R\$ 320,00 a R\$ 800,00 | não |
| | 7 | Geocklock | (11)5501-3777 | geocklock@geocklock.com.br | | | consultoria | | |
| | 8 | GRI | (11)61653500 | rbezerra.gri@suezambiental.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 9 | Itambé cimentos | ok | | de 151 a 500 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | é usada há mais de 10 anos | não informou | não |
| | 10 | Keppel Seghers | (11)30377416 | info_brasil@keppelseghers.com | | | Não respondeu | | |
| | 11 | Lafarge – Eco Processa | Silex | www.lafarge.com.br (cimento Campeão) | | | Não respondeu | | |
| | 12 | Multigeo | (11)38421383 | multigeo@multigeo.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 13 | Nassau | 081 3626 8871 | www.nassau.com.br | 10 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 2002 | Classe I R\$ 200 a R\$ 300,00/ Classe II A R\$ 100,00/ Classe IIB R\$ 70,00 | não |
| | 14 | Onyx Resicontrol | | resicontrol@onyx-groupve.com.br | email 060906 | Não respondeu | | | |
| | 15 | Pioneira | (11)47482922 | pioneira@pioneira.com.br www.pioneira.com.br | 1300 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 1970 | 800,00 a 1.500,00 | não |
| | 16 | Servmar | (11)50506955 | sac@servmarunipetro.com.br www.servmarunipetro.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 17 | Silcon Ambiental | | silcon@silcon.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 18 | Soeicom | | www.soeicom.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 19 | Transforma Eng.Ambl. | | mtissot@transformaeng.com.br | | | Não respondeu | | |
| | 20 | Tribel | ok | | 116 91+ 25 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 2001 | | não |
| | 21 | Veolia Serv. Amb. | | http://www.veolia- | | | Não respondeu | | |
| | 22 | Votorantim cimentos | | http://www.votorantim-cimentos/ | | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 1990 | | não |
| | 23 | Pesquisa Panorama | | | | | | 200,00 a 500,00 | |
| RESUMO | | | | de150 a 500 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | a partir de 1970 | de 300,00 a 800,00 | não | |

APENDICE H – Resultado da pesquisa realizada com empresas que realizam tratamento e destinação final de resíduos: PLASMA E COMPOSTAGEM

| Forma de tratamento e disposição final | | Empresa | fone | | Social | Ambiental | Tecnico | Economico | Juridico |
|--|---|-----------|------|--|--------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | Geração de emprego | Nível de poluição resultante do processo | Tempo de consolidação da tecnologia no mercado | Custo comercial | Passivo ambiental remanescente |
| Plasma 1 | 1 | Ecochamas | ok | | 9 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | Desde 2006 | De R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00 | não |

| Forma de tratamento e disposição final | | Empresa | fone | | Social | Ambiental | Tecnico | Economico | Juridico |
|--|---|------------|---------------|---|--------------------|--|--|-----------------|--------------------------------|
| | | | | | Geração de emprego | Nível de poluição resultante do processo | Tempo de consolidação da tecnologia no mercado | Custo comercial | Passivo ambiental remanescente |
| Compostagem | 1 | Geoservice | (11)030836000 | geoservice@uol.com.br www.geoservice.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| | 2 | Proactiva | (11)3046-9000 | hahn@proactiva.com.br www.proactiva.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| | 3 | Pioneira | (11)47482922 | pioneira@pioneira.com.br www.pioneira.com.br | 1300 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | 1970 | R\$ 50,00 | não |
| | 4 | Tibagi | 3232-4711 | hudson@tibagi.eng.br www.tibagiambiental.com.br | email 100407 | Não respondeu | | | |
| RESUMO | | | | | | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | a partir de 1970 | 50 | não |

APENDICE I – Resultado da pesquisa realizada com empresas que realizam trat. e destinação final de resíduos: RECICLAGEM

| Forma de tratamento e disposição final | Empresa | fone | | Social | Ambiental | Tecnico | Economico | Juridico | |
|--|---------|----------------------------------|--------|---------------------------------|--|--|----------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | Geração de emprego | Nível de poluição resultante do processo | Tempo de consolidação da tecnologia no mercado | Custo comercial | Passivo ambiental remanescente | |
| Reciclagem | 1 | A7 Brasil | errado | sucata@a7brasil.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 2 | Cobreal Reciclagem | | cobrealreciclagem@ig.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 3 | DPC Ambiental | | sac@dpcbrasil.com.br | de 51 a 150 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | é usada há mais de 10 anos | Gera receita | ? |
| | 4 | Eletrofor Reciclagem | | eletrofor@eletrofor.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 5 | Embafort Reciclagem | | cabral@embafort.com.br | de 11 a 50 | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | é usada há mais de 15 anos | Gera receita | |
| | 6 | Mennopar | | mennopar@mennopar.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 7 | Petrotan | | petrotan@petrotan.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 8 | Piazzetta Com.de Aparas de Papel | | piazzetta@piazzetta.com.br | de 51 a 150 | Não gera nenhum tipo de poluição | é usada há mais de 15 anos | Gera receita | |
| | 9 | Plastirati | | plasticosirati@iratiuno.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 10 | Tecno Recycling | | thomash@osite.com.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| | 11 | Termotécnica | | termodirect@termotecnica.ind.br | email 060906 | não respondeu | | | |
| RESUMO | | | | | | Não gera nenhum tipo de poluição desde que utilize controles adequados | é usada há mais de 15 anos | Gera receita | não, desde que seja realizado acompanhamento. |

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)