



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE  
JANEIRO**

Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Engenharia

Leomar Valença Lima

**A importância da gestão de resíduos sólidos na redução de custos  
da não qualidade**

Rio de janeiro

2010

Leomar Valença Lima

**A importância da gestão de resíduos sólidos na redução de custos da não qualidade**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientadora: Celina Aída Bittencourt Schmidt

Rio de Janeiro

2010

Leomar Valença Lima

**A importância da gestão de resíduos sólidos  
na redução de custos da não qualidade**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em 29 de março de 2010

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Celina Aída Bittencourt Schmidt (Orientador)  
Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof. Dr. Gandhi Giordano  
Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Schmidt de Andrade Lima  
Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof. Dr. Julio Nichioka  
Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Moreira Alves  
Instituto Politécnico - UFRJ

Rio de Janeiro  
2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

L733 Lima, Leomar Valença.

A importância da gestão de resíduos sólidos na redução de custos da não qualidade / Leomar Valença Lima. – 2010.

172 f.

Orientador: Celina Aída Bittencourt Schmidt  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

Bibliografia: f. 165-172

1. Resíduos sólidos – Teses. 2. Indústria petroquímica – aspectos ambientais – Teses. 3. Poluição industrial – controle – Teses. 4. Gestão ambiental – Teses. 5. Engenharia Ambiental – Teses. I. Schmidt, Celina Aída Bittencourt. II. Universidade do Estado do Rio. III. Título.

CDU 628.54

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

## RESUMO

LIMA, Leomar Valença. A Importância da Gestão dos Resíduos Sólidos na Redução de Custos da não Qualidade. 2009. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

A presente dissertação visa analisar a importância da gestão dos resíduos sólidos industriais em uma indústria petroquímica e o uso da metodologia Seis Sigma na redução dos custos da qualidade associados à geração de resíduos sólidos e poluição ambiental. A Petroflex, fundada em 1962, situada em Campos Elíseos – Duque de Caxias / RJ, é a maior fabricante de borracha sintética da América Latina e uma das primeiras empresas do Brasil e se certificar nas normas ISO. Os processos produtivos de obtenção da borracha sintética são potencialmente poluidores, todas as suas atividades provocam a geração de toneladas de resíduos sólidos. A Petroflex iniciou na década de 1990 seus esforços para reverter um quadro de degradação ambiental e uma cultura de desperdício. A partir de 2004, a Petroflex necessitou de uma nova concepção para priorização das suas ações e tomadas de decisões. A Metodologia Seis Sigma foi a escolhida para sustentar o novo salto de desenvolvimento da empresa e em 2008 a empresa alinhou a Seis Sigma ou Gerenciamento de Resíduos Sólidos. O uso da metodologia Seis Sigma, as ações tomadas e os resultados alcançados, bem como, a realização de um projeto em uma das unidades da Petroflex, que levou a criação de um manual de gestão de resíduos sólidos, serão apresentados nos capítulos dessa dissertação, que buscou pesquisas bibliográficas, eletrônicas e documentais para ilustrar os conceitos deste tema de grande importância para sociedade.

**Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos. Manual de Gestão de Resíduos. Seis Sigma. Petroflex.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha querida e impressionante orientadora Celina Schimtid, com a qual eu aprendi o real sentido da orientação, que é conduzir um aluno à deriva em mar revolto por caminhos nunca antes navegados. Quero agradecer também ao amigo e Engenheiro Celso Diogo, um gênio ao qual eu tive o prazer de ser contemporâneo, que me proporcionou o tempo necessário para que eu pudesse realizar o mestrado. Faço as devidas honras ao meu amigo Lincoln Gamboa que sempre me ajudou e colaborou nesta minha jornada acadêmica e profissional e ao meu grande gerente Ângelo Brasil, que entendeu a minha necessidade básica de me ausentar do trabalho (só) por três dias na semana para realizar o mestrado e por fim, quero agradecer a grande e eterna instituição que é a família, que me apoiou e incentivou e foi o suporte desta minha longa viagem, ela é o alimento diário da minha insistência em fazer o certo e o melhor para mim e para a sociedade.

# DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Fé. A Fé na vida e nas pessoas. Somente a Fé poderia tornar possível a minha jornada, apenas ela poderia me conduzir a este grande desafio ao qual eu me propus. Voltar a estudar aos 36 anos e em 7 anos concluir 2 graduações (Engenharia e Direito), uma pós graduação em Gerenciamento de Projetos e um curso de mestrado em Engenharia Ambiental. Tudo isso, sendo casado, tendo dois filhos e três empregos. A Fé era o que me acompanhava em todos os momentos, que me impedia de usar como desculpa o cansaço para desistir ou não realizar com paixão qualquer uma das minhas atividades.

A Fé é a força mágica que nos faz ser herói de nós mesmos. O impossível é pra quem não tem sonho, para quem não crê que a Fé é a ponte a ser construída para se chegar, para alcançar o dito impossível e fazer da nossa luta um degrau a mais pra nos fortalecer.

Quero um dia ainda poder dedicar outras vitórias e conquistas a minha Fé no ser humano e que quando esse dia chegar desejo apenas como recompensa a paz serena e doce, pois nós nascemos para vencer.

A Rainha a recostou numa árvore e disse gentilmente: “pode descansar um pouco agora”. Alice olhou ao seu redor muito surpresa. “Ora, eu diria que ficamos sob esta árvore o tempo todo! Tudo está exatamente como era!”. “Claro que está”, disse a Rainha, “esperava outra coisa?”. “Bem, na nossa terra”, disse Alice arfando um pouco, “geralmente você chegaria a algum outro lugar se corresse muito rápido por um longo tempo, como fizemos”. “Que terra mais vagarosa!”, comentou a Rainha. “Pois aqui, como vê, você tem de correr o mais que pode para continuar no mesmo lugar. Se quiser ir a alguma outra parte, tem de correr no mínimo duas vezes mais rápido!”.

Lewis Carrol, in *Através do Espelho* (2002)

## **ABSTRACT**

This thesis aims to examine the importance of solid waste management industry in a petrochemical industry and the use of Six Sigma methodology to reduce the cost of quality associated with the generation of solid waste and environmental pollution. Petroflex, founded in 1962, located in the Campos Elíseos - Duque de Caxias - Rio de Janeiro / RJ, is the largest manufacturer of synthetic rubber in Latin America and one of the first companies in Brazil and make sure the ISO standards. The production processes of production of synthetic rubber are potentially polluting, all activities resulting in the generation of tons of solid waste. Petroflex began in the 1990s for his efforts to reverse the environmental degradation and a culture of waste. Since 2004, Petroflex needed a new approach to prioritize their actions and decision making. The Six Sigma methodology was chosen to support the new step of development of the company and in 2008 the company adapted the Six Sigma or Solid Waste Management. The use of Six Sigma methodology, actions taken and results achieved, and the realization of a project in one of the units of Petroflex, which led to the creation of a manual on solid waste management will be presented in the chapters of this dissertation, that sought to literature searches, electronic and documentary to illustrate the concepts in this issue of great importance to society.

Keywords: Solid Waste Management. Six Sigma.Petroflex.

## Lista de Figuras

Figura 01 - Custo da falha .....	51
Figura 02 - Ganhos com Seis Sigma .....	70
Figura 03 - Ganhos com o Seis Sigma no Brasil .....	71
Figura 04 – Distribuição normal perfeita .....	77
Figura 05 – Distribuição normal 3 Sigma e 6 Sigma.....	79
Figura 06 - Comparação ente 3 e 6 sigma .....	79
Figura 07 - Estratificação perdas de produtos .....	84
Figura 08 - Folha de verificação .....	85
Figura 09 - Diagrama de Pareto .....	86
Figura 10 - Espinha de Peixe .....	87
Figura 11 - Histograma .....	88
Figura 12 - Exatidão e Precisão .....	90
Figura 13 - Causas especiais e comuns .....	91
Figura 14 - Gráfico do Delineamento e Experimento – DOE .....	93
Figura 15 - Casa da qualidade - QFD .....	94
Figura 16 - Rolled OLLED Throughput Yield – RTY .....	98
Figura 17 –RTY - rendimento de passagem acumulado .....	99
Figura 18 - Níveis de objetivos estratégicos .....	103
Figura 19 - Organograma Seis Sigma .....	104
Figura 20 - Escritório de Projetos .....	104
Figura 21 - Fluxograma de gerenciamento de projetos .....	105
Figura 22 - Árvore de complexidade de falhas .....	106
Figura 23 - Passivo ambiental da Planta de Caxias .....	110
Figura 24 - Planta de Caxias definida por áreas, baseada por foto do Google ...	111
Figura 25- Área degradada .....	112
Figura 26 - Área recuperada .....	112
Figura 27 - Aterro irregular .....	113

Figura 28 - Agentes comunitários .....	114
Figura 29 - Planta de Petrolatex.....	117
Figura 30 - Diagrama de causa e efeito.....	119
Figura 31 - Pareto do projeto .....	120
Figura 32 - Matriz de Causa e Efeito.....	122
Figura 33- Definição das oportunidades de defeitos - DPU.....	123
Figura 34 - Mapa da atividade: Coleta de amostras .....	124
Figura 35 - Mapa da atividade: Limpeza de equipamentos .....	124
Figura 36 - Mapa da atividade: Filtração .....	125
Figura 37 - Pontos críticos das atividades.....	127
Figura 38 - Gráfico de carga orgânica .....	130
Figura 39 - Vantagem ambiental relativa.....	143
Figura 40 - Fluxograma para classificação de resíduos .....	150
Figura 41 - Incompatibilidade química entre resíduos .....	156
Figura 42 - Pictogramas de identificação .....	157
Figura 43 - Disposição final de resíduos .....	159

## Lista de Tabelas

Tabela 01 - Padrões nacionais de qualidade do ar.....	61
Tabela 02 - Características dos efluentes das diversas áreas da Petroflex.....	63
Tabela 03- Nível Sigma do processo de Petrolatex.....	123
Tabela 04 - Geração de resíduos 2006.....	131
Tabela 05- Geração de resíduos 2007.....	132
Tabela 06 - Geração de resíduos 2008.....	133
Tabela 076 - Geração de resíduos 2009.....	134
Tabela 08 - uniformização dos itens para resíduos, sucatas e subprodutos.....	140
Tabela 098 - Recomendações gerais padrões nacionais de qualidade do ar.....	144
Tabela 10 - Incompatibilidade entre resíduos.....	152

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1.0 A Indústria Petroquímica .....	22
1.1 Histórico de Desenvolvimento .....	22
1.2 A Petroquímica e o Meio Ambiente .....	25
2.0 A questão dos Resíduos Sólidos na Indústria .....	30
2.1 Alternativas para disposição e tratamento de resíduos industriais perigosos .....	31
2.1.1 Aterros Sanitários .....	31
2.1.2 Incineradores .....	32
2.1.3 Co-processamento .....	33
2.2 Gestão de Resíduos Sólidos .....	33
2.2.1 Gestão em Desenvolvimento .....	35
2.3 O Resíduo no Mundo .....	36
2.3.1- Exemplos Relevantes .....	37
2.3.2 A Máfia do Lixo .....	38
3.0 Qualidade.....	41
3.1 A História da Qualidade .....	41
3.2 Custo da Qualidade .....	47
3.3 Custo da Não Qualidade .....	49
4.0 A Petroflex .....	52
4.1 Breve Histórico.....	52
4.2 Principais Produtos .....	55
4.3 Principais Matérias Primas.....	57
4.4. A Petroflex e a Questão Ambiental.....	58
4.4.1 Tratamento de resíduos da Petroflex .....	59
4.4.2 Rejeitos produzidos pela Petroflex.....	60
4.4.2.1 Emissões gasosas .....	60
4.4.2.2 Resíduos sólidos .....	61

4.4.2.3 Efluentes Líquidos .....	62
4.4.4 Estação de Tratamento de Resíduos Industriais .....	63
4.4.5 Controle do Tratamento de Resíduos.....	64
5.0 A Metodologia Seis Sigma.....	65
5.1 A História do Seis Sigma no Brasil e no Mundo .....	66
5.1.2 O Seis Sigma no Mundo.....	67
5.1.3 O Seis Sigma no Brasil .....	70
5.2 Noções de Estatística .....	72
5.2.1 Conceitos Básicos .....	73
5.3 Apresentação da Metodologia Seis Sigma.....	78
5.4 Metodologia DMAIC .....	80
5.4.1 Definir .....	80
5.4.2 Medir .....	81
5.4.3 Analisar.....	82
5.4.4 Melhorar.....	83
5.4.5 Controlar .....	83
5.5 As Principais Ferramentas da Metodologia Seis Sigma .....	84
5.5.1 Estratificação .....	84
5.5.2 Folha de Verificação .....	84
5.5.3 Diagrama de Pareto.....	85
5.5.4 Mapa do Processo.....	86
5.5.5 Diagrama de Causa e Efeito .....	87
5.5.6 Histograma.....	87
5.5.7 Box-Plot .....	88
5.5.8 Análise do Modo de Falha – FMEA.....	89
5.5.9 Análise do Sistema de Medição - MSA.....	89
5.5.10 Controle estatístico do processo – cep .....	91
5.5.11 Delineamento de experimentos - DOE.....	92
5.5.12 Casa da Qualidade - QFD.....	93

5.5.13 Teste de Hipótese.....	95
5.5.14 Regressão Linear .....	96
5.5.15 Análise de Variância .....	96
5.5.16 Rolled OLLED Throughput Yield – RTY.....	97
6.0 Desenvolvimento de Programa de Gestão de Resíduos Sólidos na Petroflex .....	102
6.1 Definindo o Modelo e a Estrutura de Gestão.....	102
6.2 Programa de Redução de Resíduos .....	105
6.3 Mapeamento dos Processos da Planta de Caxias .....	108
6.3.1. Metodologia.....	108
6.3.2. Mapeamento da Planta de Caxias .....	109
6.4 Projeto Piloto de Redução de Rejeitos da Unidade de Látex .....	114
6.4.1 Definindo o problema.....	115
6.4.1.1 Requisitos Críticos para o Cliente Petroflex.....	115
6.4.1.2 Mapa do processo da planta de Petrolatex.....	116
6.4.2 Medindo o Problema.....	117
6.4.2.1 Análise do Sistema de Medição da unidade de petrolatex – MAS .....	118
6.4.2.2 Diagrama de Causa e Efeito.....	119
6.4.2.3 Análise de Pareto .....	119
6.4.2.4 Matriz de Causa e Efeito.....	120
6.4.2.5 Desempenho Inicial.....	123
6.4.2.6 Mapa do Processo por Etapas.....	124
6.4.3 Análise dos dados .....	125
6.4.3.1 Declaração do Problema.....	126
6.4.3.2 Delineamento de Experimentos – DOE.....	127
6.4.4 Melhorando o processo .....	128
6.4.5 Controlar .....	129
6.4.6 Análise dos resultados da unidade de Petrolatex.....	129
7.0 Apresentação dos Resultados .....	131
7.1 Manual de Gestão de Resíduos Sólidos .....	135

7.1.1 Gerenciamento de Resíduos Industriais. ....	136
7.1.2 Definição .....	136
7.1.3 Responsabilidade .....	139
7.1.4 Detalhamento .....	139
7.1.4.1 Condições Gerais .....	139
7.1.4.2 Inventário dos Resíduos .....	139
7.1.4.3 Local de Armazenamento Temporário ou Pátio de Resíduos .....	141
7.1.5 Condições Específicas .....	142
7.1.5.1 Hierarquia / Benefícios das diferentes soluções relacionadas à geração.....	143
7.1.5.2 Não Gerar.....	143
7.1.5.3 Minimizar Geração.....	144
7.1.6 Coleta .....	147
7.1.7 Segregação .....	148
7.1.8 Classificação.....	148
7.1.9 Acondicionamento .....	151
7.1.10 Armazenamento .....	151
7.1.11 Transporte .....	154
7.1.12 Tratamento e Disposição Final .....	158
7.1.13 Destinação de Embalagens .....	160
7.1.14 Registro.....	160
Conclusões.....	162
Bibliografia.....	164

## INTRODUÇÃO

A década de 1970 foi a década da água, a década de 1980 foi a década do ar e a de década 90 a dos resíduos sólidos (GUSMÃO et al., 2005). Somente no final da década de 80 a maior potência mundial, os **Estados Unidos da América – EUA**, iniciou uma abordagem relativa a resíduos sólidos, quando foi instaurado o **Superfund**, que era uma legislação específica que visava recuperar os grandes lixões de resíduos sólidos existentes nos **EUA**. A abordagem propiciou à **Environmental Protection Agency - EPA** fazer toda uma legislação sobre resíduos sólidos, que constava no **Federal Register nº 40**. Esse documento foi usado como base para a elaboração das legislações estaduais brasileiras. Os critérios relativos a resíduos sólidos foram compilados a partir da legislação americana. Alguns ajustes foram realizados na tentativa de adequá-los à realidade brasileira e suas características específicas.

No Brasil a classificação dos resíduos é realizada de acordo com a NBR 10004:2004 (resíduos sólidos – classificação), que define como resíduo sólido:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos 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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

De acordo com a classificação da norma brasileira os resíduos foram divididos em três classes: Classe I, chamados perigosos, Classe II, chamados de resíduos não-inertes, e os Classe III, inertes. Tal classificação pondera gradativamente a toxicidade e periculosidade do resíduo. Os resíduos de classe II são os mais comuns em quantidade, devido aos critérios estabelecidos, sendo basicamente as características do lixo doméstico. Os resíduos Classe I e III são produzidos em menor quantidade. A **patogenicidade** foi introduzida aos resíduos Classe I embora a legislação americana não a associe aos resíduos sólidos perigosos.

A classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem a identificação de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com elencos de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT, 2004), de maneira geral, esta classificação se dá a partir das análises físico-químicas sobre o extrato lixiviado obtido a partir da amostra bruta do resíduo. As concentrações dos elementos detectados nos extratos lixiviados são então comparadas com os limites máximos estabelecidos nas listagens constantes da NBR 10.004 (ABNT, 2004).

A classificação foi o primeiro passo rumo ao controle ambiental dos resíduos gerados pelas diversas atividades humanas, dentre elas a atividade industrial. Os resíduos industriais são definidos como tudo que resta de um processo industrial no local onde ocorre, podendo ser resíduo sólido, efluente líquido ou emissão atmosférica. (GUSMÃO et al., 2005).

O Brasil consolidou um modelo de desenvolvimento, tanto social quanto econômico, muito predatório e que nos desafia com seu enorme passivo. Esse modelo é baseado no consumo exagerado de produtos com vida útil muito pequena e que geram uma quantidade expressiva de resíduos, tanto na sua produção quanto na disposição ao final do consumo.

As empresas brasileiras, diante da abertura do mercado nacional, vivenciando uma economia globalizada, são expostas a uma forte regulamentação e controle por leis cada vez mais severas. Obrigadas a encontrar soluções para seus complexos problemas tecnológicos e passivos ambientais, a grande maioria das empresas toma decisões baseadas em práticas gerenciais decadentes e convencionais, que não compreendem a oportunidade para reduzir custos e melhorar a qualidade de seus produtos e mercados. A redução de Resíduos industriais traz diversos benefícios, entre eles:

- a) Redução de danos ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável;
- b) Atendimento ao Plano Nacional para gerenciamento de Resíduos Sólidos industriais, Decreto-Lei nº 178/2006 de 05-09-2006;
- c) Cumprimento da agenda 21 no manejo de resíduos perigosos e na busca de soluções para o problema dos resíduos sólidos, seção II, capítulo 20 e 21;
- d) Prevenção da poluição em conformidade com a ISO 14001;

- e) Resposta ao princípio diretivo estabelecido pelo Programa Atuação Responsável;
- f) Minimização dos custos com o controle e tratamento dos resíduos;
- g) Diminuição ou eliminação dos riscos de multas ambientais elevados, melhoria da qualidade dos processos produtivos e redução dos custos de produção;
- h) Atendimento às exigências normativas, como a Lei Estadual do Rio de Janeiro nº 2.011/92, que instituiu a obrigatoriedade de implantação de programa de redução de resíduos.

## **Relevância**

A Indústria Petroquímica, por gerar uma quantidade significativa de resíduos perigosos, ganha o foco e atenção das entidades governamentais que fiscalizam e regulam a atuação desse setor econômico. Segundo informações obtidas na página da internet do Ministério da Saúde (<http://www.saude.gov.br>), há milhares de depósitos irregulares contendo resíduos industriais no Brasil. Esses depósitos representam um risco iminente ao meio ambiente e a responsabilização do poluidor por crime ambiental se dá segundo a Lei dos Crimes Ambientais nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, que diz:

Art. 2º Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

Art. 3º As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade.

Parágrafo único. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato.

Art. 20º. A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente.

Parágrafo único. Transitada em julgado a sentença condenatória, a execução poderá efetuar-se pelo valor fixado nos termos do caput, sem prejuízo da liquidação para apuração do dano efetivamente sofrido.

A lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, traz a responsabilização para todos os agentes envolvidos de alguma forma com o dano ambiental e será aplicada de acordo com a gravidade dos danos causados, podendo a multa chegar a cinquenta milhões de Reais. Também, a Lei nº 6.938/81, marco normativo brasileiro, traduziu o “Princípio da Solidariedade”, consolidado na Constituição Federal, na qual o causador indireto também é responsável e deverá pagar também pela reparação dos danos causados.

Diante de tantas variáveis possíveis e de conseqüências inimagináveis, faz-se necessário a uma corporação, entender e introduzir na organização o conceito de Gestão Ambiental, que expressa o processo de administrar os recursos utilizados na produção na busca da maior produtividade, ou seja, maior produção com o menor custo possível. Deve-se compreender que os recursos a serem administrados são: mão de obra (capacitada e consciente); matérias primas; insumos (água produzida, energia e outros); recursos naturais (captação de água, solo, corpos d’água e etc.); equipamentos; tecnologia dos processos; condições ambientais (dispersão do ar, temperatura ambiente, índice pluviométrico, população local, entre outros); produtos não intencionais; resíduos; embalagens.

A Gestão Ambiental permite à empresa, concentrar esforços de maneira centralizada e administrar de maneira global os recursos empregados, priorizando as necessidades, atendendo a legislação e buscando ganhos de produtividade. A minimização dos riscos ambientais é efeito direto da minimização dos resíduos gerados (diminuir ao mínimo possível).

A globalização da economia acentua a concorrência entre as empresas, e os padrões de competição tornam-se mais complexo, como relata Bolwinj e Kump, apud (Rotondaro , 2002).

durante muito tempo as empresas competiram simplesmente com base em preço; no entanto, com a entrada em cena de novos concorrentes, oriundos principalmente dos países que se tornaram conhecidos com Tigre Asiáticos, além de preço, qualidade passou a ser o fator crítico de sucesso no mercado. E a medida que cada vez mais empresas foram dominando a competência de produzir com qualidade, novos atributos diferenciadores, como confiabilidade, prazo e inovação, passaram a ser cumulativamente demandados pelo mercado.

Hoje, a nova tendência do mercado é o conceito de desenvolvimento sustentável, de preservação da natureza e responsabilidade social. Tudo aliado às novas tecnologias, que proporcionam mobilidade e velocidade na tomada de decisões. A qualidade é agora a que também preserva a natureza, a que é mais rápida e barata.

Responder a esta necessidade, somente será possível entendendo que a qualidade é a compreensão das necessidades do cliente, que devem ser atendidas na hora certa, na quantidade certa, nas especificações corretas, no local exato, pelo melhor custo e com a menor variabilidade possível.

Nesse contexto, todas as corporações precisam de metodologias que lhes ajudem a encontrar soluções definitivas para seus processos. Dentre as metodologias existentes, o Seis Sigma é a mais atraente, pois congrega a maximização dos ganhos financeiros com a minimização das variações do processo, provocando a redução de custos e da geração de produtos fora de especificação. A metodologia Seis Sigma será apresentada nesta dissertação, de maneira meticulosa e didaticamente explicada.

A metodologia Seis Sigma traz em seu cerne, o conceito do custo da qualidade, que envolve todos os custos embutidos na geração de produtos fora de especificação, inclusive o risco de perder mercado. Com a produção realizada por processos fora de controle estatístico tende-se a promover uma maior geração de resíduos e ou consumo ineficientes dos recursos de produção, promovendo-se o aumento do risco.

O Seis Sigma é a filosofia de trabalho que busca alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente, interno ou externo. É um conceito concentrado no cliente e no produto, que pode e deve ser usado para ajudar as empresas neste grande desafio, minimizar a geração de resíduos e manter-se competitiva.

### **Organização do Trabalho.**

No Capítulo I é apresentado o histórico e organização do setor petroquímico brasileiro. O desenvolvimento das indústrias nacionais e o importante papel da

Petrobrás no fomento, incentivo e arquitetura do arcabouço desse importante setor econômico são descritos até os tempos atuais.

No Capítulo II o destaque é a falta de dados precisos sobre a geração de resíduos sólidos nas industriais brasileiras e as medidas criadas para solucionar este problema. São apresentados também, as diversas alternativas de disposição dos resíduos e como o problema do lixo vem sendo tratado no mundo, inclusive a atuação hedionda da máfia neste setor.

No Capítulo III a evolução histórica da produção e o desenvolvimento dos diversos conceitos de incremento produtivo são analisados junto com a qualidade, que é retratada sob seus diversos aspectos, entre eles os custos de manter um padrão de qualidade e o custo da não possuírem esta qualidade.

No Capítulo IV a evolução do Seis Sigma no Brasil e no Mundo é tratada de maneira especialmente didática junto com cada etapa da Metodologia DMAIC e suas principais ferramentas.

No Capítulo V a Petroflex, a maior fabricante de borracha sintética da América Latina é transcrita e visitada em seus principais aspectos, produtivo, administrativo e ambiental desde sua fundação em 1962 até os dias atuais.

No Capítulo VI pode-se verificar o passo a passo de estruturação da metodologia Seis Sigma na Petroflex, todo o levantamento e mapeamento da geração de resíduos sólidos da Unidade de Produção de Duque de Caxias / RJ e a atuação na redução do passivo ambiental da fábrica, bem como, acompanhar um projeto piloto realizado na planta de produção de Petrolatex.

No Capítulo VII são retratados os resultados quantitativos da geração de resíduos dos últimos anos. As tabelas apresentam o tipo às quantidades e os locais da geração, criando um indicador ao comparar com a quantidade de produtos produzidos no mesmo período. O trabalho proporcionou a composição de um manual de gerenciamento de resíduos sólidos que padronizará todas as ações da área ambiental da empresa.

## **Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é analisar os potenciais impactos ambientais e sócio-ambientais decorrentes da atividade industrial das empresas Petroquímicas, com ênfase no potencial poluidor das unidades e nos problemas sócio-econômicos e ambientais decorrentes desses empreendimentos, utilizando a metodologia Seis Sigma, buscando mitigar, com a Gestão Ambiental, os custos da não qualidade, o uso dos recursos de produção e propondo ou norteando ações a serem desenvolvidas pela Petroflex.

Serão tomados como base neste estudo, as normas brasileiras, os requisitos das normas ISO e as boas práticas das empresas do setor, sendo seu objeto central a Petroflex. Usando ou criando, como ferramenta de gerenciamento, um modelo de manual de Gestão de Resíduos Sólidos e todos os recursos e ferramentas disponíveis na metodologia Seis Sigma.

## **Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Prover análise, utilizando a metodologia Seis sigma, de quais medidas mitigadoras deverão ser implantadas ou propostas à Petroflex.
2. Promover a produção de um Manual de Gestão de Resíduos Sólidos, de forma a contribuir como guia de referência para o melhor entendimento das interações que poderão ocorrer entre o poder público, sociedade civil e o empreendedor privado.
3. Realizar um projeto piloto em uma das unidades de produção da Petroflex, utilizando a metodologia Seis Sigma. Tendo como objetivo a demonstração da eficácia da metodologia.

## **1.0 A INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**

A partir da segunda guerra mundial ocorreu o desenvolvimento das indústrias modernas, entre elas a Petroquímica. A Petroquímica é o ramo da indústria química orgânica que emprega como matéria prima o gás natural, gases liquefeitos de petróleo, gases residuais de refinaria, naftas, querosene, parafinas, resíduos de refinação de petróleo e alguns tipos de petróleo crus. A petroquímica é o setor com o mais alto relacionamento com os demais setores da vida econômica. A indústria Petroquímica produz insumos para fertilizantes, plásticos, fibras químicas, tintas, corantes, elastômeros, adesivos, solventes, tensoativos, gases industriais, detergentes, inseticidas, fungicidas, herbicidas, bernicidas, pesticidas, explosivos, produtos farmacêuticos, e outros. Seus produtos substituem com vantagem, a madeira, as fibras naturais, o aço, o papel, a borracha natural, entre outras.

### **1.1 Histórico de Desenvolvimento**

Foi no início do século XX, que se verificaram os primeiros precursores da indústria petroquímica. O primeiro plástico sintético, a baquelite, foi produzida em 1907, por Leo Hendrik Baekeland (Hoefel, J. A. S, 1993), químico e inventor belga naturalizado norte americano. Tratava-se de um plástico resistente a altas temperaturas e excelente isolante de eletricidade. Formado na Universidade de Ghent, Baekeland foi professor assistente de química das universidades belgas de Ghent e Bruges antes de emigrar para os EEUU (1890), onde passou a pesquisar resinas sintéticas e os plásticos. Hoje é tido como o pai da indústria do plástico.

O desenvolvimento da petroquímica, no Brasil, estabeleceu-se em São Paulo com a instalação, nos primeiros anos da década de 1950, de duas fábricas de poliestireno; uma da Plásticos Kopers e outra da Bakol, que operavam com matéria prima (estireno) importada. Em Ribeirão do Pires, em 1950, operava uma fábrica de policloreto de vinila (PVC) das Indústrias Químicas Eletrocloro, produzindo o monômero MVC, a partir do acetileno. Mas, estudos históricos, indicam que a

primeira atividade ocorreu no estado do Paraná com a entrada em operação, em 1948, da ALBA (Borden Incorporated), produtora de formal aldeído.

O início da consolidação dessa atividade no Brasil ocorreu em 1952, com a construção, em Cubatão (SP), da Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), sob responsabilidade do Conselho Nacional de Petróleo (CNP). A atividade de refino do petróleo então iniciada foi determinante para a implantação de uma série de projetos que lançaram mão dos subprodutos da refinação do petróleo. Em 1953, o Conselho Nacional de Petróleo deu início à construção de uma fábrica de fertilizantes, próximo à RPBC, e que viria a utilizar como matéria prima os seus gases residuais.

O crescimento significativo da atividade petroquímica no Brasil só foi possível quando, em 1953, foi editada a Lei 2.004, que resultou na nacionalização das reservas de petróleo, instituindo o monopólio estatal de exploração, produção, refino e transporte de petróleo e seus derivados.

Com a edição do Decreto 35.308, de 02 de abril de 1954, foi criada a PETROBRÁS, que entrou em atividade no dia 10 de maio de 1954, assumindo a construção da RPBC e da fábrica de fertilizantes. O setor contava com a instituição de uma empresa de grande porte que o futuro demonstrou ter total competência na coordenação da implantação desse ramo da química.

A Lei 2.004, que estabeleceu o monopólio estatal do petróleo, não explicitava claramente se o setor petroquímico era abarcado na lei. Desta forma o CNP, em 1954, baixou resolução estabelecendo que a petroquímica brasileira seria destinada à iniciativa privada. Mas, em 1957, o perigo da monopolização por parte de empresas multinacionais, fez com que o CNP baixasse nova resolução permitindo à PETROBRÁS a produção e comercialização dos petroquímicos básicos e outros essenciais, ao mesmo tempo em que dava prioridade à distribuição desses produtos a empresas com maior participação de capital nacional. A Petrobrás ampliou sua participação na indústria petroquímica, através do aumento da oferta de eteno na RPBC, empregando unidades de pirólise de nafta, reforma catalítica e extração de aromáticos (benzeno, tolueno e xileno) e ampliando a unidade de separação e purificação de eteno existente.

A construção da Refinaria de Duque de Caxias - REDUC (RJ), em 1961, propiciou a disponibilidade de frações de matéria prima, o que levou ao estudo de viabilidade de uma fábrica de borracha sintética a base de butadieno e estireno no

Rio de Janeiro. Em 1962, nascia a FABOR – Fábrica de Borracha, que foi construída de 1958 a 1961, operando com matérias primas importadas no início de 1962.

O único fato significativo fora do eixo Rio - São Paulo; foi a constituição, ainda na década de 1960, da Companhia Pernambucana de Borracha Sintética (COPERBO), que foi construída na região do Cabo, próxima a Recife, em Pernambuco. Trata-se de uma fábrica de borracha de polibutadieno, que utiliza na etapa de produção de butadieno, o álcool etílico, disponível na região como matéria prima.

Devido à instabilidade política, à falta de incentivo fiscal, às limitadas ofertas de gás natural e às correntes residuais de refinarias, subprodutos dos processos produtivos das refinarias, a atividade petroquímica ficou estagnada durante a primeira metade da década de 1960, obrigando o governo a flexibilizar o monopólio estatal no setor petroquímico. Com a retomada do crescimento, em 1967 foi criada a PETROQUISA que tinha o objetivo de estimular a integração entre o setor privado e o setor público no planejamento, ampliação e diversificação das atividades no setor petroquímico.

Caberia a Petroquisa aumentar a produção anual e reduzir a dependência do Brasil de produtos semi-acabados e acabados. Neste sentido, a Petroquisa investiu na criação do primeiro pólo petroquímico do país, em 1972, no estado de São Paulo. Nos dez anos seguintes foram desenvolvidos o Pólo Petroquímico do Nordeste e o Pólo Petroquímico do Sul. O Brasil passava a ser um dos sete maiores produtores petroquímicos do mundo.

Com a crise do Petróleo e a entrada da economia brasileira em recessão, tornaram-se visíveis as deficiências das empresas nacionais, que não possuíam volume de produção nem integração operacional e possuíam estruturas societárias isoladas e confusas. Remodelar a estrutura administrativa e acionária era questão de sobrevivência do setor. Em 1990 a Petroquisa detinha participação acionária em 36 empresas. Iniciaram-se, então, em 1992, as privatizações, tendo sido o leilão da Companhia Petroquímica do Sul - Copesul o marco da retirada do Estado do setor petroquímico brasileiro.

As privatizações não tiveram o efeito esperado. O setor Petroquímico cresceu somente 9%, entre 1990 a 1997, enquanto o PIB aumentou 21%. A década de 1990 representou um retrocesso e a excessiva verticalização trouxe falta de investimento no setor. As centrais de matérias primas, indústrias de 1º geração, detinham as

petroquímicas, indústrias de 2º geração, que utilizam como matéria prima os insumos produzidos pelas primeiras, apenas como consumidoras de seus produtos, não investindo nelas nem 50% do valor da depreciação.

No início do século XXI, a partição societária do setor Petroquímico, impedia a retomada dos investimentos. Desavenças políticas, brigas de famílias, interesses econômicos e estratégicos diversos não propiciavam o avanço do setor. Nesse contexto a Petrobrás retomou os investimentos, comprando em 19 de março de 2007 todos os ativos do grupo Ipiranga e repassando-os ao grupo Braskem. Estava criado o maior **player** (detenção de uma grande fatia do mercado petroquímico, personificado por uma única empresa) brasileiro do setor petroquímico, com capacidade de competir no mercado global.

Em 03 de agosto de 2007, a Petrobras comprou a Suzano Petroquímica e em 11 de junho de 2008, uniu-se a Unipar e criou a Companhia Petroquímica do Sudeste, viabilizando o segundo grande **player** brasileiro do setor Petroquímico.

O Brasil, através da Petrobrás, consolidou um novo paradigma e propiciou a concentração de investimentos no setor Petroquímico. Os investimentos na recuperação e expansão do parque nacional estão apenas começando. Mas, sabemos que será necessário investir em novas tecnologias e modelos de gestão para alcançarmos um novo patamar de produção e rentabilidade.

## 1.2 A Petroquímica e o Meio Ambiente

Seguindo o paradigma industrial brasileiro e mundial, as Indústrias Petroquímicas nacionais não tinham sérias preocupações ambientais, até o início da década de 1990. As disposições dos seus resíduos eram realizadas nos fundos das fábricas, enterrados em quaisquer áreas disponíveis, próximos a corpos hídricos, mananciais de água e manguezais. Não havia análises de riscos nem qualquer outro tipo de técnica era utilizada para avaliar os impactos, social, ambiental ou econômico dos resíduos.

A gestão dos resíduos sólidos e líquidos tem sido ao longo do tempo, a partir da década de 1990, um importante desafio para as empresas petroquímicas. A razão é que, embora não seja quantitativamente o maior gerador, o setor gera

resíduos problemáticos do ponto de vista de sua disposição ou tratamento. Os resíduos representam um sério problema para os empresários. Casos de má disposição ou tratamento inadequado geram passivos ambientais que às vezes chegam a comprometer os números do balanço patrimonial.

Porém, para muitas empresas, quanto menos despesas a empresa realiza, maior será o seu lucro, e gastos elevados com gestão de resíduos significam aumentar despesas, devendo, portanto ser minimizados.

Apenas as grandes empresas, que possuem programas de gestão de resíduos, procuram inverter a lógica e tornar os gastos com meio ambiente em investimentos. Aproveitam o marketing ambiental para aumentar o valor de suas marcas. Porém, a maioria dos empreendimentos de médio e pequeno porte, bem como algumas grandes industriais, não atende às determinações dos órgãos ambientais e desrespeitam a lei e o bom senso.

Um caso emblemático que ocorreu no passado, ocupando manchetes na imprensa, foi o do aterro Mantovani, que operou até 1987 em Paulínia, onde diversas empresas do setor químico faziam a disposição de seus resíduos. A área, embora estivesse legalmente licenciada, não apresentava as condições necessárias para disposição de resíduos perigosos e houve comprometimento do meio ambiente. Como a lei diz que o gerador é responsável pelo resíduo enquanto o mesmo exista, as empresas que pagaram pela disposição irão pagar novamente para remediar a área que foi comprometida, em acordo firmado com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Centro Tecnológico de Saneamento Básico – CETESB) e com Ministério Público, em 2003 ([www.cetesb.sp.org.br](http://www.cetesb.sp.org.br)).

A divulgação da quantidade e qualidade dos volumes de resíduos gerados é assunto confidencial para grande parte do setor. Admitir elevada geração é confirmar a ineficiência de seus custos de produção. Portanto, manter sob sigilo é a regra empresarial que vigora em todo território nacional, na tentativa de encobrir dados que poderão ser usados de maneira estratégica por clientes na hora de negociar preços ou por concorrentes que terão análises importantes da capacidade e eficiência produtiva.

Infelizmente não há no Brasil, pelos motivos expostos acima, uma base de dados confiável que forneça precisão da quantidade de resíduos gerados pela indústria petroquímica, mas estima-se que, de 2,9 milhões de toneladas geradas

anualmente, apenas 600 mil são tratadas ou dispostas adequadamente. O imenso passivo a ser tratado é uma espécie de bomba-relógio, que um dia irá explodir.

O poder público tem procurado dedicar atenção particular ao problema, sabendo que há muito resíduo sem tratamento ou disposto inadequadamente. A sociedade, e os poderes que a representam estão cada vez mais atentos aos casos de poluição e as punições tendem a ser cada vez mais freqüentes. O valor a ser pago por aqueles que burlam ou negligenciam a lei e colocam o meio ambiente e a sociedade em risco, deverá ser cada vez mais elevado e as responsabilidades civis e criminais provocarão graves danos financeiros e à imagem da empresa.

Entender que o resíduo é dinheiro em desperdício, que altera o custo do produto e a competitividade da empresa, é fundamental para o desenvolvimento futuro do setor, que deverá buscar soluções tecnológicas e alternativas de investimentos que possibilitem aumentar a produção e reduzir a poluição.

As políticas de qualidade e ambientais, que geram declarações de missões e valores, não podem ser encaradas como um existencialismo prosaico, mas como verdades sobre desejos viáveis de realizações futuras, que atendam às premissas básicas da existência e sobrevivência da corporação. Que o meio ambiente não seja encarado como barreira de entrada, e sim como fonte promissora de oportunidades de melhorias dos processos, viabilizado como pontos fortes de um setor poderoso e de extrema importância para o desenvolvimento do Brasil.

O setor petroquímico encontra-se entre os poucos setores da economia nacional que inovam na busca constante de desenvolvimento. Tecnologias e patentes são gerados em profusão demonstrando a vontade das empresas de mudar o quadro atual, buscando soluções perenes para a sustentação de seus negócios, em total alinhamento com a sociedade, com as normas legais vigentes no país e com as exigências internacionais, leiam-se certificações.

Um bom exemplo foi à notícia anunciada na página da internet, “Meio Ambiente e etc” (<http://meioambienteetc.blogspot.com>) no dia primeiro de junho de 2009

Produzido a partir do etanol de cana-de-açúcar, o polímero verde usa tecnologias e competências brasileiras, preparando a estréia da petroquímica nas novas regras do jogo da economia de baixo carbono. Braskem empresa brasileira da área petroquímica que está entre as três maiores indústrias brasileira de capital privado - anunciou a produção do primeiro polietileno a partir do etanol de cana-de-açúcar certificado mundialmente, utilizando tecnologia competitiva desenvolvida no Centro de Tecnologia e Inovação da

empresa. A certificação foi feita por um dos principais laboratórios internacionais, o Beta Analytic, atestando que o produto contém 100% de matéria-prima renovável.

Outro exemplo de busca pelo equilíbrio sustentável é o da **Lanxess**, indústria química e petroquímica, retirado da página ([www.aeinvestimentos.com.br](http://www.aeinvestimentos.com.br)):

*Já a Lanxess, que atua no segmento de especialidades químicas, anunciou no início de outubro um investimento de R\$ 18,5 milhões na construção de uma usina de co-geração de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar. A companhia prevê o consumo de 141 mil toneladas anuais de bagaço, volume suficiente para a geração de 4,5 MW. O volume, que poderia ser considerado pequeno se comparado ao consumo de 2,6 mil MW médios da indústria química, segundo Balanço Energético Nacional do MME, é o suficiente para a auto-suficiência da fábrica da Lanxess localizada em Porto Feliz (SP)*

Fatores ecológicos irão determinar, mais freqüentemente que guerras de concorrências ou políticas de desenvolvimentos, o sucesso ou fracasso das corporações. Para consolidar uma resposta rápida e adequada a esses riscos, é necessário perceber o problema, determinar a dimensão real de tudo que está envolvido, ter vontade política e administrativa para resolver os problemas identificados e mobilizar os recursos e meios necessários para agir com lucidez, tendo sempre como objetivo uma visão sistêmica e de longo prazo.

Com a evolução dos processos industriais e o conseqüente surgimento de inúmeros produtos que rapidamente tornaram-se de primeira necessidade, a atividade industrial adquiriu um caráter essencial na sociedade contemporânea. Embora a sua importância seja indiscutível, a atividade industrial costuma ser responsabilizada, e muitas vezes com justa razão, pelo fenômeno de contaminação ambiental, principalmente graças a dois fatores de extrema importância:

- a) O acúmulo de matérias primas e insumos, que envolve sérios riscos de contaminação por transporte e disposição inadequada;
- b) Ineficiência dos processos de conversão, o que necessariamente implica a geração de resíduos.

As diferentes composições físicas, químicas e biológicas, as variações de volumes gerados em relação ao tempo de duração do processo produtivo, a potencialidade de toxicidade e os diversos pontos de geração na mesma unidade de processamento recomendam que os resíduos sejam caracterizados, quantificados e

tratados e/ou acondicionados, adequadamente, antes da disposição final no meio ambiente.

Os impactos ambientais gerados pelo desenvolvimento industrial constituem um grande problema para as organizações ambientais e autoridades mundiais. No início da década de 90, houve a padronização dos processos de empresas que utilizam recursos tirados da natureza e/ou causam algum dano ambiental decorrente de suas atividades. A ISO 14.000 é composta por uma série de normas desenvolvidas pela International Organization for Standardization (ISO) e que estabelecem diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro de empresas. Os certificados de gestão ambiental da série ISO 14.000 atestam a responsabilidade ambiental no desenvolvimento das atividades de uma organização.

A Petroflex, objeto deste estudo, foi a pioneira na certificação ISO 14001 para Qualidade Ambiental e na integração dos projetos produtivos aos projetos ambientais. Diversos foram os programas assimilados pela empresa, entre eles o 5S, MASP, Responsabilidade Social, PDCA, TQC e Seis Sigma. Todos realizados na tentativa de reduzir a quantidade resíduo gerado e diminuir os custos com perdas de produtos, insumos e materiais.

O próximo capítulo irá abordar como os resíduos sólidos são gerenciados no Brasil, a situação atual em países diversos e como atua a Máfia do lixo se beneficia ilegalmente deste grande negócio.

## 2.0 A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA

Os dados relativos à gestão e produção de resíduos no país são desatualizados, desconexos, e não parecem muito confiáveis. Se usarmos como fonte às indústrias, elas irão divulgar certos dados; se a fonte é das empresas que prestam serviços de reciclagem ou disposição de resíduos, os dados serão outros, tudo de acordo com seus interesses particulares. Portanto, apresta-se aqui o dado retirado da página [www.abetre.org.br](http://www.abetre.org.br), da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos - Abetre.

Ainda hoje não temos um programa integrado de gestão de resíduos sólidos no país. Os 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos gerados anualmente no Brasil, somente 600 mil toneladas, cerca de 22%, recebem tratamento adequado, conforme estimativa da Abetre, acessados em 2009 - Os 78% restantes (2,3 milhões de toneladas) são depositados indevidamente em lixões, sem nenhum tipo de tratamento. O presidente da Abetre, Carlos Fernandes ([www.abetre.com.br](http://www.abetre.com.br)), afirma que, dos rejeitos industriais tratados, 16% vão para aterros, 1% é incinerado e os 5% restantes são co-processados, ou seja, transformam-se por meio de queima em parte de matéria-prima para a fabricação de cimento. "Esses dois milhões de toneladas de resíduos industriais jogados em lixões significam possibilidade de contaminações e agressões ao meio ambiente", diz. Segundo a ABETRE, "se considerarmos apenas metade dessa quantidade como sujeita a futuras fiscalizações, o país vê crescer, por ano, em 1 milhão de toneladas o seu resíduo industrial alocado indevidamente. Nos últimos dez anos, este montante passou para cerca de 12 milhões de toneladas". Para ele, em uma estimativa conservadora, a indústria brasileira apresentou um passivo de R\$ 5 bilhões na última década. "E o mais assustador é que esse passivo cresce meio milhão de reais a cada ano". Afirma a entidade, que o potencial do mercado de destinação de resíduo industrial perigoso é de R\$ 1 bilhão por ano no Brasil.

Atualmente, porém, o tratamento e a disposição de rejeitos geram um faturamento de aproximadamente R\$ 240 milhões, valor cinco vezes menor do que o potencial que o negócio alcançaria se todo resíduo fosse destinado corretamente. Entre os rejeitos que podem ser reutilizados estão os metais, borracha, plásticos,

lâmpadas (mercúrio), entre os sólidos, e os solventes e óleos queimados, entre os líquidos.

## **2.1 Alternativas para disposição e tratamento de resíduos industriais perigosos**

Os tratamentos possíveis para os resíduos industriais perigosos são o aterro, a incineração e o co-processamento, descritos a seguir. Outros sistemas mencionados pela Abetre são a central de tratamento de resíduos industriais (que inclui reciclagem), o blending (mistura de resíduos para aumentar o poder calorífico e potencializar a queima em fábricas de cimentos) e a inertização (eliminar o risco químico do resíduo, toxicidade, inflamabilidade e etc, para posterior destinação).

### **2.1.1 ATERROS SANITÁRIOS**

Segundo informações da Abetre, a construção de aterros sanitários no Brasil custa no mínimo cerca de R\$ 52,4 milhões para um aterro de pequeno porte de 100 toneladas/dia, podendo alcançar R\$ 525,8 milhões para um de grande porte (2 mil toneladas/dia de lixo); R\$ 236,5 milhões para um de médio porte (800 toneladas/dia). Os equipamentos têm, em média, 42 anos de ciclo de vida. Entretanto, o prazo que o aterro poderá receber resíduos é de 20 anos.

Nos cálculos foi considerado o aproveitamento do biogás e a receita com crédito de carbono. Os dados são de estudo para instalação e operação de aterros sanitários feitos pela Fundação Getúlio Vargas a pedido da própria Abetre.

De acordo com o diretor-presidente da Abetre, Diógenes Del Bel, as etapas de encerramento e pós-encerramento de aterros sanitários, que duram 20 anos ou mais, representam de 7% a 8% do custo total do empreendimento. “Esses custos costumam ser subestimados e desconsiderados nos orçamentos públicos, o que distorce a apuração dos custos dos serviços e pode levar à insuficiência de verbas para assegurar operações minimamente adequadas no futuro”.

O custo de resíduo por habitante/ano é de R\$ 13,67 para os grandes aterros, R\$ 15,80 para os médios e R\$ 18,58 para os pequenos. O terreno representa de 10% a 15% do investimento inicial, podendo chegar a 30% e 40% se ficar em área mais valorizada. A etapa de operação é a mais complexa e representa o maior custo, em torno de 87%.

### 2.1.2 INCINERADORES

Em maio de 2001, o Brasil assinou a Convenção de Estocolmo, tratado da Organização das Nações Unidas (ONU) que trata do combate aos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), e que aponta a incineração de resíduos como uma das principais fontes geradoras destes poluentes. A Convenção recomenda que o uso de incineradores seja eliminado progressivamente.

Incinerar já foi considerado o método mais eficiente de acabar com o lixo, seja ele de origem doméstica ou industrial. Entretanto, com o avanço da industrialização, a natureza dos resíduos mudou drasticamente. A produção em massa de produtos químicos e plásticos torna, hoje em dia, a eliminação do lixo por meio da incineração um processo complexo, de custo elevado e altamente poluidor. Longe de fazer o lixo desaparecer, a incineração acaba gerando ainda mais resíduo tóxico, tornando-se uma ameaça para a saúde pública e o meio ambiente.

Incineração é a queima do lixo em aparelhos e usinas próprias. Apresenta a vantagem de reduzir bastante o volume de resíduos. Além disso, destroem os microrganismos que causam doenças, contidos principalmente no lixo hospitalar e industrial. Porém, o seu custo, cerca de R\$1200,00 por tonelada, aliado à formação de resíduos tóxicos, como a dioxina e à dificuldade de deposição das cinzas geradas, torna o investimento em incineradores um sonho irrealizável.

Um único incinerador, montado respeitando todos os requisitos legais, necessários a uma utilização minimamente racional, poderá custar até R\$ 500 milhões. Sendo, que poucos empregos serão criados e, a qualquer momento, exigências fundamentais relacionadas a controle de poluição do ar, que se tornem necessárias ao longo da operação, tornarão o custo por tonelada muito mais caro,

tal incerteza pode inviabilizar a utilização deste processo pelo setor privado, criando tarifas caríssimas para o contribuinte.

### 2.1.3 CO-PROCESSAMENTO

Co-processamento é o aproveitamento de resíduos industriais como combustíveis ou matéria-prima em fornos de alta temperatura. Um exemplo são os fornos de clínquer, matéria prima básica na produção de cimento.

Podem ser utilizados resíduos industriais potencialmente perigosos, aproveitando a energia no processo e aproveitando elementos contidos nestes resíduos no próprio produto. Essa é uma prática que vem sendo utilizada há cerca de 30 anos e devido à sua característica de reciclagem, vem ganhando espaço como a forma mais adequada de tratar uma grande variedade de resíduos industriais. São exemplos de resíduos industriais que podem ser co-processados: pneus, borras do refino de petróleo, embalagens de produtos químicos, solos contaminados, equipamentos de proteção individual usados na indústria automobilística, revestimento de cubas de produção de alumínio, filtros diversos e outros.

Para as empresas que pagam para destinar, mesmo no co-processamento, o custo é de aproximadamente de R\$ 150 a R\$ 700 por tonelada, variando em função da especificidade do resíduo e de acordo como as necessidades básicas de transporte e logísticas.

## **2.2 Gestão de Resíduos Sólidos**

Os bilhões de reais enterrados no lixo, conjunto de matérias-primas de alto valor econômico, merecem uma atenção especial e exclusiva. O modelo tradicional de gestão de resíduos sólidos enxerga com visão curta e preocupante o resíduo, como perdas naturais do processo de produção. Sem atacar as causas, ele busca unicamente esconder os efeitos, atrasando de maneira considerável o

desenvolvimento de soluções suficientemente abrangentes para que se tornem eficientes e efetivas.

Neste sentido, de reduzir os efeitos do resíduo gerado, a **Confederação Nacional da Indústria (CNI)** anuncia a criação do Sistema Integrado de Bolsas de Resíduos. As bolsas são ambientes na internet que permitem compra, venda, troca ou doação de sobras de processos industriais, como plásticos, papéis e sucatas metálicas. Propaganda diz que a negociação de produtos recicláveis é um instrumento que evita o desperdício, reduz os custos e o impacto ambiental da atividade industrial. Na primeira fase, serão integrados sites voltados à comercialização de sobras de processos industriais das federações da Bahia, de Goiás, Minas Gerais, do Pará, Paraná, de Pernambuco e do Rio Grande do Sul.

Essa ação de eficácia limitada na redução da geração do resíduo, propriamente dito, implica no que afirma Faria (2000), que a título de crescimento, alguns setores empresariais que se preocupam com as questões ambientais limitam-se, geralmente, às exigências dos sistemas de fiscalização do poder público, não incorporando, entretanto, a variável ambiental propriamente dita.

A realidade nacional é de que o gerenciamento de resíduos é uma política restrita aos geradores que competem no mercado global e precisam de políticas claras de controle dos impactos ambientais gerados por sua atividade, pois o que se produz aqui será vendido em diversas partes do mundo, onde as exigências de especificações e certificações ambientais são barreiras de entrada de seus produtos que irão concorrer no mercado local.

A política de várias empresas seria de colaborar efetivamente para o controle da geração dos resíduos e com a despoluição, não só por motivos econômicos e éticos, mas também de caráter prático. Os resíduos ocupam espaço, representam riscos elevados, consomem recursos humanos, representam uma quantidade de muita matéria-prima que poderia ser reaproveitada. Trata-se de um problema difícil de administrar, tanto no que se refere a explicações de sua geração aos conselhos de acionistas, quanto no que tange ao próprio custo do produto.

A falta de inclusão dos resíduos no horizonte dos negócios da empresa, os investimentos de recursos escassos e a ausência de uma diretriz firmemente relacionada com a integração do setor, desestimula o empresariado a encontrar tempo para se dedicar à elaboração das soluções necessárias.

### 2.2.1 GESTÃO EM DESENVOLVIMENTO

Vários estudos demonstram que a conscientização ambiental tem promovido ações nas indústrias em defesa e proteção do meio ambiente. Esta conscientização procede do desenvolvimento que pode ser identificado em três etapas de evolução, bem definidas pela literatura, que são:

1º - atitudes reativas, passivas e conformistas, pois se limitam a evitar acidentes com potencial de contaminação, pequenos ou médios vazamentos e emissões locais.

Com setores de meio ambiente voltado, não somente para a destinação de resíduos e visando certificações e licenças operacionais, as industriais limitam-se a atender as exigências dos requisitos legais, controlando a poluição através de equipamentos e instrumentos que se prestam a medir parâmetros ambientais como DQO, DBO, oxigênio, e teor de SOx, NOx na atmosfera entre outros exigidos pela legislação.

As atitudes da indústria geralmente são meramente reativas. O processo de produção e reação permanece inalterado: geram-se resíduos e, as ações reativas “despoluem”, não havendo preocupação em controlar os desvios dos processos e os controles ambientais. A probabilidade de ocorrência de desastres ambientais permanece elevada.

2º - É caracterizada por procedimentos que visam ao controle dos processos e redução da geração de resíduos. Viabilizando um controle ambiental eficaz, não sendo mais um simples controle da poluição. A palavra chave é prevenção. Tendo um controle real sobre todas as fases do processo, na aquisição de matérias primas e de insumos, desenvolvendo fornecedores e insumos menos degradantes para o meio ambiente, implantando processos com tecnologia mais limpa. Seus produtos e serviços, passam a ser parte do controle, em contribuição a uma filosofia de reciclagem e recuperação de seus resíduos, bem como a otimização do consumo dos recursos de produção.

3º - A organização entende e atende, de forma ativa e antecipada, às necessidades de uma atitude correta com o meio ambiente. Possui identidade e cultura para implantar a filosofia das melhores práticas da prevenção ambiental. A

empresa fixa um objetivo de alcançar a excelência ambiental, norteando seus valores não só no processo econômico e produtivo, mas também na qualidade ambiental.

De acordo com Souza (1999), de uma maneira geral, a implantação de estratégias ambientais empresariais iniciadas, sobretudo, a partir da década de 70, foram evoluindo conduzidas por um conjunto de pressões que têm origem, basicamente, em quatro fontes principais:

- A. Nas regulamentações ambientais, que se têm desenvolvido em número, especificidade, abrangência e rigor;
- B. Na sociedade civil organizada, através dos movimentos ambientalistas, que têm multiplicado o número dos seus integrantes se especializando e se profissionalizando, tornando as suas ações cada vez mais eficazes;
- C. Nos mercados de produtos, que têm apresentado uma crescente tendência dos consumidores em preferir produtos com atributos ambientais e em valorizar empresas ambientalmente responsáveis, o que é também reforçado por um aumento na concorrência interna e externa derivada da abertura comercial;
- D. Nas fontes de recursos financeiros ou naturais, como água, energia, minérios, combustíveis fósseis, etc.

### **2.3 O Resíduo no Mundo**

Somos a sociedade do lixo, cercada totalmente por ele, mas só recentemente acordamos para este triste aspecto de nossa realidade. Que nos últimos 20 anos, a população mundial cresceu menos que o volume de lixo por ela produzido. Enquanto de 1970 a 1990 a população do planeta aumentou em 18%, a quantidade de lixo sobre a Terra passou a ser 25% maior, Leripio (2004).

Tal constatação evidencia a ineficácia do conceito puramente tecnológico para a solução dos problemas ambientais, conceito este adotado pelo EUA. Autoridades americanas crêem que soluções tecnológicas irão prover o equilíbrio entre produção e geração de resíduos, Mas sabemos que não haverá tecnologia

suficiente para atender a uma demanda imensa de produção de lixo, que cresce de maneira vertiginosa em todo o mundo.

### 2.3.1- EXEMPLOS RELEVANTES

Nos Estados Unidos, o grande volume de lixo gerado, e seu incremento anual pela sociedade, são explicados pelo famoso "sonho americano" que associa a qualidade de vida ao consumo de bens materiais. Este padrão estabelecido na vida de cada americano alimenta o consumismo, incentiva a produção de bens descartáveis, com ciclo de vida mínimo, e difunde a utilização de materiais artificiais.

Em linha de concepção oposta, a Europa transcende o minimalismo humano e busca a solução na mudança de comportamento dos consumidores, na redução do padrão de consumo ao essencialmente necessário. A cultura européia é a dos produtos mais duráveis e de uso energético sensato.

Na Europa, há forte preocupação em relação à recuperação e ao reaproveitamento energético, pela dificuldade de geração de energia, devido aos escassos recursos disponíveis, o que favorece as estratégias de reciclagem dos materiais e seu aproveitamento térmico. Na indústria do alumínio, por exemplo, 99% dos resíduos da produção são reutilizados, enquanto a indústria de plástico reaproveita cerca de 88% de suas sobras. Os resíduos municipais europeus, tendem, apesar de toda crítica à relação custo / benefício desta ação, a serem levados à incineração, (cerca de 24% são destinados desta forma). Leis européias exigem o reaproveitamento energético e estima-se que 16% de todo lixo incinerado seja realizado dentro desta concepção.

A China é o grande dragão produtivo, um país de extensão territorial considerável e com o maior contingente populacional do mundo, que se concentra cada vez mais nos grandes centros. Seu povo, de cultura milenar, considera os resíduos orgânicos como uma responsabilidade do cidadão que o gerou. É uma sociedade possuidora de valores culturais que facilitam a adoção de métodos tanto convencionais como mais racionais de controle dos resíduos sólidos. Há nesse país um envolvimento individual à reintegração dos resíduos à cadeia natural da vida do

planeta. Rende-se a inevitável questão que atormenta o Ocidente: o que fazer com tanto lixo?

Com o rápido desenvolvimento da urbanização e o aumento da população urbana, o lixo representa um problema cada vez mais grave. A China conta com mais de 660 cidades, com uma população total de cerca de 400 milhões de habitantes. Em geral, o lixo produzido nas cidades é transportado e descarregado nas zonas suburbanas, onde 20% é tratado e o resto se amontoa. Atualmente, dois terços das cidades chinesas estão cercados por lixo acumulado durante vários anos, cuja quantidade totaliza mais de 4 bilhões de toneladas e ocupa mais de 500 milhões de m<sup>3</sup> de terra.

Desde a década de 1980, o nível de tratamento do lixo urbano da China vem se elevando e são utilizados os métodos universalmente praticados no âmbito terrestre: aterro sanitário, incineração, fermentação para propósitos de adubo e reciclagem para a reutilização. Atualmente, o enterrar, ou aterro sanitário, é o método principal para tratar o lixo, no entanto, 80% dos depósitos de lixo na China não contam com suficientes instalações para recolher e tratar os líquidos e gases produzidos, o que fatalmente levará à poluição do meio-ambiente.

Some-se a isto, a matéria publicada na revista Veja já em 2002, que dizia que a cidade chinesa de Guiyu, próxima de Hong Kong, importa anualmente 1 milhão de toneladas de computadores, impressoras e aparelhos de fax. Trata-se de sucata tecnológica vinda dos Estados Unidos, Japão, Europa e Coréia do Sul, que é desmantelada a golpes de martelo, chave de fenda e alicate. Esse negócio emprega 100.000 pessoas e movimentava 120 milhões de dólares por ano em Guiyu, o mais agitado centro de reciclagem de lixo eletrônico do mundo.

### 2.3.2 A MÁFIA DO LIXO

Alheios às intenções e esforços governamentais, as máfias do lixo tratam este grande negócio de bilhões de euros, em detrimento das intenções das políticas de todos os países do mundo. São eles novos atores a serem considerados dentro das normas e diretrizes edificadas para solucionar a problemática do lixo. A livre atuação

desses criminosos ambientais ameaça o planejamento ambiental dos países em desenvolvimento, que são peças fundamentais no controle ambiental do planeta.

O escritor Roberto Saviano em seu livro, *A História Real de um Jornalista Infiltrado na Violenta Máfia Napolitana*, 2008, afirma que a máfia fez desaparecer cerca de 26 milhões de toneladas de lixo em apenas um ano, o que lhe valeu ameaças da Camorra e o forçaram a viver sob proteção de seguranças. O esquema funciona assim: um mediador especializado em questões ambientais procura empresas químicas, fábricas de plástico ou curtumes, em qualquer parte da Itália, e lhes oferece serviços de eliminação de resíduos industriais a um determinado preço. A proposta é sempre melhor do que eliminar os resíduos legalmente, ainda que o mediador jamais transmita a idéia de que se trata de uma atividade ilícita, e a empresa finja não perceber que o seja, aceitando a transação.

Em uma atuação integrada, as máfias locais de diversos países unem-se na distribuição do lixo na Europa e para outros países do mundo, entulhando, por exemplo a cidade de Nápoles, na Itália, como revela a investigação: A máfia italiana faturou 7 bilhões de euros em 2008 só com a coleta e despejo ilegal de lixo, revelou a Legambiente, maior grupo ambiental da Itália. O relatório anual da organização também calcula em 20,5 bilhões de euros o montante gerado no ano passado a partir de crimes ambientais, que incluem despejo e construção ilegal.

São lixos oriundos de todos os países, principalmente daqueles que atuam com extremo rigor, o que obriga as empresas locais a contratarem as máfias para destinar seus lixos. Lixo atômico alemão foi enviado pela máfia para destino desconhecido mas suspeita-se que cerca de cem tambores tenham sido deixadas na Itália, nos anos 80 e 90.

O Brasil, não fica fora desta rota, como notícias recentes descrevem. A Receita Federal e o Ministério Público Federal do Rio Grande do Sul investigam o desembarque de 64 contêineres carregados com cerca de 1.200 toneladas de lixo tóxico, domiciliar e eletrônico nos portos de Rio Grande (RS) e Santos (SP). O lote de lixo, que equivale a 7,7% do que é produzido por dia no município de São Paulo, veio da Inglaterra e foi enviado irregularmente ao Brasil, segundo a investigação. No Rio Grande do Sul, 40 contêineres foram retidos e oito foram parados na estação aduaneira de Caxias do Sul (RS) e 16 no porto de Santos.

No próximo capítulo, abre-se um parêntese para discorrer sobre o conceito de qualidade, sua evolução e sua relação com o custo da produção nas industriais.



## **3.0 QUALIDADE**

O conceito de qualidade sofreu diversas mudanças ao longo de toda a nossa existência e foi apresentado em diversas obras literárias, como: Vicente Falconi (1992); Gary (2001); Corradi (1994) e Eckes (2001), entre outros. Cada necessidade humana era precedida de novos níveis de exigências e complexidade. A melhoria de desempenho de processos é um problema clássico enfrentado por dirigentes industriais. Desde os primórdios da Revolução Industrial, com a gradual transição dos sistemas de produção da arcaica forma artesanal para a moderna organização fabril, concebida pelo capitalismo industrial, célebres talentos da época, como Frederick Taylor e Henry Ford, se notabilizaram pelas contribuições que desenvolveram para propulsionar a busca obstinada das empresas por aumento de produtividade.

### **3.1 A História da Qualidade**

O sistema Europeu de produção, baseado no conceito artesanal, prevaleceu por toda a era colonial e influenciou o continente Americano. O controle de qualidade realizado por artífices era o suficiente para atender o nível de produção da época e pelos fatores de produção disponíveis.

A revolução industrial, iniciada no continente Europeu, trouxe ao homem a possibilidade de produzir mais do que as oficinas artesãs, criando um modelo de produção que tornou obsoleta a antiga forma fabril. Os artesãos tornaram-se operários e logo os responsáveis pelo controle da qualidade.

Esse modelo de controle era inepto para a eficácia exigida pelos níveis de produtos gerados, mas o volume de produção e os vários e diversificados mercados, cobriam os custos da má qualidade.

O modelo de produção europeu foi absorvido mais uma vez pelas colônias. Porém, no final do século XIX, os Estados Unidos da América criaram um novo paradigma ao adotar o sistema de gerenciamento científico da produção, proposto por Frederick Winslow Taylor, considerado o “Pai da Administração

Científica”, com utilização de métodos científicos cartesianos na administração de empresas. Seu foco era a eficiência e eficácia operacional na administração industrial e pelo modelo de Henry Ford, que introduziu a linha de produção em massa. Os estudos desenvolvidos por Ralph Barnes, estudo dos tempos, Frank e Lillian Gilbreth, estudo dos movimentos fundamentais, e Harold Maynard, sistema de medidas de tempos sintéticos, entre outros expoentes da Engenharia de Produção, datam também desta época de desenvolvimento de metodologias e funções para a modernização da Administração Industrial. Pode-se, inclusive, creditar que o fenômeno da expansão, liderança e pioneirismo das indústrias norte americanas com o concomitante crescimento da sociedade de consumo em massa entre o período pós-guerra e a década de 1970, deveu-se em parte à competitividade alcançada pelas empresas americanas por meio da aplicação sistemática destas novas técnicas de produção.

O Taylorismo tinha por princípio a separação das etapas de planejamento, controle, execução e preparação da mão-de-obra. A aplicação desses conceitos tornou possível uma dimensão de produtividade jamais sonhada pelo homem. Todo o padrão de controle de qualidade existente era insuficiente para atender a esse novo patamar. Foram criados departamentos de inspeção controlados por supervisores de produção.

O século XX surge impulsionado pelo crescimento desenfreado da economia mundial. A produção e serviço atingem níveis altíssimos e a qualidade não pode mais ser mantida por departamentos gigantescos e caros. São criadas estratégias para lidar com esta nova realidade, dentre elas, está a Engenharia da qualidade e Engenharia da confiabilidade.

As crises que geraram as duas grandes guerras, principalmente a 2ª Guerra Mundial, propiciaram o desenvolvimento industrial devido ao crescimento da indústria bélica e da necessidade de reconstrução da Europa arrasada.

Novos controles de qualidade surgiam pela força das estratégias criadas e dentre as inovações estava o controle estatístico da qualidade. O Japão, conhecido por seus produtos de baixa qualidade, foi o que melhor tirou proveito dos novos conceitos. O Japão passava a gerenciar a qualidade e não o produto, adotando o conceito de gerenciamento por processo. Como resultado, o mercado passou a ser disputado pela qualidade do produto e não mais pelo preço, o que deu

grande vantagem competitiva ao pioneirismo japonês, que dominou o mercado americano e mundial na década de 1980.

As corporações americanas, mesmo tarde, perceberam a nova tendência do mercado e buscaram as soluções e a partir da década de 1990 passaram a competir com os produtos japoneses de forma igualitária. A qualidade é a compreensão das necessidades do cliente, que devem ser atendidas na hora certa, na quantidade certa, nas especificações corretas, no local exato, pelo melhor custo e, que estas, tenham variações menores possíveis, sendo este um conceito moderno que norteia todas as grandes corporações e adotado por diversos autores, entre eles, Vicente Falconi (1992).

A globalização da economia continuou acentuando a concorrência entre as empresas e os padrões de competição tornam-se mais complexos, como relata Bolwinj e Kump, (apud Rotondaro , 1985).

durante muito tempo as empresas competiram simplesmente com base em preço; no entanto, com a entrada em cena de novos concorrentes, oriundos principalmente dos países que se tornaram conhecidos com Tigre Asiáticos, além de preço, qualidade passou a ser o fator crítico de sucesso no mercado. E à medida que cada vez mais empresas foram dominando a competência de produzir com qualidade, novos atributos diferenciadores, como confiabilidade, prazo e inovação, passaram a ser cumulativamente demandados pelo mercado.

Hoje, a nova tendência do mercado é o conceito de desenvolvimento sustentável, de preservação da natureza e responsabilidade social. Tudo aliado às novas tecnologias, que proporcionam mobilidade e velocidade na tomada de decisões. A qualidade é agora a que também preserva a natureza, a que é mais rápida e barata.

O conceito de qualidade evoluiu em paralelo com a construção do modelo de produção. Temos várias maneiras de expressar a palavra qualidade, mas devemos entender que a qualidade para o consumidor é, além das características subjetivas, uma junção tridimensional de percepção subjetiva, percepção objetiva e pós compra.

Percepção subjetiva está ligada a elementos perceptíveis ou não, como a cor, anatomia, marca, status, etc. A percepção objetiva é a relação direta com o produto a funcionalidade, durabilidade, manutenção, etc. O pós compra trata do contexto do atendimento e relacionamento direto com o consumidor e o fabricante do produto, tele atendimento, peças de reposição, instruções de uso, etc.

A três percepções irão compor o justo preço, aquele ao qual o consumidor está disposto a pagar ao realizar a compra, hoje, a sociedade está cada vez mais consciente da necessidade de avaliar, também, a forma como o produto é fabricado ou realizado.

Quando o consumidor dispõe seu dinheiro na caixa registradora na compra de um produto qualquer, ele dispara um sistema de produção, que irá englobar diversas ações, até que a mercadoria esteja novamente na prateleira. Ciente de seu poder, o consumidor, passa a exigir que seu dinheiro não financie a degradação do meio ambiente. Suas escolhas tendem a tornar-se mais exigentes diante da conduta da empresa que o fabrica.

Sabedor das tendências atuais, diversos segmentos empresariais, agregam ao seu produto o conceito de qualidade ambiental, que são ações de mitigação dos impactos ambientais do produto, podendo ser com redução direta dos efeitos ou com atitudes compensatórias (econômicas, sociais ou politicamente corretas). Este conceito irá fazer parte da lista apresentada abaixo, de conceitos empresariais da qualidade:

- ✓ A qualidade como exceção: busca a diferenciação, a excelência, a superação de padrões.
- ✓ A qualidade como perfeição e consistência: zerar erros e defeitos, acertar da primeira vez.
- ✓ A qualidade como capacidade de atingir objetivos: funcionalidade, atendimento e satisfação dos usuários.
- ✓ A qualidade como boa utilização dos recursos: prestação de contas, adaptação às demandas e necessidades da organização e sociais; eficiência e transparência.
- ✓ A qualidade como poder de transformação: mudanças provocadas no ambiente de trabalho, nos funcionários e nos métodos, durante os processos funcionais; estímulo à análise e à crítica.

Alcançar a qualidade é um trabalho que deve ser realizado por toda a corporação, foi W. Edwards **Deming**, doutor em Física pela Universidade de Yale, o mais entusiasta precursor dos princípios da qualidade, sendo além de guru mais famoso da qualidade, também o grande empreendedor do movimento pela qualidade nos EUA e servindo de referencia para o mundo todo. Deming apud

(DINSMORE, 2003) expressou a sua filosofia de qualidade nos quatorze pontos de fundamentos, abaixo relacionados:

1. Criar na organização um propósito constante direcionado à melhoria de produtos e serviços;
2. Criar um clima organizacional onde falhas e negativismo não são aceites, mas são encarados como oportunidades de melhoria;
3. Terminar a dependência da inspeção em massa para garantir conformidade e desenhar produtos e processos com qualidade intrínseca;
4. Terminar a prática de decidir contratos com base no preço mais baixo, em alternativa minimizar o custo total no ciclo de vida do produto. Desenvolver relações de longo prazo com fornecedores do processo;
5. Procurar a melhoria contínua do processo produtivo, melhorando a qualidade e reduzindo os custos;
6. Instituir um programa de treino e formação;
7. Substituir a supervisão pela liderança em todos os níveis hierárquicos;
8. Eliminar razões para receios; criar um clima de confiança;
9. Eliminar barreiras entre áreas funcionais na empresa;
10. Eliminar slogans que exortam aumentos de produtividade; os verdadeiros problemas residem na estrutura do sistema e não podem ser resolvidos somente pelos trabalhadores;
11. Terminar com a prática de gestão por objetivos e quotas de trabalho. A liderança efetiva substitui estas práticas;
12. Eliminar barreiras que impedem os colaboradores de sentirem orgulho no seu trabalho;
13. Implementar técnicas de controle estatístico da qualidade ao nível dos operadores;
14. Envolver todos os colaboradores no processo de transformação da organização.

O conceito de Deming prevaleceu intocável por vários anos, sendo adotado em todos os modelos de produção do pós-guerra. Contudo, não deixou de ser contestado por novos pensadores da administração da produção. Um dos mais famosos pensadores da qualidade, e de crítica oposta ao conceito de Deming, foi Joseph Moses Juran.

Juran foi um consultor de negócios conhecido por seu trabalho com qualidade e gerência de qualidade, abordando a qualidade dentro de uma visão mais ampla que Deming. Define a qualidade como adequação de um produto a sua utilização pretendida e, dentro deste conceito, apresenta duas alternativas. A primeira é de que o produto atende às necessidades dos clientes, ou seja, mostra o desempenho do produto. Esse desempenho resulta das características do produto, aumentando o grau de satisfação do cliente, aumentando sua comercialização e, conseqüente, fatias do mercado. A segunda vertente diz respeito à ausência de deficiências. Essas, quando verificadas resultam na insatisfação do cliente com o produto e quando não verificadas, reduzem a freqüência de erros, de desperdícios e inspeções.

Juran apud (ECKES, 2001) sustentou a qualidade como uma revolução continuada. O gerenciamento da qualidade por processo. Esse gerenciamento da qualidade, conhecido, como a Trilogia Juran, baseia-se em 3 conceitos, como se segue:

**1-Planejamento da qualidade:** Desenvolvimento de produtos e processos exigidos para atender às necessidades dos clientes. Compreende a identificação dos clientes e suas necessidades (este foi o primeiro conceito dos terceiros interessados); o desenvolvimento de produtos para satisfazer às necessidades identificadas, otimizando-os de forma a tornar a organização competente; o desenvolvimento e controle de um processo capaz de desenvolver e produzir nas condições de mercado, o produto; e por fim, transferência aos meios de produção.

**2-Controle de qualidade:** Processo gerencial no qual se desenvolvem atividades de avaliação do desempenho real; comparação do desempenho real com as metas e atuação nas diferenças.

**3-Melhoramento da qualidade:** É a criação organizada de mudanças benéficas, em busca de níveis inéditos de desempenho, é inovação. Consiste no desempenho das seguintes atividades: estabelecer a infra-estrutura necessária para assegurar um melhoramento da qualidade atual; identificar as necessidades específicas para melhoramentos; responsabilizar uma equipe para cada projeto, aumentando as possibilidades de torná-lo bem sucedido; fornecer recursos, motivação e treinamento necessários às equipes para diagnosticar as causas, estimular o estabelecimento de uma solução e estabelecer controles para manter os ganhos.

Independente do conceito de qualidade adotado por uma empresa, é certo que haverá um gasto para mantê-lo. A análise deste custo de implementação e manutenção do modelo de gestão da qualidade é assunto do tópico seguinte.

### 3.2 Custo da Qualidade

Custos da qualidade são custos realizados em associação a obtenção e manutenção da qualidade em uma empresa, tanto em manufatura quanto em serviços. As definições de qualidade variam como já foi apresentado anteriormente, sendo assim, a análise dos custos de qualidade irão variar proporcionalmente ao modelo de apropriação de custos concomitante ao conceito de qualidade adotado.

Em 1951, Juran publicou o livro Quality Control Handbook, onde apresentou o modelo de custos da qualidade. O modelo, uma primeira abordagem literal do assunto, explicitava uma série de custos, separado por falhas internas (custo com produtos defeituosos) e por falhas externas (custos com garantias) que poderiam ser reduzidos através de investimentos em inspeção e prevenção. O modelo representa uma ferramenta de gestão que permite justificar investimentos em programas de melhoria da qualidade.

Alguns exemplos do modelo de custo de qualidade apresentados por Juran, são:

**Falha Interna:** custos de produção defeituosa antes de chegar ao cliente:

- ✓ Desperdício, trabalho e materiais reutilizados na produção de produtos com defeito.
- ✓ Reprocesso, correção de produção defeituosa.
- ✓ Reteste, inspeção e teste de produtos que foram reprocessados.
- ✓ Paragem, tempo de paragem de equipamento não programada.
- ✓ Reciclagem, o que fazer com produtos com defeito.

**Falha Externa:** clientes recebem produtos defeituosos. Este tipo de custo é difícil de quantificar e tende a ser subestimado:

- ✓ Reclamações, investigar e resolver queixas dos clientes.
- ✓ Devoluções, receber e substituir produtos defeituosos.

- ✓ Custos de garantia, manter e respeitar serviço de garantia.
- ✓ Perda de negócio no futuro.

**Prevenção:** custos associados à prevenção de falhas de qualidade:

- ✓ Planejamento: desenvolver o plano da qualidade, os procedimentos e os manuais para comunicar o plano da qualidade.
- ✓ Projeto: avaliar e modificar o design de produtos, testarem novos produtos e processos.
- ✓ Treino e formação, programas de formação em qualidade.
- ✓ Controle do processo, recolher dados, desenvolver e manter o sistema, analisar os dados.
- ✓ Reporte, distribuir informação a colaboradores.
- ✓ Projetos de melhoria, desenvolvimento de programas para redução do número de produtos defeituosos, motivação para a qualidade, etc.

**Inspeção:** custos com inspeção e teste antes do produto ser enviado ao cliente:

- ✓ Inspeção de materiais: na recepção, ou antes, de incorporar no processo.
- ✓ Inspeção final e teste.
- ✓ Equipamento de teste: manutenção e calibragem de equipamento.
- ✓ Materiais e serviços: utilização ou destruição produtos ou serviços na fase de inspeção.
- ✓ Avaliação de estoques: teste aos produtos para avaliar estragos ou deterioração

Outras definições para o mesmo tema são:

Armand Feigenbaum, escritor do livro “Qualidade Total” e fundador da General Systems, apresentou os custos da qualidade como uma associação entre a definição, criação e controle dos parâmetros da qualidade, bem como, a avaliação e re-alimentação para conformação da qualidade, garantias e requisitos de segurança, e todos os custos relativos à falhas nos requisitos de produção e também, após o produto estar nas mãos do cliente. Todos estes custos são relacionados com a satisfação total do cliente.

Para Crosby, 1979 e Mason, 1987, o custo da qualidade está relacionado com o atendimento ou falta de atendimento aos requisitos da qualidade. Estes

Custos são catalisadores que proporcionam aos executivos e as equipes de melhorias da qualidade, uma plena percepção dos problemas e soluções existentes. Seguindo esta definição de custos da qualidade, entendia-se que, sendo a qualidade o atendimento aos requisitos, então os problemas de não atendimento terão um custo, bem como, as ações preventivas para atendimento. Portanto, custo da qualidade é a soma dos custos da conformidade com os custos da não-conformidade. Deste modo, a falta da qualidade gera custo, pois quando um produto apresenta defeitos, a empresa gera novos custos para corrigir os defeitos. Estes custos provenientes de falhas no processo farão parte dos custos da qualidade e servirão para medir o desempenho dos programas de melhoria nas organizações.

O autor James Harrington (1991) enfatizou a utilização de medidas de custos da qualidade em programas de melhoria e os definem como custos incorridos para ajudar o empregado a fazer bem seu trabalho, os custos para determinar se a produção é aceitável, bem como todo custo que incorre a empresa e o cliente porque a produção não cumpriu as especificações e/ou as expectativas do cliente. Os investimentos em qualidade devem trazer retorno para a organização, do contrário, não se justificam. Por isso, programas de qualidade devem ser guiados por medidas que forneçam suporte para transformar perdas em ganhos de produtividade e lucratividade.

Desta forma, concluímos que todo custo associado ao produto, possui em sua composição fragmentos dos dispêndios necessários por manter o produto especificado e para corrigir defeitos que surgirão. A primeira parte destes custos é repassada ao cliente, porém a falta de previsibilidade de quantidade e complexidade dos problemas que irão ocorrer, impede o repasse destes custos ao valor do produto, sendo então analisados como depreciador das margens de contribuição deste.

Para uma análise mais profunda dos custos relacionados ao defeito ocorrido, surgiu o conceito do “Custo da Não Qualidade”.

### **3.3 Custo da Não Qualidade**

Um dos mais importantes indicadores da qualidade é o de não qualidade de acordo com Phillip Crosby (Crosby, 1979), guru da Qualidade, que sempre defendeu a valorização dos indicadores de qualidade como uma forma mais coerente de apresentar os resultados obtidos com a qualidade ou com a ausência dela.

O custo da não qualidade é o valor gasto em ações corretivas, para mitigar os efeitos provocados por não alcançar os requisitos do produto. São abordados os seguintes aspectos:

Houve perda do produto?

Houve perda de material?

Houve não atendimento a requisitos legais?

Houve perda confiabilidade dos sistemas?

Houve danos a imagem da empresa?

Houve perda de mercado?

A cada resposta positiva, imprime-se uma avaliação quantitativa para os requisitos. O custo da não qualidade será a soma de todos os valores associados.

Uma maneira de gerenciarmos a não qualidade e seus custos é a utilização dos registros de não conformidade – RNC, que toda empresa certificada possui. Existem autores que propõe que todas as RNC's sejam valoradas monetariamente, permitindo a quantificação dos custos reais de cada não conformidade.

Os custos das falhas tendem a crescer com o tempo, enquanto não são identificados ou detectados. A figura 1 ilustra o custo da falha com o tempo, mostrando, que quanto mais cedo detectamos e definimos uma prevenção para os erros, menor será o seu custo com os mesmos.

As empresas, geralmente, seguem uma lógica inversa, gastando pouco com a prevenção da qualidade, o que eleva seus custos devido à falta de controle. Estima-se, que a distribuição do custo das empresas com o fator qualidade, seja de, 2% com prevenção, 33% com avaliação e 65% com custos das falhas, (Corradi, 1994).

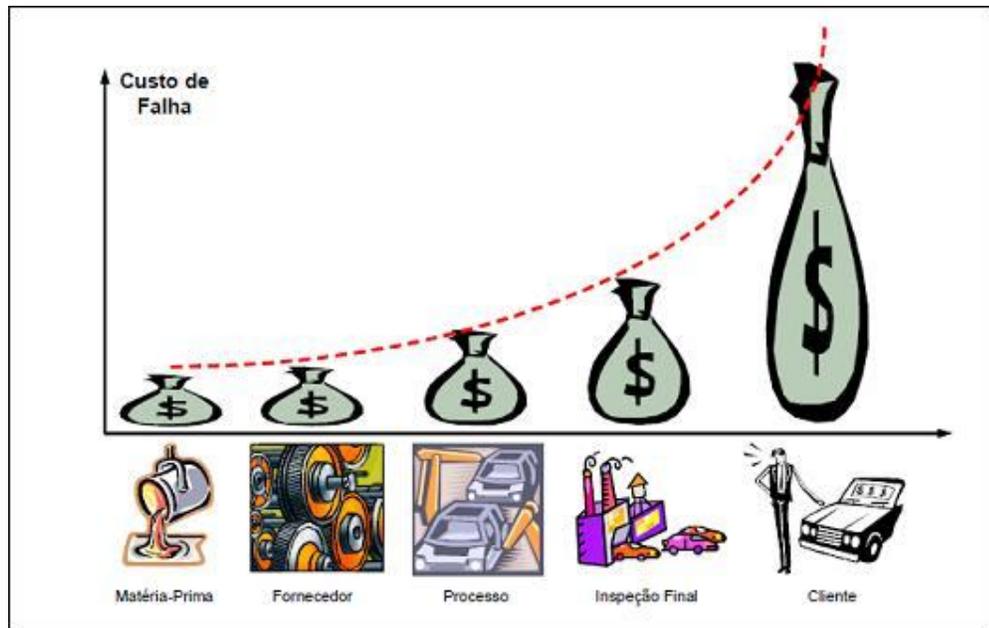


Figura 1 – Custo da Falha (PETROFLEX, 2006)

No próximo capítulo aborda-se a caso Petroflex uma das maiores fábricas de borracha sintética do mundo, apresentando um histórico desde de sua criação até os dias atuais.

## **4.0 A PETROFLEX**

A PETROFLEX é a maior produtora de borracha sintética da América Latina e a sexta maior do mundo, com capacidade de produção de 380 mil toneladas por ano, operando três plantas no Brasil, localizadas em Duque de Caxias (RJ), Cabo (PE) e Triunfo (RS). A primeira planta, a de Caxias, tem capacidade para produzir cerca de 180.000 toneladas por ano, o que representa 55 % da produção total da Petroflex. A planta do Cabo, que foi adquirida da Coperbo, é uma planta multipropósito que produz 28 tipos diferentes de produtos, com capacidade de produção de 90.000 toneladas por ano. Triunfo, é a planta mais nova, com os equipamentos mais modernos, produzindo 16 tipos diferentes de produtos tem capacidade de 72.000 toneladas por ano.

A fabricação de produtos dentro dos mais rígidos padrões estabelecidos pelo mercado mundial sempre foi a meta prioritária da Empresa, tendo obtido desde 1993 a certificação para as suas três fábricas pela norma ISO. Igualmente consciente de sua responsabilidade na preservação do meio ambiente, a PETROFLEX foi uma das empresas pioneiras na certificação pela ISO 14001 desde 1996. ([www.petroflex.com.br](http://www.petroflex.com.br)).

O aprimoramento constante de sua linha de produtos, com a inclusão de novos tipos de borrachas, foi sempre o objetivo de grandes investimentos da PETROFLEX e os significativos resultados obtidos permitiram concorrer, com grande sucesso, no fornecimento de elastômeros a empresas de diversas partes do mundo. Paralelamente, a manutenção de pessoal altamente qualificado, somados a excelentes instalações de laboratórios de controle de qualidade e testes, foi à garantia de bons produtos e serviços à disposição dos clientes.

### **4.1 Breve Histórico**

A Petroflex iniciou suas operações em março de 1962, entrando em funcionamento o Conjunto Petroquímicas Presidente Vargas - FABOR, como

unidade operacional da Petrobrás, com uma capacidade de produção de 40.000 t/a de borracha SBR em emulsão, inicialmente matérias-primas importadas.

Em 1967, foi iniciada a produção de butadieno, numa unidade da Fabor com capacidade para 33.000 t/a.

Em 1968, com a criação da PETROQUISA como subsidiária da Petrobrás, o Conjunto Petroquímico Presidente Vargas - FAVOR passou a ser uma unidade operacional da PETROQUISA.

Ainda em 1977, foi aprovada a criação da Petroflex Indústria e Comércio S.A., como subsidiária da Petroquisa, que teria como objetivos a produção e o comércio de elastômeros e de produtos químicos diversos, sua importação, bem como quaisquer outras atividades correlatas. As instalações da Fabor foram transferidas à Petroflex.

Em 1977, entrou em operação a unidade produtora de estireno, com capacidade de 60 mil t/a e tecnologia adquirida da Cdf Chimie (petroquímica francesa).

Com a implantação do Pólo Petroquímico de Triunfo (RS), a Petroflex instalou em 1984 uma unidade produtora de etilbenzeno naquele pólo, com capacidade para a produção de 140 mil t/a.

Em 1985, começou a operar ao lado da unidade de etilbenzeno, em Triunfo, uma fábrica de borracha SBR em emulsão, com capacidade para 40 mil t/a, posteriormente expandida para 60 mil t/a.

Na fábrica de Duque de Caxias, entrou em operação também em 1985 a unidade produtora de polibutadieno hidroxilado (PBLH), com capacidade de 1.000 t/a.

Em 1986, por razões econômicas, foi descontinuada a produção de butadieno.

Em 1992, a totalidade do capital da Petroflex, pertencente a Petroquisa, foi adquirida por um consórcio privado atuante no setor petroquímico (Suzano/Copene/Unipar), por investidores institucionais (especialmente fundos de pensão), pelos empregados e pelo público.

Em 1993, a Petroflex adquiriu o controle acionário da Coperbo, primeira etapa de um processo gradual de integração operacional e administrativa das duas empresas.

A integração ocorreu posteriormente, em 1996, quando deu origem a um produtor nacional de porte internacional, com 3 fábricas bem distribuídas geograficamente, em melhores condições de manter-se tecnologicamente atualizadas.

Em 1997 foi constituída a Aranos, atualmente denominada Petroflex Trading responsável pela operacionalização de grande parte das exportações da companhia.

Em 2001 foi adotada nova estratégia de atendimento aos clientes com segmentação de negócios e atuação conjunta das áreas comercial, pesquisa e desenvolvimento, logística e assistência técnica para identificação das necessidades dos clientes. No final de 2001 a Petroflex já produzia mais de 70 tipos de elastômeros.

Em 2003 foi aprovado o Planejamento Estratégico 2003-2007 e iniciado o processo de internacionalização da Companhia, com inauguração de um escritório comercial na Europa (Roterdã - Holanda).

Em 2004 ocorreu a abertura de escritórios comerciais em Hong Kong (China), para atendimento de clientes da Ásia, Oriente Médio e Oceania; e em São Paulo, dedicado a clientes do Cone Sul. Foram feitos também os preparativos finais para a unidade em Wilmington (Delaware – EUA) entrar em operação no início de 2005. Foi ampliada a capacidade da fábrica de Cabo de Santo Agostinho, de 90 mil toneladas para 125 mil toneladas.

Em 2005 - Início das operações da subsidiária em Delaware (Estados Unidos). Substituição do sistema integrado de gestão pela plataforma SAP.

Em 2006 - Conquista da ISO 22000, com a certificação dos sistemas de gestão de segurança de alimentos, o que representa um reconhecimento importante da qualidade dos processos. E Torna-se a primeira petroquímica da América Latina a ingressar na Chicago Climate Exchange (CCX) para comercializar créditos de carbono. A comercialização desses créditos demonstra o alinhamento com o desenvolvimento sustentável e o compromisso voluntário de reduzir em 6% as emissões de dióxido de carbono até 2010.

Em 2006 a empresa contava com 70 produtos em seu portfólio. Durante o ano, foram concluídos projetos de ampliação de capacidade de produtos de performance e especiais, de 110 mil para 140 mil toneladas/ano, elevando a capacidade total de 410 mil para 442 mil toneladas/ano.

Em 2007 - Em 13 de dezembro de 2007, foi celebrado contrato de intenção de compra e venda entre os controladores da Petroflex, Braskem e Unipar, com a LANXESS.

Em 2008 - Em 01 de abril de 2008, foi realizada a transferência de controle da Petroflex, de 17.102.002 ações ordinárias (72,38%) e 7.416.602 ações preferenciais classe A (64,16%), totalizando 24.518.604 ações (69,68%) do capital social, para Lanxess Participações Ltda.

Em 2009 – Com o fechamento do capital da empresa, a Petroflex passa a se chamar LANXESS Elastômeros do Brasil, tornando-se parte de um dos maiores grupos empresariais do mundo.

## 4.2 Principais Produtos

O portfólio de produtos da PETROFLEX compreende uma ampla linha de borrachas de alta qualidade que atendem a diversos setores industriais e se incorporam numa gama de produtos como, pneus, autopeças, calçados, televisores, geladeiras, mangueiras, buchas, carpetes e gomas de mascar. As principais “famílias” de produtos comercializados são os tipos ESBR, SSBR, polibutadieno (BR), borracha nitrílica (NBR), borracha termoplástica (TR), polibutadieno líquido (PBLH) e látex de SBR (Petrolátex), descritos a seguir. As matérias primas utilizadas são descritas no item 6.3.

### **SBR**

Esses elastômeros são copolímeros de butadieno e estireno, obtidos por polimerização a frio, (máximo 10 °C), em emulsão de sabões graxos e resinosos, coagulados em sistema sal ácido. Os tipos disponíveis podem ser estendidos ou não em óleo plastificante (aromático ou naftênico), de coloração clara ou escura. Suas principais aplicações são pneus, bandas de recapagem, calçados, mangueiras, correias, peças técnicas moldadas e artigos médico-hospitalares.

**SSBR**

Esses elastômeros são copolímeros de butadieno e estirenos, obtidos por polimerização em solução com iniciador estéreo específico do tipo alquil-lítio. A cadeia polimérica é linear, com microestrutura diênica constituída por 38% de unidades cis, 53% de unidades trans e 9% de unidades vinílicas. Os tipos disponíveis podem ser estendidos ou não em óleo altamente aromático. Suas principais aplicações são pneus, bandas, calçados, mangueiras, correias, peças técnicas moldadas e artigos médico-hospitalares.

**BR**

Esses elastômeros são polímeros de butadieno produzidos por polimerização em solução com iniciador esteroespecífico do tipo alqui-lítio. A cadeia polimérica é linear com microestrutura diênica constituída por 36% de unidades cis, 56% de unidades trans e 8% de unidades vinílicas. Todos os tipos são de cor clara. Suas principais aplicações são pneus, bandas de recapagem, calçados, modificação de plásticos, correias, peças técnicas moldadas e peças para a indústria automotiva.

**NBR**

Esses elastômeros são copolímeros de butadieno e acrilonitrila, obtidos por polimerização em emulsão a frio, com teores de acrilonitrila combinada na faixa de 28% a 45%. O monômero acrilonitrila é responsável pela resistência a óleos e solventes, devido ao fato da molécula ser altamente polar e, portanto, incompatível com líquidos não polares como gasolina, óleos e outros.

As borrachas NBR são obtidas em condições específicas de modo a assegurar a regularidade de distribuição de peso molecular e de composição monomérica, permitindo assim maior uniformidade nas condições de processamento. São estabilizadas com antioxidante não manchante e apresentam teores máximos de ácido orgânico e de sabão de 3,0% e 0,5%, respectivamente. Tem como principais características a resistência a óleos e solventes, à abrasão, ao calor e à água, baixa permeabilidade aos gases e características anti-estáticas. Suas principais aplicações são mangueiras para óleos e solventes, adesivos, calçados, anéis de vedação e revestimentos.

**PETROLÁTEX**

Petrolátex é um látex aniônico de copolímero de estireno e butadieno, obtido por polimerização em emulsão aquosa a frio. Está disponível em baixa ou alta concentração de sólidos, sendo oferecidos ao mercado os seguintes tipos:

- a) Petrolátex HS é um látex reforçado copolímero de estireno butadieno.
- b) Petrolátex SB é um látex catiônico de estireno e butadieno, com alto teor de sólidos. É uma emulsão mecanicamente estável e facilmente incorporada a emulsões asfálticas catiônicas.
- c) Petrolátex NX é um látex de copolímero carboxilado de butadieno e acrilonitrila, produzido por polimerização em emulsão. É modificado com grupos carboxílicos que promovem a auto-reticulação do polímero. O Petrolátex NX é livre de proteínas, reduzindo muito o risco de reações alérgicas comuns em luvas fabricadas com látex de borracha natural.

As principais aplicações, destes produtos, são na produção de espumas, base para goma de mascar e misturas com asfalto.

#### **PBLH**

Esses elastômeros são polímeros do tipo poliol, derivados do butadieno com hidroxilas terminais bastante reativas, possuindo peso molecular numérico médio de 2700. Possuem insaturações, possibilitando a formação de derivados e vulcanização. Os PBLH são caracterizados pelo seu baixo teor de umidade, não necessitando secagem prévia para sua utilização. Suas principais aplicações são adesivos, espumas, impermeabilizantes.

### **4.3 Principais Matérias Primas**

#### **BUTADIENO**

É um hidrocarboneto insaturado (alceno) de fórmula química  $C_4H_6$ , que se apresenta na forma de dois isômeros: 1,2-Butadieno e 1,3-Butadieno. Ele é um gás, obtido normalmente do craqueamento do petróleo, e tem várias aplicações na petroquímica.

#### **ESTIRENO OU MONÔMERO DE ESTIRENO**

É um hidrocarboneto aromático não saturado, que em condições ambientes é líquido, incolor, polimerizável com facilidade. Sua fórmula química é  $C_6H_5CHCH_2$ . Cada unidade de estireno é chamada de monômero e um conjunto de várias unidades, forma um polímero. Um conjunto de vários monômeros de estireno forma o poliestireno, que é um material plástico rígido e normalmente transparente (semelhante ao acrílico), muito utilizado comercialmente. A polimerização do estireno junto com umidade e agentes de expansão dá origem ao isoporBR ou "esferovite" PT.

O estireno e o butadieno são produtos de indústrias de segunda geração, ou seja, produtos obtidos a partir das moléculas geradas pela quebra da nafta obtida do petróleo.

#### **4.4. A Petroflex e a Questão Ambiental**

O setor petroquímico, do qual faz parte a Petroflex, ficou exposto na década de 1990 à questão ambiental. Problemas das mais diversas ordens impediam a transição necessária a um modelo competitivo após as privatizações. Os enormes passivos ambientais, destinados nos fundos das empresas, escondiam a verdadeira visão administrativa das empresas em geral. Montanhas de detritos similares ao lixo doméstico, misturado a milhares de toneladas de produtos perigosos, enterrados ou não, ficavam escondidos nos mais diversos espaços. Sem identificação ou mapeamento, contaminando o solo e aquíferos subterrâneos.

Diante do caótico quadro apresentado pelo setor industrial brasileiro, a Petroflex não era diferente das outras indústrias. Mas, após a sua privatização, em 1992, um novo conceito passou a prevalecer. Ela entrou na primeira fase do processo de conscientização ambiental, criando os primeiro mecanismo de atuação em impactos já existentes e agindo de forma reativa aos fatos. Essa fase, apesar da passividade, foi de enorme importância para a evolução. Nela a empresa migrou para um modelo que lhe serviu de base para vôos mais longos e promissores.

Buscando certificações e metodologias, a empresa caminhou para o que podemos chamar de introdução à cultura da qualidade total. Profissionais passaram a buscar apoio aos seus projetos e o impregnaram de ações "verdes". Os

procedimentos buscavam cada vez mais a segurança e o meio ambiente. Operadores, convencidos por grupos de 5S, carregavam baldes e lavavam o chão, no qual amostras eram derramadas.

Numa escalada lenta, mas promissora, a Petroflex buscou soluções para seus problemas. Milhões de reais foram gastos na destinação de resíduos e na recuperação do solo. Na fábrica de Duque de Caxias a vida retornou ao manguezal destruído e a auto-estima de seus funcionários subiu junto com a sua produtividade.

A Petroflex tornou-se fornecedora de serviços, tratando os efluentes ou fornecendo água e energia a diversas empresas do pólo de Campos Elíseos - Duque de Caxias / RJ.

#### 4.4.1 TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA PETROFLEX

O efluente industrial da Petroflex possui alta concentração de óleo, alta concentração de látex, alta concentração de carga orgânica e alta concentração de estireno. De uma forma geral, a Petroflex trata seus efluentes nas seguintes etapas: primeiro - realiza um pré-tratamento. Depois, floclula os resíduos sólidos de forma que eles sejam separados do efluente, gerando assim um lodo primário. Depois, o efluente segue para um tratamento em lodo ativado, onde é gerado o lodo secundário (microrganismos em excesso). Tanto o lodo primário quanto o secundário são prensados, para eliminar a água e, assim, reduzir seu volume. O efluente do lodo ativado segue então para o tratamento terciário, em lagoas de aeração, onde a DQO remanescente é eliminada, gerando então o efluente final. A Petroflex tem uma capacidade de tratar 364 m<sup>3</sup> de efluente por hora.

Além da Estação de Tratamento de Resíduos Industriais, a Petroflex também possui uma Estação de Tratamento de Águas, que realiza o tratamento da água bruta dos rios Guandu e Saracuruna, produzindo água potável, água industrial (clarificada) e água desmineralizada. São captados cerca de 200 m<sup>3</sup>/h de cada um dos dois rios para a produção destas águas.

A água potável, a água industrial e água desmineralizada, além de serem utilizadas no próprio processo da Petroflex, são também vendidas para a Texaco, a Suzano Petroquímica e a Nitriflex.

#### 4.4.2 REJEITOS PRODUZIDOS PELA PETROFLEX

Este item apresenta todos os rejeitos gerados na Petroflex, suas principais características e suas usuais disposições.

##### 4.4.2.1 Emissões gasosas

Os vapores produzidos para os processos, provenientes da queima de combustíveis nas caldeiras, constituem grande parte dos efluentes gasosos produzidos. São emitidos na atmosfera vários constituintes poluentes que causam diversos efeitos à saúde humana e ao meio ambiente. O monóxido de carbono ataca as vias respiratórias, os óxidos de enxofre e nitrogênio provocam a ocorrência da chuva ácida, os compostos orgânicos voláteis, na exposição à luz do sol com a presença de óxidos de nitrogênio, causam o efeito na atmosfera chamado de smog e o dióxido de carbono provoca um aumento no efeito estufa.

No Brasil, o controle da poluição atmosférica é regulamentado pelos padrões de qualidade do ar (Tabela 1) e de emissão de poluentes. São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população podendo ser entendido como níveis máximos toleráveis. São padrões secundários as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora e aos materiais e meio ambiente em geral.

Tabela 1: Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA N°3 de 28/06/1990)

<b>Poluentes</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Padrão Primário (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Padrão Secundário (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Partículas totais em	24 horas*	240	150

suspensão	MGA**	80	60
Dióxido de enxofre	24 horas*	365	100
	MAA***	80	40
Monóxido de Carbono	1 hora*	40.000	40.000
	8 horas*	10.000	10.000
Ozônio	1 hora*	160	160
Fumaça	24 horas*	150	100
	MAA***	60	40
Partículas inaláveis	24 horas*	150	150
	MAA***	50	50
Dióxido de nitrogênio	1 hora*	320	190
	MAA***	100	100

\* Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; \*\* Média geométrica anual; \*\*\* Média aritmética anual

Com a substituição da matriz energética de óleo combustível para gás natural, a Petroflex reduziu em 160.000 kg/mês a emissão de gases poluentes e 10.000 kg/mês a emissão de material particulado. Com isso, a Petroflex foi a primeira petroquímica latino-americana a entrar no mercado de créditos de carbono.

#### 4.4.2.2 Resíduos sólidos

Os rejeitos sólidos produzidos são principalmente estireno polimerizado, lodo da ETRI (Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos), borracha remanescente de separadores e filtros, lixo industrial comum e óleo lubrificante usado, etc. Outros resíduos também são gerados pela fábrica, como papel e papelão, plástico, madeira, sucata metálica, entulho, lâmpadas fluorescentes, lixo hospitalar, e terra contaminada.

Este lixo todo era depositado nos fundos da indústria, constituindo um passivo ambiental que fazia com que a Petroflex tivesse um valor de mercado pífio. Graças ao programa de beneficiamento de resíduos sólidos implementado em 1997, a Petroflex eliminou em 2002 todo o passivo ambiental resultante de 40 anos de operação. A fábrica também possui um sistema de coleta seletiva do lixo da área administrativa, destinando cada tipo ao tratamento ideal, seja reciclagem (papel, plástico, metal), seja o aterro sanitário (resíduo geral).

Os principais tratamentos existentes são o aterro sanitário, por meio de confinamento em camadas cobertas com material inerte (terra); co-processamento, em fornos industriais que utilizam resíduos industriais em substituição a combustíveis fósseis; reciclagem, processo de transformação de materiais descartados que envolvem alteração das propriedades físicas e físico-químicas tornando-os insumos destinados a processos produtivos; compostagem, degradação biológica da fração orgânica biodegradável efetuada por uma população diversificada de organismos em condições controladas; e incineração, que emprega decomposição térmica via oxidação a alta temperatura para destruir a fração orgânica e reduzir o volume do resíduo.

Na Petroflex, os principais resíduos do processo de produção da borracha são reaproveitados em outros locais: O lodo gerado na ETRI é secado e misturado à parte da borracha residual e ao estireno polimerizado, sendo co-processado em cimenteiras e na compostagem. São geradas cerca de 250 toneladas de lodo por mês na estação de tratamento da Petroflex. Desta massa, 190 toneladas por mês vão para os incineradores da empresa Tribel em Belford Roxo-RJ e para a empresa Plastimassa em Magé-RJ, onde seu poder calorífico é aproveitado em fornos de produção de cimento. As 60 toneladas/mês restantes vão para a UFRRJ (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), onde são usadas em testes de compostagem.

A borracha coletada é reciclada em empresas de artefatos de borracha. São geradas 100 toneladas por mês de pedaços e resíduos de borracha que são capturadas nos separadores e nos filtros. Cerca de 65% desta massa é reciclada e vendida para indústrias de artefatos de borracha. Os outros 35% são também enviados para a Plastimassa, junto com o lodo, para o co-processamento.

O estireno polimerizado também é totalmente enviado para a Tribel e para a Plastimassa, enquanto os óleos usados na manutenção são recolhidos pela Lwart, que re-refina este óleo e o comercializa como lubrificante. São gerados 4000 litros de resíduo oleoso por trimestre na Petroflex.

#### 4.4.2.3 Efluentes Líquidos

De maneira geral, pode-se afirmar que o efluente líquido do processo constitui-se principalmente de resíduos de látex, coágulos de SBR, estireno, hexano, óleos aromáticos, fenóis, ácidos graxos e resinosos e sulfatos. O tratamento desses efluentes se dá na Estação de Tratamento de Resíduos Industriais (ETRI). A Tabela 02 apresenta Características dos efluentes das diversas áreas da fábrica de Duque de Caxias-RJ

Tabela 2: Características dos efluentes das diversas áreas da Petroflex (fábrica de Duque de Caxias)

Área: N° de identificação / Nome	Características
16 Estação de Tratamento de Água	Alta concentração alcalina Alta concentração ácida
21 SBR	Alta concentração de carga orgânica Alta concentração alcalina
25 Acabamento	Alta vazão
22 Preparo de soluções	Alta concentração de sabão Alta concentração oleosa
23/24 Recuperação de Monômeros	Alta concentração alcalina Alta concentração de látex Alta concentração de carga orgânica Alta concentração de estireno
29 Petrolátex	Alta concentração de látex Concentração alcalina Concentração orgânica
110 PBLH*	Alto teor alcoólico Participação do peróxido de hidrogênio

\*Poli Butadieno Líquido Hidroxilado.

#### 4.4.4 Estação de Tratamento de Resíduos Industriais

Na Estação de Tratamento de Resíduos Industriais da Petroflex são tratadas as correntes geradas nas áreas produtoras da empresa e também são tratadas, efluentes oriundos de dois clientes externos: a Nitriflex e a Suzano Petroquímica. A Estação de Tratamento de Resíduos Industriais da Petroflex é uma das maiores unidades do Estado do Rio de Janeiro, que foi licenciada pela Feema para tratar efluentes externos.

Nessa estação, a capacidade de tratamento é de 364 m<sup>3</sup>/h, mas usualmente, são tratados apenas 310 m<sup>3</sup>/h, sendo que a Petroflex é responsável por cerca de 80% desta vazão, enquanto os clientes externos são responsáveis pelos 20% remanescentes.

O efluente final do processo é parte reusada na produção de água desmineralizada (que, assim como os diversos tipos de água produzidos na Estação de Tratamento de Água, são também vendidos para os clientes externos) e parte despejada no Rio Estrela.

Esta estação está subdividida em cinco setores principais: pré-tratamento, tratamento primário (químico), tratamento secundário (biológico), tratamento terciário e tratamento do lodo.

#### **4.4.5 Controle do Tratamento de Resíduos**

O controle do tratamento de resíduos da Petroflex é realizado num laboratório de análises, onde são realizados ensaios para caracterizar os efluentes quanto às suas características físico-químicas e tóxicas.

O próximo capítulo tratará da Metodologia Seis Sigma, suas definições e desenvolvimento teórico e vantagens da implementação para as empresas.

## 5.0 A METODOLOGIA SEIS SIGMA

No contexto atual, de rápidas e profundas mudanças tecnológicas, econômicas e sociais, apenas a empresa que saiba utilizar-se de forma eficiente da informação no gerenciamento, encontra-se em posição de competir em um mercado cada vez mais globalizado. O gerenciamento consiste em obter condições para atingir metas cada vez mais ousadas e prever com o máximo possível de certeza o amanhã do mercado. Quanto maior a quantidade de informações agregadas à modelagem, maior será a chance de se alcançar essas metas.

Consubstanciadas em seus princípios, as empresas utilizam-se da informação e seus reflexos, sem fazer a análise adequada das causas reais dos problemas.

Sem a utilização de um tratamento estatístico, os problemas que surgem no cotidiano das empresas tendem a ser tratados de forma simplista, podendo gerar grande deficiência na análise dos problemas encontrados e de suas verdadeiras causas.

Por décadas as organizações têm utilizado uma infinidade de ferramentas e metodologias diferentes para o tratamento dos problemas, todas elas com diferentes graus de eficácia, ocorrendo uma falta de disciplina, de coerência e de uma metodologia uniforme para o tratamento dos problemas. Devido a este fato tornou-se necessária uma metodologia que agrupasse as principais ferramentas da qualidade, ao mesmo tempo em que criasse uma rotina padronizada na solução de problemas. A esse método deu-se o nome de Seis Sigma.

O Seis Sigma é uma abordagem quantitativa que injeta uma eficácia maior na empresa. Este método foi criado em 1980 pela Motorola, como tentativa, na guerra deflagrada à ineficiência produtiva no século XX. Mas, mais do que enaltecer a importância deste método, este trabalho busca mostrar como implementar e manter uma iniciativa Seis Sigma nas empresas. Em como utilizar toda a estrutura, formal e cara, do Seis Sigma, na consolidação da cultura de melhoria e integração das ferramentas de gestão nas empresas.

*“As empresas estão constantemente em alerta para ganhar competitividade, utilizando ferramentas já consagradas como armas para vencer a concorrência”.* (ECKES, 2001).

Portanto, busca-se a otimização dos recursos existentes em apoio à estratégia que verte para a consolidação da cultura de melhoria em sustentação a geração de valor e saltos tecnológicos, ou seja, toda empresa deveria ter uma ação de geração de valores e de inovação tecnológica, sendo tudo apoiado por uma base de sustentação muito bem organizada, que iria sustentar os resultados alcançados no longo prazo.

Porém, não devemos esquecer-nos do que nos ensina Ekes (2001) em contraponto a Ramos (2002), no primeiro conflito clássico da metodologia, complexidade contra simplicidade:

A metodologia Seis Sigma é baseada no rigor estrutural e na disciplina, usada para definir os problemas e situações a melhorar, medir para obter os dados e a informação, analisar a informação coletada, incorporar e empreender melhorias nos processos e, finalmente controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de alcançar etapas ótimas, o que gerará um ciclo de melhoria contínua. Ramos et al. (2002).

Essa visão clássica da metodologia concentra seus esforços no uso dogmático da estatística na solução de problemas, que bem utilizada trás resultados fantásticos às corporações, porém é certo afirmar que não se pode tratar todos os problemas como complexos. (EKES, 2001).

## **5.1 A História do Seis Sigma no Brasil e no Mundo**

Seis Sigma é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio a compreensão das necessidades do cliente (internas e externas). É um conceito que se concentra no cliente e no produto.

Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio de melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, levando em conta todos os aspectos importantes de um negócio. O objetivo do Seis Sigma é conseguir a excelência na competitividade pela melhoria contínua dos processos.

Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços. O termo sigma mede a

capacidade do processo em trabalhar livre de falhas. Quando falamos de Seis Sigma, significa redução da variação no resultado entregue aos clientes numa taxa de 3,4 falhas por milhão de oportunidades ou 99,99966% de perfeição.

Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros, através da redução da variação do processo.

Seis Sigma é uma metodologia rigorosa que utiliza ferramentas e métodos estatísticos para **definir** os problemas e situações a melhorar, **medir** para obter a informação e os dados, **analisar** a informação coletada, incorporar e empreender **melhorias** dos processos e, finalmente, **controlar** os processos ou produtos existente, com a finalidade de alcançar etapas ótimas, o que por sua vez gerará um ciclo de melhoria contínua.

Seis Sigma é a maior mudança cultural ocorrida desde a concepção da qualidade contemporânea iniciada por Deming e Juran nos anos 50. O uso da metodologia e seu sucesso espalham-se pelo mundo, da América à Ásia, consultorias especializadas, publicações e páginas na Internet, são criadas pela força da demanda ao conhecimento do Seis Sigma, que definitivamente não é um modismo e sim uma realidade que já dura 30 anos

### 5.1.2 O SEIS SIGMA NO MUNDO

A década de 1980 foi marcada por rápidas tentativas de mudança no conceito de qualidade nos Estados Unidos, indo desde idéias bem intencionadas, mas não sustentáveis, até estilos tecnicamente corretos, mas limitados, como o esforço inicial das indústrias automobilísticas com o controle estatístico do processo.

As empresas Americanas lançaram-se na busca desesperada pela qualidade japonesa. Ao controle estatístico do processo segue-se a Gestão da Qualidade Total - GQT, que foi seguida pelo Just in Time Manufacturing (JIT), depois pelo Kaizen ou Hoisin Planning. Cada uma delas era um método sério e fundamentado para o aprimoramento da qualidade, porém, nenhuma era capaz de mobilizar todos os esforços da empresa por um resultado comum.

Durante o governo de Ronald Reagan foi concebido e implementado, nos Estados Unidos, no final da década de 1980 o critério Malcolm Baldrige (nome do seu ministro do Comércio), que se baseava na entrega de um prêmio à organização que implementasse uma proposta formal, detalhada e fartamente documentada. A organização seria visitada por auditores que comprovariam a veracidade dos fatos alegados. A primeira organização agraciada foi a Xerox. Embora, a Xerox fosse um caso de grande sucesso, a fama do prêmio Baldrige foi se desfazendo rapidamente. O processo para a obtenção do prêmio criava verdadeiros departamentos de documentação e mesmo estando alinhada à cultura americana de premiar os vencedores, o prêmio terminava por ser um esforço pontual, “depois de alcançado poderíamos voltar a fazer nossos processos da forma anterior”, (ECKES, 2001).

Finalmente, depois dos primeiros anos de sucesso, vários vencedores tiveram suas vitórias questionadas, incluindo uma empresa (Wallace Company, Inc), que entrou em concordata depois de um ano de recebimento do prêmio, ganho pelo reconhecimento da sua alta qualidade.

Neste mesmo período, um engenheiro e estatístico da Motorola, Mikel Harry, estudioso dos conceitos de Deming sobre variação do processo, influenciou sua empresa a estudar a variação como uma forma de melhorar o seu desempenho. Essas variações, quando tratadas estatisticamente, são quantificadas pelo desvio padrão da média, e são representadas pela letra grega sigma ( $\sigma$ ). A abordagem sigma tornou-se referência de qualidade da Motorola, sobretudo depois que o presidente da empresa, Bob Galvin, resolveu apoiar e torná-la a maneira de se fazer negócios da Motorola.

Estes processos, citados acima, também podem ser divisíveis em outros processos menores, comumente chamados de sub-processos, pois, conforme a definição acima, enquanto houver causas e efeitos, haverá sempre processos, não importando a escala. Desta forma, é possível imaginar que cada pessoa dentro de uma organização, que produza alguma coisa, opera causas que resultam em um efeito. A pessoa estará operando um processo.

“Há pouca divergência entre os principais autores que abordam o assunto, sobre o conceito de processo. Segundo apud (Drumond, 1994). processo é: “[...] conjunto de causas tendo um objetivo: produzir um efeito específico que será denominado produto do processo”.

Para (WERKEMA, 1995):

*Divisibilidade de um processo é importante por permitir que cada processo menor seja controlado separadamente, facilitando a localização de possíveis problemas e a atuação nas causas destes problemas, o que resulta na condução de um controle mais eficiente de todo o processo.*

Ou Um processo pode ser também definido como

*Uma combinação dos elementos: equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço.*

Entusiasmado pelo sucesso da melhoria contínua da Motorola, Lawrence Bossidy, presidente da AlliedSignal, empresa de engenharia automotiva e aeroespacial, um conglomerado problemático que em 1991, decidiu adotar o Seis Sigma em sua empresa, as vendas dobraram, enquanto a produtividade e os ganhos cresceram enormemente, ou seja, sua forma de fazer negócio modificou radicalmente. Mas, foi no verão de 1995 quando Jack Welch, presidente da General Electric, adotou o Seis Sigma, que passaria ao status de ferramenta de qualidade a método gerencial estruturado formalmente. Welch criou as funções Seis Sigma, para diferenciar os seus colaboradores envolvidos com o uso da metodologia, surgiu o Black Belt, Green Belt e o Master Black Belt, todos influenciados pela disciplina e funções das artes marciais, Peter S. Pande et. al. (2001).

A GE Medical Systems, desenvolveu um scanner de diagnóstico, no valor de 1,25 milhões de dólares, um produto elaborado de início ao fim, de acordo com os princípios Seis Sigma. Dentre suas melhorias, está o fato de um exame de tórax durar agora apenas 17 segundos, em comparação aos três minutos do aparelho antigo. Peter S. Pande et. al. (2001)

A Figura 2 traz um resumo histórico da entrada de diversas empresas no Seis Sigma em todo o mundo.



Figura 2 – Ganhos com Seis Sigma (PETROFLEX, 2006)

### 5.1.3 O SEIS SIGMA NO BRASIL

Pressionados pela abertura do mercado brasileiro aos produtos importados, e pelo fim do monopólio em diversas áreas produtivas do país as empresas brasileiras foram obrigadas, pelos mesmos motivos que as americanas, a procurarem a competitividade de seus negócios através da melhoria da qualidade de produtos e serviços. O Brasil cometeu os mesmos erros que os Estados Unidos ao adotar padrões de qualidade e processos de gestão ao modelo japonês.

O modelo japonês de qualidade, Gestão da Qualidade Total (GQT) foi o escolhido pelo governo brasileiro, em 1989 e aplicado em 1992 já no final do Governo Fernando Collor de Melo, por acreditar que o trabalhador brasileiro se adaptaria melhor a um sistema em que as pessoas eram o centro da valorização produtiva e não os resultados frios dos negócios, fruto do modelo americano. Este modelo não funcionou e, entre os dois principais motivos estavam a total falta de adaptação ao pragmatismo oriental pelos trabalhadores brasileiros, principalmente os das empresas estatais privatizadas, e por falta de coerência da alta direção das

empresas que, na busca de redução de custo imediato, demitiam seus colaboradores durante o processo de implementação do modelo de gestão.

O Seis Sigma teve início no Brasil em 1997, com a introdução da metodologia do Seis Sigma pelo grupo Brasmotor, motivado pelo sucesso da metodologia implantada por empresas americanas. A iniciativa da Brasmotor logo foi seguida por diversas empresas, entre elas a White Martins, Ford, Coca Cola, Telefônica, Caterpillar, Votorantin, Petroflex e 3M, entre outras. Esta lista, apresentada na Figura 3 cresce a cada ano, bem como os ganhos e qualidade dos produtos das empresas que o adotam.

Acredita-se que a maioria das empresas brasileiras opera num nível de qualidade próximo a três sigma. Isso representa um enorme custo, de 25 a 40 por cento de seu faturamento bruto! Só para fazer uma rápida comparação: no nível Seis Sigma, o custo da qualidade não chega a 1% das vendas. Quando a General Electric reduziu seu custo de 20% para menos de 10% - e aumentou seu nível total de qualidade de quatro para cinco sigma, sua receita líquida cresceu US\$ 1 bilhão em apenas 24 meses. Empresas que operam abaixo de três sigma não sobrevivem!", (QSP – Consultoria brasileira, 2006).

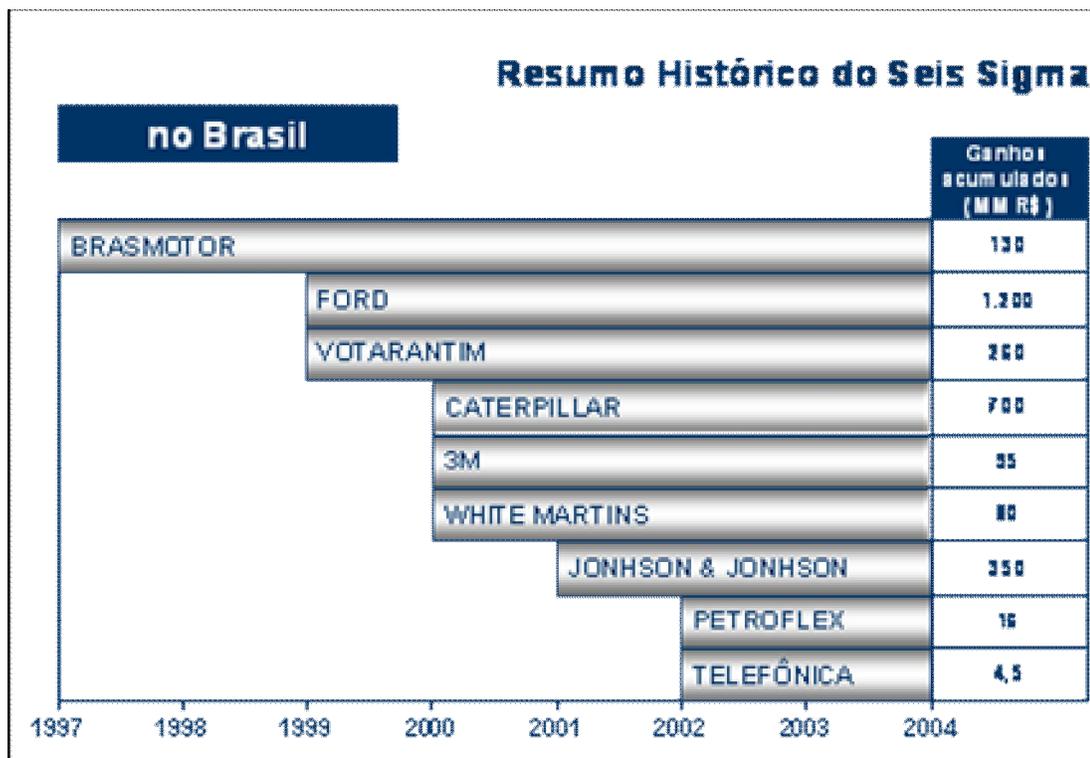


Figura 3 – Ganhos com o Seis Sigma no Brasil (PETROFLEX, 2006)

## 5.2 Noções de Estatística

O que modernamente se conhece como Ciência Estatística, ou simplesmente Estatística, é um conjunto de técnicas e métodos de pesquisa que entre outros tópicos envolve o planejamento do experimento a ser realizados, a coleta qualificada dos dados, a inferência, o processamento, a análise e a disseminação das informações. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas estatísticas de obtenção e análise de informações permitem o controle e o estudo adequado de fenômenos, fatos, eventos e ocorrências em diversas áreas do conhecimento. A Estatística tem por objetivo fornecer métodos e técnicas para lidarmos, racionalmente, com situações sujeitas a incertezas.

Apesar de a Estatística ser uma ciência relativamente recente na área da pesquisa, ela remonta à antiguidade, onde operações de contagem populacional já eram utilizadas para obtenção de informações sobre os habitantes, riquezas e poderio militar dos povos. Após a idade média, os governantes na Europa Ocidental, preocupados com a difusão de doenças endêmicas, que poderiam devastar populações e, também, acreditando que o tamanho da população poderia afetar o poderio militar e político de uma nação, começaram a obter e armazenar informações sobre batizados, casamentos e funerais. Entre os séculos XVI e XVIII as nações, com aspirações mercantilistas, começaram a buscar o poder econômico como forma de poder político. Os governantes, por sua vez, viram a necessidade de coletar informações estatísticas referentes a variáveis econômicas tais como: comércio exterior, produção de bens e de alimentos.

Atualmente os dados estatísticos são obtidos, classificados e armazenados em meio magnético e disponibilizados em diversos sistemas de informação acessíveis a pesquisadores, cidadãos e organizações da sociedade que, por sua vez, podem utilizá-los para o desenvolvimento de suas atividades. A expansão no processo de obtenção, armazenamento e disseminação de informações estatísticas tem sido acompanhada pelo rápido desenvolvimento de novas técnicas e metodologias de análise de dados estatísticos

### 5.2.1 CONCEITOS BÁSICOS

**A. População** - é o conjunto de elementos (pessoas, coisas, objetos) que têm em comum uma característica em estudo. A população pode ser:

- i. **Finita**: quando apresenta um número limitado de indivíduos.
- ii. **Infinita**: quando o número de observações for infinito.

**B. Amostra** - é o conjunto de elementos retirados da população, suficientemente representativos dessa população. Através da análise dessa amostra estaremos aptos para analisar os resultados da mesma forma que se estudássemos toda a população. A amostra é sempre finita. Quanto maior for a amostra mais significativa é o estudo.

**C. Parâmetro** - é uma característica numérica estabelecida para toda uma população.

**D. Estimador** - é uma característica numérica estabelecida para uma amostra.

**E. Dado Estatístico** - é sempre um número real.

- iii. **Primitivo ou Bruto**: é aquele que não sofreu nenhuma transformação matemática. Número direto.
- iv. **Elaborado ou secundário**: é aquele que sofreu transformação matemática. Ex. porcentagem, média, etc.

**F. Estatística Descritiva** – é à parte da Estatística que tem por objetivo descrever os dados observados e na sua função dos dados, tem as seguintes atribuições.

- v. **A obtenção ou coleta de dados**: é normalmente feita através de um questionário ou de observação direta de uma população ou amostra.
- vi. **A organização dos dados**: consiste na ordenação e crítica quanto à correção dos valores observados, falhas humanas, omissões, abandono de dados duvidosos.

- vii. **A representação dos dados:** os dados estatísticos podem ser mais facilmente compreendidos quando apresentados através de tabelas e gráficos, que permite uma visualização instantânea de todos os dados.

**G. Estatística Indutiva** – é à parte da Estatística que tem por objetivo obter e generalizar conclusões para a população a partir de uma amostra, através do cálculo de probabilidade. A tais conclusões estão sempre associados a um grau de incerteza e conseqüentemente, a uma probabilidade de erro.

**H. Variável** – é qualquer característica de um elemento observado (pessoa, objeto ou animal). Algumas variáveis, como sexo e designação de emprego, simplesmente enquadram os indivíduos em categorias. Outras, como altura e renda anual, tomam valores numéricos com os quais podemos fazer cálculos. Os exemplos citados nos dizem que uma variável pode ser:

- viii. **Qualitativa:** quando seus valores são expressos por atributos: sexo (masculino – feminino), cor da pele (branca, preta, amarela, vermelha);
- ix. **Quantitativa:** quando seus valores são expressos em números (salários dos operários, idade dos alunos de uma escola, número de filhos, etc.). Uma variável quantitativa que pode assumir, teoricamente, qualquer valor entre dois limites recebe o nome de variável contínua (altura, peso, etc.); uma variável que só pode assumir valores pertencentes a um conjunto enumerável recebe o nome de variável discreta (número de filhos, número de vitórias).

**I. Medidas de posição (tendência central)** – são medidas que visam localizar o centro de um conjunto de dados, isto é, identificar um valor em torno do qual os dados tendem a se agrupar. As medidas de posição ou de tendência central mais utilizadas são:

- x. **Média Aritmética:** é a soma de todas as observações dividida pelo número de observações.
- xi. **Mediana:** valor que ocupa a posição central dos dados ordenados; é o valor que deixa metade dos dados abaixo e metade acima dele. Se o número de observações for par, a mediana será a média aritmética dos dois valores centrais.

xii. **Moda:** é o valor mais freqüente no conjunto de dados.

**J. Medidas de dispersão** – As medidas de tendência central fornecem informações valiosas mas, em geral, não são suficientes para descrever e discriminar diferentes conjuntos de dados. As medidas de dispersão ou variabilidade permitem visualizar a maneira como os dados espalham-se (ou concentram-se) em torno do valor central. Para mensurarmos esta variabilidade podemos utilizar as seguintes estatísticas: amplitude total; distância interquartílica; desvio médio; variância; desvio padrão e coeficiente de variação.

xiii. **Amplitude total:** é a diferença entre o maior e o menor valor do conjunto de dados.

xiv. **Desvio médio:** é a diferença entre o valor observado e a medida de tendência central do conjunto de dados.

xv. **Variância:** é uma medida que expressa um desvio quadrático médio do conjunto de dados, e sua unidade é o quadrado da unidade dos dados.

xvi. **Coeficiente de variação:** é uma medida de variabilidade relativa, definida como a razão percentual entre o desvio padrão e a média, e assim sendo uma medida adimensional expressa em percentual.

xvii. **Boxplot:** Tanto a média como o desvio padrão podem não ser medidas adequadas para representar um conjunto de valores, uma vez que são afetados, de forma exagerada, por valores extremos. Além disso, apenas com estas duas medidas não temos idéia da assimetria da distribuição dos valores. Para solucionar esses problemas, podemos utilizar o Boxplot. Para construí-lo, desenhamos uma "caixa" com o nível superior dado pelo terceiro quartil (Q3) e o nível inferior pelo primeiro quartil (Q1). A mediana (Q2) é representada por um traço no interior da caixa e segmentos de reta são colocados da caixa até os valores máximo e mínimo, que não sejam observações discrepantes. O critério para decidir se uma observação é discrepante pode variar; por ora, chamaremos de discrepante os valores maiores do que  $Q3 + 1.5 * (Q3 - Q1)$  ou menores do que  $Q1 - 1.5 * (Q3 - Q1)$ .

xviii. **Distância interquartílica:** é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil de um conjunto de dados. O primeiro quartil é o valor que deixa um quarto dos valores abaixo e três quartos acima dele. O terceiro

quartil é o valor que deixa três quartos dos dados abaixo e um quarto acima dele. O segundo quartil é a mediana. (O primeiro e o terceiro quartis fazem o mesmo que a mediana para as duas metades demarcadas pela mediana.).

**K. Distribuição Normal** – Para entender o que é distribuição normal, é necessário, primeiramente, definir evento aleatório. Trata-se de evento cuja ocorrência individual não obedece a regras ou padrões que permitam fazer previsões acertadas, como, por exemplo, qual face de um dado lançado cairá para cima.

A estatística mostra que, apesar de a ocorrência individual destes eventos aleatórios ser imprevisível objetivamente, é possível tirar algumas conclusões a partir de um conjunto suficientemente grande deles.

Muitos dos conjuntos de eventos aleatórios apresentam padrões que não são identificáveis em cada evento isoladamente, como a tendência de os eventos se concentrarem próximos a uma posição que representa uma média matemática deles. Assim, a quantidade de eventos diminui constante e gradativamente à medida que nos afastamos da média.

Um levantamento das estaturas de homens adultos, em uma amostragem significativa, tende a posicionar a maioria das medidas na chamada estatura mediana, entre 1,70 e 1,80m. Já as estaturas entre 1,40 e 1,50m e entre 2,00 e 2,10m tendem a apresentar poucas ocorrências.

Eventos aleatórios que seguem este padrão enquadram-se na chamada "distribuição normal", representada pela curva também conhecida como Curva de Gauss ou Curva do Sino (Bell Curve) como apresentado na Figura 06.

Um exemplo bastante próximo de todos sobre como a curva de distribuição normal ajuda a definir padrões esperados é a pressão arterial. Quando o médico lê o manômetro e nos informa que o resultado é 12 por 8, nos sentimos aliviados, por que 12/8 e não qualquer outro resultado é considerado padrão de normalidade deste parâmetro médico? A resposta é simples: as curvas de distribuição normal para a pressão arterial sistólica e diastólica tendem a concentrar seus resultados em torno de 120 e 80 mmHg, respectivamente

uma característica importante da **distribuição normal** é que, quanto maior a amostragem, mais uniformemente as ocorrências se distribuem à medida que se afastam da média central. A medida desta uniformidade é o "desvio padrão",

- xix. Desvio Padrão:** um valor que quantifica a dispersão dos eventos sob distribuição normal, ou seja, a média das diferenças entre o valor de cada evento e a média central, conforme a definição: é raiz quadrada da variância e sua unidade de medida é a mesma que a do conjunto de dados. Em uma distribuição normal perfeita, 68,26% das ocorrências se concentrarão na área do gráfico demarcada por um desvio padrão à direita e um desvio padrão à esquerda da linha média, conforme a Figura 4

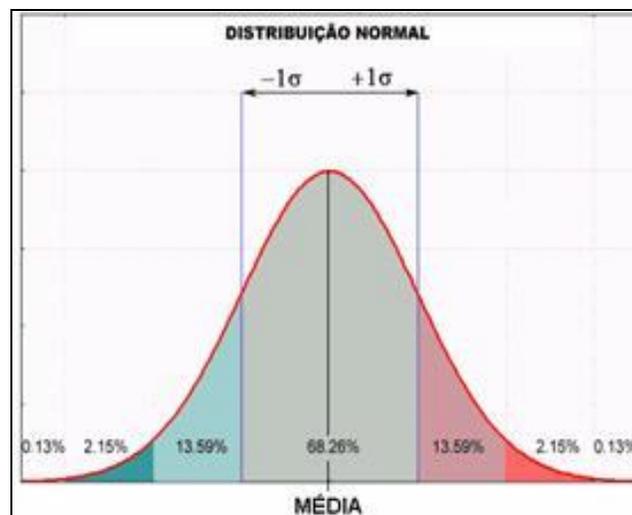


Figura 04 - Distribuição normal perfeita (QSP 2004)

Quando demarcamos dois desvios padrão, para a direita e a esquerda da média, abrangemos 95,44% das ocorrências e 99,72% quando demarcamos três. Esta particularidade torna as distribuições normais previsíveis, ou seja, se pudermos levantar seu desvio padrão poderemos fazer previsões sobre os eventos representados dentro das probabilidades definidas. Quanto maior o desvio padrão, maior a dispersão e mais afastados da média estarão os eventos extremos.

### 5.3 Apresentação da Metodologia Seis Sigma

É a filosofia de trabalho que busca alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente, interno ou externo. É um conceito concentrado no cliente e no produto.

Seis Sigma: Um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é singularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística e a atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios”. (Pande et. al. 2001)

Ser Seis Sigma significa ter 3,4 defeitos por milhão de produtos produzidos, significa ser competitivo a custo ótimo e ter domínio sobre seu negócio. Existem vários usos para a letra grega sigma ( $\sigma$ ). A Matemática e a Estatística utilizam essa letra para definir diversos parâmetros.

A meta do Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Quanto maior o "nível sigma", menor será a possibilidade de defeitos em um processo, produto ou serviço. Os aviões têm um nível de qualidade superior a Seis Sigma, com menos de 1,5 falha por milhão de oportunidades. Entretanto, operações com bagagens de passageiros têm um nível entre 6.000 e 23.000 extravios por milhão, ou 3,5 a 4 sigmas. Esse valor é típico das operações de serviço, como por exemplo, o cálculo de contas em restaurantes, a efetivação de transações bancárias e o preenchimento de receitas médicas. Quando produtos e serviços são produzidos com nível Seis Sigma, pode-se ter 99,99966 por cento de certeza de que eles não falharão, o que se refletirá no resultado financeiro da organização.

A Figura 05 compara graficamente uma distribuição de resultados, em uma curva normal, ou seja, sob controle estatístico, de um processo com 3 desvios padrões entre os limites de especificações, contra um processo com 6 desvios padrões dentro dos mesmos limites de especificações. Pode-se observar que não há valores fora dos limites para o processo 6 sigma e uma centralização dos resultados próximos a média.

O processo 3 sigma apresenta valores fora dos limites de especificação e uma variação elevada em relação à média. A variação do processo representa custos adicionais ao produto e o aumento de probabilidade de feitos do mesmo.

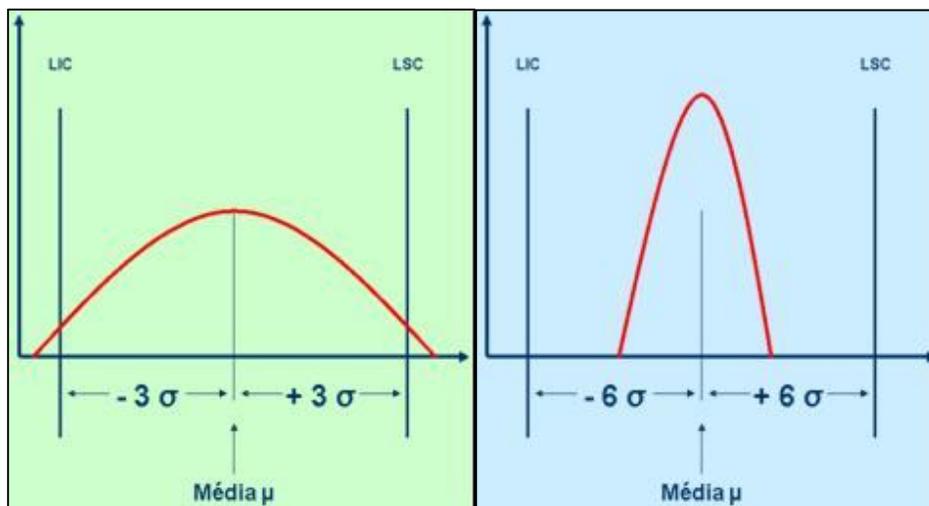


Figura 5 – Distribuição Normal 3 sigma e 6 sigma em relação à média (QSP 2004)

A Figura 6 ilustra com exemplos práticos a comparação entre o nível três sigma (99,38%) e o nível seis sigma, mostrando que acertar 99% das vezes não é suficiente, devemos buscar 99,999%.de acertos.

	3 Sigmas (93,3%)	6 Sigmas
Receitas médicas erradas	54.000 / ano	1 / 25 anos
Quedas de bebês	40.500 / ano	3 / 100 anos
Água contaminada	2 hrs / mês	1s / 16 anos
Telefone sem linha	27 min / semana	6s / 100 anos
Operações médicas mal sucedidas	1.350 / semana	1 / 20 anos
Cartas perdidas no correio	54.000 / hora	35 / anos

Figura 6– Comparação ente 3 e 6 sigma (QSP 2004)

A organização do Seis Sigma distribui as pessoas em uma escala hierárquica, como descrita a seguir.

✓ *Sponsor* – diretores ou alta gerência, responsáveis pela implantação do Seis Sigma na corporação e por manter e supervisionar as iniciativas da metodologia em toda a empresa. Verifica os benefícios financeiros alcançados com os projetos.

✓ *Champions* – são os gerentes em geral, facilitam o uso da metodologia e garantem os recursos humanos dos projetos. Eles servem como facilitadores para a consolidação do programa Seis Sigma nas companhias e auxiliam na mudança de cultura da empresa.

✓ *Master Black Belt* – empregado de nível superior que dedica todo seu tempo ao Seis Sigma, treinando funcionários em Black Belts e em Green Belts, gerencia a carteira de projetos e serve como consultor interno, para todos os projetos de melhoria contínua da empresa.

✓ *Black Belt* – elemento chave do processo, ele conduz diretamente os projetos, treina os membros da equipes. Os Black Belt's são excelentes técnicos de suas áreas e possuem a responsabilidade de manter a motivação de todos com o programa.

✓ *Green Belt* – conduzem projetos sob a supervisão dos Black Belts, dedicam-se de forma parcial ao programa.

## 5.4 Metodologia DMAIC

Os tópicos seguintes irão apresentar cada etapa da metodologia conhecida como DMAIC do inglês (*define, measure, analyze, improve and control*) e traduzido para o português como (definir, medir, analisar, melhorar e controlar). O DMAIC é a principal forma de organização de toda a estrutura da metodologia Seis Sigma.

### 5.4.1 DEFINIR

Esta etapa do DEMAIC é a das perguntas que irão definir as competências necessárias à formação da equipe do projeto, definir os clientes do processo, seus requisitos e exigências (voz do cliente) e traduzir essas necessidades em Características Críticas para a Qualidade (CPQ). Essa etapa é fundamental para a metodologia, sendo a que difere das outras, pois parte da visão do cliente, colocando-o no centro da organização.

O desenho macro do processo (mapa do processo) procura identificar a *Fábrica Escondida*, identifica a inter-relação entre as várias atividades de produção, suporte, logística etc. que chegam até os itens do negócio, como a satisfação do cliente, lucro e valor das ações da companhia.

Definem-se os itens que estão causando insatisfação ao cliente ou processo e gerando resultados ruins, como reclamações de clientes, problemas funcionais, trabalhista, altos custos de mão-de-obra, baixa qualidade de produtos ou suprimento, desempenho, etc.

São ferramentas utilizadas nesta fase:

- ✓ Dados internos da empresa, objetivo, dados financeiros, metas;
- ✓ Dados dos clientes;
- ✓ Análise de custo-benefício;
- ✓ Priorização dos processos críticos do negócio;
- ✓ Desenho dos macros processos prioritário;
- ✓ Casa da Qualidade - QFD;
- ✓ Matriz de responsabilidade;
- ✓ Plano de ação;
- ✓ **Brainstorming.**

#### 5.4.2 MEDIR

A metodologia Seis Sigma trabalha com fatos e dados. Dentro da filosofia da metodologia há a idéia irrefutável de se observar os dados do processo, dando adequada atenção aos diversos cenários aos qual o processo está exposto. Isto é a essência da ciência estatística que se preocupa com a descrição, análise e

interpretação dos dados experimentais, que é também considerada um ramo da matemática aplicada.

Nesta etapa, o processo em estudo é desenhado e suas variáveis principais são medidas. Desenha-se o processo e sub-processos envolvidos com o projeto, definindo as entradas (x) e saídas (y) e se estabelece  $y = f(x)$ ; a análise do sistema de medição proporciona o ajuste às necessidades do processo, coletando dados do processo por meio de um sistema que produza amostras representativas e aleatórias, ou seja, identificar as medidas chaves da eficiência e da eficácia e traduzi-las para o conceito do sigma.

São ferramentas utilizadas nesta fase:

- ✓ Estatística básica;
- ✓ Análise do sistema de medição (MSA);
- ✓ Cálculo da capacidade do processo (CPK)
- ✓ Planilhas e planos para coleta de dados;
- ✓ Indicadores de entrada e saídas;
- ✓ Definições operacionais;
- ✓ Desenvolvimento da equipe;
- ✓ Ferramentas básicas de estatística;
- ✓ Análise do modo de falha - FMEA;
- ✓ Mapa detalhado do processo.

### 5.4.3 ANALISAR

Esta etapa visa determinar a causa raiz do problema, através do uso de ferramentas de qualidade e de análise estatística dos dados coletados na etapa anterior. Com a depuração dos dados são definidos, o sigma atual do processo, as oportunidades de ganhos e as reais metas e objetivos do projeto.

A análise irá propiciar a declaração do problema com todas as suas causas relacionadas por ordem de gravidade, tendência e custos.

São ferramentas utilizadas nesta fase:

- ✓ Análise do modo de falha - FMEA;
- ✓ Teste de hipótese;

- ✓ Análise de variância;
- ✓ Testes não paramétricos;
- ✓ Correlação e regressão simples;
- ✓ Teste qui-quadrado;
- ✓ Declaração do problema;

#### 5.4.4 MELHORAR

A soma das atividades relacionadas com a geração, seleção e implementação de soluções. Essa é a fase em que a equipe deve fazer as melhorias no processo existente. Os dados estatísticos devem ser traduzidos em dados do processo e a equipe deve propor mudanças no processo que atuem sobre as causas raízes do problema estudado. Nesta fase a equipe do projeto interage com as pessoas que executam as atividades, sendo, portanto, uma fase crítica, em que soluções devem ser testadas no plano real.

São ferramentas utilizadas nesta fase:

- ✓ Planos de ação;
- ✓ Manufatura enxuta;
- ✓ Cálculo da nova capacidade;
- ✓ Delineamento de experimentos (DOE);
- ✓ Mapa do processo modificado.

#### 5.4.5 CONTROLAR

Garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo é meta desta fase da metodologia, estabelecendo e validando um sistema de medição e controle para medir continuamente o processo, de modo a garantir que a capacidade do processo seja mantida. O monitoramento das variáveis críticas do processo é fundamental para manter a capacidade do processo modificado, mas também para indicar melhorias futuras.

São ferramentas utilizadas nesta fase:

- ✓ Elaboração dos novos procedimentos;
- ✓ Gráficos de controles;
- ✓ Controle estatístico do processo (CEP) para pequenos lotes;
- ✓ Sistema aprova de falhas, conhecidos como ***Poka yokes***.

## 5.5 As Principais Ferramentas da Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma faz uso de diversas ferramentas da qualidade, entre elas estão às sete ferramentas da qualidade

### 5.5.1 ESTRATIFICAÇÃO

Consiste no agrupamento da informação sob vários pontos de vista, de modo a focalizar a ação. Os fatores equipamento, material, operador, tempo entre outros, são categorias naturais para a estratificação dos dados. A figura 7 é um exemplo simples de estratificação.

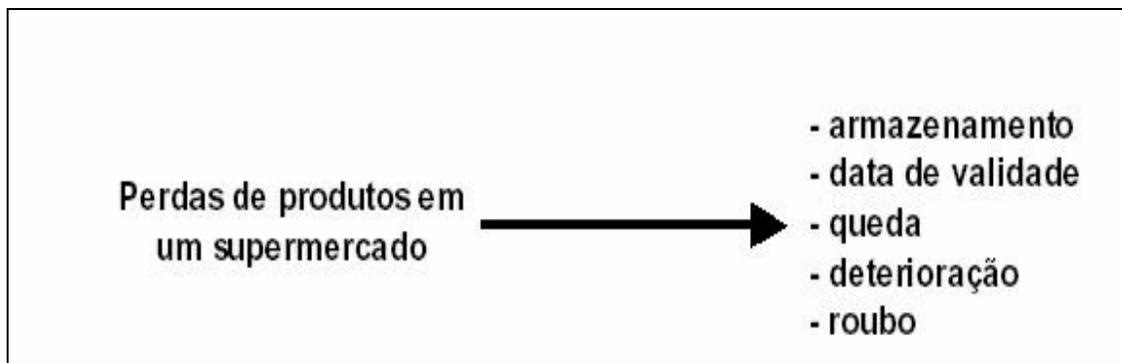


Figura 7 – Estratificação perdas de produtos (PETROFLEX, 2006)

### 5.5.2 FOLHA DE VERIFICAÇÃO

Formulário no qual os itens a serem verificados para a observação do problema já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados. O tipo de folha de verificação a ser utilizado depende do objetivo da coleta de dados. Normalmente é construída após a definição das categorias para a estratificação dos dados, como apresentada na Figura 8. Na coluna defeito deve ser inserido os tipos de defeitos ocorridos e na coluna dos dias deve ser marcado toda vez que o defeito ocorrer.

Defeito	Dia				Total
	1	2	3	4	
<b>A</b>	III	I	III	II	<b>9</b>
<b>B</b>	IIII	II	IIII	III	<b>13</b>
<b>C</b>	I	II	III	I	<b>7</b>
<b>D</b>	III	III	IIIIII	III	<b>16</b>
<b>E</b>	I	I	II	IIII	<b>8</b>

Figura 8– Folha de Verificação (PETROFLEX, 2006)

### 5.5.3 DIAGRAMA DE PARETO

Vilfredo Pareto foi um economista italiano que, em 1897, apresentou um estudo sobre o tema distribuição de renda, mostrando que esta era muito desigual, pois a maior parte da riqueza pertencia a um pequeno grupo de pessoas. J. M Juran, percebendo que fenômeno semelhante ocorria com os problemas da qualidade, adaptou o conceito de Pareto e chegou a conclusão de que havia poucas ocorrências significativas (20%) responsáveis por maioria das falhas (80%).

Esta ferramenta, ilustrada na Figura 9, é utilizada para priorizar os 20% das causas, que contribuem com 80% dos efeitos, dentro dos projetos Seis Sigma, ou

seja, as causas “C”, “A” e “B” são responsáveis por 80% dos defeitos (representados no eixo y do gráfico).

A Figura 09 ilustra no eixo vertical a quantidade de falhas e no eixo horizontal o tipo de defeito, na projeção vertical a direita do gráfico é marcado o percentual acumulado das falhas.

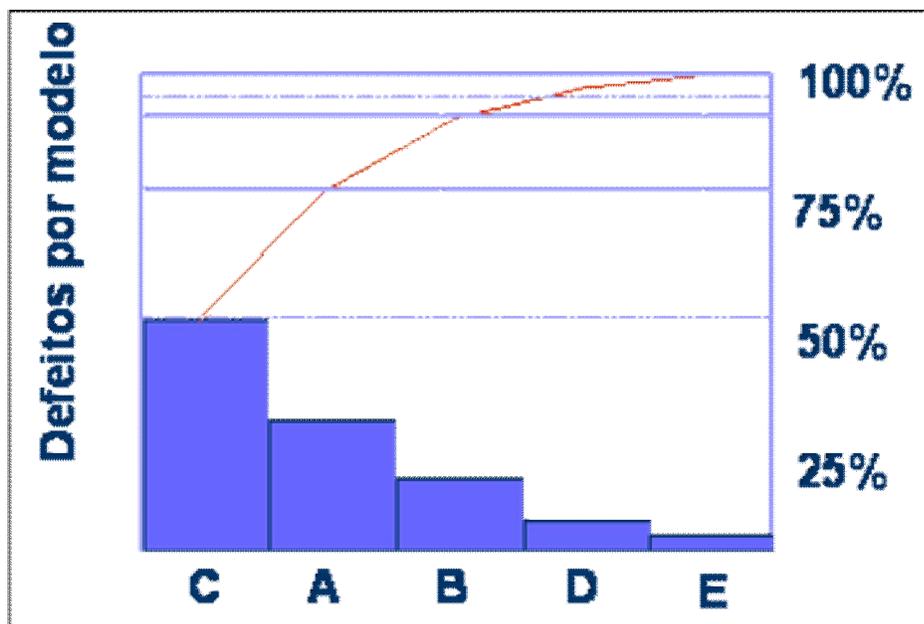


Figura 9– Diagrama de Pareto (PETROFLEX, 2006)

#### 5.5.4 MAPA DO PROCESSO

É um fluxograma que representa de forma esquemática o processo para que possamos estudá-lo e melhorá-lo. Ele força uma compreensão mais detalhada e real de cada fase do processo, inclusive a chamada “**fábrica escondida**”, que segundo Fiegenbaum:

*Mesmo em muitas fábricas altamente organizadas, existe hoje o que pode ser chamado uma ‘fábrica escondida’ (**hidden plant**) totalizando de 15% até 40% da capacidade produtiva. Esta é a proporção da capacidade da fábrica que existe para retrabalhar peças insatisfatórias, para repor produtos devolvidos do mercado, ou para retestar ou reinspecionar unidades rejeitadas.*

...Não existe melhor maneira de aumentar a produtividade do que converter esta fábrica escondida a um uso produtivo, e modernos programas de qualidade fornecem um dos mais importantes e práticos caminhos para realizar isto atualmente." (FIEGENBAUM, 1991).

### 5.5.5 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Serve para apresentar a relação existente entre determinado resultado de um processo (que é um efeito) e os diversos fatores (causas) que podem influenciar nesse resultado.

O Diagrama apresentado na Figura 10 é um conjunto de causas, registradas em flechas dispostas de forma, que seguindo seu sentido, caminhamos para maiores níveis de agregação, até que todas convirjam ao efeito que está sendo analisado. Por sua forma é também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe.

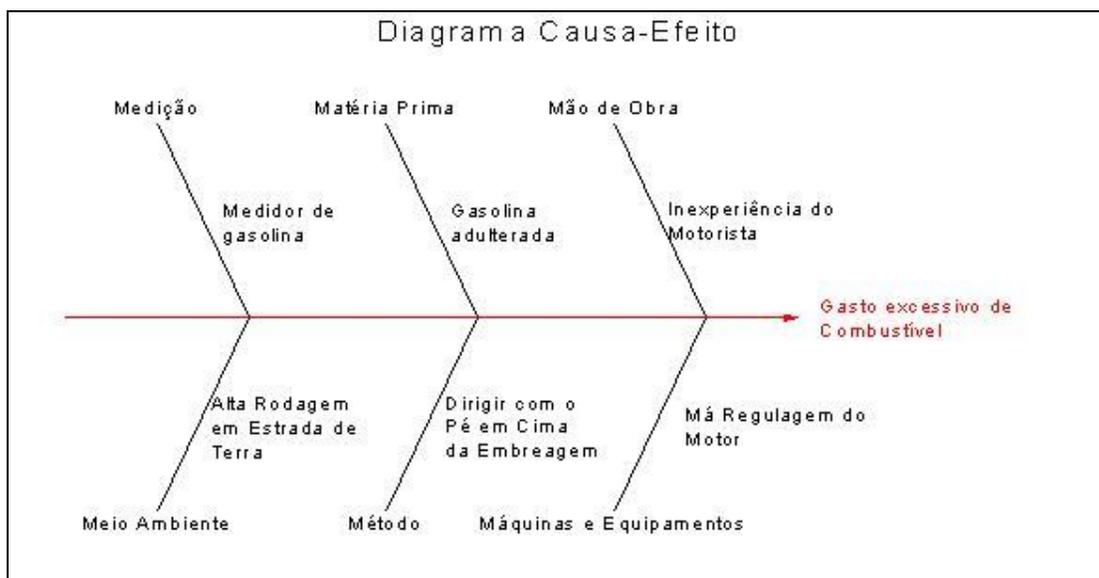


Figura 10 – Espinha de Peixe (PETROFLEX, 2006).

### 5.5.6 HISTOGRAMA

É forma de descrição gráfica de dados quantitativos, agrupando em classes de freqüência. O histograma permite verificar a forma da distribuição, o valor central e a dispersão dos dados. Trata-se de um gráfico, como mostrado na Figura 11, formado por retângulos contíguos com base nas faixas de valores da variável em estudo, e com altura definida pela freqüência de ocorrências dos dados no intervalo definido pela base do retângulo.

Difere do diagrama de Pareto pelo tipo de variável que cada um representa, discreta para Pareto e contínua para o Histograma.

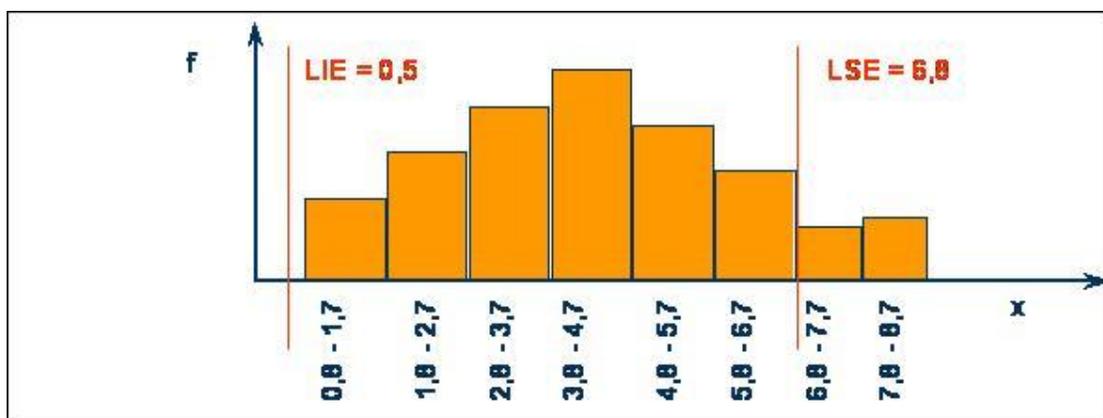


Figura11 – Histograma (PETROFLEX, 2006)

### 5.5.7 BOX-PLOT

É uma representação gráfica da distribuição de dados de variáveis que apresenta informações sobre a variabilidade e a simetria dos dados. Seu uso é indicado quando a quantidade de dados disponíveis é inferior a 30.

Consiste em uma caixa retangular com nível superior definido pelo terceiro quartil e o nível inferior definido pelo primeiro quartil. A mediana é representada por um traço no interior da caixa, e os pontos máximos e mínimos são unidos à caixa por seguimentos de reta. Pontos fora destes limites são considerados fora do padrão geral, devendo ser analisados.

### 5.5.8 ANÁLISE DO MODO DE FALHA – FMEA

É um método de análise de produtos ou processos, industriais ou administrativos. É utilizado para identificar todos os possíveis tipos de falha potencial, priorizar os modos de falha em função dos seus efeitos, de sua frequência de ocorrência e da capacidade de os controles existentes evitarem que a falha chegue ao cliente e identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha ocorrer.

Constituída basicamente por uma única tabela, ela é mais bem elaborada por uma equipe, constituída por especialistas de diversas áreas de atuação e com experiência no tema a ser analisado.

### 5.5.9 ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO - MSA

Consistem na análise do sistema de medição de um processo, que é composto por pessoas, instrumentos, equipamentos periféricos e insumos, como os reagentes químicos.

O objetivo de qualquer sistema de medição é fornecer dados com precisão e exatidão das características lidas. Uma melhor forma de compreensão é visto na Figura 12, que apresenta uma variação entre a média “X” e a mediana “M”.

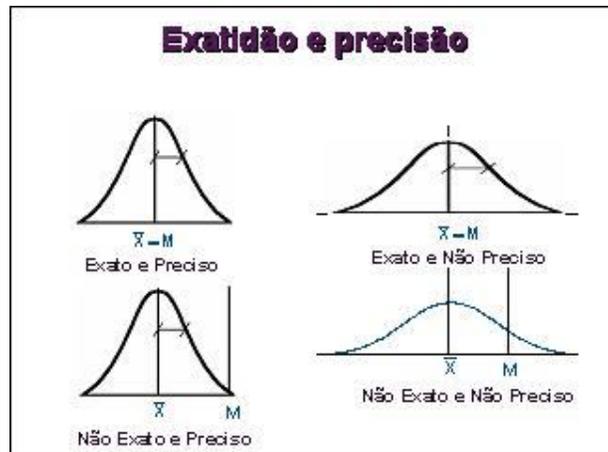


Figura 12 - Exatidão e Precisão (PETROFLEX, 2006)

O objetivo da análise do sistema de medição é de compreender as fontes de variação que podem influenciar nos resultados de medição. Em uma seleção de sistema de medição, há a preocupação de determinar aquele que seja capaz de detectar e indicar confiavelmente até mesmo pequenas mudanças na característica medida, que tenha melhor resolução.

Devido a limitações, um sistema de medição pode sofrer variações e, conseqüentemente, ter suas propriedades estatísticas afetadas. Essas variações podem ser caracterizadas segundo a classificação a seguir:

- ✓ Variações relacionadas à localização;
- ✓ Estabilidade ou deslocamento (é a variação total na descentralização do sistema de medição medindo uma mesma característica na mesma peça);
- ✓ Descentralização (é a diferença entre a média e o valor de referência);
- ✓ Linearidade;
- ✓ Variações relacionadas a largura ou dispersão;
- ✓ Repetitividade (pressupõe-se que a variabilidade de um sistema se repita);
- ✓ Reprodutividade (pressupõe-se que diferentes avaliadores tenham variabilidade consistente numa mesma amostra).

### 5.5.10 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO – CEP

É um método preventivo usado para se comparar continuamente os resultados de um processo com os padrões, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para as variações significativas do processo, com o objetivo de evitar ou reduzir essas variações.

As variações podem ser oriundas de causas comuns ou especiais:

#### **Comuns:**

- ✓ Agem como um sistema de causas aleatórias;
- ✓ Valores são descritos por uma distribuição estável e repetitiva ao longo do tempo;
- ✓ A distribuição é caracterizada por: localização, dispersão e forma.

#### **Especiais:**

- ✓ Agem como um conjunto de causas identificáveis;
- ✓ Refere-se a quaisquer fatores de variação que não podem ser explicados adequadamente através de uma distribuição.

Se ocorrerem apenas causas comuns, o resultado do processo forma uma distribuição estável no tempo. Quando ocorrerem causas especiais, o resultado do processo não é estável no tempo. A Figura 13 visualiza curvas normais de processos na presença de causas especiais.



Figura 13 - Causas Especiais e Comuns (PETROFLEX 2006)

### 5.5.11 DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS - DOE

Delineamento de experimentos são testes conduzidos de forma planejada, em que as variáveis controláveis do processo (temperatura, pressão, vazões e etc.) são alteradas de modo planejado para avaliar seu impacto sobre uma saída ou resposta.

Originalmente desenvolvido pelo estatístico britânico Ronald Fischer, o DOE tem sido aplicado a diversas situações, na agricultura, na indústria, na medicina etc., mas sempre visando a um ou mais objetivos, como:

- ✓ Determinar os fatores que possuem maior influência sobre a resposta do processo.
- ✓ Determinar como ajustar os fatores à resposta desejada.
- ✓ Determinar como ajustar os fatores para que haja a menor variação possível no processo, de modo a aumentar a capacidade do processo.
- ✓ Determinar como ajustar os fatores, de modo que, as variáveis não controladas tenham seus efeitos minimizados.

Fatores são causas cujos efeitos estão sendo estudados no experimento.

Pode ser:

- ✓ Quantitativo. Ex.: temperatura em °C, tempo em minutos etc.
- ✓ Qualitativo. Ex.: diferentes operadores, diferentes máquinas, ligado ou desligado.

Cada fator é testado em um valor, cada valor escolhido constitui um nível, como, por exemplo, podemos fazer testes com três níveis de temperatura, como também podemos usar 3 operadores na realização dos testes, sendo cada operador um fator. A quantidade de fatores e níveis irá determinar o tamanho do teste.

A Figura 14 apresenta a representação gráfica de um DOE feito a partir do programa de computador conhecido como Minitab, esse programa é usado preferencialmente por equipes de projeto Seis Sigma na análise de dados.

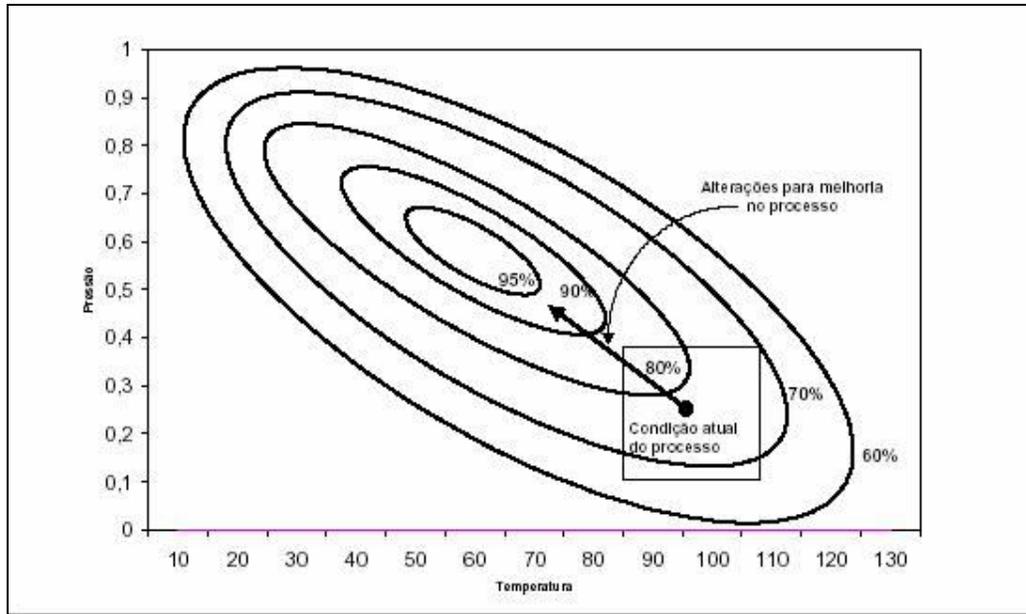


Figura 14 – Gráfico do Delineamento e Experimento – DOE (PETROFLEX 2006)

#### 5.5.12 CASA DA QUALIDADE - QFD.

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Figura 15, surgiu pela mão do japonês Yoji Akao, no final da década de 60, como ferramenta de apoio ao projeto de navios de grande porte. Transposta a metodologia para a indústria automóvel em 1972 pela Mitsubishi, só chegaria aos EUA em 1983, onde a Ford e a Xerox foram às companhias pioneiras.

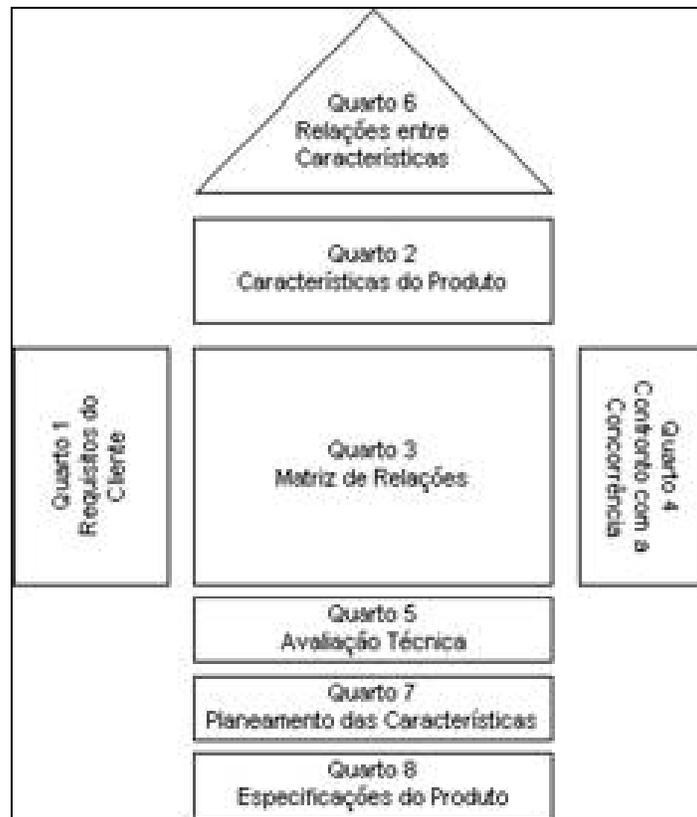


Figura 15- Casa da qualidade - QFD (PETROFLEX 2006)

A aplicação do QFD envolve a construção de um conjunto de matrizes, das quais a mais utilizada é vulgarmente designada como "Casa da Qualidade". Nesta matriz encontramos nas linhas as necessidades dos clientes (requisitos dos clientes) e nas colunas a resposta desenvolvida pela equipe de trabalho no sentido de satisfazer tais necessidades. A "Casa da Qualidade" contém ainda outras sub-matrizes (ou "Quartos") que permitem aferir o posicionamento relativamente à concorrência, evidenciando os aspectos a otimizar para se obter um produto ou serviço de elevado valor agregado.

O QFD é uma técnica que pode ser empregada durante todo o processo de desenvolvimento de produto e que tem por objetivo auxiliar a equipe de desenvolvimento a incorporar no projeto as reais necessidades dos clientes. Por meio de um conjunto de matrizes parte-se dos requisitos expostos pelos clientes e realiza-se um processo de "desdobramento" transformando-os em especificações técnicas do produto. As matrizes servem de apoio para o grupo orientando o trabalho, registrando as discussões, permitindo a avaliação e priorização de

requisitos e características e, ao final, será uma importante fonte de informações para a execução de todo o projeto.

Neste trabalho, com as matrizes, realizam-se algumas operações básicas de extração, relação e conversão, onde:

- ✓ A extração é o processo de criar uma tabela a partir de outra, ou seja, de utilizar os elementos de uma tabela como referência para se obter os elementos de outra tabela.
- ✓ A relação é o processo de identificar a intensidade do relacionamento entre os dados das duas tabelas que compõem a matriz.
- ✓ A conversão é o processo de quantificar a importância relativa dos dados de uma tabela em função da intensidade da relação destes com os dados da outra tabela. Nesse processo é também considerada a importância relativa dos dados que compõem a tabela que será convertida.

A força do QFD está em tornar explícitas as relações entre necessidades dos clientes, características do produto e parâmetros do processo produtivo, permitindo a harmonização e priorização das várias decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento do produto, bem como em potencializar o trabalho de equipe. Outro aspecto importante a considerar é que, por ser uma metodologia que se baseia no trabalho coletivo, os membros da equipe desenvolvem uma compreensão comum sobre as decisões, suas razões e suas implicações, e se tornam comprometidos com iniciativas de implementar as decisões que são tomadas coletivamente.

#### 5.5.13 TESTE DE HIPÓTESE

Esta ferramenta tem como objetivo decidir se uma afirmação a respeito de um parâmetro de determinada população é razoável ou não. A idéia do teste é retirar uma amostra do produto e, se a média amostral estiver acima do valor crítico o produto não é aceito.

Deve-se formular uma hipótese nula ( $H_0$ ) e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) que será aceita quando  $H_0$  for rejeitada. Pode-se controlar a probabilidade de ocorrência de uma das hipóteses, mantendo-na em patamares reduzidos.

O objetivo dos testes nos projetos Seis Sigma é verificar se um conjunto de valores provém de uma população de distribuição normal.

#### 5.5.14 REGRESSÃO LINEAR

Análise de regressão é uma metodologia estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas ou qualitativas, de tal forma que uma variável dependente pode ser inferida a partir da outra ou outras variáveis independentes.

Exemplos:

- ✓ A população de bactérias pode ser inferida a partir da relação entre população e o tempo de armazenamento.
- ✓ Concentrações de soluções de proteína de arroz integral e absorbâncias médias corrigidas.
- ✓ Relação entre textura e aparência.
- ✓ Temperatura usada em um processo de desodorização de um produto e cor do produto final.

O caso mais simples de regressão é quando temos duas variáveis e a relação entre elas pode ser representada por uma linha reta, conhecida como regressão linear simples.

#### 5.5.15 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

A variância tem o objetivo de analisar o grau de variabilidade de determinadas situações, através dela podemos perceber desempenhos iguais, muito próximos ou muito distantes. A média aritmética pode ser usada para avaliar situações de forma geral, já a variância determina de forma mais específica as possíveis variações, no intuito de não comprometer os resultados da análise.

A variância deve ser calculada através da soma dos quadrados entre a diferença de um valor observado e o valor médio. A diferença serve para mostrar quanto um valor observado se distancia do valor médio. A soma dos quadrados dos desvios dividida pelo número de ocorrências é chamada de variância.

Fisher, em 1924, criou a análise de variância para comparar simultaneamente amostras de variáveis contínuas com distribuição normal e cujas variâncias não diferem significativamente entre si, ou seja, que podem ser consideradas como estimativas da variância populacional  $s^2$ .

Uma análise de variância permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo, utilizando variáveis contínuas. O teste é paramétrico (a variável de interesse deve ter distribuição normal) os grupos têm de ser independentes.

Considerando uma variável de interesse com média e variância, temos dois estimadores:

Sendo

$S_B^2$  = dispersão entre os grupos (B....between)

$S_W^2$  = dispersão entre os grupos (W....within)

E o teste é aplicado com  $F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$  01)

A variância das médias das amostras é dada pela formula:

$$S_x^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{k}}{k-1} \quad \text{Sendo K = o número de grupos} \quad (02)$$

#### 5.5.16 ROLLED OLLED THROUGHPUT YIELD – RTY

O Seis Sigma relaciona os custos da não qualidade ou conceito de acertar da primeira vez, Rolled OLLED Throughput Yield – RTY, rendimento de passagem acumulado. O RTY é uma metodologia de trabalho utilizada naquelas empresas que

possuem processos com operações consecutivas, repetitivas e padronizadas devido há algumas particularidades como a codificação dos defeitos ocorridos, buscando:

- ✓ Medir a eficiência e a produtividade durante o processo;
- ✓ Proporcionar melhorias na qualidade do produto;
- ✓ Apresentar um plano de ação em função dos maiores problemas levantados.

O RTY por definição significa a quantidade de peças que irão passar através do processo na primeira tentativa sem serem rejeitadas. O RTY revela o conceito conhecido como “Fábrica Escondida”, que são operações realizadas e não computadas no custo da produção. Ele nos mostra, as atividades que não são previstas ou dimensionadas para o processo, mas existem por necessidades da operação. É uma ferramenta que ajuda a identificar as possíveis oportunidades de melhorias.

O conceito de “Fábrica Escondida” pode ser entendido utilizando-se um exemplo simples. Considere um processo como o apresentado na Figura 16.

As peças serão processadas e devem passar pelas três etapas. A cada etapa as peças são inspecionadas; as boas vão para a etapa seguinte e as defeituosas são retiradas do processo ou enviadas para reprocesso. De 100 peças que entram no processo, somente 81 chegam à saída da etapa final do processo sem ser rejeitada. As 19 peças de 100, que faltam, foram rejeitadas em alguma das etapas, então o rendimento do processo medido é de 81%.

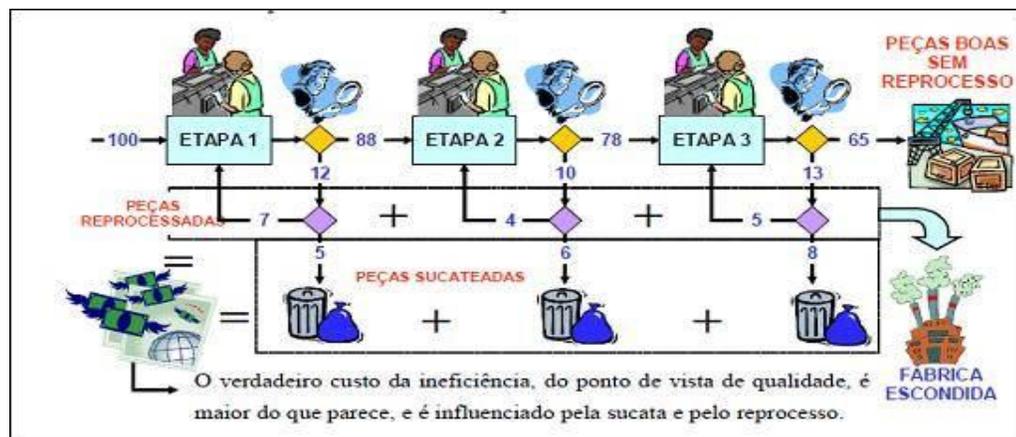


Figura 16 - Rolled OLLED Throughput Yield – RTY (PETROFLEX, 2006)

Esta medida convencional considera como ineficiência, o número de peças rejeitadas durante o processo. Contudo, para processar 81 peças, descobrimos que precisamos realizar alguns reprocessos e avaliações. Atividades que não foram consideradas no desenho original do processo. Não sendo conhecidas ou reconhecidas pela empresa, não são computadas como ineficiência do processo e por isso não fazem parte do cálculo de custos, e, portanto não podem ser contabilizados financeiramente.

O RTY proporciona uma visão diferente do processo, como compreendido na Figura 17, na qual não podemos observar e quantificar os desperdícios sob o ponto de vista do reprocesso.

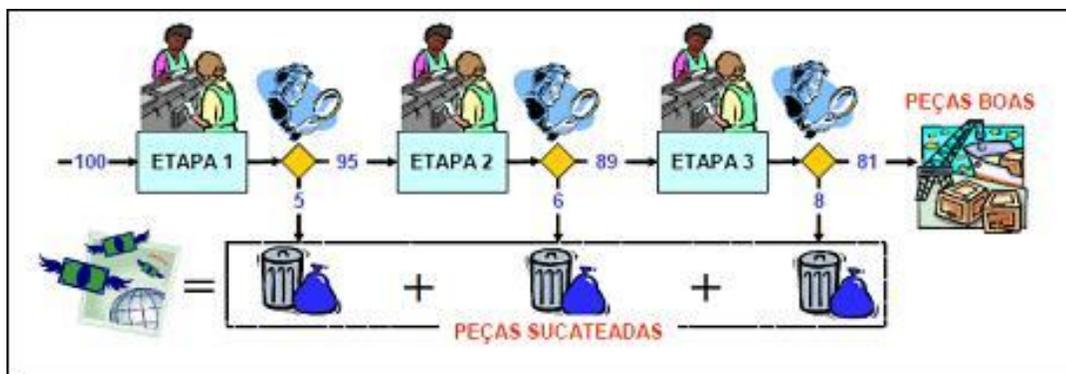


Figura 17 - Rolled OLEED Throughput Yield – RTY - rendimento de passagem acumulado (PETROFLEX, 2006)

Das 100 peças que entraram na “Etapa 1”, somente 88 foram aprovadas na primeira vez (livres de defeito), 12 foram separadas para avaliação. Destas 12 peças, 5 foram rejeitadas e 7 foram reprocessadas para então seguirem a próxima etapa.

A “Etapa 2” recebeu da “Etapa 1”, 88 peças “livres de defeito”, das quais após serem processadas, 78 foram aprovadas. Das 10 peças rejeitadas, 6 foram rejeitadas e 4 reprocessadas.

Finalmente, a “Etapa 3” recebeu da “Etapa 2”, 78 peças “livres de defeito”, isto é, peças que não foram rejeitadas e nem mesmo reprocessadas nas “Etapa 1 e 2”. Após serem processadas, somente 65 foram consideradas “livre de defeitos”. Das outras 13 peças, 8 foram rejeitadas e 5 foram reprocessadas. Portanto, das 100 peças que entraram, saíram 81 peças boas, porém somente 65 destas, passaram

pelo processo “livres de defeito”, ou seja, sem serem rejeitadas ou reprocessadas em nenhuma das etapas.

O **Rolled Throughput Yield (RTY)** ou Rendimento de Passagem Acumulado é a probabilidade de que uma única unidade possa passar através de uma série de processos “livre de defeito”. Como defeito, considera-se as peças rejeitadas e reprocessadas. Matematicamente, calcula-se o **RTY** multiplicando os **Throughput Yield** de todas as etapas do processo. Para calcular o **Throughput Yield** de cada etapa pode-se utilizar duas fórmulas. Na primeira etapa utiliza-se a seguinte fórmula:

$$Y_{TP} = \frac{\text{PROCESSADA} - \text{SUCATA} - \text{REPROCESSO}}{\text{PROCESSADA}}$$

Para o exemplo da figura 14, temos:  $Y_{TP1} = \frac{100 - 5 - 7}{100} = \frac{88}{100} = 0,880$

Na segunda e na terceira etapas utiliza-se o conceito de Defeitos por Unidade (DPU), cuja fórmula é:

$$Y_{TP2} = 1 - DPU = 1 - \frac{6 + 4}{88} = 1 - 0,114 = 0,886$$

$$Y_{TP3} = 1 - DPU = 1 - \frac{8 + 5}{78} = 1 - 0,167 = 0,833$$

Para calcular o RTY desta linha de produção, simplesmente multiplica-se os **Throughput Yield** de cada etapa:

$$Y_{RTP} = Y_{TP1} \times Y_{TP2} \times Y_{TP3} \times \dots \times Y_{TPn} = \prod_{i=1}^n Y_{TPi} \quad (03)$$

$$Y_{RTP} = Y_{TP1} \times Y_{TP2} \times Y_{TP3} = 0,880 \times 0,886 \times 0,833 = 0,65$$

Observamos uma diferença significativamente considerada entre os dois cálculos. Isto ocorre pelo fato do RTY incorrer no uso das peças rejeitas e reprocessadas no seu conceito matemático. Se somente 65% das unidades passam através do processo sem serem rejeitadas ou reprocessadas, então 35% das

unidades custam mais do que elas deveriam e assim sendo, agregam menos valor aos clientes. Considere ainda o fato de não haver previsão de tanto avaliações durante as etapas do processo, teremos uma atividade que consome horas de trabalho que também não são computadas.

RTY é o indicador que irá lhe proporcionar uma oportunidade de melhoria em seu processo e ganhos de produtividade e custos. Reduzindo o custo de não qualidade e os riscos inerentes aos produtos fora de especificação, que não são detectados antes de chegar ao cliente.

## **6.0 DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA PETROFLEX**

A Petroflex necessitava de um programa que a auxiliasse na definição e avaliação qualitativa e quantitativa da geração dos seus resíduos sólidos, bem como, oferecesse alternativa mitigadora dos efeitos, redução ou eliminação da geração e adequação às normas legais pertinentes.

A metodologia Seis Sigma foi escolhida, por ser um programa conhecido dentro da empresa desde 2002 e muito amadurecido na corporação a partir de 2004, quando mais de 116 projetos foram realizados. Outro motivo foi o viés financeiro proporcionado pela metodologia Seis Sigma, que congrega todos os valores necessários para a realização dos investimentos.

Desta forma, em junho de 2007 iniciou-se o levantamento dos dados de geração de rejeitos na empresa, em 2008 buscou-se a melhoria necessária e em 2009 consolidou-se o programa, com os mais modernos conceitos de gestão de resíduos sólidos existentes na literatura.

Todo caminho percorrido, desde 2007 até hoje, foi interligado ao planejamento estratégico, fundamentado nos princípios, na visão e na missão da empresa

### **6.1 Definindo o Modelo e a Estrutura de Gestão**

A definição do modelo e estrutura de gestão seguiu 4 passos orientados pela metodologia da Modelo de Excelência em Gestão da Fundação Nacional da Qualidade - FNQ (FNQ 2006):

- ✓ O primeiro passo a ser realizado é a definição do nível de objetivos de gestão ambiental em que a empresa irá atuar. A Figura 18 apresenta três níveis de atuação oferecidos à Petroflex, todos baseados no modelo de gestão proposto pela Fundação Nacional da Qualidade.

Cada um dos níveis possui especificidades distintas quanto ao custo e tempo necessários para sua implementação.



Figura 18– níveis de objetivos estratégicos (PETROFLEX 2006)

A Petroflex optou por atuar no nível de “Melhoria Estratégica”, visando atender ao objetivo macro do seu planejamento estratégico.

- ✓ O segundo passo foi definir como iriam atuar os Grupos de Melhoria Contínua – GMC. Esses grupos são formados por técnicos treinados na metodologia Seis Sigma (**Green Belts**) e deveriam ser alocados dentro do organograma da empresa. Uma estrutura de gerenciamento do Seis Sigma foi proposta à Diretoria da empresa, ilustrada na Figura 19. Os grupos de melhoria estão ligados e representados no comitê de Seis Sigma, que por sua vez, responderia direto ao colegiado da empresa, formado por todas as diretorias.



Figura 19 – organograma Seis Sigma (PETORFLEX, 2006)

- ✓ O terceiro passo foi definir como gerenciar os projetos estratégicos, concepção, planejamento e execução. Como estes seriam inseridos no orçamento da companhia e gerenciados no fluxo de caixa. Como alternativa, foi apresentada a estrutura organizacional da Figura 20. Que representa a esquematização de um escritório de projetos, tendo como referencia uma gerencia de Meio Ambiente.



Figura 20 – Escritório de Projetos (PETROFLEX 2006)

- ✓ No quarto passo, destacou-se o método de avaliação e encaminhamento dos projetos, como mostra a Figura 21 alinhados ao mapa de negócios da empresa, formulado a partir do **Balanced Score Card - BSC** ( metodologia usada pela Petroflex para montar o seu Planejamento Estratégico). Este passo tem como objetivo definir como será realizada a identificação, priorização e gestão dos projetos.

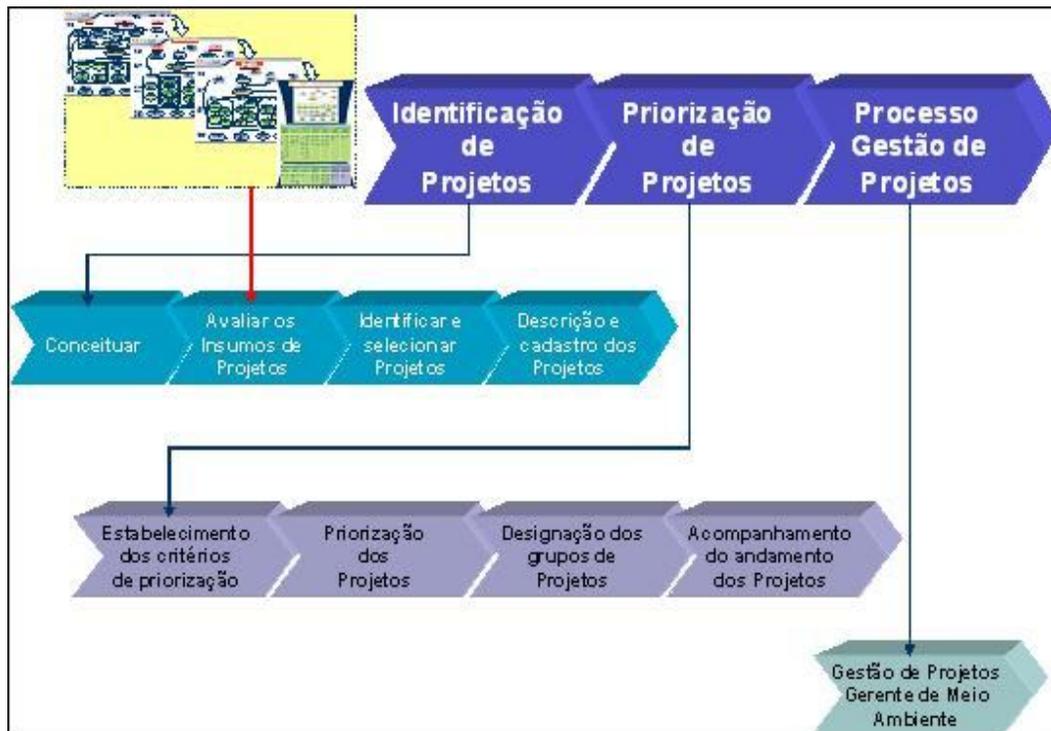


Figura 21 – Fluxograma de Gerenciamento de projetos (PETROFLEX 2006)

## 6.2 Programa de Redução de Resíduos

Um programa de redução de resíduos baseado na identificação e estabelecimento dos limites de atuação de cada projeto, especialmente na identificação da complexidade do problema e quais ferramentas serão necessárias à solução, como a Figura 22 ilustra, há três formas de classificação das causas da falhas, adotadas a partir da metodologia Seis Sigma:

- ✓ **Lógica e intuição** – problema que pode ser solucionado com uso de da lógica e intuição e não necessita de análises ou ferramentas na busca da causa raiz.
- ✓ **Ferramentas Simples** – problema de baixa complexidade e que pode ser solucionado com o uso de ferramentas simples.
- ✓ **Ferramentas Sofisticadas** – problema de alta complexidade exige o uso associado de ferramentas sofisticadas e os conceitos de melhoria da qualidade



Figura 22– árvore de Complexidade de falhas (PETROFLEX 2004)

Segundo Gusmão et al.(2009), os problemas precisam ser conhecidos para que possam ser eliminados. Dito isto, é fundamental estabelecer um programa de investigação da geração de resíduos. E devemos iniciar o planejamento por uma escala hierárquica. Que estabeleça uma curva de aprendizado mais econômica, alinhada a metodologia escolhida.

Uma curva de aprendizado, que mostra as fases do crescimento do conhecimento das soluções e dos custos em relação à complexidade das soluções

necessárias, baseado nas técnicas de gerenciamento de projetos, foi a utilizada na Petroflex.

Baseado no conceito apresentado foram definidas as fases de implementação da metodologia na Petroflex:

- ✓ A primeira fase foi a de identificação de oportunidades existentes, elas ocorrem por desvios dos processos, seja por atuação humana, por problemas mecânicos ou motivos diversos, que estejam relacionados às singularidades inerentes a operação do processo. Nessa fase, foram criados os grupos de melhoria contínua, os chamados GMC's, compostos por operadores das áreas de produção, com liderança direta de seus supervisores. Esses grupos desenvolveram pequenos projetos de redução de custos, contribuindo na identificação das fontes geradoras de resíduos.
  
- ✓ Na segunda fase buscou-se a mudança no desempenho do sistema. O uso do controle estatístico do processo aliado a medição da capacidade do processo – CPK forneceu a corporação à noção exata das falhas existentes na tecnologia de processo adotada por ela. Nessa fase, buscou-se listar os equipamentos obsoletos. Estudando profundamente os potenciais impactos ambientais desses e dos novos projetos a serem utilizados. Observando, que as soluções passam a ter uma elevada contribuição ao conhecimento do processo e seu custo aumenta significativamente, mas ainda somos capazes de utilizar ferramentas simples na identificação, análise e modificação deste processo.
  
- ✓ A terceira fase ainda em curso na Petroflex, não pode ser realizada sem o acúmulo de conhecimento especializado. São necessários projetos de médio e longo prazo, devido aos elevados custos das soluções e da complexidade exigida para garantir a eficiência do novo paradigma. Nessa fase é comum a mudança da inteligência do processo, que envolve estudos detalhados e sistêmicos das modificações de processo e até reformulação do produto.

### **6.3 Mapeamento dos Processos da Planta de Caxias**

A gestão organizacional evidenciou a “gestão por processos”, que possui seus fundamentos na ISO 9001 versão 2000. As organizações passaram a mapear suas atividades, a nomear seus processos, a identificar as “entradas”, “saídas”, “recursos”, etc, dos seus processos. Este conceito foi utilizado para mapear os processos da Petroflex e identificar as áreas geradoras de resíduos e qual a quantidade e classificação desses resíduos.

#### **6.3.1. METODOLOGIA**

O mapeamento é baseado nos conceitos do Modelo de Excelência em Gestão da FNQ – Fundação Nacional da Qualidade, entidade legitimamente constituída para disseminar os fundamentos da excelência em gestão para o aumento de competitividade das organizações e do Brasil. Segundo a FNQ (FNQ 2006), definimos processos como “um conjunto de atividades preestabelecidas que, executadas numa seqüência determinada, vão conduzir a um resultado esperado que assegure o atendimento das necessidades e expectativas dos clientes e outras partes interessadas”. Ainda segundo a FNQ, os processos estão inter-relacionados e interagem entre si, de tal forma que, produtos e serviços deles provenientes, constituem a entrada para um ou mais processos na seqüência de execução, que busca o atendimento das necessidades e expectativas dos clientes. Toda organização é um sistema, funciona como um conjunto de processos. A identificação e o mapeamento destes processos permitem um planejamento adequado das atividades, a definição de responsabilidades e o uso adequado dos recursos disponíveis.

O mapeamento das atividades de uma organização é complexo. Os processos são constantemente adaptados ao ambiente que estão inseridos. Possui incongruências, legítimas e que configuram oportunidades de melhoria. E destas oportunidades é que surgem os principais benefícios da gestão por processos.

Devem conter todo e qualquer inter-relacionamento entre atividades, retratando todo o ambiente organizacional.

Mapear os processos de uma organização é muito mais do que um simples retrato da lógica de entradas e saídas entre os diversos insumos. Mas, uma reflexão e debate, cujo objetivo é retratar fielmente, através de fluxogramas ou qualquer outra ferramenta visual existente, como ocorrem os processos e atividades internas. Quais são os seus pontos fracos, onde estão as incongruências pontuais, como ocorrem os fluxos de informações, quais são as responsabilidades por cada etapa, e, principalmente, quais são as entregas efetivas que constituem os produtos dos clientes internos das organizações.

Como princípio fundamental para um mapeamento eficaz, é necessário entender as diferenças entre tarefas, atividades, objetos, sub-processos, processos e macro-processos. O importante é que, sob nenhuma hipótese, eles devem ser desconsiderados em um processo de mapeamento. É de extrema importância entender que uma tarefa é diferente de uma atividade, que um processo é composto de sub-processos, o que são objetos, etc. São conceitos bastante fundamentais. Sugiro ao leitor que os compreenda profundamente antes de iniciar qualquer tipo de mapeamento.

Os fluxos mais detalhados a serem desenhados são os de atividades. Eles detêm todas as características minimistas a serem consideradas para proposições de mudanças e alterações de práticas. Os fluxos de subprocessos, processos e macro-processos, por sua vez, têm um caráter gerencial: seus objetivos são apenas retratar, de uma forma global, a lógica geral de funcionamento interno da organização para geração do serviço ou produto.

### 6.3.2. MAPEAMENTO DA PLANTA DE CAXIAS

O mapeamento da planta de Caxias foi realizado, na tentativa de dimensionar os passivos existentes e todas as fontes geradoras de resíduos. A Figura 23 representa o trabalho da Petroflex ao longo dos últimos 10 anos.



Figura 23 – Passivo ambiental da Planta de Caxias (Petroflex 2004)

Em 1996 e 1997 novas descobertas de áreas contaminadas aumentaram o passivo ambiental, mesmo sendo realizado um trabalho de destinação de resíduos e remediação do solo contaminado por mais de uma década.

Observa-se, a partir de 1998 até 2002 a drástica redução do passivo. Podendo-se deduzir, o necessário esforço, tanto de recursos humanos quanto financeiros, na realização de imensa tarefa de destinação de quase 106 mil toneladas de resíduos. O gasto total foi contabilizado em mais de R\$5.000.000,00 (cinco milhões de reais), diluídos em somente nos últimos 5 anos demonstrados pelo presente gráfico.

É possível através da Figura 24, observar o tamanho da área recuperada e o desenho mais detalhado das diversas divisões da fábrica da Petroflex em Duque de Caxias – RJ.



Figura 24– Planta de Caxias definida por áreas, baseada por foto do Google

A última grande intervenção ocorreu em 2006 com gastos superiores a 3 milhões de reais, na retirada de 50 mil toneladas de resíduos. As fotos a seguir, provam a incrível recuperação das áreas degradadas. A área recuperada equivale a 45% da extensão do terreno pertencente a empresa, constituída por mangues. A Figura 25 é uma foto de uma das áreas degradadas, que servia de depósito de resíduos, tirada em 2004.



Figura 25– Área degradada (Petroflex 2004)

A Figura 26 é uma foto da mesma área, da figura 23, tirada em, 2005, após a recuperação



Figura 26 – Área Recuperada (Petroflex 2005)

A Figura 27 é uma foto, tirada em 2003, de um terreno da Petroflex usado para enterrar resíduos químicos, a área fica perto de um manguezal e foi completamente degradada.



Figura 27 – Aterro Irregular (Petroflex 2003)

A Figura 28 apresenta uma fotografia tirada em 2005 mostra um grupo de agentes comunitários, trabalhando no replantio da vegetação natural da mesma área apresenta acima, após a remediação do solo.



Figura 28 – Agentes Comunitários (Petroflex 2005)

Terminado o trabalho de recuperação de áreas degradadas, iniciaram-se as atividades de redução da geração. O mapeamento do processo identificou às áreas geradoras de resíduos, o tipo de resíduo gerado, a periodicidade da geração e a quantidade gerada, que será apresentada no tópico 8 a seguir.

O mapeamento permitiu a criação de um banco de dados de projetos no qual foram classificados segundo o fluxo apresentado no manual de resíduos sólidos no Anexo 1

O projeto de redução de resíduos sólidos e líquidos na unidade de produção de Petrolatex da Petroflex, que será apresentado detalhadamente a seguir o subtópico 6.4, serviu de projeto piloto para demonstrar eficácia da Metodologia seis Sigma na redução da geração de resíduos sólidos.

#### **6.4 Projeto Piloto de Redução de Rejeitos da Unidade de Látex**

Para ilustrar a aplicação da metodologia na prática (como conceituado no capítulo 5 e seus subitens, dessa dissertação), esse item apresenta o projeto Seis

Sigma realizado na unidade de produção de Petrolatex da Petroflex, produto descrito no capítulo 3.

O projeto consumiu 4 meses de trabalho e reuniu uma equipe com 4 engenheiros e dois técnicos da área de produção.

#### 6.4.1 DEFININDO O PROBLEMA

A área de produção de Petrolatex perdia em média, anualmente, 4,02% de sua produção em forma de rejeito líquido e sólido, causando aumento de custo, redução de receita e impacto ambiental. Apesar, de todos os esforços registrados ao longo de 2007, não foi possível reduzir para níveis aceitáveis, os indicadores de perdas de eficiência na produção de Petrolatex

Esse projeto visa obter ganhos de produtividade, bem como, a redução de rejeitos, baseado nas indicações de eficiência e de análise DQO. Foram analisadas as oportunidades existentes, dentre elas, a possibilidade de melhorar, ainda mais, a imagem da empresa junto à comunidade, clientes e institutos públicos, pela redução continua dos impactos ambientais.

##### 6.4.1.1 Requisitos Críticos para o Cliente Petroflex

O cliente Petroflex exige perdas na produção de petrolatex de no máximo 1,5% do total produzido e índices de análise de Kg DQO/T produzida de no máximo 41,5kg por toneladas de Petrolatex produzidos.

Índices maiores que 1,5% do total produzido afetam significativamente os custos, causando perdas de produto final e matéria prima. Tornando, ainda, precárias as condições de tratamento de rejeitos, pois uma carga orgânica elevada na saída da unidade impossibilita atender a norma legal, que determina um valor máximo de DQO na saída da unidade. O efluente, com elevado teor de látex, tende a coagular ainda nas canaletas de rejeitos, provocando uma emergência ambiental,

devido ao bloqueio do fluxo normal do efluente dessa e das outras unidades de produção, podendo haver transbordamento para o solo e canaleta de águas pluviais.

#### 6.4.1.2 Mapa do processo da planta de Petrolatex

O mapa de processo da unidade de Petrolatex está representado na figura 29, nele é possível observar que as etapas de produção são quatro: a primeira é a etapa de Pré evaporação de latex diluido, nela o latex passa pelo primeiro evaporador de película (equipamento que possui a função de retirar água do latex, através do contato do latex com suas paredes aquecidas) elevando o teor de sólidos totais de 24% para 32%; a segunda etapa é da Aglomeração do latex oriundo da Pré evaporação (nessa etapa o latex é comprimido por um equipamento conhecido como homogenizador ou aglomerador, que comprimi diversas partículas do latex, originando partículas maiores aglomeradas); a terceira etapa é chamada de 1° evaporação, nela o latex aglomerado passa por um segundo evaporador de película e tem seu teor de sólidos totais elevado até 55%; e por fim a quarta e última etapa do processo, na qual o latex oriundo da primeira passagem, passa por um terceiro evaporador de película e tem seu teor de sólidos elevado até 69%

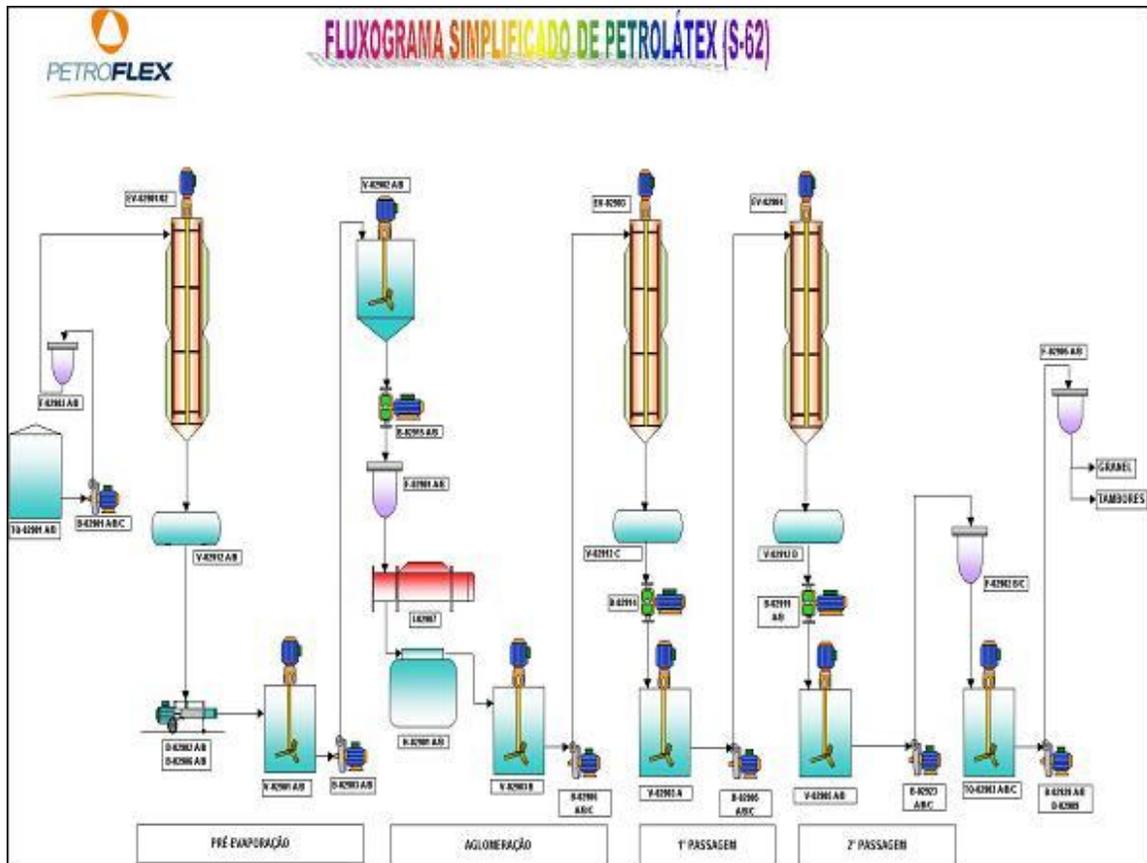


Figura 29 – Planta de Petrolatex (Petroflex, 2006)

#### 6.4.2 MEDINDO O PROBLEMA

A etapa Medir da metodologia DMAIC, conceituada na item 5.4.2 dessa dissertação, aplicada no projeto de redução de rejeitos da unidade de produção de petrolatex, teve por objetivo dimensionar a quantidade de produto perdido no processo e em quais as etapas do processo estavam estas perdas.

Analisar o sistema de medição existente, buscar todos os fatores que influenciam os resultados em cada etapa do processo e alimentar de dados consistentes a análise do problema é a principal tarefa nessa etapa.

#### 6.4.2.1 Análise do Sistema de Medição da unidade de petrolatex – MAS

O MSA, do sistema de medição do petrolatex, apontou não haver padronização na medição de inventário da unidade e que falhas nas medições realizadas no passado recente foram provocadas, tanto por mudança da pessoa que coletava os dados, entre os anos de 2003 a 2007, como na falta de um método único que permitisse comparar os resultados neste período.

Foram observados, que os aspectos citados acima, ocorriam por falta de dados substanciais, devido à pequena população amostral e pela utilização de instrumentos com a precisão e finalidades específicas diferentes, que presumidamente acarretavam distorções no inventário da planta.

O primeiro engenheiro utilizava os indicadores de níveis dos tanques da planta, para realizar o inventário mensal e comparava com as entradas de matéria primas e saídas de produtos finais descritos nos relatórios de turno.

O segundo engenheiro utilizava os indicadores de níveis dos tanques da planta, para realizar a medição de entrada da planta e para medir a saída de produto ele considerava a balança rodoviária, que media o peso das carretas de produto final.

Portanto, eram utilizados métodos e instrumentos de medições diferentes para um mesmo processo, mas o grave é que ambos utilizavam instrumentos diferentes para medir entrada e saídas do mesmo processo, sabendo-se que devesse utilizar sempre um mesmo instrumento para evitar que erros padrões dos instrumentos afetem o resultado final.

Foi identificado, também, que as perdas relatadas eram menores do que às evidenciadas ao longo dos últimos anos, provocando erros nas análises de custo do produto e no inventário de matéria prima que tornava o produto pouco competitivo no mercado.

### 6.4.2.2 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, representado pela Figura 30 contribuiu para entender os diversos fatores que afetam o processo de produção de petrolatex, utilizando o método de análise dos seis “M” (máquina, método, meio ambiente, mão de obra, materiais e medição) é possível reunir a equipe de projeto e buscar e discutir tudo que pode contribuir para o problema ocorrer e quais as causas mais prováveis.

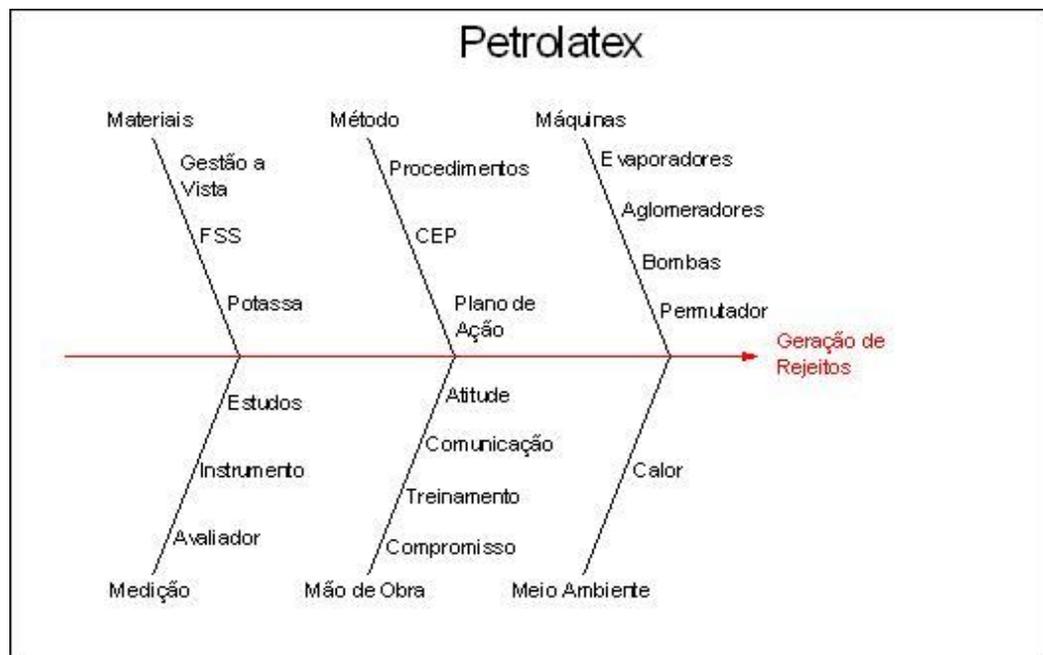


Figura 30– diagrama de causa e efeito (PETROFLEX, 2008)

### 6.4.2.3 Análise de Pareto

O Pareto do processo, Figura 31 identificou que as atividades de limpeza, filtração, carregamento e coleta de amostras contribuíam com mais de 80% do volume gerado de resíduos de Petrolatex.

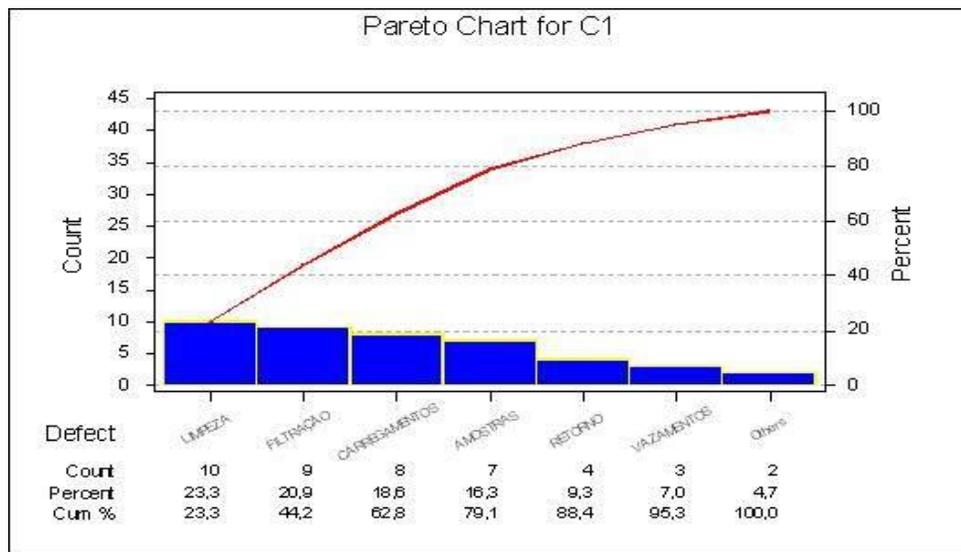


Figura 31– Pareto do projeto (PETROFLEX, 2008)

#### 6.4.2.4 Matriz de Causa e Efeito

A matriz de causa e efeito, representada na figura 4 relacionou os requisitos mais importantes para o cliente Petroflex para seu produto LatexS62 (uma das especificações do Petrolatex) e as entradas do processo de produção de petrolatex.

Os requisitos críticos apontados pelo o cliente Petroflex, foram respectivamente: rejeitos sólidos gerados na unidade, rejeitos líquidos gerados na unidade, DQO do efluente da unidade, viscosidade do produto final, teor de coágulos do produto final, o teor de sólidos do produto final e a quantidade de limpeza realizadas na planta (sabendo-se que a limpeza são atividades de alto risco, por serem realizadas com o uso de hidrojato, com pressões de água até 5.000 Kg).

As entradas do processo, definidas pela equipe de projeto, com as que mais poderiam influenciar os requisitos críticos para o cliente Petroflex foram, respectivamente: Lavagem dos equipamentos, o retorno de latex<sup>1</sup>, temperatura alta

<sup>1</sup> Fenômeno que ocorre quando por alguns fatores, impróprios ao processo de produção, provocam a saída de latex pela parte superior do evaporador de película, atingindo o sistema responsável pela manutenção do vácuo no processo, e surgem

ou baixa no interior do evaporador, coletas de amostras, carregamento de tambores e caminhões, vazamentos em filtros e bombas, vácuo do sistema, vazão do processo de filtração do produto final (atividade realizada para retirar coágulos e impurezas do produto final).

Conclui-se que a temperaturas dos evaporadores de película, equipamentos usados na evaporação da água contida no Latex e a vazão elevada, acima de 5 toneladas/hora para as peneiras vibratórias, equipamentos responsáveis pela filtração do Petrolatex, são os que mais contribuem para alcançar os requisitos importantes para o cliente.

Os volumes de rejeitos gerados, apresentados na mesma Figura 32, demonstraram que os resultados da matriz de causa e efeito é correta, pois os dados obtidos na matriz de causa e efeito apontam para as entradas do processo que geram o maior volume e listados na matriz.

---

quando ocorre: geração de espuma no latex em processo no evaporador de película, vácuo excessivo no sistema do evaporador, aumento brusco da pressão do equipamento, nível elevado de latex no interior do evaporador de película, entre outros motivos. Sempre que um retorno o processo precisa ser interrompido e todo o sistema deve ser limpo, o que provoca perda de produção e aumento da geração de rejeitos.

Matriz de Causas e Efeitos									
Avaliação de importância para o cliente									
		9	7	7	10	10	9	10	
		1	2	3	4	5	6	7	
Entradas do Processo		Viscosidade	Sólidos	Limpeza	Rejeitos Sól.	Rejeitos Líq.	Coágulos	DQO	Total
1	Lavagem	0	1	0	0	0	0	0	340
2	Retorno	0	0	0	0	0	0	7	313
3	Temperatura Alta	0	0	0	7	7	0	6	488
4	Temperatura Baixa	0	0	1	1	1	1	1	190
5	Vácuo	1	0	0	1	0	1	7	314
6	Vazão Alta de Filtração	0	0	0	0	0	0	0	414
7	Carregamento	0	0	0	0	0	0	0	333
8	Coleta de Amostras	0	0	0	0	0	0	0	333
9	Vazamentos	0	0	0	0	0	0	0	333

TABELA DE FREQUÊNCIA		
1	Lavagem	24 / Mês
2	Retorno	3 / Mês
3	Temperatura Alta	7 / Mês
4	Temperatura Baixa	52 / Mês
5	Vácuo Deficiente	12 / Mês
6	Vazão Alta de Filtração	16 / Mês
7	Carregamento	46 / Mês
8	Coleta de Amostras	2100 / Mês
9	Vazamentos (pequenos)	32 / Mês

VOLUMES GERADOS EM MÉDIA ( T )		
1	Lavagem	7,5
2	Retorno	3,5
3	Temperatura Alta	2
4	Temperatura Baixa	0
5	Vácuo Deficiente	1
6	Vazão Alta de Filtração	5
7	Carregamento	1,7
8	Coleta de Amostras	1,5
9	Vazamentos (pequenos)	0,5

Obs.: A tabela de frequência e de Volume gerado confirmam a matriz de causas e efeitos

Figura 32 – Matriz de Causa e Efeito (PETROFLEX, 2008)

#### 6.4.2.5 Desempenho Inicial

A partir dos dados históricos obtidos com os resultados do processo, armazenados no sistema computacional da área de produção e da engenharia de processo, foi realizada uma análise de desempenho inicial do projeto.

O desempenho foi medido em defeitos por unidade produzida – DPU, em defeitos por milhões de oportunidades - DPMO e convertidos ao nível sigma do processo. A Figura 33 apresenta as oportunidades de defeito por unidade, no total de set oportunidades encontradas e a Tabela 1 apresenta a medição do desempenho inicial do processo de produção de petrolatex desde 2001, constatando-se valores sigmas relativamente baixos.

<b>As oportunidades de defeitos, foram avaliadas e definidas :</b>
1- Excesso de escamas.
2- Excesso de descarte para uma coleta de amostra.
3- Limpeza de equipamentos.
4- Vazão de filtração alta.
5- Carregamento de tambor e container.
6- Vazamentos em geral.
7- Retornos ( retorno é a passagem indevida do latex pelo sistema de vácuo ).

Figura 33 – Definição das oportunidades de defeitos – DPU (PETROFLEX, 2008)

Tabela 3 – Nível sigma do processo de Petrolatex (PETROFLEX, 2008)

<b>DESPENHO INICIAL</b>				
<b>ANO</b>	<b>DPU</b>	<b>DPMO</b>	<b>SIGMA</b>	<b>RENDIMENTO</b>
<b>2001</b>	<b>0.08</b>	<b>11428</b>	<b>3,78</b>	<b>0.92</b>
<b>2004</b>	<b>0.062</b>	<b>8857</b>	<b>3,8</b>	<b>0.93</b>
<b>2005</b>	<b>0.02</b>	<b>2857</b>	<b>4,2</b>	<b>0.95</b>
<b>2006</b>	<b>0.02</b>	<b>2857</b>	<b>4,2</b>	<b>0.95</b>
<b>2007</b>	<b>0.03</b>	<b>4285</b>	<b>4,1</b>	<b>0.94</b>

#### 6.4.2.6 Mapa do Processo por Etapas

Nessa fase foi desenvolvido um fluxo simplificado de cada etapa das atividades do processo de produção de Petrolatex, visando o entendimento de cada passo macro necessário à realização das atividades identificadas como maiores geradoras de resíduos (Figura 34 coleta de amostras; Figura 35 limpeza de equipamentos e Figura 36 filtração do produto final).

Essa etapa foi construída com a participação dos técnicos da área, que contribuíram com a grande experiência que possuem, na tentativa de não se permitir que o desenho final ficasse comprometido com a complexidade do fluxograma de engenharia da área de produção.

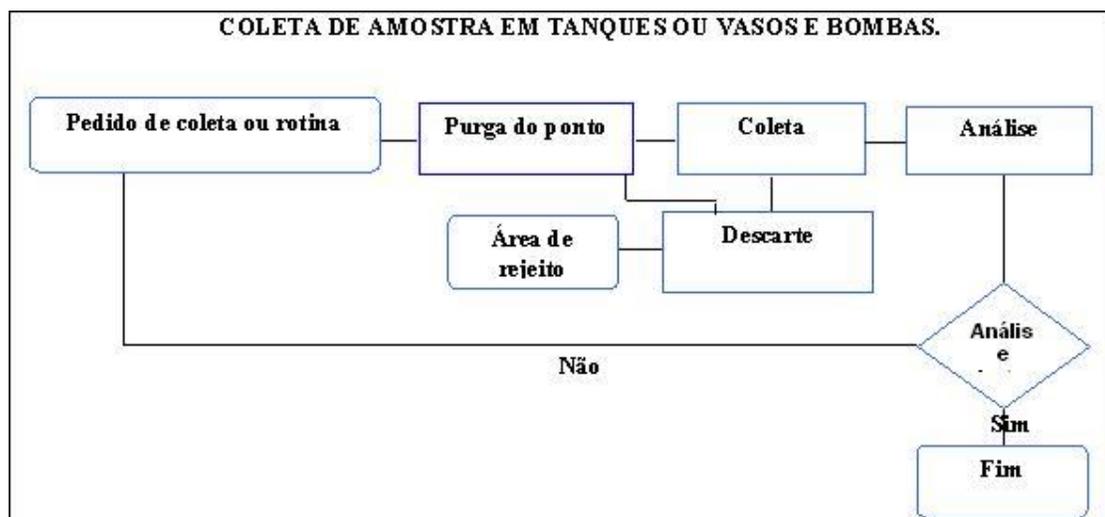


Figura 34– Mapa da atividade: Coleta de amostras (PETROFLEX, 2008)



Figura 35 – Mapa da atividade: Limpeza de equipamentos (PETROFLEX, 2008)

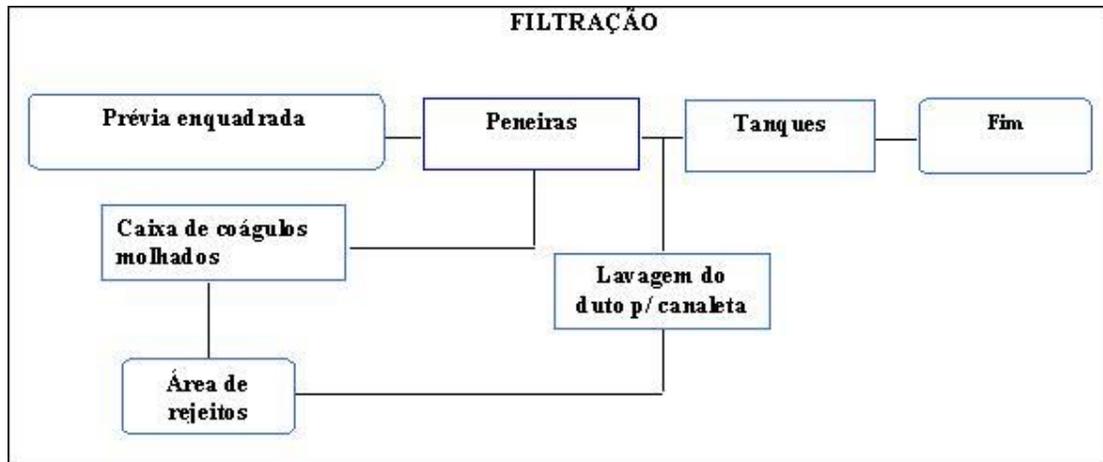


Figura 36 – Mapa da atividade: Filtração (PETROFLEX, 2008)

### 6.4.3 ANÁLISE DOS DADOS

A etapa Analisar da metodologia DMAIC, foi apresentada no item 5.4.3 dessa dissertação e foi aplicada na análise dos dados obtidos no processo de medição descrito no item anterior desse anexo.

Em estudos preliminares, baseados em dados obtidos do processo pelo plano de coleta de dados, verificou-se que temperaturas altas provocavam geração de escamas que aumentavam a quantidade de rejeitos sólidos.

Foi possível comprovar que as perdas em geral são proporcionais a produção, que somente em causas especiais, como o “retorno” (fluxo inverso do latex pelo evaporador de película, provocado pela queda de brusca do vácuo ou por nível elevado de latex no equipamento) e vazamento, é que impactam de forma não proporcional.

A correlação levou a equipe de trabalho a identificar novas oportunidades de melhorias, mas em contrapartida, foi consenso que seria melhor, dentro desse projeto, trabalhar para mitigar os efeitos, deixando a atuação sobre as causas para serem tratadas em outros DMAIC. Exceções feitas, a vazamentos, carregamentos, controle de temperatura dos evaporadores e controle da vazão de filtração, que sofreram ajustes nas causas raiz.

#### 6.4.3.1 Declaração do Problema

A análise dos dados indicam que com temperaturas acima de 108°C na camisa dos evaporadores aumentam a geração de coágulos e de escamas, que irão impactar na quantidade de rejeito sólido e líquido na filtração, bem como na necessidade de abertura dos equipamentos para limpeza.

A filtração realizada com vazões acima de 4 Toneladas por hora, gera perdas de látex, devido à incapacidade do sistema de filtração – composto de duas peneiras vibratórias – retirarem coágulos secos da massa filtrada, bem como, o teor de coágulo no produto final ser afetado negativamente.

Baseado nos dados obtidos, através da medição da quantidade residual de látex nos equipamentos, entregue para a manutenção, a limpeza, de equipamentos, gera rejeitos acima do tolerável, pois os equipamentos são tirados de operação com produto de teor de sólidos elevados.

A operação de carregamento de tambores e caminhões, em virtude de sua especificidade, provoca impacto ambiental e perda de receitas – produto final – como é indicado no balanço material que será apresentado.

Os vazamentos geram pequenas perdas, mas devem ser atacados, pois são causas de aumento de DQO na carga de rejeito da unidade.

Na análise do mapa do processo das atividades, representados nas Figuras 34, 35 e 36 do subitem anterior, foram avaliados os pontos críticos e constatado que poderiam ser resumidos, neste relatório, a um único mapa de orientação, já que eles são analiticamente iguais, Figura 37.

A pressão na camisa de aquecimento do evaporador precisa ser controlada de forma mais eficaz, mantendo limites de controle entre (-0,4 a -0,8 kgf/cm<sup>2</sup>), essa faixa de controle permite uma melhor troca térmica no evaporador de película.

O terceiro evaporador (EV-20903) apresenta um melhor desempenho de campanha de trabalho, até 6 dias sem precisar de limpeza interna. Análises de inspeção não destrutivas indicaram que este equipamento possui as paredes internas polidas e com menos porosidade do que os seus pares na mesma unidade.

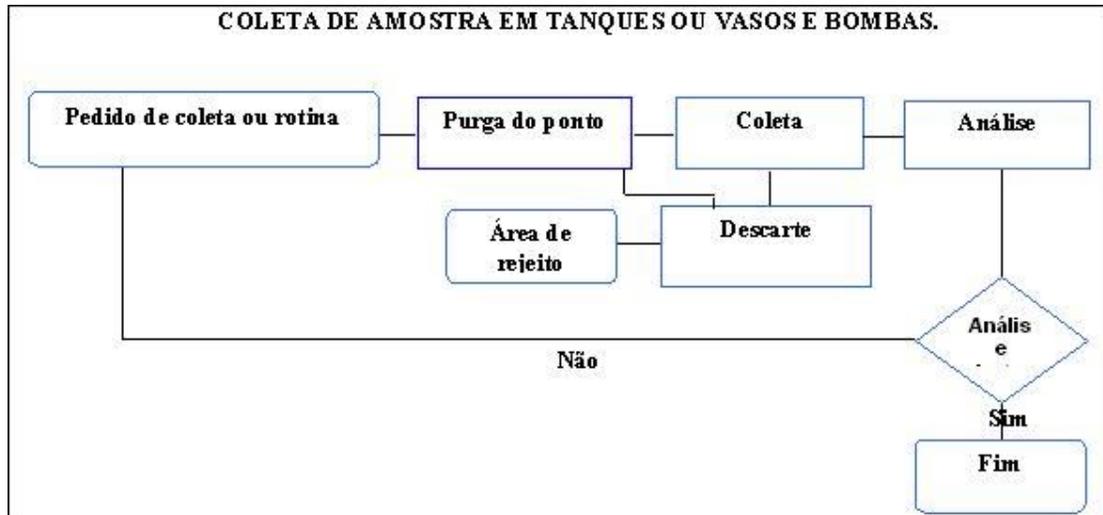


Figura 37 – Pontos críticos das atividades (PETROFLEX, 2008)

#### 6.4.3.2 Delineamento de Experimentos – DOE

Essa etapa do projeto foi utilizada três fatores:

- ✓ Temperatura da camisa do evaporador;
- ✓ Pressão da camisa do evaporador;
- ✓ Vazão de alimentação de latex para o evaporador.

Três dos sete evaporadores existentes na unidade produções de petrolatex foram utilizadas no experimento, que operaram com teor de sólidos totais do latex com três valores diferentes:

- ✓ Limite inferior da especificação;
- ✓ Limite superior da especificação;
- ✓ Média da especificação, para cada etapa do processo.

O DOE, para os evaporadores de películas, mostrou que trabalhando com temperatura de 108°C e pressão de vapor negativa na camisa, melhora o rendimento do equipamento em 40%, aumentando em 50% o intervalo entre limpezas dos equipamentos.

Outro fator importante ao desempenho do evaporador é a rotação do rotor. O giro deste equipamento é importante para uma melhor troca térmica, o DOE apontou uma tendência ao nominal do próprio equipamento, recomendado pelo fabricante.

Para melhor desempenho do equipamento o teor de sólidos totais do latex utilizado em cada fase do processo deve ser o mais próximo possível dos limites superiores de especificação, sendo: 29% para a etapa de pré-evaporação; 40% para a etapa de 1º passagem e de 52% para etapa de 2º passagem.

#### 6.4.4 MELHORANDO O PROCESSO

A etapa Melhorar, da metodologia DMAIC, foi conceituada no subitem 5.4.4, nela busca-se as melhores soluções técnicas e econômicas para viabilizar as mudanças necessárias ao processo.

Nesta etapa a equipe de projeto preparou um plano de ação que constava entre outras, as seguintes melhorias:

- ✓ Elaboração de novos procedimentos operacionais;
- ✓ Plano de treinamento dos operadores e engenheiros;
- ✓ Polimentos dos evaporadores;
- ✓ Elaboração de novo plano de manutenção preventiva do sistema de vácuo, que inclui o micro jateamento dos bicos injetores dos ejetores;
- ✓ Substituição dos purgadores das camisas de aquecimento dos evaporadores para permitir atingir pressões negativas;
- ✓ Trocar válvulas de superaquecimento de vapor para aquecimento das camisas, permitindo controlar a temperatura em 108°C;
- ✓ Instalação de sistema de recirculação das bombas de fundo dos evaporadores;
- ✓ Alarmes de vazões para as peneiras vibratórias e automação do processo;
- ✓ A transformação do **Sump** (equipamento decantador de efluentes da área) em tanque de reprocesso, reduzindo a quantidade efluente direcionados para a área de tratamento de rejeitos;
- ✓ Automatização do sistema de carregamento de tambores e caminhões;

- ✓ Montagem de sistema de lavagem de equipamentos, permitindo reduzir o teor de sólidos no látex dentro dos equipamentos liberados para manutenção;
- ✓ Instalação de radares de nível nos vasos de fundo dos evaporadores.

As melhorias foram implementadas e os resultados foram detalhados no subitem 6, demonstração de resultados.

#### 6.4.5 CONTROLAR

Para cumprir a etapa conceituada no subitem 5.4.5 dessa dissertação foram praticadas as seguintes medidas:

- ✓ Limitador de rotação e vazão das bombas de alimentação dos evaporadores;
- ✓ Limitador de rotação e de vazão das bombas de alimentação do sistema de filtração de produto final;
- ✓ Implementação de novo controle estatístico do processo – CEP;
- ✓ Comando de parada dos evaporadores, quando houver oscilações bruscas de temperatura, pressão ou vazão de alimentação.

#### 6.4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA UNIDADE DE PETROLATEX

O gráfico representado pela Figura 38 exibe uma queda na carga orgânica da área de produção de petrolatex se comparado com a meta para 2008 e 2009, sabendo-se, que a meta é relacionada com a programação de produção, sendo, portanto, uma média móvel. Isso ocorreu por influência direta do projeto Seis Sigma realizado na planta, que concluiu que a meta fixa não justificava as variações de cargas orgânicas e escondia a real eficiência do processo .

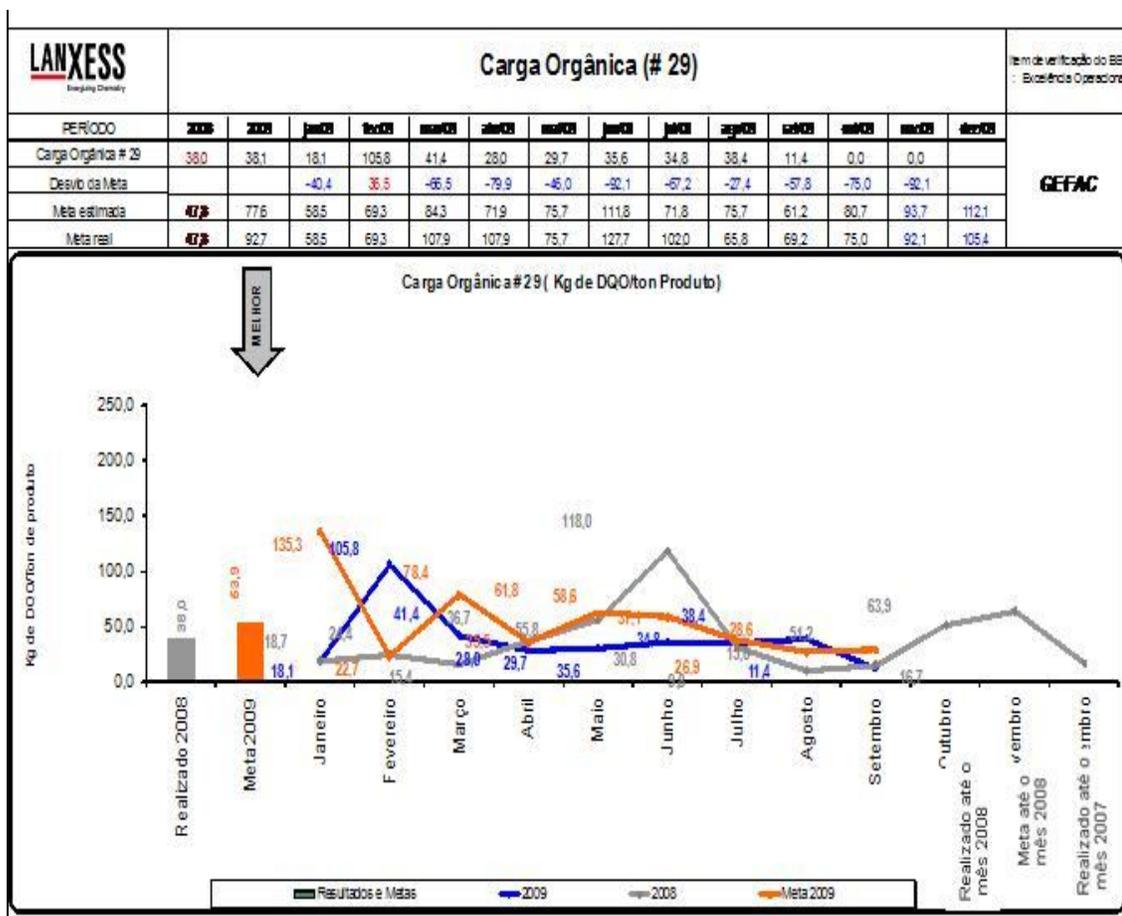


Figura 38 – Gráfico de carga orgânica (PETROFLEX, 2009)

Em 2008, a produção da planta foi atípica devido à crise econômica mundial. Por quase todo segundo semestre, não foi produzido o que estava programado, ficando inclusive com a unidade de produção parada por diversos dias em cada mês. Isso afetou a geração de rejeitos, provocando sua redução.

Em outubro de 2009 foi interrompida a produção de petrolatex e a unidade ficou em hibernação até janeiro deste ano 2010, quando retornou a produção com apenas 4 evaporadores em operação, cerca de 60% da sua capacidade.

## 7.0 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentadas a seguir, representam a geração de resíduos sólidos na fábrica da Petroflex em Duque de Caxias – RJ. Nas quais são apresentados o mês, o local da geração, o tipo e a quantidade de resíduos sólidos gerados divididos pela produção do mês. Na Tabela 4 há os dados históricos recuperados e tabulados, que serviu de exibição de resultados, mas não é possível fazer conclusões, por não haver relatórios de eventos ocorridos no mesmo período

Tabela 4 – Geração de Resíduos 2006 (PETROFLEX, 2008)

Geração de resíduos 2006							Geração Mensal Total (Kg)
Mês	Estação	Coágulo	Pop Corn	Borracha	Produção	Kg Resíduos/ton prod	
Janeiro	ET 01	3770	0	7170	9171	1,2	33905
	ET 02	4260	9830	3300	8590	2,0	
	ET 03	2150	1425	2000	1305	4,3	
Fevereiro	ET 01	1210	0	440	9300	0,2	8410
	ET 02	730	1180	0	8249	0,2	
	ET 03	310	1740	2800	1202	4,0	
Março	ET 01	3430	0	1850	13175	0,4	19900
	ET 02	5840	1890	1640	13110	0,7	
	ET 03	840	1910	2500	1533	3,4	
Abril	ET 01	12290	0	1600	13069	1,1	61400
	ET 02	14540	20580	520	12148	2,9	
	ET 03	7180	1620	3070	1361	8,7	
Maio	ET 01	8825	0	6500	13453	1,1	42510
	ET 02	4118	800	2000	12857	0,5	
	ET 03	5687	1880	12700	1440	14,1	
Junho	ET 01	9540	0	15957	11394	2,2	93127
	ET 02	7350	18520	2000	9933	2,8	
	ET 03	15320	1780	22660	1753	22,7	
Julho	ET 01	6350	0	6469	13974	0,9	58020
	ET 02	8462	6120	1640	12084	1,3	
	ET 03	5994	965	22020	1024	28,3	
Agosto	ET 01	6480	0	7995	12227	1,2	71755
	ET 02	4540	15920	3600	11379	2,1	
	ET 03	1300	1875	30045	1663	20,0	
Setembro	ET 01	6560	0	8159	11577	1,3	57339
	ET 02	3810	12150	1500	10470	1,7	
	ET 03	19230	1230	4700	1405	17,9	
Outubro	ET 01	7330	0	800	13779	0,6	41860
	ET 02	5560	9750	2000	13692	1,3	
	ET 03	8790	1230	6400	1368	12,0	
Novembro	ET 01	6970	0	2100	14570	0,6	61642
	ET 02	5020	7000	12676	12428	2,0	
	ET 03	9100	1210	17566	1409	19,8	
Dezembro	ET 01	4830	0	6630	10433	1,1	38108
	ET 02	6172	5520	300	9564	1,3	
	ET 03	4776	1420	8460	1568	9,3	

Média

48998

Soma

587976

Podemos observar que em 2006 a geração total foi de 587.976 Kg de resíduos e uma média mensal de 48.998 Kg.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da geração de resíduos do ano de 2007.

Tabela 5 – Geração de Resíduos 2007 (PETROFLEX, 2008)

Geração de resíduos 2007							
Mês	Estação	Coágulo	Pop Corn	Borracha	Produção	Kg Resíduos/ton prod	Geração Mensal Total (Kg)
Janeiro	ET 01	7480	0	2640	8916	1,1	40461
	ET 02	8550	4900	3000	6971	2,4	
	ET 03	4301	1240	8350	1150	12,1	
Fevereiro	ET 01	2382	0	8423	7154	1,5	49772
	ET 02	1602	13000	4000	8720	2,1	
	ET 03	9195	2470	8700	756	26,9	
Março	ET 01	7410	0	8320	13788	1,1	68720
	ET 02	7340	29860	0	13598	2,7	
	ET 03	12460	1600	1730	1652	9,6	
Abril	ET 01	9080	0	0	14191	0,6	84440
	ET 02	17090	31950	4200	14533	3,7	
	ET 03	12830	1790	7500	1430	15,5	
Maio	ET 01	12540	0	1650	13839	1,0	73330
	ET 02	13670	9350	11100	13667	2,5	
	ET 03	10410	2320	12290	1882	13,3	
Junho	ET 01	7722	0	1480	10687	0,9	62719
	ET 02	6949	24070	4650	8406	4,2	
	ET 03	9088	2120	6640	1074	16,6	
Julho	ET 01	10180	0	28750	13467	2,9	134650
	ET 02	6260	28170	4500	13197	2,9	
	ET 03	35020	3590	18180	1419,5	40,0	
Agosto	ET 01	6450	0	5684	12672	1,0	45664
	ET 02	3700	17820	1800	12551	1,9	
	ET 03	6140	990	3080	1810	5,6	
Setembro	ET 01	2258	0	4300	11592	0,6	44702
	ET 02	2339	21730	2300	11042	2,4	
	ET 03	4065	6030	1680	1681	7,0	
Outubro	ET 01	3792	0	3860	13148	0,6	35654
	ET 02	3772	9510	730	12922	1,1	
	ET 03	4810	1750	7430	1773	7,9	
Novembro	ET 01	4651	0	2123	13142	0,5	53898
	ET 02	0	28000	6029	12800	2,7	
	ET 03	5655	2540	4900	1022	12,8	
Dezembro	ET 01	4140	0	4010	14897	0,5	28625
	ET 02	2227	6440	0	13348	0,6	
	ET 03	6289	2580	2940	1386	8,5	
<b>Média</b>							60220
<b>Soma</b>							722636

É possível observar um aumento significativo na geração de resíduos no ano de 2007 e a justificativa é o descontrole no processo de produção de petrolatex, que aparece na tabela identificada como (ET-03), que aumentou significativamente.

A Tabela 6 representa os resultados apurados no ano de 2008.

Tabela 6 - Geração de Resíduos 2008 (PETROFLEX, 2009)

Geração de resíduos 2008							Geração Mensal Total (Kg)
Mês	Estação	Coágulo	Pop Corn	Borracha	Produção	Kg Resíduos/ton prod	
Janeiro	ET 01	5109	0	16849	13743	2,6	57839
	ET 02	7722	23990	0	11303	3,8	
	ET 03	939	1090	2140	1310	4,2	
Fevereiro	ET 01	7141	0	5769	11549	1,1	35110
	ET 02	3835	15020	0	13492	1,4	
	ET 03	1546	590	1210	988	3,4	
Março	ET 01	5467	0	5600	15356	1,7	38448
	ET 02	5711	12400	6400	12323	3,0	
	ET 03	949	400	1520	1311	3,2	
Abril	ET 01	6641	0	0	12347	1,5	33440
	ET 02	4071	13900	0	11044	2,6	
	ET 03	3147	2800	2880	1662	6,3	
Maio	ET 01	6813	0	5629	13130	0,9	42142
	ET 02	5706	18100	1500	11591	3,2	
	ET 03	3044	450	900	1041	5,2	
Junho	ET 01	3084	0	5087	12786	1,6	30137
	ET 02	2261	12800	4000	12180	2,6	
	ET 03	1105	600	1200	739	4,9	
Julho	ET 01	7425	1800	2910	11567	2,0	29003
	ET 02	6157	7700	0	11520	2,2	
	ET 03	2011	300	700	646	5,7	
Agosto	ET 01	495	0	3200	11766	1,3	22560
	ET 02	13026	3770	0	12060	2,4	
	ET 03	339	0	1730	1020	3,0	
Setembro	ET 01	1473	0	1813	12491	0,3	19863
	ET 02	10749	5450	0	12110	2,3	
	ET 03	378	0	0	644	0,6	
Outubro	ET 01	4690	600	7486	11159	1,1	27710
	ET 02	2855	3450	900	9588	1,8	
	ET 03	1815	0	5914	551	14,0	
Novembro	ET 01	17400	0	3426	8520	3,4	36988
	ET 02	6177	1500	2970	8935	2,2	
	ET 03	3828	987	700	326	17,9	
Dezembro	ET 01	4208	0	480	11373	1,4	11905
	ET 02	2427	3800	0	11420	1,5	
	ET 03	190	800	0	182	6,4	
<b>Média</b>							<b>32095</b>
<b>Soma</b>							<b>385144</b>

Observando a tabela 6 verificamos uma queda expressiva na geração de resíduos, principalmente na unidade de produção de petrolatex, resultado do projeto

Seis Sigma realizado na unidade e que será apresentado no anexo 1 desta dissertação.

Na Tabela 7 que representa a geração de resíduos em 2009, há a parada da produção da unidade de petrolatex no mês de outubro e o reflexo da mudança de portfólio da fábrica de Caxias.

Tabela 7 - Geração de Resíduos 2009 (PETROFLEX, 2010)

Geração de resíduos 2009							Geração Mensal Total (Kg)
Mês	Estação	Coágulo	Pop Corn	Borracha	Produção	Kg Resíduos/ton prod	
Janeiro	ET 01	9800	0	9574	4262	5,5	
	ET 02	2887	3250	0	2236	3,7	
	ET 03	1155	0	0	170	7,8	26666
Fevereiro	ET 01	879	0	1600	1564	2,6	
	ET 02	188	12600	0	1226	11,4	
	ET 03	1407	0	900	161	15,3	17575
Março	ET 01	5197	0	500	7094	1,8	
	ET 02	2582	4000	400	6643	2,1	
	ET 03	861	0	300	198	6,9	13840
Abril	ET 01	7890	0	1600	5800	2,6	
	ET 02	9589	6520	520	3053	6,4	
	ET 03	3825	1620	3070	620	14,7	34634
Maio	ET 01	8825	0	6500	6822	2,2	
	ET 02	8462	6120	1640	5405	4,0	
	ET 03	5994	0	1250	708	11,2	38791
Junho	ET 01	2258	0	4300	8400	1,8	
	ET 02	2339	21730	2300	7450	4,5	
	ET 03	4065	6030	1680	505	24,3	44702
Julho	ET 01	3430	0	1850	8502	1,6	
	ET 02	0	28000	5029	5534	7,0	
	ET 03	4200	2540	4900	617	19,9	49949
Agosto	ET 01	4140	0	4010	7820	2,0	
	ET 02	5560	9750	2000	13692	2,3	
	ET 03	3805	0	6400	1368	8,5	35665
Setembro	ET 01	6850	1800	2910	8328	1,4	
	ET 02	691	7700	0	8450	2,0	
	ET 03	2002	300	700	504	14,8	30413
Outubro	ET 01	1530	1230	4700	8206	1,0	
	ET 02	7330	0	800	7451	2,1	
	ET 03	0	0	0	0	#DIV/0!	8130
Novembro	ET 01	6813	0	5629	9022	2,4	
	ET 02	5706	8982	1500	8679	2,9	
	ET 03	0	0	0	0	#DIV/0!	28629
Dezembro	ET 01	7425	1800	2910	11567	1,0	
	ET 02	6157	7700	0	11520	1,2	
	ET 03	0	0	0	0	#DIV/0!	25992
<b>Média</b>							29582
<b>Soma</b>							354985

Em 2009, os valores consolidados apontam uma tendência de queda, mas não podemos informar ainda, que haja influência do gerenciamento sobre os resultados, pois desde janeiro de 2009, ocorrem mudanças na carteira de produtos da fábrica de Caxias, de maneira significativa. Sabe-se, que dependendo do tipo de produto a ser produzido, há mudanças nas quantidades de resíduos gerados.

Outro fator que influenciou positivamente nos resultados foi gerenciamento dos resíduos sólidos baseado em um novo modelo de gestão que foi a terceirização dos serviços de destinação dos resíduos sólidos, reduzindo custos em todas as etapas do processo e permitindo a empresa focar na melhoria contínua.

Tudo isso só foi possível com desenvolvimento de uma padronização do manuseio, estocagem, transporte e destinação dos resíduos sólidos gerados. A criação do manual de gestão de resíduos foi muito importante para permitir alcançar essa maneira contínua de tratar adequadamente e estritamente dentro dos requisitos legais exigidos.

### **7.1 Manual de Gestão de Resíduos Sólidos**

Visando manter a padronização e a busca da melhoria contínua foi desenvolvido um Manual de Gestão de Resíduos Sólidos. O Manual apresentado as seguir é uma peça virtuosa e um compromisso sério que demonstra querer evitar danos ao meio ambiente e riscos a saúde dos trabalhadores envolvidos nas diversas atividades de destinação dos resíduos. Ele permitiu a padronização das ações de acordo com a legislação ambientais e com as exigências dos padrões de qualidade da empresa.

O Manual permitiu também a terceirização dos diversos serviços na gestão dos resíduos (limpeza, manejo, armazenagem, transporte, destinação, controle de saída, etc.), que foram transferidos a uma empresa de gestão, permitindo a redução de custos e principalmente a liberação de funcionários para fazer a gestão ambiental da empresa que é o objetivo maior de todo setor ambiental baseado nas melhores práticas existentes.

Houve também a importante contribuição na organização do pátio de resíduos, reduzindo os riscos de acidentes na armazenagem dos diversos tipos de

resíduos da empresa devido a implementação de um eficaz fluxo de classificação dos resíduos e também na quantificação da geração de resíduos gerando um eficiente inventário de resíduos sólidos.

#### 7.1.1 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS.

O projeto desenvolvido introduzirá dentro do contexto industrial um procedimento que irá orientar a corporação. O procedimento tem por objetivo estabelecer os critérios básicos para o gerenciamento de resíduos industriais, ou seja, para coleta, segregação, classificação, manuseio, acondicionamento, armazenamento temporário, transporte, tratamento e disposição final desses resíduos, de modo a proteger a saúde humana e o meio ambiente.

Este procedimento se aplica aos resíduos gerados nas plantas industriais, inclusive os de construção civil, exceto os resíduos de saúde.

#### 7.1.2 DEFINIÇÃO

Para os propósitos deste procedimento são adotadas as definições:

**Armazenamento Temporário ou Pátio de Resíduos:** Estocagem temporária de resíduos para reuso, reciclagem, recuperação, tratamento ou disposição final adequada.

**Caracterização:** Identificação das propriedades físico-químicas dos resíduos, com o objetivo de segregar, classificar, acondicionar, manusear, transportar, armazenar, tratar e dispor.

**Borra Oleosa:** Resíduo oleoso no estado líquido, semi-sólido ou sólido, que pode ou não conter sólidos grosseiros como carepa de ferrugem, areia, terra e outros.

**Carepa:** Resíduos originados de tratamentos mecânicos de superfícies, compostos de materiais oxidados e compostos de tintas.

**Classificação:** A classificação do resíduo deve ser feita de acordo com a norma ABNT NBR 10004 e tem por objetivo definir o nível de periculosidade do resíduo para a saúde e o meio ambiente.

**Disposição Final:** Disposição ou destino definitivo dos resíduos de forma adequada, atendendo a legislação e normas específicas.

**Minimização:** Consiste no desenvolvimento de ações, que promovam a redução de desperdícios, a conservação de recursos naturais, a redução ou eliminação de substâncias tóxicas (presentes em matérias-primas ou produtos auxiliares), a redução da quantidade de resíduos gerados por processos e produtos e, conseqüentemente, a redução de poluentes lançados para o ar, solo e águas.

**MTR:** Manifesto para Transporte de Resíduos

**MRI:** Manifesto de Resíduos Industriais

**MR:** Manifesto de Resíduos

**Óleo lubrificante usado ou contaminado:** Óleo lubrificante que, em decorrência do seu uso normal ou por motivo de contaminação, tenha se tornado inadequado à sua finalidade original.

**Órgão Ambiental Competente:** são os órgãos de cada um dos três estados da federação dotados do atributo de regulamentar e fiscalizar as matérias ambientais. No Rio de Janeiro a competência é atribuída ao INEA, Instituto Estadual do Meio Ambiente (ex-FEEMA); em Pernambuco, ao CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos; e, no Rio Grande do Sul, a FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental. Em nível federal a Competência é do CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, que é o órgão consultivo e deliberativo do

Sistema Nacional do Meio Ambiente -SISNAMA, instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90.

**Palete (“Pallet”):** Plataforma sobre o qual se empilham cargas a fim de armazenar ou movimentar em bloco grande quantidade de material.

**Reciclagem:** Processo em que o resíduo é coletado, reprocessado ou remanufaturado.

**Recuperação:** Reaproveitamento de resíduos ou de alguns dos seus componentes como insumo de outros processos para uso posterior ou comercialização.

**Resíduos:** Materiais decorrentes de atividades antrópicas, gerados como sobra de processos ou atividades e que não possam ser utilizados com a finalidade para as quais foram originalmente produzidos.

**Resíduo Oleoso:** Resíduo constituído principalmente pela mistura de óleo, borracha, eventualmente outros sólidos e água.

**Resíduo Oleoso Associado ou Resíduo Contaminado com Óleo:** Resíduo oleoso constituído normalmente de sólidos contaminados com óleo, tais como: sucata metálica, madeira, palha, estopa e trapos, restos de vegetação, pedras e cascalhos, serragem e absorventes, embalagens e outros.

**Resíduos Sólidos Industriais:** Todos os resíduos sólidos gerados nas atividades industriais, incluídos os gerados em casos de poluição acidental, como também os resíduos perigosos gerados nas atividades administrativas. Ficam excluídos todos os resíduos sólidos gerados nos serviços de saúde e os resíduos sólidos não perigosos gerados nas atividades administrativas.

**Reuso ou Reutilização:** Uso de um produto, material ou resíduo mais de uma vez na sua forma original e para o mesmo propósito.

**Segregação:** Separação e triagem dos resíduos, segundo suas características, para evitar a contaminação de outros materiais, reduzir riscos e facilitar o acondicionamento, manuseio, transporte, armazenamento temporário, tratamento e disposição final.

### 7.1.3 RESPONSABILIDADE

A Gerencia corporativa de uma industria deve ser responsável pela implantação, manutenção e aprovação do procedimento adotado.

A Gerência é responsável por prover os recursos necessários para o cumprimento deste procedimento, incluindo o treinamento de pessoal e a manutenção de procedimento para atender as exigências e especificidades locais, incluindo dos órgãos ambientais estaduais.

### 7.1.4 DETALHAMENTO

Os próximos tópicos irão detalhar as condições gerais e específicas do gerenciamento do resíduo sólido da Petroflex.

#### 7.1.4.1 Condições Gerais

Condições gerais são todas as disposições exigidas por Lei, sendo ações comuns a serem adotadas por todas as unidades da Petroflex.

#### 7.1.4.2 Inventário dos Resíduos

Todas as indústrias devem executar anualmente o inventário físico dos resíduos sólidos estocados e manter sua atualização, de acordo com Tabela 8 de uniformização dos itens para resíduos, sucatas e subprodutos, bem como as demais informações relacionadas à geração, transporte, tratamento, disposição final e demais informações solicitadas pelo sistema, que devem ser criados na Intranet de empresa.

Tabela 08, de uniformização dos itens para resíduos, sucatas e subprodutos. Exemplo criado para LANXESS Elastômeros do Brasil.

Item (SAP)	Natureza da Operação: Venda (V) Doação (D) Destinação (DF)	Unidade Geradora	Classe (NBR 10004) Classificação do item	Acondicionamento: Granel Bombona Tambor Tanque Big-bags Sacos Vidro	Classificação Petroflex: Resíduo Sucata Subproduto	Descrição do Item (SAP)	Material alocado
VCH	V DF	Caxias	1	Tanque	Subproduto	Subproduto da Unidade de PBLH	VCH - Vinil Ciclo Hexeno
Resíduo de Estireno	DF	Caxias Cabo Triunfo	1 ou 2A	Granel Tambor	Resíduo	Material com alto teor de polímero de estireno	Estireno polimerizado, estireno sólido, estireno contaminado
Lodo da ETRI	DF	Caxias Triunfo	1 2A	Granel	Resíduo	Lodo de Estação de Tratamento de Efluentes	Lodo da ETRI (primário, secundário e terciário)
Resíduo de Borracha	V DF	Caxias Cabo Triunfo	1 2A	Granel	Sucata Resíduo	Material com alto teor de elastômeros	Borracha Residual borracha de sororoca, popcorn, gel e filtros contaminados com borracha
Lixo comum	DF	Caxias Cabo Triunfo	2B	Granel	Resíduo	Material comum	Lixo comum de toda a Fábrica
Resíduo de papel e papelão	V D	Caxias Cabo Triunfo	2B	Granel	Sucata	Material de papel e papelão	Papel e papelão usados
Resíduos de Minerais não Metálicos	V DF	Caxias Cabo Triunfo	1 2A 2B	Granel	Sucata Resíduo	Material mineral não metálico	Vidros, silicato de cálcio, lã de vidro, vidraria de laboratório, lâmpadas fluorescentes, alumina, etc..

Resíduo de Plástico	V D DF	Caxias Cabo Triunfo	2B	Granel	Sucata Resíduo	Material plástico	Plásticos usados, contaminados ou não (exceto embalagens plásticas)
Embalagens Plásticas	V	Caxias Cabo Triunfo	12A2B	Granel	Sucata	Material plástico( embalagem usada)	Containers e bombonas contaminados ou lavados
Resíduo de Madeira	DF	Caxias Cabo Triunfo	12A2B	Granel	Resíduo	Material de madeira	Pallets sem recuperação e resíduos de madeira contaminados ou não
Sucata Metálica	V	Caxias Cabo Triunfo	1 2A 2B	Granel	Sucata	Material metálico	Tambores, latas de tinta e outros resíduos metálicos contaminados ou não
Óleos Usados	V D	Caxias Cabo Triunfo	1	Tanque Tambor	Sucata Resíduo	Óleos usados	Óleo lubrificante, óleo combustível, óleo de cozinha usados
Borra Oleosa	DF	Caxias Cabo Triunfo	1	Granel	Resíduo	Material oleoso	Material oleoso ou contaminado com óleo
Resíduo de Obra	DF	Caxias Cabo Triunfo	2B	Granel	Resíduo	Entulho de obra	Concreto, alvenaria, refratários, material cerâmico, telhas etc...
Lodo de fossas sépticas	DF	Caxias Cabo	2A	Granel	Resíduo	Lodo doméstico	Material proveniente de limpeza de fossas sépticas
Lâmpadas Usadas	DF	Caxias Cabo Triunfo	1 2A	Granel	Resíduo	Lâmpadas usadas	Lâmpadas comuns, fluorescentes e de Hg queimadas.

#### 7.1.4.3 Local de Armazenamento Temporário ou Pátio de Resíduos

Deve ser projetado, construído, operado e mantido, de modo a evitar e controlar a ocorrência de fogo, explosão ou de qualquer liberação de contaminantes para água, ar ou solo, conforme as normas ABNT NBR 11174 e NBR 12235 e contemplar:

- Equipamentos fixos ou móveis para o combate a incêndio. Devem ser previstas facilidades de comunicação e iluminação, para o caso de situações de emergência.
- As hipóteses acidentais relativas a resíduos, compreendendo o acondicionamento, a coleta, o transporte, o armazenamento e a disposição final no Plano de emergência do site .

Deve ser identificado, sinalizado e protegido, a fim de impedir a entrada de pessoas não autorizadas e a proliferação de vetores.

Recomenda-se, que sejam previstos poços de monitoramento para coleta de amostras de águas subterrâneas, para verificação de possível contaminação.

Deve ser em área ventilada, com piso impermeabilizado e dotada de sistema de contenção e drenagem. Com caixa coletora e águas pluviais e bomba de transferência para área de tratamento de efluentes.

Deve ser dotada de meios que permitam o acesso de equipamentos de transporte e para a movimentação e manuseio seguro do resíduo.

No caso de destinação dos resíduos para um estado ou município onde não tenham sido gerados, deve ser previamente obtida a autorização dos órgãos ambientais competentes.

O pessoal envolvido no manuseio de resíduos deve ser previamente treinado, com o objetivo de prevenir o risco que o resíduo representa à saúde humana e ao meio ambiente.

#### 7.1.5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

São todas as ações adotadas pela Petroflex, utilizando soluções próprias, para atender a uma legislação ou uma atitude por iniciativa própria.

### 7.1.5.1 Hierarquia / Benefícios das diferentes soluções relacionadas à geração

A Figura 39 representa às vantagens relativas de cada solução adotada, orientando ao gestor a melhor alternativa para cada caso específico.

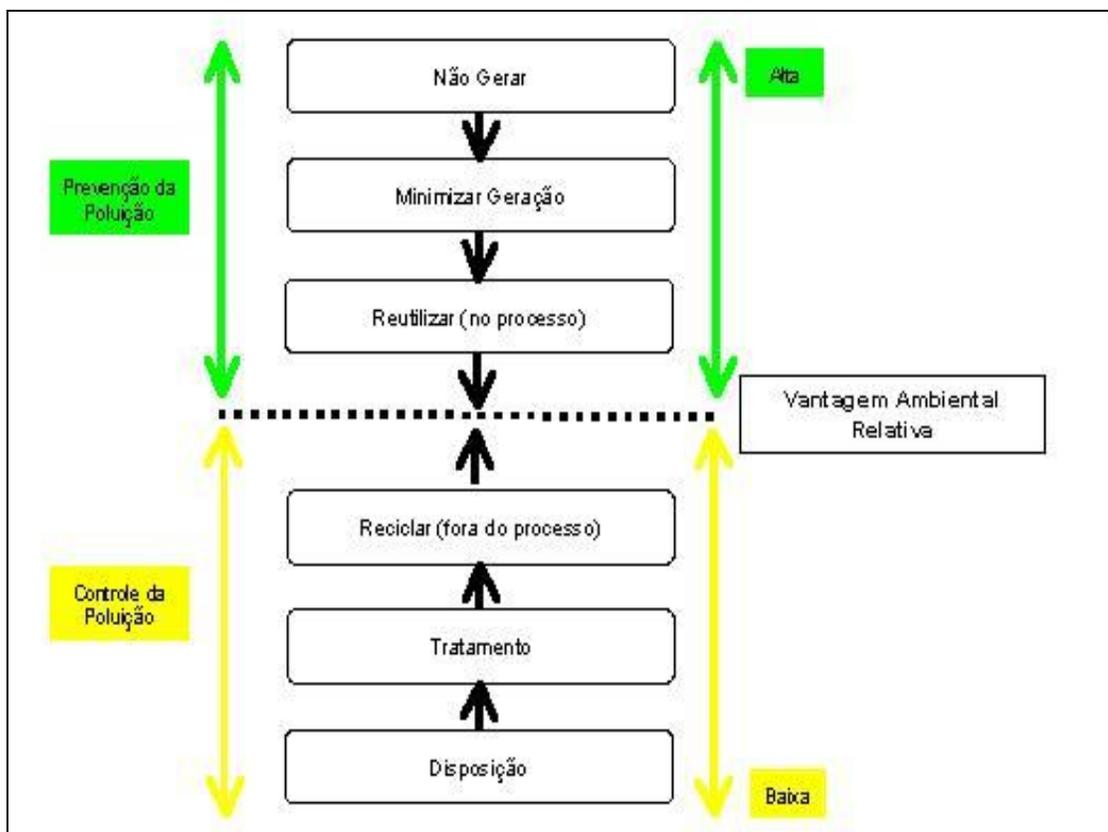


Figura 39 – Vantagem Ambiental Relativa (Petroflex 2009)

### 7.1.5.2 Não Gerar

Promover ações que incentivem a não geração de resíduos, tais como mudança de processo, de tecnologia ou de comportamento.

### 7.1.5.3 Minimizar Geração

Desenvolver ações que evitem o desperdício e que promovam a conservação de recursos naturais, a redução da quantidade de resíduos e, conseqüentemente, a redução de poluentes lançados para o meio ambiente.

A Tabela 09, a seguir, faz recomendações que devem ser adotadas para minimizar cada diferente tipo de resíduo.

Tabela 09 - Recomendações Gerais Padrões (Petroflex 2009)

Tipo de Resíduo	Recomendações
Água Oleosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manter boas práticas de manutenção para evitar vazamentos de óleo;</li> <li>✓ Reutilizar água de lavagem em outras aplicações, quando possível;</li> <li>✓ Garantir a estanqueidade de redes coletoras e de transporte de águas oleosas;</li> <li>✓ Segregar sistemas de drenagem de águas</li> </ul>
Alumínio exemplos: chapas e perfis	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
Barris, Tambores, Containeres e Cilindros de Gás (vazios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reciclar e retornar ao fabricante;</li> <li>✓ Utilizar tanques para armazenamento de produtos a granel.</li> </ul>
Baterias e Pilhas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avaliar a freqüência de troca e retorno ao fabricante;</li> <li>✓ Utilizar baterias recarregáveis;</li> <li>✓ Substituir fonte energética;</li> <li>✓ Utilizar baterias feitas de material menos tóxico;</li> <li>✓ Avaliar a possibilidade de substituição de uso de bateria por gerador.</li> </ul>
Borra Oleosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementar programa de redução de vazamentos;</li> <li>✓ Realizar reposição e reparo de componentes (flanges, bombas etc.);</li> </ul>
Carepa Metálica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ otimizar manutenção.</li> </ul>
Cartuchos Vazios de Impressoras e Copiadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Definir, sempre que possível, configuração padrão da impressora no modo econômico ou rascunho;</li> <li>✓ Definir, sempre que possível, configuração padrão da impressora na escala cinza;</li> <li>✓ Evitar impressões desnecessárias;</li> <li>✓ Retornar ao fabricante;</li> <li>✓ Encaminhar para recarga ou remanufaturamento;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>

<p>Entulho de Construção: "pallets", restos de vegetação, cimento, argamassas, concreto e vidro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprar material a granel;</li> <li>✓ Reciclar e reusar "pallets" e containeres;</li> <li>✓ Reavaliar a necessidade de desmatamento;</li> <li>✓ Dimensionar corretamente o volume de material a ser escavado;</li> <li>✓ Promover o correto escoramento das cavas;</li> <li>✓ Realizar moagem e utilização de realizar moagem e utilização de resto de vegetação como corretivo de solo e controle de erosão;</li> <li>✓ Utilizar sempre o traço e volumes de argamassa ou de concreto recomendados, evitando os excessos;</li> <li>✓ Considerar a utilização de aditivos líquido para evitar o descarte de argamassa ou concreto preparado;</li> <li>✓ Melhorar as condições de armazenamento para evitar a contaminação e o endurecimento do cimento seco;</li> <li>✓ Utilizar moagem para preenchimento, pavimentação de estradas e controle de erosão;</li> <li>✓ Utilizar o excesso para a estabilização de outros resíduos;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
<p>Entulho de Construção Impregnado com Óleo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar equipamentos que possam ser descontaminados;</li> <li>✓ Minimizar vazamentos de óleo.</li> </ul>
<p>Fibra de Vidro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
<p>Filtro de Água ou Filtro de Ar Usado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manter boas práticas de manutenção;</li> <li>✓ Realizar limpeza periódica de reservatórios.</li> </ul>
<p>Isolantes Térmicos (Lã de Vidro e Silicato de Cálcio) e Isolantes Acústicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manter boas práticas de manutenção e armazenamento, visando o aumento da vida útil.</li> </ul>
<p>Isopor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promover o retorno de embalagem;</li> <li>✓ Substituir por outros materiais;</li> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
<p>Lâmpadas Fluorescentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Substituir por outros materiais;</li> <li>✓ Prolongar o uso de materiais para evitar o descarte;</li> <li>✓ Manter em sua embalagem original até o momento de sua destinação, com o objetivo de evitar a quebra acidental;</li> <li>✓ Realizar manutenção adequada de sistemas elétricos.</li> </ul>
<p>Lâmpadas Incandescentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar manutenção adequada de sistemas elétricos;</li> <li>✓ Substituir por lâmpadas mais eficientes em termos energéticos;</li> <li>✓ Manter em sua embalagem original até o momento de sua destinação, com o objetivo de evitar a quebra acidental;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
<p>Madeiras em Geral</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evitar o uso indiscriminado, avaliando-se a substituição por outros materiais;</li> <li>✓ Utilizar madeira certificada;</li> <li>✓ Não utilizar madeiras de áreas não-licenciadas de florestas nativas;</li> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Recuperar.</li> </ul>

Mangueiras e Mangotes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manter boas práticas de manutenção e armazenamento, visando o aumento da vida útil;</li> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
Material Contendo Amianto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Substituir por outros materiais.</li> </ul>
Óleo Lubrificante/Óleo de Motor (Usado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avaliar a frequência de troca;</li> <li>✓ Utilizar produtos com maior durabilidade;</li> <li>✓ Realizar manutenção periódica de equipamentos para minimizar vazamento;</li> <li>✓ Trocar filtros para aumento da vida útil do óleo.</li> </ul>
Papel/Papelão em Geral	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adequar as dimensões das embalagens às necessidades de consumo;</li> <li>✓ Evitar impressões desnecessárias;</li> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
PCB (Ascarel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Substituir insumos;</li> <li>✓ Impedir a contaminação dos equipamentos com PCB durante a manutenção.</li> </ul>
Produtos Químicos Vencidos ou Gastos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar totalmente os produtos;</li> <li>✓ Realizar aquisição racional de produtos para evitar vencimento;</li> <li>✓ Reciclar quando possível;</li> <li>✓ Reutilizar em aplicações menos críticas, se possível;</li> <li>✓ Substituir insumos;</li> <li>✓ Retornar produtos ao fornecedor;</li> <li>✓ Realizar manutenção de embalagens fechadas e protegidas para evitar a contaminação;</li> <li>✓ Manter todos os produtos rotulados.</li> </ul>
Resíduos Associados: Trapos e EPI Contaminados com Óleo, Madeira etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar equipamento que possa ser descontaminado;</li> <li>✓ Minimizar vazamentos de óleo;</li> <li>✓ Substituir trapos, estopas etc. por toalhas industriais;</li> <li>✓ Avaliar a utilização de sistemas de centrifugação para recuperação de óleo.</li> </ul>
Resíduos de Pintura e Outros Revestimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar racionalmente produtos;</li> <li>✓ Adquirir quantidades exatas;</li> <li>✓ Realizar armazenamento apropriado de materiais;</li> <li>✓ Avaliar periodicidade de pinturas;</li> <li>✓ Realizar limitação de tipos e cores quando possível;</li> <li>✓ Substituir por produtos mais duráveis.</li> <li>✓ Utilizar tinta base água ao invés de base óleo;</li> <li>✓ Realizar sistema de jateamento seguro, sem metais ou sílica;</li> <li>✓ Evitar o uso de tintas contendo metais pesados (exemplo: chumbo, cromo);</li> <li>✓ Utilizar recipientes com "liners" e dar preferência ao uso de material descartável ao invés de utilizar solventes para a limpeza.</li> </ul>
Soluções Ácidas/Cáusticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Otimizar a manutenção;</li> <li>✓ Reutilizar até a saturação ou neutralização;</li> <li>✓ Substituir por produto menos tóxico ou reciclável;</li> <li>✓ Realizar controle de inventário e armazenamento seguro;</li> <li>✓ Utilizar inibidores para a prevenção de incrustações e para diminuição da frequência de operações de limpeza.</li> </ul>

Solventes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar controle de inventário e estoque;</li> <li>✓ Utilizar solvente base água;</li> <li>✓ Avaliar cronograma de limpeza;</li> <li>✓ Utilizar racionalmente os produtos;</li> <li>✓ Reutilizar os produtos;</li> <li>✓ Evitar o uso de produtos halogenados;</li> <li>✓ Eliminar vazamentos em equipamentos para minimizar a necessidade de limpeza;</li> <li>✓ Reprocessar para reuso.</li> </ul>
Sucata de Material Elétrico, Eletrônico, Informática e de Telecomunicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manter boas práticas de manutenção;</li> <li>✓ Priorizar a aquisição de equipamentos que permitam "upgrade";</li> <li>✓ Retornar ao fabricante;</li> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>
Sucata Metálica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reusar;</li> <li>✓ Recuperar;</li> <li>✓ Reciclar.</li> </ul>

### 7.1.6 COLETA

A coleta de resíduos deve ser realizada de maneira adequada, utilizando as boas práticas de operação e atendendo à legislação vigente. Devem ser estabelecidas as medidas de controle com o objetivo de gerenciar os riscos que os resíduos representam para a saúde humana e o meio ambiente e facilitar os processos de armazenamento, tratamento e disposição final, atendendo a norma ABNT NBR 13463

A coleta deve ser realizada obedecendo as instruções de trabalho elaboradas para cada atividade e local específico, seguindo os padrões de segurança exigidos e o uso dos equipamentos de proteção recomendados.

Sempre que forem constatadas modificações nas condições de segurança do local de coleta a atividade deverá ser interrompida e somente poderá ser reiniciada após a liberação pelo técnico de segurança da empresa.

Os equipamentos de segurança individual deverão estar higienizados e em condições adequadas de uso. Todos os funcionários deverão realizar periodicamente teste de vedação de suas máscaras e os filtros para vapores

orgânicos deverão estar dentro da data de validade de uso, estabelecido pela segurança industrial de empresa.

#### 7.1.7 SEGREGAÇÃO

A segregação do resíduo deve ser iniciada no momento da geração, evitando a mistura de resíduos perigosos e não perigosos e objetivando o reuso, recuperação, reciclagem e tratamento.

A segregação do resíduo deve objetivar a sua separação em lotes, visando facilitar o encaminhamento para tratamento ou disposição final, assim como para determinar a tecnologia mais adequada.

A segregação do resíduo oleoso deve objetivar a separação em fases (água oleosa, óleo livre e sólidos contaminados) e o encaminhamento para tratamento adequado.

Devem ser evitadas misturas entre resíduos incompatíveis, observando o estabelecido pela norma ABNT NBR 12235, conforme tabela **Incompatibilidade de resíduos (Anexo da ABNT NBR 12235)**:

#### 7.1.8 CLASSIFICAÇÃO

A classificação do resíduo deve ser feita de acordo com a norma ABNT NBR 10004.

Em atendimento a NBR 10004, a classificação de resíduos deve envolver a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente sejam conhecidos.

Deve ser elaborado, mantido e atualizado, para cada resíduo gerado na indústria, um laudo de classificação que pode ser baseado exclusivamente na identificação do processo produtivo, quando do enquadramento do resíduo nas listagens dos anexos A e B da NBR 10004. Deve constar neste laudo de classificação a indicação da origem do resíduo, descrição do processo de

segregação e descrição do critério adotado na escolha de parâmetros analisados, quando for o caso, incluindo os laudos de análises laboratoriais. Os laudos devem ser elaborados por técnicos habilitados e os resíduos são classificados pela NBR 10004:2004, em:

- a) Resíduos classe I - Perigosos;
- b) Resíduos classe II - Não Perigosos
- c) Resíduos classe II A - Não Inertes
- d) Resíduos classe II B – Inertes

A Figura 40 apresenta o fluxo para a classificação dos resíduos sólidos na empresa que deverá ser seguido sempre que houver necessidade de classificar ou reclassificar um resíduo sólido gerado. As perguntas são feitas e a cada resposta positiva ou negativa o fluxo segue para uma tomada de decisão diferente.

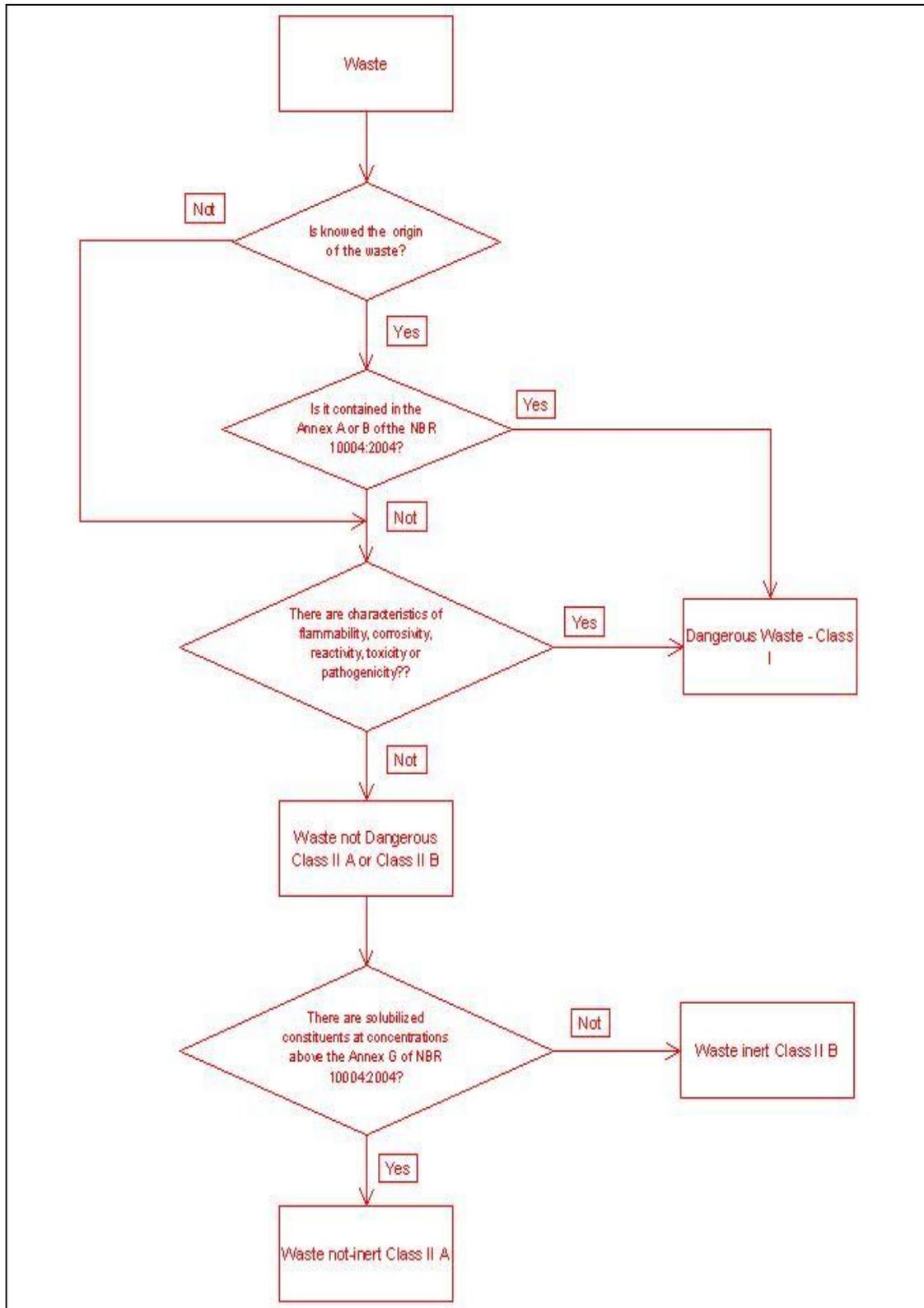


Figura 40 - Fluxograma para classificação de resíduos (NBR 10.004)

### 7.1.9 ACONDICIONAMENTO

O acondicionamento deve facilitar o manuseio, reduzir a quantidade de embalagens necessárias, garantirem a estanqueidade e o retardo na propagação de incêndio, em função das características do resíduo, da forma de transporte, do tipo de destinação a ser dada e da legislação vigente.

Para resíduos perigosos é recomendado o uso de recipientes fechados. Os recipientes fechados devem ser tambores do tipo cintado, “containers” ou outros recipientes que confirmam grau de proteção equivalente, conforme norma ABNT NBR 11564.

Os recipientes para acondicionamento do resíduo devem estar em bom estado de conservação. Devem ser resistentes ao contato com o resíduo e às condições climáticas, considerando o tempo de armazenamento.

Quando for realizado acondicionamento em tambor, é recomendado o uso de um saco plástico com resistência física e química apropriada às características do resíduo. Esse saco plástico deve ser introduzido no interior do tambor, de modo que o resíduo fique nele contido, e deve ter altura suficiente para permitir que a sua abertura seja amarrada e vedada.

Os recipientes devem ser identificados, informando, no mínimo, o tipo de resíduo, origem, data de geração, quantidade e a classificação conforme a norma ABNT NBR 10004 e o responsável.

O acondicionamento do resíduo a granel só deve ser empregado nos casos em que a emanção de vapores poluentes atenda aos limites estabelecidos pela legislação e os efluentes líquidos sejam adequadamente tratados. Neste caso, o acondicionamento deve ser feito em local devidamente impermeabilizado, com sistema de coleta de lixiviados e com controle das emissões atmosféricas.

### 7.1.10 ARMAZENAMENTO

O armazenamento do resíduo classificado como não perigoso deve ser realizado de acordo com a norma ABNT NBR 11174.

Na impossibilidade de armazenamento em áreas cobertas, os resíduos devem ser armazenados em locais com o piso devidamente impermeabilizado e dotados de sistema de contenção e drenagem. Os recipientes devem ser devidamente recobertos com manta impermeável ou outros sistemas que evitem o contato com a água da chuva.

O armazenamento temporário de resíduos, quando suas características assim o permitirem, pode ser feito em específicos para resíduos, e normas ABNT NB-98, ABNT NBR 7505-1, NBR 7505-4 e NBR 12235.

O dimensionamento da capacidade de armazenamento deve levar em consideração as projeções da geração de resíduos nas operações normais e o tempo de armazenamento.

A possibilidade de empilhar tambores e outros recipientes deve ser analisada caso a caso, considerando principalmente o estado dos resíduos, e deve ser feito sobre “pallets”, sendo a altura máxima de empilhamento de 3 tambores, intercalando os “pallets” entre os tambores.

O armazenamento deve ser feito em lotes por tipo de resíduo, de modo a facilitar o controle e a disposição final, observando-se as possíveis incompatibilidades, segundo a norma ABNT NBR 12235 (vide Tabela 10).

Em caso de vazamento no armazenamento de resíduos, recolher, tratar ou dispor os resíduos derramados, segundo procedimentos previstos em planos de emergência, evitando riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

Tabela 10 – Incompatibilidade entre resíduos (ABNT NBR 12235)

GRUPO 1-A	GRUPO 1-B
- Lama de acetileno	- Lamas ácidas
- Líquidos fortemente alcalinos	- Soluções ácidas
- Líquidos de limpeza alcalinos	- Ácidos de bateria
- Líquidos alcalinos corrosivos	- Líquidos diversos de limpeza
- Líquido alcalino de bateria	- Eletrólitos ácidos
- Águas residuárias alcalinas	- Líquidos utilizados para gravação em metais
- Lama de cal e outros álcalis corrosivos	- Componentes de líquidos de limpeza
- Soluções de cal	- Banhos de decapagem e outros ácidos corrosivos
- Soluções cáusticas gastas	- Ácidos gastos
	- Mistura de ácidos residuais
	- Ácido sulfúrico residual
<b>Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 1-A com os do GRUPO 1-B: Geração de calor, reação violenta</b>	

GRUPO 2-A	GRUPO 2-B
- Resíduos de asbestos	- Solventes de limpeza de componentes eletrônicos
- Resíduos de berílio	- Explosivos obsoletos
- Embalagens vazias contaminadas com pesticidas	- Resíduos de petróleo
- Resíduos de pesticidas	- Resíduos de refinaria
- Outras quaisquer substâncias tóxicas	- Solventes em geral
	- Resíduos de óleo e outros resíduos inflamáveis e explosivos
<b>Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 2-A com os do GRUPO 2-B: Geração de substâncias tóxicas em caso de fogo ou explosão</b>	
GRUPO 3-A	GRUPO 3-B
- Alumínio	- Resíduos do GRUPO 1-A ou 1-B
- Berílio	
- Cálcio	
- Lítio	
- Magnésio	
- Potássio	
- Sódio	
- Zinco em pó, outros metais reativos e hidretos metálicos	
<b>Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 3-A com os do GRUPO 3-B: Fogo ou explosão, geração de hidrogênio gasoso inflamável</b>	
GRUPO 4-A	GRUPO 4-B
- Álcoois	- Resíduos concentrados dos GRUPOS 1-A ou 1-B
- Soluções aquosas em geral	- Cálcio
	- Lítio
	- Hidretos metálicos
	- Potássio
	- Sódio
	- SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , SOCl <sub>2</sub> , PCI <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> SiCl <sub>3</sub> e outros resíduos reativos com água
<b>Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 4-A com os do GRUPO 4-B: Fogo, explosão ou geração de calor, geração de gases inflamáveis ou tóxicos</b>	
GRUPO 5-A	GRUPO 5-B
- Álcoois	- Resíduos concentrados do GRUPO 1-A ou 1-B
- Aldeídos	- Resíduos do GRUPO 3-A
- Hidrocarbonetos halogenados	
- Hidrocarbonetos nitrados e outros compostos orgânicos reativos, e solventes	
- Hidrocarbonetos insaturados	
<b>Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 5-A com os do GRUPO 5-B: Fogo, explosão ou reação violenta.</b>	
GRUPO 6-A	GRUPO 6-B
- Soluções gastas de cianetos e sulfetos	- Resíduos do GRUPO 1-B
<b>Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 6-A com os do GRUPO 6-B: Geração de gás cianídrico ou gás sulfídrico</b>	
GRUPO 7-A	GRUPO 7-B

- Cloratos e outros oxidantes fortes	- Ácido acético e outros ácidos orgânicos
- Cloro	- Ácidos minerais concentrados
- Cloritos	- Resíduos do GRUPO 2-B
- Ácido crômico	- Resíduos do GRUPO 3-A
- Hipocloritos	- Resíduos do GRUPO 5-A e outros resíduos combustíveis ou inflamáveis
- Nitratos	
- Ácido nítrico fumegante	
- Percloratos	
- Permanganatos	
- Peróxidos	
Efeitos da mistura de resíduos do GRUPO 7-A com os do GRUPO 7-B: Fogo, explosão ou reação violenta	

### 7.1.11 TRANSPORTE

Quando o resíduo for classificado como perigoso, todo o transporte por meio terrestre deve obedecer ao Decreto nº 96044, à Portaria nº 204 do Ministério dos Transportes e às NBR 7500, NBR 7501, NBR 7503 e NBR 9735. A classificação do resíduo deve atender à Portaria nº 204 do Ministério dos Transportes, de acordo com as exigências prescritas para a classe ou subclasse apropriada, considerando os respectivos riscos e critérios, devendo enquadrá-los nas designações genéricas.

Toda remessa de resíduos deve ser acompanhada do registro de movimentação de resíduos conforme Resolução ANTT nº 420 e conforme legislação dos órgãos competentes (Manifesto de Resíduos) e, adicionalmente, o transporte de resíduos classificados como perigosos sempre deverá estar acompanhado da respectiva Ficha de Emergência e Envelope para Transporte. Em caso de acidente, o condutor do veículo deve adotar as medidas indicadas na ficha de emergência e no envelope para transporte e comunicar imediatamente à autoridade de trânsito mais próxima e ao expedidor.

No caso do transporte de big bags contendo diversos produtos ou embalagens contaminadas, deve-se proceder conforme a diretriz da ONU, ou seja, marcar a embalagem externa (big bag), por exemplo, com as marcações de cada um dos produtos perigosos ou embalagens contaminadas contidas nela, devendo ser garantida a sua estanqueidade.

Os resíduos perigosos devem ser transportados obedecendo aos critérios de compatibilidade constante da tabela de incompatibilidade para o transporte de produtos perigosos baseada na NBR 14619, conforme a Figura 41.

O contrato de transporte de resíduos perigosos deve designar o responsável pelos custos decorrentes de acidentes, bem como prever seguro para cobrir tais custos.

a) Incumbe ao transportador, e devem ser requisitados por parte da Indústria Geradora

- ✓ Possuir Licença Ambiental para este tipo de serviço, expedida pelo Órgão Ambiental do Estado onde estiver sediada, além de possuir anuência dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente dos demais estados aos quais abranger o transporte deste resíduo.
- ✓ Observar o Decreto Federal 96044, de 18/05/1988 que obriga o transportador de produto perigoso, a informar ao DNER os fluxos de transporte que realiza com regularidade.
- ✓ Ter seus veículos registrados no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga – RNTRC de acordo com a Resolução 3056, de 12/03/2009.
- ✓ Também atender as obrigações da Resolução Federal 420, de 12/02/2004 quanto a identificação do veículo, equipamentos de segurança, treinamento do motorista e documentos referentes ao transporte de produto/resíduo perigoso.

b) Incumbe a empresa zelar pelo atendimento dos requisitos específicos estabelecidos por cada órgão ambiental local, tais como:

- ✓ Assegurar-se que os serviços contratados (transporte e destinação final) gozem de regularidade legal para o exercício da atividade contratada;
- ✓ Emissão, entrega ao transportador e arquivamento dos Manifestos de Transporte de Resíduos Industriais, de acordo com as especificidades da legislação local;
- ✓ Quando o resíduo for classificado como perigosos, fornecer a respectiva **Ficha de Emergência e Envelope para Transporte;**

- ✓ Verificar a regularidade das Licenças das empresas recicladoras / destinadoras de resíduo e transportadoras; solicitando parecer ao órgão ambiental competente sempre que identificar irregularidades nas mesmas, incluindo vencimento de seus prazos de validade.

**TABELA DE INCOMPATIBILIDADE QUÍMICA**

SUBCLASSE	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	8	9
2.1			A		B				C	D			
2.2					B				C				
2.3		A		A	A/B	A	A	A	A/C			A	
3			A		B			X	C	D			
4.1		B	B	A/B	B	B	B	B	B/C	B/D	B	X	B
4.2			A		B				C	D		X	
4.3			A		B				C	D		X	
5.1			A	X	B				C	D		X	
5.2		C	C	A/C	C	B/C	C	C	C	C	C	X	C
6.1		D			D	B/D	D	D	D	C/D		D	
6.2					B				C				
8			A		X	X	X	X	X				
9					B				C				

<b>X = INCOMPATÍVEL:</b>	
<b>A = INCOMPATÍVEL PARA PRODUTOS DA CLASSE 2.3 QUE APRESENTEM TOXICIDADE POR INALAÇÃO LC50 &lt; 1000 PPM;</b>	
<b>B = INCOMPATÍVEL COM OS N° ONU 3221, 3222, 3231 E 3232:</b>	
3221	LÍQUIDO AUTO-REAGENTE, TIPO B;
3222	SÓLIDO AUTO-REAGENTE, TIPO B;
3231	LÍQUIDO AUTO-REAGENTE, TIPO B, TEMPERATURA CONTROLADA;
3232	SÓLIDO AUTO-REAGENTE, TIPO B, TEMPERATURA CONTROLADA;
<b>C = INCOMPATÍVEL COM OS N° ONU 3101, 3102, 3111 E 3112:</b>	
3101	PERÓXIDO ORGÂNICO, TIPO B, LÍQUIDO;
3102	PERÓXIDO ORGÂNICO, TIPO B, SÓLIDO;
3111	PERÓXIDO ORGÂNICO, TIPO B, LÍQUIDO, TEMPERATURA CONTROLADA;
3112	PERÓXIDO ORGÂNICO, TIPO B, SÓLIDO, TEMPERATURA CONTROLADA;
<b>D = INCOMPATÍVEL APENAS PARA OS PRODUTOS DA CLASSE 6.1 DO GRUPO DE EMBALAGEM I</b>	

Figura 41 – Incompatibilidade Química entre resíduos (NBR 7500)

**NOTAS:**

1. Cianetos ou misturas de cianetos não devem ser transportados com ácidos.
2. No caso da subclasse 2.3, a toxicidade inalatória (LC50) deve estar indicada na ficha de emergência do produto perigoso (ver 4.3.4 – c) da ABNT NBR 7503).
3. A incompatibilidade química é indicada pela letra X. No caso das letras A, B, C e D, deve ser consultada a legenda acima.
4. Classe / Subclasse: a classificação adotada para os produtos considerados perigosos, feita com base nos tipos de riscos que representam e conforme recomendações para o Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas, sétima edição revisada, 1991.

A Figura 42, mostrada a seguir, ilustra o significado de cada painel de identificação de produtos perigosos.

2.1		Gases inflamáveis
2.2		Gases Não Inflamáveis, Não- Tóxicos Símbolo (cilindro para gás): preto ou branco.
2.3		Gases Tóxicos
3		Líquidos Inflamáveis
4.1		Sólidos Inflamáveis
4.2		Substâncias Sujeitas a Combustão Espontânea
4.3		Substâncias que, em Contato com a Água, Emitem Gases Inflamáveis
5.1		Substâncias Oxidantes
5.2		Peróxidos Orgânicos
6.1		Substâncias Tóxicas (Venenosas)
6.2		Substâncias Infectantes
8		Corrosivos
9		Substâncias Perigosas Diversas

Figura 42 - Pictogramas de identificação (Fonte: RESOLUÇÃO Nº 420, DE 12 DE FEVEREIRO DE 2004 e NBR 7500 - Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos):

### 7.1.12 TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL

São os seguintes os critérios a serem observados na escolha de um ou mais processos para tratamento ou destinação final:

- a) deve ser precedida da caracterização e classificação dos resíduos e de estudos de viabilidade técnica e econômica, onde devem ser considerados: a quantidade, as características do resíduo e as opções de processo, de modo a atender às exigências da legislação ambiental local e priorizar as alternativas tecnológicas que tenham menor impacto ao meio ambiente, levando em conta a tabela abaixo;
- b) todos os processos de tratamento e disposição final adotado devem ser licenciados ou autorizados pelo órgão ambiental;
- c) o estabelecimento contratado deve ser fornecer o certificado de recebimento, tratamento e disposição final do resíduo;
- d) serão realizadas avaliações dos prestadores de serviços de disposição final de resíduos sólidos industriais, **classificados como perigosos**, previamente à sua aprovação utilizando-se o formulário *AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES DE SERVIÇOS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS*, pelo gerente de meio ambiente, ou técnico por ele designado.

A Figura 43 correlaciona os diferentes tipos de resíduos com os processos possíveis de serem aplicados, bem como, a disposição final exigida para os diferentes resíduos.

Tipo de Resíduo	Processos Físio-Químicos						Processos Biológicos		Processos Térmicos			Disposição Final				
	Centrifugação	Separação Gravitacional	Redução de Partículas	Extração Química	Lavagem	Estabilização/Solidificação	Incorporação em Artefatos de Cimento ou Cerâmica	Oxidação	"Landfarming"	Compostagem	Biopilha	Incineração	Co-Processamento	Dessorção Térmica	Pirólise	Aterro Industrial
Água oleosa	X	X														
Alumínio (exemplos: chapas e perfis)															X	X
Barris, tambores, containeres e cilindros de gás (vazio)			X		X											
Baterias e pilhas (Nota 2)															X	X
Borra oleosa	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	
Carepa metálica			X			X	X									
Cartuchos de filtro para injeção de água											X	X			X	
Cartuchos vazios de impressoras e copiadoras															X	
Cinzas						X										
Entulho de construção ("pallets", restos de vegetação, cimento, argamassas, concreto e vidro)															X	X
Entulho de construção impregnado com óleo					X						X				X	
Espuma ou poliuretano expandida															X	
Fibra de vidro															X	X
Filtro de água ou filtro de ar usado															X	X
Filtro de óleo	X					X					X	X			X	
Fluidos de completação e trabalho de poço																
Glicol e anti-congelante											X	X			X	
Isolantes térmicos (lã de vidro e silicato de cálcio) e isolantes acústicos															X	X
Isopor															X	X
Lâmpadas fluorescentes															X	
Lâmpadas incandescentes																X
Lodo de tratamento de efluente	X	X				X		X			X	X			X	
Madeiras em geral											X				X	X
Mangueiras e mangotes															X	
Material contendo amianto															X	
Óleo lubrificante/óleo de motor (usado)	X										X	X				
Óleo "slop"	X										X	X	X	X		
Papel/papelão em geral																X
PCB (ascarel)											X					
Plásticos e borrachas em geral												X	X			
Pneus							X					X	X			
Produtos químicos vencidos ou gastos						X					X	X				
Resíduos associados (trapos e EPIs contaminados com óleo, madeira etc.)					X						X				X	
Resíduos de lavagem						X									X	
Resíduos de lavagem de gases ("scrubbers")				X		X					X	X			X	X
Resíduos de pintura e outros revestimentos											X				X	
Serragem com óleo				X	X			X	X	X	X				X	
Solo contaminado com hidrocarboneto				X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Soluções ácidas/cáusticas								X	X	X	X	X	X	X	X	X
Solventes											X					
Sucata de material elétrico, eletrônico, de informática e de telecomunicações															X	
Sucata metálica															X	X

Figura 43 – Disposição final de resíduos (Petroflex 2009)

### 7.1.13 DESTINAÇÃO DE EMBALAGENS

No caso de específico de embalagens de matérias-primas ou insumos a indústria deve:

- a) Higienizá-las previamente à sua venda;
- b) No caso de embalagens de produtos perigosos, a embalagem deverá ser descontaminada de acordo com Regulamento Técnico aprovado pela Portaria nº 280/2008 que estabelece os requisitos para descontaminação e inspeção periódicos de embalagens utilizadas no transporte terrestre de produtos perigosos;
- c) Se a indústria reutilizar embalagens de produtos perigosos para, novamente, transportar produtos perigosos, deverá, ainda, contratar um Organismo Certificador, homologado pelo INMETRO, para realizar avaliação de conformidade, inspeções periódicas e re-certificações das mesmas;
- d) No caso de alienação de embalagens que foram utilizadas para transporte de produtos perigosos, sempre precedida de higienização e descontaminação, a indústria deve requerer do adquirente que demonstre regularidade legal para a atividade e que se comprometa a providenciar a suas expensas a contratação de Organismo Certificador, homologado pelo INMETRO, para realizar avaliação de conformidade, inspeções periódicas e re-certificações das mesmas, quando a embalagem se destina a reutilização no transporte de substâncias perigosas.

### 7.1.14 REGISTRO

Os registros devem ser gerados e mantidos em cada indústria, em consonância com as especificidades das legislações estaduais e procedimentos local.

As indústrias devem manter em arquivo toda a documentação referente às operações com resíduos em meio físico e, quando possível, eletrônico:

- ✓ durante 5 anos para resíduos não perigosos;

- ✓ 30 anos para resíduos perigosos, incluindo as avaliações de prestadores de serviços de disposição contratados.

## CONCLUSÕES

Todo processo industrial caracteriza-se por transformar insumos (matérias-primas, água, energia, etc.) em produtos, subprodutos, produtos não intencionais e resíduos. E todo processo, de alguma forma, afeta o meio ambiente.

Quando a pauta temática é o meio ambiente, o empresário imediatamente pensa em custo adicional de remediações ou das soluções necessárias para programar as melhorias em seus processos. Dessa maneira passam despercebidas as oportunidades de uma redução de custos.

A preservação do meio ambiente é um potencial de recuperação recursos desperdiçados ou mal aproveitados, sua inclusão no horizonte de negócios pode resultar em lucros e economia de energia ou de outros recursos naturais utilizados nos diversos processos produtivos.

Para proporcionar a redução de custos e a preservação do meio ambiente, as empresas necessitam empenhar-se na: manutenção de condições saudáveis de trabalho; segurança, treinamento; contenção ou eliminação dos níveis de resíduos tóxicos, decorrentes de seu processo produtivo e do uso ou consumo de seus produtos, de forma a não agredir o meio ambiente de forma geral; elaboração e entrega de produtos ou serviços, de acordo com as condições de qualidade e segurança desejadas pelos clientes.

Empresas como a Petroflex, que lutam arduamente na mudança de cultura e que deslocam grandes investimentos para o setor de meio ambiente, são exceções a regra geral.

De predadora a modelo premiado de comportamento sócio-ambiental, a Petroflex tinha consciência de que havia muito a evoluir. Seus números mostram a necessidade constante de investimentos, mas também representam a materialização do lutar é possível.

Desde 1995, a Petroflex vem evoluindo em sua política de gestão ambiental, recuperando áreas degradadas e evitando que nova área seja afetada. A Geoclok, empresa especializada em monitoramento de solos, monitora o solo da planta de Caxias e a cada indício de contaminação um novo projeto é realizado e a possível contaminação é eliminada.

Existem diversas técnicas consagradas que procuram mensurar os custos de degradação do meio ambiente, possibilitando a avaliação comparativa destes custos

com os benefícios gerados por alternativas de controle, redução ou eliminação dos desvios de processos que causam impactos negativos para a produção e para meio ambiente.

A técnica descrita nessa dissertação demonstra que a associação da metodologia Seis Sigma e os fundamentos da política de gestão de meio ambiente de uma empresa, podem juntos promover a priorização e seleção de alternativas mais adequadas a realidade financeira da companhia, melhorando significativamente o desempenho dos processos produtivos.

Ao criar uma técnica que facilite a coleta e análise de dados, a criação de indicadores de desempenho ambiental, o entendimento dos processos e o reconhecimento dos problemas e desvios existentes, está desenvolvido o ambiente propício a melhoria contínua.

Neste ambiente a padronização poderá ser proporcionada pelo uso do manual de gestão de resíduos sólidos que irá auxiliar no treinamento dos novos engenheiros da companhia, facilitando a disseminação da cultura ambiental da empresa

O custo da não qualidade é uma relação direta com o poder de competitividade no mercado ou a sobrevivência empresarial. Os custos estão associados à eficiência dos processos, no consumo otimizado de todos os recursos disponibilizados e na capacidade de tomada de decisões.

A Petroflex entendeu que para buscar a eficiência na gestão de seus negócios era necessário investir na melhoria de seus processos e na mudança de cultura. As tomadas de decisões deveriam estar baseadas em fatos e dados e sustentadas por estudos profundos dos seus processos. Esses estudos precisavam sustentar as tomadas de decisões de forma rápida o suficiente, na tentativa de manter a capacidade da empresa de estar à frente de seus concorrentes.

Para se preparar estrategicamente a empresa precisará estar atenta as inovações tecnológicas e investir em tecnologia limpa, melhorando os processo ainda mais. Uma das sugestões para novos projetos é a logística reversa (técnica logística de inversão da cadeia, que retorna embalagens e produtos residuais e fora da validade para seus fabricantes, que poderão ser reaproveitados).

## BIBLIOGRAFIA

**A construção de aterros sanitários no Brasil.** Disponível em: <http://www.abetre.org.br>. Acesso em 07 de julho de 2009.

**A Estréia da Petroquímica na onda verde.** Disponível em: <http://meioambienteetc.blogspot.com>. Acesso em 01 de junho de 2009.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 6023: Informação documentação, Referencias e Elaboração. RIO DE JANEIRO, 2002. 24p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 07500:** Identificação para o Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação. Rio de Janeiro, 2009. 59p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 07501:** Transporte Terrestre de Produtos Perigosos - Terminologia. Rio de Janeiro, 2005. 9p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 07503:** Ficha de Emergência e Envelope para o Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Rio de Janeiro, 2008. 9p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 10004:** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 10520:** Apresentação de Citações em Documentos. RIO DE JANEIRO, 2002. 7p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 11174:** Armazenamento de Resíduos Classes II - Não Inertes e III Inertes. Rio de Janeiro, 1990. 7p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 11564:** Embalagem de Produtos Perigosos - Classes 1, 3, 4, 5, 6, 8 e 9 Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 1991. 7p.

\_\_\_\_\_ **ABNT NBR 12235**: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Rio de Janeiro, 1992. 14p.

\_\_\_\_\_ **ABNT NBR 13221**: Transporte Terrestre de Resíduos. Rio de Janeiro, 2005. 6p.

\_\_\_\_\_ **ABNT NBR 14619**: Transporte Terrestre de Produtos Perigosos - Incompatibilidade Química. Rio de Janeiro, 2009. 8p.

Abreu, P. L.; **O Papel da Petrobrás na Integração Refino / Petroquímica**, outubro, 1996.

BAIRD, C – **Química Ambiental**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2002. 622 páginas.

BONES, E, LAGRANHA, S – **A Petroquímica faz História**. Porto Alegre: Ed. JÁ Editores, 2008. 160 páginas.

CALEGARE, Álvaro José de A. - **Introdução Ao Delineamento De Experimentos**, São Paulo, Edgard Blucher LTDA, 2001.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni; Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni; Escola de Engenharia da UFMG, 1994.

CONE, Gary. **6-Sigma, um programa em ascensão**. São Paulo: HSM Management ano 4, 2001.

CORRADI, Peter R. **Is A Cost of Quality System For You?**. National Productivity Review, Spring, 1994.

CROSBY, Phillip – **Quality is free**. New York: Mentor/New American Library, 1979.

**Decreto Lei no 2063** - “Dispõe Sobre Multas a Serem Aplicadas por Infrações à Regulamentação para a Execução do Serviço de Transporte Rodoviário de Cargas ou Produtos Perigosos e dá Outras Providências” (06 de dezembro de 1983).

**Decreto nº 96044 Federal:** - “Aprova o Regulamento do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá Outras Providências” (18 de maio de 1988).

DELLARETTI FILHO, Osmario; DRUMOND, Fátima Brant. **Itens de controle avaliação de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

DIAS, G. F. – **Fundamento de Educação Ambiental.** Brasília: Ed. Universa, 2000. 198 páginas.

DINSMORE, Paul C. **Como Se Tornar Um Profissional Em Gerenciamento De Projetos,** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

**Directive RL-0011** - Code for legal compliance and corporate responsibility at Lanxess : Process and Plant Safety (julho de 2007)

**Directive RL-0019** - Code for legal compliance and corporate responsibility at Lanxess : Process Work Management for Chemicals Operations (julho de 2007)

**Directive RL-0025** - Code for legal compliance and corporate responsibility at Lanxess : Environmental Protection Management (julho de 2007)

**Directive RL-0037** - Code for legal compliance and corporate responsibility at Lanxess: Health and Occupational Safety in the Workplace for Lanxess (julho de 2007)

**Directive RL-0050** - Code for legal compliance and corporate responsibility at Lanxess: Product Safety (julho de 2007)

DOWNING, Douglas; CLARK, Jeffrey. **Estatística Aplicada.** São Paulo: Saraiva, 1999.

ECKES, George. **A Revolução Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.  
FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, **Novo Aurélio Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

Fundação Nacional Da Qualidade, **Crítérios de excelência**. São Paulo: Fnq, 2006.

GEORGE, Michael , **Lean Seis Sigma Para Serviços**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2004.

GUSMÃO, A. C. F; MARTINI, L. C, FIGUEIREDO, M. A. G. – **Redução de Resíduos Industriais**. Rio de Janeiro: Fundação BioRio: Aquarios, 2005. 198 páginas.

GUSMÃO, A. C. F; MARTINI, L. C. – **Gestão Ambiental na Indústria**. Rio de Janeiro: Ed. Destaque, 2003. 212 páginas.

GUSMÃO, A. C. F; MARTINI, L. C. – **Gestão Ambiental na Indústria**. Rio de Janeiro: Ed. SMS Digital, 2009. 224 páginas.

HARRINGTON, James. **Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness**. New York: MacGraw-Hill, 1991.

Hoefel, J. A. S.; **Indústria Petroquímica no Brasil**, 1993.

[http://www.afgoms.com.br/resenhas/resenha\\_mai01.htm](http://www.afgoms.com.br/resenhas/resenha_mai01.htm)

[http://www.companyweb.com.br/lista\\_artigos.cfm?id\\_artigo=81](http://www.companyweb.com.br/lista_artigos.cfm?id_artigo=81)

[http://www.fnq.org.br/Portals/\\_FNQ/Documents/CE\\_2006\\_Brz.pdf](http://www.fnq.org.br/Portals/_FNQ/Documents/CE_2006_Brz.pdf)

<http://www.isixsigma.com>

<http://www.qsp.org.br/>

<http://www.setecnet.com.br/home/home.htm>

<http://www.siqueiracampos.com/>

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

Instituto Brasileiro de Administração Municipal - <http://www.ibam.org.br>

ISO 14.001:2004

ISO 9001:2000

JURAN, j m. **A qualidade desde o Projeto**. São Paulo: Pioneira, 1992.

KARROL, L – **Alice no País das Maravilhas; Através do Espelho** - Edição Comentada. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar, 2002. 303 páginas.

Kirst, R. L.; **A Indústria Petroquímica no Brasil**: Situação - Apresentado em Tóquio, Japão, em 1990.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Princípios de marketing**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

**Lei Federal nº 9966** : “Dispõe Sobre a Prevenção, o Controle e a Fiscalização da Poluição Causada por Lançamento de Óleo e Outras Substâncias Nocivas ou Perigosas em Águas Sob Jurisdição Nacional e dá Outras Providências” (28 de abril de 2000).

LERIPIO, A. A. **Gerenciamento de resíduos**. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/~lgqa/Coferecidos.html> Acessado em: 02/10/2008.

MACEDO, Otualp S. Vivacqua et al. **Metodologia De Gerenciamento De Projetos Methodware**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

MASON, E., **Quality Costs: A One Day Seminar**, In Conjunction with The University of Salford, Management Development Unit, Dayton, Ohio, May, 1987.

Ministério das Cidades - <http://www.cidades.gov.br>

Ministério do Meio Ambiente Meio - <http://www.mma.gov.br>

**Norma Petrobrás N-2622** - Resíduos Industriais

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAG, Roland R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

Petroquímicas investem em geração de energia. Disponível em: <<http://aeinvestimentos.limao.com.br/financas/fin19269.shtm>>. Acesso em 07 de novembro de 2008

Quinteiro, A. C.; Monografia O atendimento do processo de gestão Ambiental, através de um sistema integrado de gerenciamento de resíduos sólidos industriais. Niteroi, 200, Rio de Janeiro.

Quinteiro, A. C.; **Revista Banas Qualidade**, nº 155. São Paulo: EPSE, Abril de 2005.

**Resolução ANTT nº 420** - "Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte terrestre de Produtos Perigosos" (12 de fevereiro de 2004).

**Resolução CONAMA no 257** - "Dispõe Sobre o Uso de Pilhas e Baterias que Contenham em suas Composições Chumbo, Cádmiio, Mercúrio e seus Compostos, Necessárias ao Funcionamento de Quaisquer Tipos de Aparelhos, Veículos ou Sistemas, Móveis ou Fixos, Bem como os Produtos Eletro-Eletrônicos que as Contenham Integradas em sua Estrutura de Forma Não Substituível" (30 de junho de 1999 ).

**Resolução CONAMA nº 263** - "Inclui no art. 6o da Resolução CONAMA no 257, de 30/06/1999, o Inciso IV, e dá outras Providências ( 12 de novembro de 1999).

**Resolução CONAMA nº 307**- Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (05 de julho de 2002).

**Resolução CONAMA no 313** - “Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais” (29 de outubro de 2002)

Revista Banas Qualidade, nº 161.São Paulo: EPSE, Outubro de 2005.

Revista Banas Qualidade, nº 163.São Paulo: EPSE, Novembro de 2005.

Revista Banas Qualidade, nº 164.São Paulo: EPSE, Janeiro de 2006.

Revista Banas Qualidade, nº 165.São Paulo: EPSE, Fevereiro de 2006.

Revista Banas Qualidade, nº 167.São Paulo: EPSE, Abril de 2006.

Revista Interligado, A Revista Interna Da Petroflex, Rio de Janeiro, 2005.

Revista Interligado, A Revista Interna Da Petroflex, Rio de Janeiro, 2006.

RL-0002: Code for legal compliance and corporate responsibility at Lanxess (julho de 2008)

ROTONDARO, Roberto G., RAMOS et al. **Seis Sigma, Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processo e Serviços**. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

RUMMLER, Geary A; BRACH, Alan P. **Melhores Desempenhos Das Empresas**. São Paulo: Makron Books, 1994.

Saviano, R. - Gomorra - **A História Real de um Jornalista Infiltrado na Violenta Máfia Napolitana**. São Paulo: Ed. Bertrand Brasil, 2008. 350 páginas.

SOUZA, Renato Santos de. **Evolução e condicionantes da gestão ambiental nas empresas**. Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) da Escola de

Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999, 23p.

Suarez, M. A.; **Petroquímica e Tecnoburocracia**, Editora Hucitec, São Paulo, 1986.

TINOCO, J. E. P, KRAEMER, M. E. P – **Contabilidade e Gestão Ambiental**. São Paulo: Ed, Atlas, 2004. 303 páginas.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas S.A, 2004.

WERKEMA, Maria Cristina Catarim,. **TQC Gestão Da Qualidade Total**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.