

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DO VALOR GLOBAL DE UM RESÍDUO NA
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DESCARTÁVEIS HIGIÊNICOS EM UMA
EMPRESA DO RIO GRANDE DO SUL**

Andréa Bandeira Sanches

Porto Alegre,

2004

Andréa Bandeira Sanches

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DO VALOR GLOBAL DE UM RESÍDUO NA
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DESCARTÁVEIS HIGIÊNICOS EM UMA
EMPRESA DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em Engenharia –
modalidade Profissionalizante - Ênfase em Ergonomia.

Orientadora: Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D

**Porto Alegre
2004**

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D

Universidade Federal do Rio Grande Sul
Orientador

Prof^a Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Francisco José Kliemann Neto

PPGEP/UFRGS

Dr. Gilberto Dias da Cunha

PPGEP/UFRGS

Dr. Luis Felipe Machado do Nascimento

PPGA/UFRGS

Para Sérgio e Carolina.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram de alguma forma.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma análise, por meio do modelo matemático proposto por Cercal e Pawlowsky (2001), denominado “Análise do Valor Global de um Resíduo”.

A análise considerou a priorização dos subprodutos gerados a partir do processo produtivo de absorventes higiênicos, tendo em vista uma escala hierárquica que levou em conta os aspectos econômicos e ambientais.

Com base nos resultados obtidos a partir desta pesquisa, observou-se que a empresa onde foram coletados os dados está obtendo prejuízos com as destinações dadas aos subprodutos industriais. As principais causas decorrentes da geração destes refletem, principalmente, o *design* do produto e a interface deste com o processo, aliado às questões organizacionais da estrutura produtiva.

Palavras-chave: Resíduos Industriais. Subprodutos. *Ecodesign*.

ABSTRACT

This dissertation presents an analysis by means of the mathematical model proposed by Cercal and Pawlowsky (2001) which is called “Analysis of the Global Value of a Residue”.

The analysis considered the priority of the sub-products generated through the productive process of sanitary towels according to a hierarchical scale which took account of the economic and environmental aspects.

According to the results which were obtained with this research, it was observed that the company, where the data came from, is having damage with the destination of the industrial sub-products. The main reasons are linked mainly to the design of the product and its interface with the process, combined to the organizational issues of the productive structure.

Key words: Industry Waste. Sub-products. Eco-design.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema de Gestão Ambiental e o Ciclo PDCA	20
FIGURA 2: Metas nas Fases do Ciclo PDCA	21
FIGURA 3: Estratégias de redução de impactos/extensão de vida dos produtos	26
FIGURA 4: Mudança de Ênfase na Visão Empresarial	42
FIGURA 5: Hierarquia de Um Programa de Gerenciamento de Resíduos	43
FIGURA 6: Análise Geral do Processo	52
FIGURA 7: Análise do Processo Segundo o Esquema de Entradas/Saídas	52
FIGURA 8: Análise do Processo Associado às Destinações dos Resíduos	53
FIGURA 9: Análise do Processo Associada aos Equipamentos	53
FIGURA 10: Análise do Processo Associada ao Total de Resíduos Gerados	54
FIGURA 11: Equações Básicas do Modelo	57
FIGURA 12: Fluxo do Processo Produtivo de Absorventes	63
FIGURA 13: Esquema Básico dos Produtos	65
FIGURA 14: Subprodutos Gerados na Produção de Absorventes Higiênicos	68
FIGURA 15: Formato do Corte para os Produtos	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Sub-Classe: Destino/Disposição e Função dos Materiais Constituintes dos Resíduos	47
TABELA 2: Sub-Classe: Local do Destino/Disposição dos Materiais Constituintes dos Resíduos	47
TABELA 3: Classe de Disposição dos Materiais Constituintes dos Resíduos: Parâmetros Matemáticos	48
TABELA 4: Parâmetros Matemáticos	49
TABELA 5: Constância do Resíduo Dentro do Processo	50
TABELA 6: Produção Mensal de Produtos	58
TABELA 7: Consumo de Matérias-Primas para Absorventes Simples	65
TABELA 8: Consumo de Matérias-Primas para Absorvente Sem Abas	66
TABELA 9: Consumo de Matérias-Primas para Absorvente Com Abas	66
TABELA 10: Produção Mensal de Absorventes Produzidos por Categoria	69
TABELA 11: Produção Mensal de Produtos e Subprodutos	70
TABELA 12: Denominação Simplificada dos Subprodutos	71
TABELA 13: Características das Classes de Destinação	72
TABELA 14: Características dos Resíduos	73
TABELA 15: Retorno Obtido com a Venda dos Subprodutos	73
TABELA 16: Resíduo: R1 (2ª linha)	74
TABELA 17: Resíduo: R2 (revisão)	74
TABELA 18: Resíduo: R3 (refugo)	75
TABELA 19: Resíduo: R4 (pó de celulose)	76
TABELA 20: Resíduo: R5 (rebarba)	76
TABELA 21: Resíduo: R5a (rebarba mista)	76
TABELA 22: Resumo	77
TABELA 23: Pontos de Geração dos Resíduos, Causas e Possíveis Soluções	77
TABELA 24: Perda de filme de polietileno com a operação de corte	79

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.1	INTRODUÇÃO	11
1.2	TEMA E OBJETIVOS	12
1.3	JUSTIFICATIVA	12
1.4	MÉTODO	13
1.5	LIMITAÇÕES	13
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS	15
2.1	ANTECEDENTES	15
2.2	A QUESTÃO AMBIENTAL E AS ORGANIZAÇÕES	17
2.3	FILOSOFIAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO	23
2.4	ESTRATÉGIAS E FERRAMENTAS DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL	25
2.5	SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS - UM ENFOQUE NA QUESTÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS	30
2.6	LEGISLAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	33
2.7	ALGUNS MODELOS APLICADOS	34
2.7.1	Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) - abordagem no ecodesign/ACV e processos produtivos	34
2.7.2	Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) - abordagem de valoração econômica	37
2.7.3	Abordagem específica - resíduos industriais	38
3	ANÁLISE MATEMÁTICA DO VALOR GLOBAL DE UM RESÍDUO	40
3.1	GENERALIDADES	40
3.2	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS COM ENFOQUE NA MINIMIZAÇÃO	41
3.3	METODOLOGIA	45
3.3.1	Enquadramento dos materiais segundo o destino/disposição	46
3.3.2	Relação dos materiais constituintes dos resíduos com o processo	49
3.3.3	Constância dos materiais constituintes dos resíduos no processo	49

3.3.4	Alteração percentual admitida para o valor substancial do resíduo (ΔVU)	50
3.3.5	Análise matemática	50
3.3.6	Modelo da análise do valor global de um resíduo	51
3.3.6.1	Variáveis do modelo	51
3.3.6.2	Equações básicas da análise por valor	56
3.3.7	Análise dos resultados	57
4	APLICAÇÃO DO MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	58
4.1	GENERALIDADES	58
4.2	ABORDAGEM DO PRODUTO SEGUNDO A LEGISLAÇÃO	59
4.3	A EVOLUÇÃO DO PRODUTO	60
4.4	MERCADO MUNDIAL DE DESCARTÁVEIS HIGIÊNICOS	60
4.5	O PROBLEMA DOS PRODUTOS DESCARTÁVEIS HIGIÊNICOS	61
4.6	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO OBJETO DO ESTUDO DE CASO	62
4.7	O PRODUTO	64
4.7.1	Controle de qualidade	66
4.8	SUBPRODUTOS GERADOS PELO PROCESSO - CARACTERIZAÇÃO E DESTINO FINAL	67
4.9	DEFINIÇÃO DO SISTEMA A SER ESTUDADO	69
4.10	APLICAÇÃO DO MODELO	71
4.10.1	Considerações preliminares	71
4.10.2	Aplicação	71
4.10.3	Resultados obtidos e discussão	73
4.10.3.1	Rebarbas	78
4.10.3.2	Pó de celulose	80
4.10.3.3	Revisão, refugo e produtos de segunda linha	81
5	CONCLUSÕES	85
	REFERÊNCIAS	87
	ANEXOS	92

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

Em função do desenvolvimento industrial observado nas últimas décadas, associado ao crescimento populacional, as questões do meio ambiente tornaram-se prioritárias, tendo em vista que os recursos naturais não podem mais continuar sendo retirados da natureza de forma indiscriminada. Os principais problemas decorrentes de uma política de desenvolvimento sem uma preocupação com o meio ambiente trazem como consequência a deteriorização dos recursos hídricos, a redução da camada de ozônio, desmatamento das florestas, chuva ácida, efeito estufa, geração de resíduos sólidos entre outros impactos.

Segundo Donaire (1999), a partir de 1987, a ciência econômica começou a levar em conta os aspectos ambientais e, na atualidade, já existe o conceito de desenvolvimento ecologicamente sustentado. A mudança de paradigma de desenvolvimento por parte das empresas começou a se transformar no momento em que, segundo Guimarães (2001b), utilizar o produto “verde” é uma oportunidade de negócio. A inclusão dos aspectos ecológicos no desenvolvimento de produtos e processos pode melhorar a imagem da empresa perante um consumidor mais consciente, aliado às questões econômicas de reciclagem de materiais, renovação de recursos naturais, assim como melhor aproveitamento de matérias-primas.

Paralelamente, começaram a surgir eventos mundiais evocando a consciência ecológica, tais como, a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano realizada em Estocolmo em 1972, bem como a Conferência sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em 1992, onde foi criada a Agenda 21. Dentro deste contexto, um grande número de normas e regulamentações ambientais têm sido implantadas no Brasil, de forma a restringir os impactos decorrentes dos empreendimentos e atividades industriais que possam degradar os recursos naturais. Cita-se a ZERI (Zero Emissions Research Initiative) lançada pela UNITED NATIONS UNIVERSITY (UNU) e os critérios qualificadores para comercialização de produtos e controle da poluição contidos nas ISO 14.000.

Portanto, na atualidade, aumentam as atribuições do projetista no desenvolvimento dos produtos e processos indo além dos requisitos custo, qualidade, desempenho e função. Cabe, desta forma, agregar a estes itens a questão ecológica ao produto como forma de viabilizá-lo e atender às novas demandas.

1.2 TEMA E OBJETIVOS

Este trabalho de conclusão aborda a questão dos resíduos sólidos provenientes do processo de produção de absorventes higiênicos. O objetivo principal do mesmo é aplicar o modelo matemático proposto por Cercal e Pawlowsky (2001), apresentado no 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, denominado Análise Matemática do Valor Global de um Resíduo e avaliar os resultados obtidos no que se refere aos quesitos quantidade, composição de materiais, valor dos materiais presentes nos resíduos associados a questões ambientais bem como o custo global dos mesmos sob o enfoque da destinação final, de modo a priorizar alternativas de minimização de resíduos a partir de um diagnóstico.

1.3 JUSTIFICATIVA

A maioria das indústrias no Brasil ainda não está inserida dentro da cultura do Gerenciamento e Minimização dos Resíduos Sólidos. Grande parte dos resíduos sólidos industriais vai para aterros sanitários ou “lixões” onde não há preocupação com a reutilização ou mesmo a reciclagem dos mesmos, aliado ao fato de que a legislação ambiental vigente restringe apenas os produtos de potencial mais perigoso. Em função disto, grande parte dos aterros sanitários e industriais têm sua vida útil menores do que inicialmente propostos na fase de projeto em virtude da saturação.

Dentro deste cenário, a aplicação de um modelo matemático que respalde o monitoramento de resíduos, pode ser capaz de fornecer elementos para priorização das alternativas de minimização e pode auxiliar no gerenciamento dos mesmos, bem como fornecer subsídios

para uma possível readequação de processos e de produtos. Ainda, o modelo pode ser utilizado para a situação real do resíduo já existente dentro do processo ou, ainda, para efeito de simulação e tomada de decisões.

1.4 MÉTODO

O desenvolvimento deste trabalho seguiu quatro etapas. A primeira delas envolveu o estudo teórico do modelo matemático concebido por Cercal e Pawlowsky (2001).

A segunda etapa envolveu o estudo da empresa onde foi aplicado o modelo matemático. Nesta parte, foi feita uma caracterização da empresa, o estudo do setor de produção, identificação dos resíduos gerados pelo processo e coleta de dados para aplicação do mesmo.

A terceira etapa consistiu na abordagem e na efetiva aplicação do modelo matemático a partir dos dados coletados de modo a gerar os resultados a que o mesmo se propõe.

A última etapa serviu como análise e discussão acerca dos resultados obtidos dentro do cenário atual da empresa e as perspectivas geradas por esta ferramenta para a formatação de um modelo de gerenciamento de resíduos e prováveis adequações no processo.

1.5 LIMITAÇÕES

O modelo matemático foi utilizado apenas no setor produtivo da fábrica em questão, ainda que não existam limitações na aplicabilidade do mesmo a outros setores produtivos. Desta forma, este trabalho consiste na aplicação da ferramenta denominada **Análise Matemática do Valor Global de um Resíduo**, não estando dentro do seu escopo a validação e otimização do mesmo.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão está estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema e a respectiva justificativa. Ainda fazem parte deste capítulo os objetivos e métodos do trabalho, limitações do mesmo, assim como a sua estrutura.

O segundo capítulo trata da uma revisão bibliográfica, com enfoque principal na contextualização da problemática dos resíduos e a mudança dos paradigmas que vem ocorrendo na atualidade no que concerne aos modelos produtivos, aliada à questão da legislação existente acerca do assunto. No quarto capítulo é apresentada a modelagem matemática proposta por Cercal e Pawlowsky (2001), seus aspectos teóricos, definição de variáveis e a aplicação do mesmo em uma fábrica de produtos descartáveis higiênicos caracterizando, assim, o estudo de caso. No quinto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas com o respaldo da aplicação do modelo matemático. Ainda são apresentadas sugestões para trabalhos futuros que podem de alguma forma contribuir para dar continuidade a este trabalho.

2 GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

2.1 ANTECEDENTES

A história da humanidade, para Black (1998), está ligada à capacidade de converter matérias-primas em produtos utilizáveis sendo que, à medida que as novas possibilidades de materiais se expandem, a variedade dos processos aumenta.

Os processos de fabricação são desenvolvidos para agregar valor aos materiais da forma mais eficiente possível. A questão das perdas dentro da produção não é um tema recente, tendo sido abordado, por diversos autores, o enfoque dos desperdícios de materiais, inclusive por Ohno (1997), quando da formulação do Sistema Toyota de Produção.

Abdalla de Moura (2002) cita que a poluição é encarada como uma perda no processo produtivo, quase sempre resultando do uso incompleto dos recursos naturais e da queima de alguma coisa.

A poluição é o resultado das ações de transformação das características naturais de um ambiente, atribuindo um caráter nocivo a qualquer utilização que se faça do mesmo (BASTOS; ALMEIDA, 2002). A Lei Federal nº 6.938/81, define poluição como “toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa constituir prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e, ainda, possa comprometer a biota e a utilização dos recursos para fins comerciais, industriais e recreativos”.

Até os anos 80, a idéia de desenvolvimento no Brasil esteve quase que totalmente desconectada do princípio de sustentabilidade. A influência das discussões realizadas no âmbito mundial começaram a surtir efeito quase dez anos depois com a formulação da Política do Meio Ambiente, criação de agências fiscalizadoras, elaboração de programas de controles de emissões e recuperação de áreas degradadas. Estas iniciativas começavam a sinalizar uma incipiente preocupação do Estado com as questões de ordem ambiental, bem como atender a uma demanda por parte dos movimentos ambientalistas.

Em 1988, um capítulo dedicado ao meio ambiente foi incorporado à Constituição Brasileira, dando origem a um processo de revisão e consolidação das leis ambientais, estando estas embasadas, segundo Mukai (1998) nos princípios fundamentais do Direito Ambiental: prevenção, responsabilização e cooperação. Correia¹ (1989 apud MUKAI, 1998) comenta que o princípio da prevenção deverá estar apoiado na busca de medidas que evitem ou, pelo menos, minimizem os impactos ambientais. Também faz referência ao princípio da responsabilização ou poluidor-pagador, no sentido de que o responsável pelos danos ao ambiente é obrigado a corrigi-los, cabendo-lhe os encargos daí resultantes, não lhe sendo permitido continuar com a ação poluente; ao passo que o princípio da cooperação deverá contar com o envolvimento conjunto entre o Estado e a sociedade para a resolução dos problemas ambientais.

A Segunda Conferência Mundial do Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, com a presença de oitenta países estabeleceu, entre outras coisas, compromissos, limites e orientações essenciais para a gestão ambiental.

No mesmo ano, o Reino Unido promulgou a BS 7750 - *Specification for Environmental Management Systems* (Especificação para Sistemas de Gestão Ambiental), norma que se constitui em uma orientação básica para atender uma demanda mundial por serviços e produtos dotados de qualidade ambiental. A comunidade europeia, desta forma, pode antever as novas imposições de qualidade para participar ou permanecer participando de seus mercados.

Em 1996, a ISO (International Organization Standardization) sediada em Genebra, oficializou, com base na BS 7750, as primeiras normas da Série ISO 14000, procurando, assim, estabelecer diretrizes para a implementação de Sistemas de Gestão Ambiental nas diversas atividades econômicas que possam afetar o meio ambiente e para a avaliação e certificação destes sistemas com metodologias uniformes e aceitas internacionalmente. O desenvolvimento de uma linguagem internacional comum, além de aumentar a capacidade das organizações em alcançar e medir melhorias no desempenho ambiental visou facilitar a integração dos mercados removendo possíveis barreiras comerciais.

¹ CORREIA, Fernando Alves. **O plano urbanístico e o princípio da igualdade**. Coimbra: Almeidina, 1989.

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio + 10) foi realizada em Johannesburgo em 2002. A mesma teve como objetivo renovar compromissos e revelar áreas da Agenda 21 que necessitavam revisão ou que não estavam previstas na Rio 92.

Como resultado, foi elaborado um documento com diretrizes e recomendações específicas dos novos compromissos assumidos para a implementação do desenvolvimento sustentável.

No que se refere ao tópico padrões de produção e consumo, o Plano de Implementação fala do compromisso de estimular e promover programas de apoio a iniciativas regionais e nacionais para acelerar a mudança de comportamento das organizações, dando o incentivo a práticas de produção mais limpa e eco-eficiência, além do comprometimento nas questões relativas a energia, resíduos e produtos químicos.

2.2 A QUESTÃO AMBIENTAL E AS ORGANIZAÇÕES

A responsabilidade social das corporações excede a produção dos bens e serviços, conforme afirma Donaire (1999). Desta forma, para o autor, o crescimento econômico não está mais ligado, como antigamente se apregoava, ao progresso social estando, assim, afeto à deteriorização física do ambiente, a condições insalubres do trabalho, exposição a substâncias tóxicas, discriminação a certos grupos sociais, deteriorização urbana e outros problemas de ordem social. O novo conceito agrega aspectos sociais e ambientais.

Biazin e Godoy (1999) reforçam que a discussão da problemática ambiental encontra-se a nível das empresas em fases distintas, tendo em vista a convivência de paradigmas opostos: lucro *versus* questão social para o respaldo das tomadas de decisão a nível gerencial. Complementando, Donaire (1999) enquadra as empresas em três fases: na primeira, há a preocupação com o controle ambiental e atendimento à legislação pertinente ao assunto. Empresas enquadradas nesta fase utilizam-se de equipamentos e dispositivos de controle da poluição, não alterando em nada a estrutura produtiva. Na segunda fase, as empresas têm como prioridade o controle ambiental nos processos. Desta

forma, selecionam matérias-primas, novos procedimentos, demonstrando uma preocupação com os resíduos gerados nos processos, bem como com a introdução do conceito de reciclagem. As empresas na terceira fase integram o controle ambiental na gestão administrativa sendo que, desta forma, a questão ambiental passa a interferir no planejamento estratégico da estrutura.

Para Macedo (1994), o desempenho e os resultados operacionais de uma organização são aferíveis através dos benefícios e adversidades ambientais que ela acarreta na região em que se insere e influencia tanto em sua implantação quanto em sua operação.

Para o mesmo autor, os impactos ambientais são decorrentes das relações de ordem física, biológica, social, comercial, econômica, tecnológica e cultural mantidos entre a organização e o ambiente que a circunscreve. Ainda, enfatiza que a análise destes impactos deverá ser priorizada segundo os atributos relativos à intensidade ou magnitude da transformação, duração em que são previstos os seus efeitos, bem como a amplitude dos mesmos sobre os fatores ambientais aliado ao tempo em que o evento leva para ser percebido.

As adversidades ambientais podem ser definidas como emissões, controladas ou não, formas de apropriação e uso dos recursos tais como ar, água, terra, solo, minerais, madeira e energia. Agrega-se, ainda, a estas adversidades, a geração de ruído, particulado em suspensão, geração de odores, iluminação, vibração e efeitos estéticos.

Para Bastos e Almeida (2002) os aspectos ambientais são todos os elementos das atividades de uma organização, englobando os processos e os respectivos produtos ou serviços que podem interagir com o meio ambiente, ao passo que os impactos ambientais podem ser definidos como quaisquer mudanças no meio ambiente como consequência das atividades da mesma.

As normas inglesas BS 7750 - *Specification for Environmental Management Systems* conceituam o impacto ambiental como um efeito adverso ou benéfico no meio ambiente que pode ser consequência direta ou indireta das atividades, produtos e serviços de uma organização.

Conforme expõe Barbosa Filho (2001), diante de uma análise macro é possível visualizar as perdas que toda a sociedade pode sofrer mediante maus tratos ou destratos com o homem face aos riscos ao que o mesmo poderá estar exposto na sua atividade laboral e o meio ambiente, decorrentes da atividade produtiva. O mesmo autor conclui que a compatibilização entre o desenvolvimento e a proteção ambiental ocupa um lugar de destaque na concepção básica de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e, como tal, deverá ser elaborado nas fases preliminares de qualquer tipo de instalação, obra ou atividade com potencial de causar danos ao ambiente, em consonância em seus princípios com o artigo 225 da Constituição Federal.

Na atual conjuntura em que vivemos, a legislação ambiental estabelece que qualquer empresa para começar sua atividade produtiva deverá obter o licenciamento ambiental que é composto por três etapas básicas: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação. A Licença Prévia ou de Localização é a etapa inicial de qualquer empreendimento, onde são fornecidas diretrizes básicas pelo órgão ambiental. A Licença de Instalação é uma etapa intermediária onde são definidas as características gerais do empreendimento, onde é realizada uma descrição pormenorizada dos processos, equipamentos, fontes de energia a serem utilizadas, bem como toda a questão dos resíduos gerados na produção. Aliado a este descritivo, deverá ser feito um planejamento de ações e medidas a serem tomadas pela organização com o intuito de minimizar a problemática do processo no que tange as questões do meio ambiente. A Licença de Operação é expedida pelo órgão ambiental quando a etapa anterior estiver de acordo com os aspectos legais estabelecidos, sendo que a partir desta licença a organização obterá a permissão para entrar em funcionamento.

A Gestão Ambiental de um empreendimento, para Macedo (1994), constitui-se em uma etapa posterior ao EIA (Estudo de Impacto Ambiental), a partir de sua implementação e prosseguindo na operação.

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é, na realidade, a aplicação de conceitos e técnicas de Administração particularizadas para assuntos do meio ambiente de forma a promover melhorias de desempenho ambiental em uma organização.

Os padrões de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) obedecem à lógica do PDCA, que é uma ferramenta da Qualidade Total. Abdalla de Moura (2002) cita que a referida ferramenta deverá ser usada visando à implantação, manutenção e melhoramento contínuo das práticas ambientais não estagnando em um ponto, rodando, assim, um ciclo PDCA clássico. Este ciclo deverá ser precedido pelo estabelecimento da política ambiental da empresa, conforme mostra a figura 1.

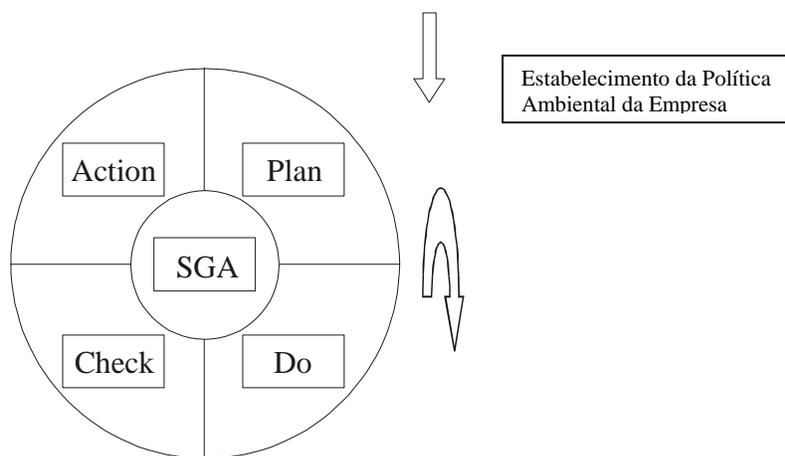


FIGURA 1: Sistema de Gestão Ambiental e o Ciclo PDCA
Fonte: Abdalla de Moura (2002)

A figura 1 é melhor detalhada na figura 2.

<i>Fase do Ciclo</i>	<i>Metas/Atividades</i>
Plan	<ul style="list-style-type: none"> - Comprometimento com a política ambiental estabelecida; - Elaboração do Plano de Implementação do SGA; - Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais; - Requisitos Legais; - Objetivos e Metas; - Plano de Ações.
Do	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação e Operacionalização; - Aplicação de Recursos; - Estrutura e Responsabilidades; - Conscientização e Treinamento; - Comunicações; - Documentação do SGA; - Programas de Gestão Específicos; - Respostas às Emergências.
Check	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento e Controle Operacional; - Identificação de não-conformidades - Ações Corretivas e Preventivas; - Registros; - Auditorias do Sistema de Gestão.
Action	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão e Avaliação; - Crítica de todo o processo; - Reflexão; - Atuação Corretiva; - Reunião com a alta administração; - Postura Estratégica; - Revisão da Política.

FIGURA 2: Metas nas Fases do Ciclo PDCA
Fonte: Abdalla de Moura (2002)

2.3 FILOSOFIAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO

Entre as diversas abordagens existentes sobre a sustentabilidade das organizações produtivas, merecem destaque a Produção Limpa, Produção Mais Limpa, a Emissão Zero, Ecologia Industrial, o Desempenho Sustentável e a Eco-eficiência.

A abordagem do Greenpeace (2003) acerca da Produção Limpa (*Clean Production*) propõe a substituição do modelo linear clássico *end of pipe* de contenção de poluição na fábrica para posterior tratamento e descarte, pelo modelo circular, com maiores preocupações ambientais, principalmente no que se refere aos consumos de água e energia.

A Produção Limpa assume como pressuposto que a maioria dos problemas ambientais é causada pelo forte ritmo no qual são produzidos e consumidos os recursos.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) desenvolveu o conceito da Produção Mais Limpa (*Cleaner Production*) como sendo uma estratégia ambiental contínua aos processos e produtos de uma indústria com a finalidade de reduzir riscos ao meio ambiente e ao ser humano. Na sua implantação, é estruturado um *housekeeping* de modo a estabelecer um balanço de massas com vistas a racionalizar os insumos e otimizar o processo como um todo. A segunda fase engloba uma análise mais específica do processo, visando sugerir a adoção de tecnologias limpas. Na última fase de implantação, é utilizada a ferramenta do *ecodesign*, e a atuação restringe-se mais a nível do projeto de produtos concebidos à luz da eco-eficiência, orientação mercadológica, tecnológica e da mudança dos processos produtivos. (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS, 2003).

Conforme Lerípio (2001), a Produção Limpa ultrapassa os elementos técnicos e econômicos previstos na conceituação apregoada pela Produção Mais Limpa, pois incorpora componentes jurídicos, políticos e sociais. Gonçalves e Nascimento (1997) reforçam esta visão holística da Produção Limpa quando se referem que a introdução desta, dentro da estrutura da empresa, agrega um diferencial competitivo que pode ser explorado tanto no processo produtivo quanto a nível mercadológico.

A Produção Limpa está intimamente relacionada à expressão do “berço-à-cova”, que leva em conta os aspectos ambientais que envolvem toda a análise da cadeia produtiva. Diversos princípios e critérios passaram a fazer parte do conceito de Produção Limpa. Atenção especial vem sendo dada aos princípios da precaução, prevenção, integração, controle democrático, direito de acesso a informações sobre riscos e impactos de produtos e processos e responsabilidade continuada do produtor. (FURTADO et al., 1998).

A Emissão Zero (ZERI, Zero Emissions Research Initiative) foi lançada em 1994 pela Universidade das Nações Unidas como resultado da convergência de três correntes de pensamento que dominaram o cenário mundial: a desenvolvimentista que apregoava o crescimento econômico e a expansão industrial; a social com enfoque para o bem estar humano individual e coletivo e a ecológica que defendia os sistemas naturais e a qualidade do meio ambiente. (LERÍPIO, 2001).

O ZERI propõe uma abordagem sistêmica contrapondo-se à visão tradicional da empresa na qual o processo produtivo se resumia em três estágios: insumo, processo e produto, além de agregar as estratégias da Qualidade Total com os requisitos da qualidade ambiental e imitando o equilíbrio ecológico da natureza como suporte para promover o Desenvolvimento Sustentável.

Para Kinlaw (2000), o desenvolvimento sustentável é a macrodescrição, de larga escala, de como as nações precisam agir em plena cooperação com os recursos e ecossistemas da terra para manter e melhorar as condições econômicas gerais dos povos tanto atuais, quanto no futuro. Para o mesmo autor, o desempenho sustentável está em menor escala nas empresas e indústrias de forma a traduzir o conceito mais amplo do Desenvolvimento Sustentável em aplicações empresariais práticas, revisando e substituindo processos, produtos e serviços de modo a compatibilizá-los com os ecossistemas da natureza.

A eco-eficiência está baseada nos pilares econômico, ambiental e social. Amaral (2002) argumenta que a empresa estará criando condições para permanecer no mercado se for economicamente viável, ambientalmente compatível e socialmente justa. Para atender tais condições, deverão ocorrer mudanças nos paradigmas atuais de produção e consumo, com foco nas tecnologias limpas e *redesign* de produtos, como forma a reduzir os impactos ambientais. (RAMOS, 2001).

A ecologia industrial aplica as leis da natureza nas relações da indústria e do meio onde a mesma está inserida e, tal como a natureza, visa otimizar o ciclo total dos materiais e energia, desde a matéria-prima em estado bruto até o produto e sua valorização como resíduo ou disposição final. (ARAÚJO et al., 2003). Segundo os autores, a ecologia industrial apregoa que os sistemas industriais se comportem de forma parecida como fazem os ecossistemas biológicos, buscando, assim, criar autênticos ecossistemas industriais onde cada empresa ocupe seu respectivo nicho, de tal forma que os resíduos de um processo sejam os insumos de uma outra produção.

O ZERI e a Ecologia Industrial, conforme cita Cabeda (1999) apresentam muitas afinidades em sua concepção geral, sendo que a idéia sistêmica destas duas propostas exigiria um planejamento prévio estratégico quando da implantação de um pólo industrial. Enquanto as indústrias estiverem fragmentadas e distantes uma das outras, segundo o autor, a alternativa mais viável residirá no combate ao desperdício sugerido pela implantação das tecnologias limpas.

Na realidade, a função da Gestão da Qualidade Ambiental, para Macedo (1994), não se trata de um corpo estranho a obliterar o desempenho das atividades e processos produtivos, mas um fator de introdução para um novo conceito que integra gestão e produção.

A indústria do século 21 deverá optar pelo modelo de prevenção de resíduos ao invés do controle e tratamento de poluição na fábrica. (FURTADO et al., 1998). Os novos padrões industriais, respaldados pelas chamadas tecnologias limpas, serão representados por:

- Melhoria na eficiência do processo, através da diminuição dos custos com água e energia, dos custos com a matéria-prima, de redução das pressões extrativas sobre as fontes naturais renováveis e dos custos para tratamento de efluentes;
- Redução do consumo e conseqüente custo de matérias-primas, através do uso de materiais simples e renováveis, de menor consumo material e energético, com reaproveitamento de materiais reciclados;
- Redução de resíduos gerados ao invés do tratamento e contenção para conformidade aos limites das regulamentações ambientais locais;
- Redução do potencial de poluição de determinado processo ou produto;

- Melhoria das condições de trabalho nas fábricas em conformidade com as exigências legais e medidas pró-ativas (antecipadas), envolvendo aspectos de segurança e saúde no trabalho e prevenção de riscos em cada unidade, operação ou no processo produtivo como um todo;
- Redução dos custos de tratamento de resíduos através de modificações no processo e no fechamento de ciclos nas operações industriais.

2.4 ESTRATÉGIAS E FERRAMENTAS DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL

Kinlaw (2000) cita que as estratégias que apóiam as filosofias de desempenho sustentável vão desde a modificação ou substituição dos processos produtivos ou serviços, recuperação dos resíduos e produtos secundários do processo, passando pela redução do uso de materiais ou insumos do processo. Ainda, segundo o autor, se insere neste contexto a descoberta de novos nichos de mercado que criam serviços ou produtos que atendam à crescente demanda ambiental.

As tecnologias limpas, conforme Ramos (2001) enfocam, principalmente, os processos produtivos, ao passo que o *Ecodesign* supre esta lacuna fazendo uma abordagem voltada para o produto.

O design voltado para o meio ambiente ou *Ecodesign* são as principais denominações da atividade de projeto que busca a redução dos impactos ambientais dos produtos. Neste tipo de projeto, a relação do produto com o meio ambiente, durante todo seu ciclo de vida, é levada em conta na definição das diretrizes para a tomada de decisões.

Segundo Prates (1998), as escolhas que os projetistas fazem durante o desenvolvimento de um produto novo ou melhorado, determinarão o impacto ambiental durante cada fase do ciclo de vida do produto, desde a aquisição de materiais, passando pela manufatura, uso, reuso e finalmente o descarte final do mesmo.

As estratégias mais usadas no desenvolvimento de produtos com o intuito de reduzir a pressão sobre os recursos naturais e reduzir o impacto ambiental causada pela geração de resíduos ao

longo da vida útil podem ser classificadas em estratégias de redução dos impactos ambientais e aquelas estratégias que aumentam a vida útil do produto. (RAMOS, 2001).

<i>Estratégias de Redução</i>	<i>Medidas</i>
Redução do uso de recursos naturais	Simplificação da forma; Agrupar funções; Evitar superdimensionamento; Diminuir volume, peso; Diminuir o uso da água;
Redução do uso de energia	Reduzir energia na fabricação; Reduzir energia na utilização do produto; Reduzir a energia no transporte; Usar fontes de energia alternativas.
Redução de resíduos	Usar materiais reciclados; Usar materiais vindos de fontes abundantes; Evitar materiais que produza emissões tóxicas.
Aumentar a durabilidade	Facilitar manutenção; Facilitar substituição de peças; Incentivar mudanças culturais (descartável x durável).
Projetar para o reuso	Na mesma função; Em outras funções.
Projetar para a manufatura	Facilitar a desmontagem; Prever atualizações tecnológicas; Projetar intercâmbio das peças.
Projetar para a reciclagem	Facilitar desmontagem; Identificar diferentes materiais; Agregar valor estético aos materiais reciclados.
Projetar final da vida útil dos materiais/produtos	Utilizar materiais biodegradáveis em produtos de vida útil breve; Utilizar materiais que possam ser incinerados para a geração de energia sem que produzam emissões tóxicas.

FIGURA 3: Estratégias de redução de impactos/extensão de vida dos produtos
Fonte: Adaptado de Ramos (2001)

A preocupação mais recente com a prevenção da poluição na indústria deve ser encarada tanto a montante como a jusante do processo produtivo, abrangendo todo o ciclo de vida dos produtos e seus constituintes.

Os primeiros estudos sobre avaliação do ciclo de vida foram realizados na Europa e nos EUA, nos anos 70, onde foram observados os efeitos ambientais de todas as fases da vida de um produto, avaliando desde o processo da extração da matéria-prima até o seu descarte final.

Conforme Chehebe (1998), os primeiros estudos envolvendo, ainda de forma embrionária, o que hoje chamamos Análise do Ciclo de Vida (ACV) de Produtos tiveram início durante a primeira crise do petróleo. Nesta época, vários estudos foram realizados buscando avaliar os processos produtivos e racionalizar o consumo de fontes energéticas esgotáveis. O autor cita que o grande enfoque foi dado às questões energéticas, sendo que alguns deles começaram a considerar timidamente aspectos ligados a questão ambiental incluindo estimativas de emissões sólidas, gasosas ou líquidas.

A análise do ciclo de vida é uma ferramenta que considera o impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida do produto: da extração das matérias-primas utilizadas à produção, ao uso e à disposição final do produto.

Segundo Chehebe (1998), a ACV encoraja as indústrias a sistematicamente considerar as questões ambientais associadas aos sistemas de produção, ajudando a melhorar o entendimento dos aspectos ambientais ligados aos processos produtivos de uma forma mais ampla, auxiliando na identificação de prioridades a afastando o enfoque tradicional *end of pipe* para a proteção ambiental.

A ISO 14.000 introduziu um sistema de avaliação do ciclo de vida do produto que não estava claramente formalizado na BS 7750. (ROTHERY, 1997). A norma ISO 14.040 estabelece que a ACV deve incluir a definição do objetivo e do escopo do trabalho, análise do inventário, avaliação do impacto ambiental e a interpretação dos resultados.

De forma simplificada, na fase da definição do escopo, é estabelecida a extensão da análise, os subsistemas que serão abordados, bem como os detalhes mais específicos do estudo. Na

análise do inventário, é feita a coleta e quantificação de todas as variáveis (matéria-prima, energia, emissões, efluentes e resíduos envolvidos durante o ciclo de vida de um produto, processo ou atividade).

De acordo com a ISO 14.040, o levantamento do inventário, bem como os balanços ambientais (balanço de massa ou balanço energético) servem como base para a análise dos aspectos ambientais envolvidos e sua valoração subsequente.

Mondardo (2001) sugere que, sob a ótica da visão sistêmica, em face aos problemas ambientais associados a determinadas atividades, procura-se delimitar o sistema a ser estudado, definindo os fluxos de entrada e saída e as transformações envolvidas. O conjunto de dados estratificados de forma qualitativa/quantitativa dos fluxos de materiais e energia é o que se denomina de balanço ambiental (*ecobalance*).

A avaliação do impacto ambiental representa um processo qualitativo/quantitativo de entendimento e avaliação da magnitude e significado do impacto ambiental obtidos no resultado da análise do inventário.

A interpretação dos resultados consiste na identificação e análise dos resultados do inventário e da análise do impacto ambiental de acordo com os objetivos previamente estabelecidos no escopo. Os resultados desta fase podem tomar a forma de conclusões e recomendações para possibilitar a tomada de decisão.

As limitações de uma ACV não são difíceis de serem percebidas, pois a obtenção dos dados para toda a cadeia produtiva, além de complexa, é exaustiva e onerosa. Aliado a isto, não existe ainda um consenso e padronização de uma metodologia de avaliação dos impactos ambientais para a elaboração de uma ACV. De qualquer forma, é uma ferramenta de uso crescente e, à medida que as técnicas de Avaliação do Impacto Ambiental evoluírem, esta tende a se tornar uma poderosa arma para a melhoria do desempenho ambiental de qualquer organização. (CHEHEBE, 1998).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) também poderá ser utilizada com a finalidade de aprimorar o desempenho dos produtos e serviços na sua relação com o meio ambiente dando respaldo, assim, às reivindicações de rótulos de qualidade ambiental. (PRATES, 1998).

Biazin e Godoy (1999) ressaltam que, em decorrência da maior preocupação dos consumidores com o impacto ambiental, o marketing verde se encontra em expansão, mudando os hábitos de consumo da sociedade.

O rótulo é a forma mais direta de comunicação da empresa com o consumidor de seu produto. Assim, muitas empresas utilizam o mesmo para realçar as vantagens ambientais do produto de forma a orientar o consumidor. A norma ISO 14.024 refere-se aos programas de Rotulagem Ambiental do Tipo I, onde surge a figura de uma entidade denominada de “Praticante” que desenvolve um programa de rotulagem ambiental, realizando uma ACV, bem como, elaborando critérios de desempenho a serem atendidos segundo categoria de produtos. A empresa que busca a rotulagem, chamada de “Requerente”, passa por um processo de auditoria e avaliações por parte da “Praticante” como forma de incluir um rótulo ambiental em seu produto.

O “Selo Verde” é um exemplo de rótulo ecológico, sendo que o alemão Anjo Azul (*Blauer Angel*), criado em 1978, foi o primeiro neste sentido que, realmente, projetou este tipo de iniciativa.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) criou um rótulo ecológico cuja denominação é “Certificado do Rótulo Ecológico ABNT - Qualidade Ambiental”. O certificado emitido pela entidade tem como objetivo atestar a conformidade do produto com base em critérios ambientais estabelecidos para cada categoria de produto. Assim, identifica os produtos com menor impacto ambiental em relação aos demais, da mesma categoria, disponíveis no mercado.

2.5 SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS - UM ENFOQUE NA QUESTÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Cabeda (1999) afirma que a meta principal de um gerenciamento ambiental na indústria começa na racionalização da geração e no tratamento dos subprodutos onde estariam enquadrados os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões inerentes aos processos.

Segundo Furtado *et al.* (1998), o termo resíduo é usado para caracterizar todo e qualquer tipo de materiais - líquidos, sólidos ou gasosos - que não representem o produto-fim do sistema de manufatura industrial. O termo resíduo engloba a energia entrópica, as dissipações, perdas de calor e outros fatores de ineficiência termodinâmica do sistema de manufatura.

Assim, os resíduos poderão:

- Estar ou não previstos no processo de manufatura industrial;
- Ser ou não gerados ou despejados durante o processo;
- Ser ou não utilizados como parte do produto fim da empresa.

A EPA (*Environmental Protection Agency*) dos EUA define textualmente os resíduos sólidos como qualquer lixo, desperdício, lodo e outros materiais sólidos de restos resultantes das atividades industriais, comerciais e da comunidade.

A norma brasileira, NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação, foi publicada em 1987 pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), consolidou a terminologia resíduo sólido. Aliado a esta questão, a referida norma estabeleceu, ainda, critérios bem definidos para classificar os resíduos quanto a sua origem, grau de degradabilidade e periculosidade em função das características físicas, químicas e infecto-contagiosas dos materiais constituintes. Com base na diversidade dos processos industriais, os resíduos sólidos podem ser classificados através da NBR 10004 em:

Classe I: Perigosos;

Classe II: Não inertes;

Classe III: Inertes.

Esta classificação é realizada segundo critérios de periculosidade estabelecidos na norma, bem como, na execução de ensaios de lixiviação e de solubilidade como forma de possibilitar o enquadramento dos resíduos nas respectivas classes. A partir desta classificação, é possível estabelecer as diretrizes básicas de um programa de gerenciamento de resíduos que leve em conta o acondicionamento, coleta, transporte, assim como todas as definições técnicas no que diz respeito ao tratamento e disposição final dos chamados resíduos industriais.

Para Bidone e Povinelli (1999), as principais técnicas de tratamento de resíduos sólidos industriais utilizadas são: os aterros industriais, os sistemas *landfarming/landspreading* e a estabilização/solidificação. Na atualidade, o co-processamento é uma técnica que também vem sendo utilizada para solucionar esta questão.

O aterro é uma forma de disposição final no solo dentro de critérios e normas operacionais específicas proporcionando um confinamento seguro dos resíduos evitando danos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais. Os aterros industriais são aqueles destinados à recepção dos resíduos industriais perigosos, diferenciando-se dos aterros sanitários em função dos elementos adicionais utilizados para a proteção ambiental.

O *Landfarming/Landspreading* é um método de tratamento em que o substrato orgânico do resíduo é degradado biologicamente na camada superior do solo e a parte inorgânica do mesmo é fixada nesta mesma camada de solo por meio de princípios adsorptivos e quelantes. Sua aplicação implica na observância de critérios rígidos de engenharia, pois por ser um processo aberto sem qualquer sistema de impermeabilização, poderá trazer problemas de contaminação no solo, águas superficiais e subterrâneas.

A estabilização é um processo de pré-tratamento que induz trocas químicas no constituinte de um resíduo, transformando-o em formas menos solúveis e tóxicas por meio de reações químicas. A solidificação também pode ser caracterizada como uma técnica de pré-tratamento dos resíduos industriais de forma a produzir uma massa sólida monolítica de um resíduo, melhorando suas características físicas favorecendo o manuseio e o transporte do mesmo. As restrições destas técnicas residem no fato de que não podem ser aplicadas a qualquer tipo de

resíduo, principalmente se estes possuem em sua composição um teor de constituintes orgânicos situados a partir do intervalo compreendido entre 10 e 20%, tendo em vista a interferência destes compostos nas reações químicas utilizadas. As reações químicas mais comuns são a adição de materiais pozolânicos nos resíduos, como forma de criar condições de solidificação e encapsulamento superficial de seus materiais constituintes.

O co-processamento é a destruição térmica dos resíduos através de fornos de cimento. Seu diferencial sobre as demais técnicas de queima está no aproveitamento dos resíduos como potencial energético dentro da indústria cimenteira. São passíveis de co-processamento os resíduos líquidos, sólidos e pastosos, excetuando-se os organoclorados, organofosforados, radioativos, hospitalares, domésticos, pesticidas e explosivos.

Bidone e Povinelli (1999) ressaltam que um programa de minimização de resíduos passaria necessariamente pela análise da redução dos resíduos em sua fonte geradora e na reciclagem dos mesmos. A primeira questão poderia ser alcançada mediante a substituição e purificação de matérias-primas de acordo com o processo industrial. Entre estes itens estaria inserida a substituição de tecnologias, otimização do arranjo de equipamentos, além de treinamento do pessoal envolvido no processo, tendo em vista a segregação dos resíduos para reaproveitamento futuro, além de práticas operacionais importantes na minimização dos resíduos na fonte.

No que tange a reciclagem dos resíduos industriais, o mesmo autor enfatiza que a mesma depende de alguns fatores tais como a proximidade das instalações de processamento, custo de transporte, volume de resíduos disponíveis para o processamento e custos de estocagens. A sua recuperação será justificada se, economicamente, resultar em um produto mais barato ou for mais econômico recuperar e transportar e tratar ou dispor adequadamente.

Outra alternativa seria o banco ou bolsa de resíduos, que é um instrumento que tem por objetivo principal favorecer as trocas e permitir a valorização de resíduos particulares, complementando os circuitos tradicionais existentes na recuperação de resíduos entre produtores e consumidores. Este conceito mostra que o instrumento está intimamente ligado às providências adotadas no sentido da redução, reutilização e reciclagem. Da operacionalização do banco, resulta uma maior conservação de recursos em termos de

matérias-primas para usos futuros, diminuição do volume de resíduos e dos custos crescentes de sua disposição final adequada, minimização de impactos ambientais e economia de energia.

2.6 LEGISLAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A Resolução nº 6/88, do CONAMA apresentou, pela primeira vez, uma orientação à gestão dos resíduos industriais e formulou uma base para uma análise fiscalizadora dos mesmos. Percebe-se claramente que as considerações iniciais previstas na legislação, na época, consideravam a possibilidade de poluição sobre o meio ambiente, bem como riscos à saúde humana não tendo sido consideradas iniciativas de reaproveitamento ou reciclagem de materiais.

Em 1993, a Lei Estadual nº 9.921, do Rio Grande do Sul, cuja ementa trata da gestão dos resíduos sólidos, agrega uma visão sistêmica para a gestão dos resíduos evidenciando a segregação dos mesmos na fonte e o possível reaproveitamento, reduzindo-se, assim, as necessidades de espaço para a disposição dos mesmos e riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Em 1998, foi sancionado o Decreto nº 38.356, que regulamentou a lei anterior e onde são citadas as palavras não-geração e minimização dos resíduos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda em fase de discussão por diversos segmentos da sociedade, esbarra na divisão entre a posição do setor público e da indústria.

A proposta existente tem como diretriz principal a divisão da gestão dos resíduos entre a indústria, órgãos públicos e cidadãos. As ações estariam centradas nos municípios, que seriam obrigados a realizar programas de coleta seletiva. A indústria teria como responsabilidade o reaproveitamento de alguns de seus produtos, além da disposição adequada dos resíduos perigosos. Na ponta do processo, o consumidor atuaria fazendo a separação adequada do seu lixo.

Conforme Faleiros (2002), o papel da indústria na Política Nacional é que tem gerado a maior polêmica, pois os empresários não querem arcar com a responsabilidade que terão na destinação final de seus produtos.

De qualquer forma, percebe-se claramente o avanço da legislação ambiental, no Brasil, no sentido de implementar a responsabilidade do produtor ao longo do ciclo de vida do produto, a exemplo a resolução do CONAMA nº 257/99, que trata dos critérios de gerenciamento para destinação final de Pilhas e Baterias e a 258/99, também do CONAMA, que trata da coleta e da destinação final dos Pneumáticos.

Quando da abordagem da Produção Limpa, o Greenpeace (2003) fez referência à importância que os governos têm na implementação e desenvolvimento de tecnologias e produtos limpos. Ao invés de centrar sua ação em políticas e legislação voltadas para o tratamento e destinações finais, para a referida organização, os governos precisarão elaborar políticas que favoreçam os produtos duráveis, uso de energia renovável, bem como a utilização de materiais naturais. Para esta mudança de paradigma, as medidas a serem adotadas seriam a Responsabilidade Expandida ao Produtor (REP), implementação de uma tributação ecológica, aliados ao acesso público às informações.

2.7 ALGUNS MODELOS APLICADOS

2.7.1 Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) - abordagem no ecodesign/ACV e processos produtivos

Para Bauer *et al.* (2002), os *softwares* que fazem a Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) podem ser divididos em *softwares* restritos à ACV, *softwares* relacionados com o projeto de produtos, onde a abordagem da ACV é uma atividade complementar e os *softwares* de modelagem e simulação de processos produtivos voltados para a área de engenharia química.

Cabeda (1999) respalda a idéia anterior e complementa que, na atualidade, os *softwares* existentes de caráter ambiental abordam o impacto ambiental, a análise de riscos, servindo de ferramentas de apoio à Gestão Ambiental, embasadas na ISO 14.000.

Dentro desta perspectiva, Ramos (2001) cita o *SimaPro 4.0*, mais voltado para a área de *design* com enfoque na ACV, que tem como objetivo quantificar a contribuição do produto no impacto ambiental (efeito estufa, chuva ácida, redução da camada de ozônio na atmosfera e poluição). O autor faz referência, também, ao *Eco-indicator-99* como uma ferramenta disponível para o *design* de produtos. O referido *software* permite a avaliação ambiental de um produto com relação aos principais problemas ambientais. Na realidade, o *eco-indicator* é um número que expressa a carga ambiental de um material ou processo, sendo composto por um conjunto de indicadores que levam em conta o impacto ambiental sobre o ser humano, qualidade dos ecossistemas e recursos naturais.

Ramos (2001) e Bauer *et al.* (2002) ressaltam que a grande restrição do uso destes modelos no Brasil diz respeito à base de dados disponíveis no que tange a materiais e processos empregados, bem como aos procedimentos de cálculo utilizados.

Cita-se, também, o Umberto® 4.0 como uma ferramenta disponível que permite ao usuário criar balanços de entrada e saída e ACV, trabalhando a nível de inventário.

Bauer *et al.* (2002) comentam que o *SuperProDesigner 4.7* é um simulador de processos químicos que apresenta bastante versatilidade e satisfaz exigências de engenharia no que diz respeito à análise de processos industriais.

A *T-System do Brasil* desenvolveu o *software* CUMPAN®, com o intuito de apoiar as iniciativas de melhorias de processo e produtos seguindo os critérios contidos na ISO 14.040. O CUMPAN®, em seu escopo, utiliza a metodologia da ACV, sendo uma ferramenta útil para fazer o acompanhamento de um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA). Uma de suas grandes vantagens é o banco de dados com arquivos referentes à energia, transporte, materiais, bem como módulos de processos produtivos adaptados para a realidade brasileira. Além disto, o banco de dados apresenta flexibilidade no que se refere à sua ampliação.

O GAIA (LERÍPIO, 2001), Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais, é uma proposta que serve como apoio à introdução de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas empresas, de modo a proporcionar a melhoria do desempenho ambiental, enfocando os níveis de desperdício de matéria-prima e insumos dos processos produtivos sobre os efeitos ambientais. A implementação do GAIA dentro de uma organização passa, necessariamente, pelas seguintes etapas: avaliação da sustentabilidade do negócio, programa de sensibilização das partes envolvidas, estudo da cadeia produtiva e estrutura detalhada do processo, mapeamento destes com o intuito de identificar aqueles mais impactantes através da análise de entradas e saídas, de modo a implementar o inventário e possibilitar a valoração dos impactos ambientais, para a posterior identificação de possíveis melhorias e oportunidades através do respaldo em análise técnico-econômica de alternativas. Em face ao diagnóstico obtido em etapas anteriores e a suas implementações avaliadas, é possível estabelecer um planejamento ambiental da organização. O GAIA é uma ferramenta bem estruturada em sua concepção, mas a sua maior fragilidade reside na subjetividade de alguns critérios e, na possível, interferência da pessoa que está procedendo a avaliação da organização.

O MAGIA (MACEDO, 1994), Modelo de Avaliação e Gestão e Impactos Ambientais, pode ser utilizado para avaliar o impacto ambiental de diversos empreendimentos tais como hidroelétricas, projetos de irrigação, rodovias, plantas industriais, projetos de saneamento e infra-estrutura. A metodologia do MAGIA foi utilizada para a implementação do *software* IDEA (Instrumento para o Desenvolvimento de Estudos Ambientais). O algoritmo para a estimativa do Impacto Ambiental foi estruturado como forma de planificar uma metodologia de Gestão Ambiental envolvendo as etapas de diagnóstico, caracterização das atividades transformadoras, prognóstico ambientais, cenarização ambiental, Avaliação do Impacto Ambiental (AIA), e análise de alternativas sob a ótica ambiental. A metodologia utilizada no IDEA auxilia a realização dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), Inspeções e Auditorias Ambientais, Ordenamento Territorial, Planos de Otimização e Desempenho Ambiental, bem como Projetos de Desenvolvimento Sustentável.

Os fenômenos causadores dos impactos ambientais, segundo o autor, são analisados segundo os atributos intensidade, duração, distributividade e carência, os quais permitem que os diferentes processos de transformação ambiental sejam comparados em uma mesma escala.

2.7.2 Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) - abordagem de valoração econômica

A outra abordagem do Impacto Ambiental, segundo Lima-e-Silva *et al.* (2002), são os modelos de valoração econômica. Assim, segundo o autor, a possibilidade de valorar os impactos permite a comparação dos custos e benefícios e, de forma sistêmica, é possível conectar o mundo econômico com o ecológico em uma estrutura que, em tempos passados, fora totalmente desprezada.

Neres (1998) reforça que a clássica oposição entre a ecologia e economia estava afeta ao modo como a variável ambiental era tratada, não agregando valor ao produto, em virtude do emprego de soluções *end of pipe* para conter a poluição, com o intuito de cumprir a legislação ambiental vigente.

Os modelos de valoração existentes, conforme Lima-e-Silva *et al.* (2002), estão embasados nos seguintes princípios e modelos: princípio do poluidor-pagador, modelo de disposição a pagar (métodos de contingência), modelo do preço hedônico, modelo de avaliação direta, assim como os chamados títulos de poluição ambiental.

O princípio do Poluidor-Pagador taxa o poluidor de forma proporcional ao dano ambiental causado, tornando visível o custo da degradação ambiental. O Modelo de Contingência estima o preço implícito das coisas através dos conceitos de substituição e complementaridade. É realizado através de consulta popular e tratamento estatístico dos dados obtidos. O Modelo do Preço Hedônico é um método estatístico que visa valorar um recurso através do relacionamento de seus atributos com o preço da terra ou do trabalho. A partir da diferença entre os preços entre bens semelhantes, pode inferir-se estatisticamente o preço de um atributo presente em um e ausente no outro bem. O Modelo de Avaliação Direta é um modelo difícil porque necessita que uma situação real seja criada para que a resposta do público possa ser avaliada e transformada em valor. Os Títulos de Poluição Ambiental são estabelecidos pelo órgão fiscalizador ambiental que estabelece um limite para determinados poluentes em uma região emitindo títulos, que correspondem, em seu conjunto, a toda a poluição que seria admissível na mesma, respaldado por estudos ambientais. Estas “ações de poluição” são negociadas em bolsa. À medida que a empresa vai mudando sua tecnologia e poluindo menos,

vai vendendo estes títulos para outra empresa da região. Na prática, os títulos vão se valorizando com o tempo, porque a tendência é que mais empresas entrem na área aumentando a disputa pelos mesmos trazendo como consequência o aumento financeiro destes inibindo, assim, a geração de poluentes.

2.7.3 Abordagem específica - resíduos industriais

Como modelos voltados especificamente para o gerenciamento dos resíduos industriais podem ser citados o DBW Expert (CABEDA, 1999) e o BPM (NERES, 1998).

O DBW Expert é uma ferramenta que serve como suporte ao gerenciamento de subprodutos industriais propiciando, desta forma, à empresa, o processo de avaliação e tomada de decisão, a partir de informações detalhadas acerca dos resíduos com o intuito de buscar a melhor alternativa sob a ótica produtiva.

Desta forma, segundo o autor, a concepção básica do modelo proposto consiste no controle individualizado de tudo o que é gerado no processo industrial, em termos de resíduos, levando em conta todas as iniciativas subsequentes no que diz respeito à estocagem, transporte, reaproveitamento e tratamento, formando uma base de dados atualizada e consistente. Através de recursos computacionais, é possível gerar uma série de relatórios cruzando as diversas informações existentes no banco de dados respaldando, assim, o gerenciamento dos subprodutos industriais.

O BPM, *Business Process Management*, é uma ferramenta cujo objetivo principal é criar um mecanismo estruturado que associa recursos e perdas, com ênfase na aplicação do gerenciamento de processos. A referida ferramenta apresenta desdobramento em três níveis: o processo propriamente dito, os sub-processos e as atividades. Dentro de cada um destes desdobramentos, é feita uma análise do impacto relativo, acerca dos equipamentos envolvidos, materiais e mão-de-obra utilizadas. As perdas no processo são abordadas através da análise do impacto ambiental dos resíduos no processo, com o intuito de proporcionar um mecanismo de direcionamento dos esforços da organização visando à melhoria.

A avaliação do impacto dos resíduos é feita segundo uma base monetária. A dificuldade em determinar os chamados custos ambientais, levou o autor a uma abordagem mais qualitativa do que quantitativa do modelo. O BPM aborda a quantificação do impacto através de uma variável denominada FCR que seria uma escala de valoração associada a cada tipo de resíduo analisado. A quantificação do FCR fica a cargo do usuário caracterizando, assim, a maior fragilidade do modelo, pois a partir desta liberdade em estabelecer a escala de valoração, o usuário poderá manipular os resultados.

Na realidade, o BPM está mais focado para o gerenciamento do processo e seus desdobramentos, associado a uma abordagem ambiental quando trata mais especificamente dos resíduos. A sua metodologia é bastante simples porque associa as quantidades inerentes a cada recurso analisado ao seu respectivo custo. A grande vantagem da utilização deste seria como uma ferramenta para uma avaliação inicial, a nível macro, do processo e seus desdobramentos.

Inserido na área de gerenciamento de resíduos, apresenta-se o modelo proposto por Cercal e Pawlowsky (2001), cuja metodologia está abordada no capítulo 3. A aplicação do referido modelo, denominado Análise Matemática do Valor Global de um Resíduo, tem como objetivo principal subsidiar um diagnóstico acerca das destinações dadas aos resíduos dentro do escopo de um Sistema de Gerenciamento. A grande vantagem deste modelo, e que motivou a sua adoção neste estudo de caso, reside na simplicidade de sua aplicação, aliado ao fato de que a análise do mesmo fica preservada da interferência do usuário nos resultados finais.

3 ANÁLISE MATEMÁTICA DO VALOR GLOBAL DE UM RESÍDUO

3.1 GENERALIDADES

No 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, realizado no ano de 2001 em João Pessoa (Brasil), foi apresentado por Cercal e Pawlowsky um trabalho voltado para a área de Gestão Ambiental, mais especificamente, para o gerenciamento de resíduos sólidos. O referido trabalho, “Análise Matemática do Valor Global de um Resíduo” propunha a quantificação dos resíduos levando em conta a questão econômica, bem como considerações de caráter ambiental com o intuito de servir como uma ferramenta para um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). O modelo apresentado caracteriza-se pela flexibilidade e abrangência, em função de considerar as possibilidades das diferentes composições de um resíduo, o fato do mesmo ser gerado em diferentes equipamentos, assim como o mesmo poder sofrer diferentes destinações.

Em 2002, no III Simpósio da Qualidade Ambiental, realizado na cidade de Porto Alegre, Leite e Pawlowsky publicaram uma variante do modelo proposto anteriormente. Além de fazer a análise do resíduo por valor, foi agregada a análise do resíduo por risco, levando em conta os funcionários da produção, vizinhos e população em geral, assim como o aspecto da facilidade de minimização do mesmo sob a ótica da disponibilidade de recursos técnicos, humanos e financeiros. Desta forma, além dos quesitos financeiros e ambientais, passaram a fazer parte da ponderação do valor global do resíduo as questões de risco, bem como, os aspectos relativos à minimização propriamente dita.

O escopo da abordagem deste trabalho ficará focado no primeiro modelo, que leva em conta as ponderações econômicas e ambientais no valor dos resíduos analisados. A razão desta opção leva em conta que as considerações acerca dos riscos e facilidades de minimização dos resíduos, englobam decisões a nível mais subjetivo dentro do modelo, no que tange a estas ponderações, podendo, desta forma, interferir nos resultados obtidos. Estes dois aspectos abordados posteriormente podem ser tratados conjuntamente com os resultados obtidos no

primeiro modelo de valoração servindo como critério alternativo para respaldar o processo decisório de priorização de um programa de minimização.

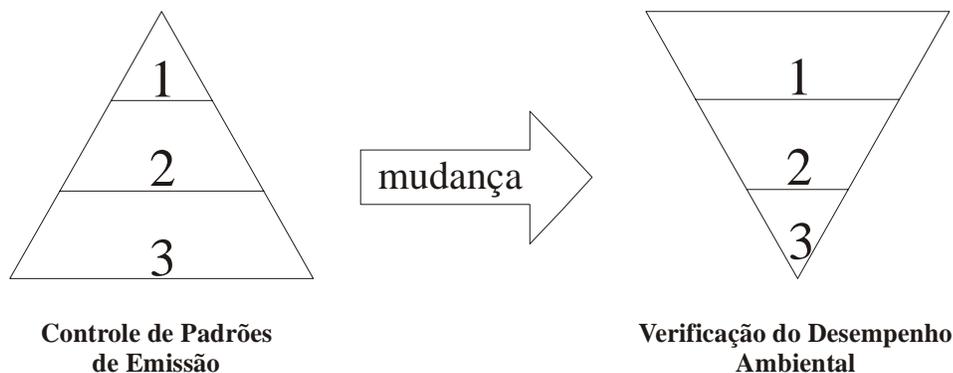
3.2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS COM ENFOQUE NA MINIMIZAÇÃO

A minimização dos resíduos visa uma racionalização dos processos evitando-se os desperdícios e a poluição. (CERCAL; PAWLOWSKY, 2001).

A Agenda 21, resultado da Rio-92, constitui-se na realidade em um plano de ação para tornar possível a transição em direção ao desenvolvimento sustentável. Especificamente, os capítulos 20 e 21, referem-se ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos perigosos e urbanos, respectivamente. A concepção básica do capítulo 20 está centrada na redução dos resíduos em uma abordagem integrada de tecnologias limpas com um enfoque na mudança dos processos industriais e nos padrões de consumo. A estratégia para atingir tal objetivo consiste na otimização do uso de materiais, bem como na recuperação dos resíduos perigosos de forma a convertê-los em materiais úteis. Conjuntamente a estas medidas, ainda é sugerida a promoção de mecanismos reguladores de mercado, através de políticas à longo prazo que incluam metas para redução na quantidade de resíduos perigosos produzidos por unidade de fabricação.

Uma das ferramentas que as empresas têm disponível para aumentar a eco-eficiência de seus processos produtivos é estabelecer um programa de gerenciamento ambiental de resíduos baseado na minimização. (MELLO; PAWLOWSKY, 2001).

Para os autores, as ações preventivas de um programa de minimização estariam ligadas a uma mudança de ênfase por parte do governo, empresas e da comunidade, trazendo como consequência uma melhoria na qualidade ambiental local e global. Esta mudança de ênfase estaria estruturada em novo paradigma, onde o enfoque propulsor para a tomada de atitude sofreria uma inversão nas prioridades dentro da estratégia da empresa. A figura 4 mostra esta inversão de prioridades em função dos objetivos que a empresa pretende atingir.



<i>Número</i>	<i>Premissa</i>
1	Baseado no mercado
2	Ação Voluntária
3	Baseada na Regulamentação legal

FIGURA 4: Mudança de Ênfase na Visão Empresarial
 Fonte: adaptado de Leite e Pawlowsky (2002)

Leite e Pawlowsky (2002) citam no seu trabalho as etapas básicas de um programa de minimização de resíduos, bem como inserem a abordagem do modelo proposto dentro do mesmo.

Basicamente, as etapas consistem em: planejamento, levantamento de dados, priorização dos resíduos, elaboração de medidas de minimização, aplicação e monitoramento.

Planejamento: etapa de definição dos objetivos e metas do programa, bem como deverá ocorrer a sensibilização e envolvimento de todos os funcionários e a alta direção da empresa.

Levantamento de Dados: Deve-se mapear o processo conhecendo-se as diversas localizações de saídas dos resíduos, devendo ser feita a medição e amostragem destas diversas fontes com o intuito de realizar o balanço de massa das descargas industriais para os diversos processos.

Priorização dos Resíduos: tem como objetivo descobrir com qual resíduo a empresa deverá se ocupar inicialmente. É nesta etapa que entra a aplicação do modelo matemático de minimização de resíduos, que irá avaliar as considerações ambientais, técnicas, de risco e econômicas pertinentes a cada resíduo.

Elaboração de Medidas de Minimização: a partir dos resultados obtidos com a aplicação do modelo é possível elaborar um plano que visa orientar as medidas gerais de minimização, tais como, por exemplo: implementar melhorias no processo produtivo, substituição da matéria-prima e insumos por outros menos poluentes, bem como relevar alguns aspectos operacionais do processo como um todo.

Aplicação e Monitoramento: após a análise e escolha das medidas de minimização a serem adotadas, deverá efetivamente ser implantado o programa, bem como um monitoramento com o intuito de verificar se a minimização dos resíduos está, efetivamente, ocorrendo.

Conforme Abdalla de Moura (2002), a hierarquia básica de um programa de gerenciamento de resíduos está estruturada na seguinte ordem de prioridade de ações, tendo em vista a abordagem ambiental (figura 5).

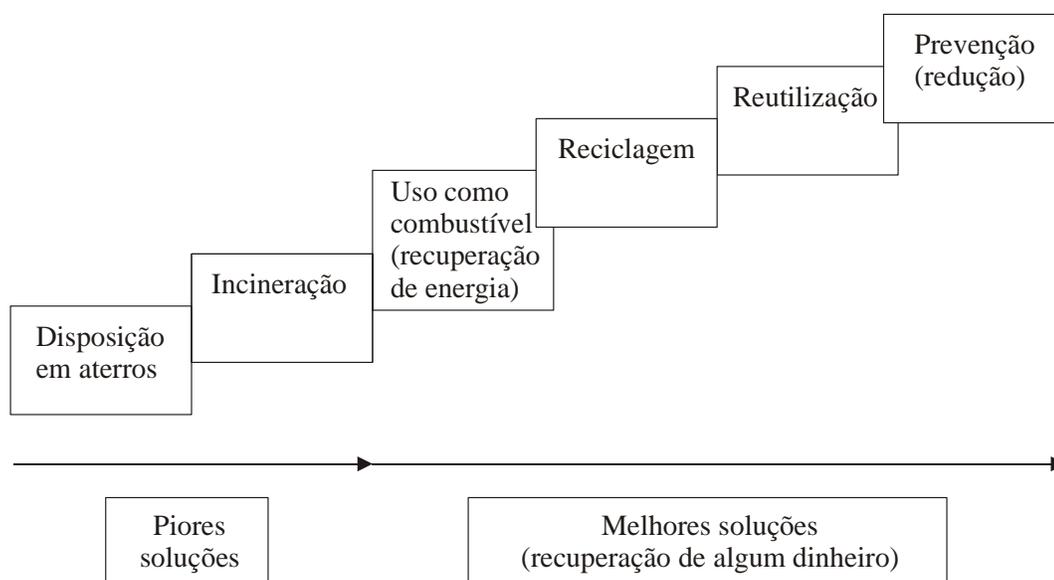


FIGURA 5: Hierarquia de Um Programa de Gerenciamento de Resíduos
Fonte: Abdalla de Moura (2002)

No que concerne à minimização de resíduos, o citado autor aborda a possibilidade de modificação dos processos industriais ou substituição de matérias primas por outras de melhor desempenho sob o enfoque da geração de resíduos, em consonância com as diretrizes básicas das ações propostas na Agenda 21. Aliado a estas considerações, avalia a minimização como uma medida que reduz os impactos ambientais se comparada com as complexas e caras

técnicas de tratamento e disposição dos resíduos. Respalhando, Mello e Pawlowsky (2001) enfatizam que na hierarquia do gerenciamento ambiental de resíduos, as alternativas de minimização apresentam uma vantagem ambiental relativa superior àquelas que visam simplesmente controlar a poluição.

Abdalla de Moura (2002) afirma que a importância de um programa de minimização está embasada nos seguintes aspectos:

- Caracterização dos resíduos gerados, tendo em vista os tipos, composição química, quantidade e os pontos onde os mesmos são gerados;
- Mudança de procedimentos e práticas operacionais abrangendo programas de manutenção preventiva, rearranjo de equipamentos e treinamento de pessoal, aliado à otimização de áreas de estocagem no que tange a matéria prima e subprodutos;
- Estabelecimento de um sistema de alocação de custos para os resíduos gerados, associado à metas a serem alcançadas e uma avaliação periódica dos resultados obtidos com a implantação de um programa de minimização;
- Análise da possibilidade de venda ou troca com certas empresas que tenham interesse nos subprodutos gerados, tendo em vista que o resíduo de uma empresa pode ser utilizado como matéria-prima de outra empresa à luz da abordagem da Metodologia Zeri e da Ecologia Industrial.

O reaproveitamento de resíduos e sobras da produção está ligado à idéia de valorização, ou seja, obter receitas com materiais que seriam descartados, ao reaproveitá-los no processo produtivo, vendê-los ou usá-los como combustível. A reutilização envolve atitudes na fase de projeto, levando em conta a facilidade e rapidez na desmontagem, sendo reaproveitadas peças e componentes.

A recuperação, visando ao re-processamento, consiste na extração de algumas substâncias que têm valor mais alto, contidas nos resíduos por processos físicos, químicos ou biológicos. A razão da recuperação de materiais é de ordem econômica quando se trata de materiais de alto valor, aliado à economia de matérias-primas naturais e de energia para produção destes bens. No que diz respeito à preservação do meio ambiente devem ser recuperados os metais pesados, ácidos e solventes contidos nos efluentes sempre que possível.

A reciclagem é uma forma particular de reaproveitamento de matérias primas em que é produzida uma nova quantidade de materiais a partir de sobras e materiais usados que são captados no mercado, a seguir re-processados, para serem novamente comercializados. A definição da vantagem do processo de reciclagem deverá ser feita em função de uma análise do ciclo de vida procurando verificar as vantagens em economia de recursos e energia.

Queimar já foi considerado, em épocas passadas, o método mais eficiente para eliminar o lixo, seja de origem doméstica ou industrial. Porém, com o avanço da industrialização, a natureza dos resíduos mudou, tornando os processos de incineração complexos, com custos elevados e altamente poluidores. (GREENPEACE, 2004).

3.3 METODOLOGIA

A Análise do Valor Global de um Resíduo leva em conta a seguinte abordagem para a construção do modelo:

Equipamentos são objetos físicos por onde passam, são processados ou tratados os materiais.

Produtos são o conjunto de dados referentes a uma determinada situação de produção

Destinação Final é o conjunto de procedimentos executados sobre o resíduo desde o surgimento do mesmo até seu desaparecimento ou destinação final.

Tratamento e Disposição são todas aquelas operações realizadas sobre o resíduo antes de dar ao mesmo uma destinação final qualquer, exceto à reutilização, o reaproveitamento ou a reciclagem.

Beneficiamento é o conjunto de operações porque passa um resíduo antes de ter uma destinação final de minimização.

Função refere-se à utilização do material podendo ser matéria-prima, combustível ou produto de segunda linha.

Retorno: Representa o ganho monetário obtido com a venda, reaproveitamento, reutilização ou reciclagem de uma unidade ou quantidade de resíduo.

3.3.1 Enquadramento dos materiais segundo o destino/disposição

Crittenden e Kolackowski² (1995 apud CERCAL; PAWLOWSKY, 2001), estabelecem uma hierarquia de prioridade para o gerenciamento dos resíduos em relação ao tratamento e disposição final, onde classificam como medidas de minimização dos resíduos as seguintes alternativas:

- Redução na fonte;
- Reutilização;
- Reaproveitamento;
- Reciclagem.

Tendo em vista a hierarquia proposta para minimização dos resíduos, deverá ser feita a classificação dos materiais constituintes dos mesmos segundo as classes de disposição apresentada na Tabela 3. A utilização da Tabela 3 deverá ser precedida da Tabela 1 que aborda a sub-classe destino/disposição/função dos materiais constituintes dos resíduos e da Tabela 2 que trata da sub-classe localização.

² CRITTENDEN, B.; KLACZOWSKI, S. **Waste minimization**: a practical guide. Rugby: Ichem, 1995.

TABELA 1: Sub-Classe: Destino/Disposição e Função dos Materiais Constituintes dos Resíduos

Sub-classe	Características
1	Reutilização direta do resíduo com os materiais em sua função original
2	Reutilização direta do resíduo com os materiais em função diferente da original
3	Reutilização do resíduo após beneficiamento com os materiais em sua função original
4	Reutilização do resíduo após beneficiamento, com os materiais em função diferente da original
5	Disposição final adequada
6	Disposição final inadequada
7	Resíduo sem disposição definida

Fonte: Cercal e Pawlowsky (2001)

TABELA 2: Sub-Classe: Local do Destino/Disposição dos Materiais Constituintes dos Resíduos

Sub-classe	Característica
A	Na fonte.
B	Em outro equipamento na mesma unidade produtiva.
C	Em outra unidade produtiva na mesma fábrica.
D	Em outra fábrica.
E	Em outra fábrica, porém com beneficiamento na unidade fabril onde o resíduo é gerado.

Fonte: Cercal e Pawlowsky (2001)

Com base no enquadramento dos materiais constituintes dos resíduos analisados, é possível fazer o enquadramento segundo as classes de disposição/destino para obter os parâmetros de cálculo contidos na Tabela 3 para o posterior emprego das equações do modelo.

TABELA 3: Classe de Disposição dos Materiais Constituintes dos Resíduos: Parâmetros Matemáticos

Classe	D1	D2: Beneficiamento	D3: Transporte	D4: tipo de destinação	D5: geração e permanência	D6: retorno	D7: base do IPMRH
1A	1	0	0	0	0	0	+1,00
1B	1	0	0	0	1	0	+0,97
1C	0	0	0	0	1	1	+0,95
1D	0	0	0/1*	0	1	1	+0,92
2A	0	0	0	0	0	1	+0,90
2B	0	0	0	0	1	1	+0,87
2C	0	0	0	0	1	1	+0,85
2D	0	0	0/1	0	1	1	+0,82
3A	1	1	0	0	0	0	+0,80
3B	1	1	0	0	1	0	+0,77
3C	1	1	0	0	1	0	+0,75
3D	0	0/1	0	0	1	1	+0,72
3E	0	1	1	0	1	1	+0,60
4A	0	1	0	0	1	1	+0,50
4B	0	1	0	0	1	1	+0,45
4C	0	1	0	0	1	1	+0,40
4D	0	0	0/1	0	1	1	+0,20
4E	0	1	0/1	0	1	1	zero
5A	0	0	1	0	1	1	-0,20
5B	0	0	0	0	1	1	-0,40
5C	0	0	1	0	1	1	-0,60
6A	0	0	1	1	1	0	-1,00
6B	0	0	0	1	1	0	-1,20
6C	0	0	1	1	1	0	-1,40
7	0	0	0	0	1	0	-1,80

Fonte: Cercal e Pawlowsky (2001)

3.3.2 Relação dos materiais constituintes dos resíduos com o processo

O modelo leva em conta a relação do resíduo gerado com o processo principal de produção. Esta relação está apoiada na seguinte classificação dos resíduos:

Intrínsecos: são aqueles resíduos cuja forma como são gerados ou cujos materiais constituintes deste estão intimamente relacionados com o processo produtivo.

Extrínsecos: são aqueles resíduos que não apresentam uma relação aparente com o processo. Os autores ressaltam que existe uma classificação intermediária que estaria contida entre estas duas classes e seria caracterizado como semi-intrínseco, porém, aconselham a enquadrar os resíduos em uma das duas classes anteriores.

TABELA 4: Parâmetros Matemáticos

Relação com o processo	Ω
Intrínseco	0,80
Semi-Intrínseco	1,0
Extrínseco	1,2

Fonte: Cercal e Pawlowsky (2001)

3.3.3 Constância dos materiais constituintes dos resíduos no processo

No modelo ainda existe uma referência quanto à constância da geração do resíduo dentro do processo. Berglund e Lawson³ (1991 apud CERCAL; PAWLOWSKY, 2001) definem os resíduos em fixo, variável e semi-fixo conforme o grau de constância, sendo-lhe atribuído um coeficiente para cada uma destas classes. Os resíduos fixos são caracterizados como aqueles gerados em quantidades e/ou composições fixas. Os resíduos variáveis seriam aqueles em que

³ BERGLUND, R. L.; LAWSON, C. T. Prevention pollution in the CPI. **Chemical Engineering**, Highstown, v. 108, n. 9, p. 120-127, Sept. 1991.

as quantidades e/ou composições geradas são variáveis. Os resíduos semi-fixos seriam aqueles que estariam em uma categoria intermediária entre os fixos e variáveis.

TABELA 5: Constância do Resíduo Dentro do Processo

Constância	k
Fixo	1,10
Semi-Fixo	1,0
Variável	0,90

Fonte: Cercal e Pawlowsky (2001)

3.3.4 Alteração percentual admitida para o valor substancial do resíduo (ΔVU)

O modelo propõe uma alteração percentual nos custos dos materiais constituintes dos resíduos analisados, como forma de enfatizar o aspecto ambiental. A quantificação desta variável, segundo os autores, fica a critério do usuário do modelo. Os mesmos sugerem que o intervalo de alteração esteja compreendido entre um valor mínimo de 0,5 (50%) e um valor máximo de 3 (300%).

3.3.5 Análise matemática

O modelo considera as quantidades de resíduos gerados, os locais e as situações em que ocorrem, as diversas composições e os respectivos valores de cada material presente nos mesmos, bem como o grau de alteração que pode sofrer cada material quando são considerados os aspectos ambientais e os custos globais representados pelo gerenciamento a que o mesmo está submetido e as respectivas destinações finais. Na realidade, o cálculo representa mais do que uma análise econômica porque executa a correção do valor unitário do resíduo considerando os aspectos ambientais quando faz referência à hierarquia de prioridades no que se refere às alternativas de minimização, aspectos técnicos quando relaciona à relação do resíduo com o processo, bem como a constância das quantidades geradas.

Desta forma, o mesmo inter relaciona as soluções passíveis de serem dadas ao resíduo segundo a escala hierárquica mostrada na figura 5. Através desta figura, é possível visualizar que as soluções vinculadas às tecnologias limpas ganham um maior peso. Portanto, a utilização do referido modelo poderá ser feita tanto para uma situação real quanto para efeito de simulação, respaldando a tomada de decisão na busca de um processo menos impactante, aliado à concepção ou reestruturação de um produto que agregue o enfoque ambiental.

3.3.6 Modelo da análise do valor global de um resíduo

3.3.6.1 Variáveis do modelo

- *Variáveis Interligadas à Quantificação dos Resíduos no Processo*

Estas variáveis deverão ser expressas em termos de percentual e só poderão ser obtidas a partir do levantamento completo dos dados do sistema que será analisado.

Análise Simplificada do Processo

Em cada equipamento dentro do processo produtivo, serão levantadas as entradas e saídas de tal forma a verificar a seguinte condição e obedecendo ao esquema simplificado apresentado na figura a seguir:

inputs = outputs

$$\text{Resíduos} = \text{inputs} - k + \text{perda}$$

Onde: k é a quantidade de produtos obtida a partir do levantamento de dados local

Inputs: quantidade de matéria-prima obtida nos dados locais relativos a cada linha de produção.

Perda: será a quantidade de material considerado em suspensão ou que efetivamente se perde no processo para fazer o fechamento da equação básica do sistema.

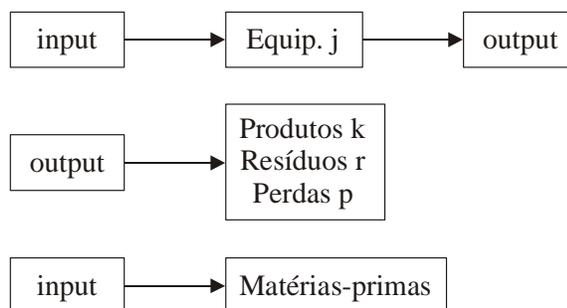


FIGURA 6: Análise Geral do Processo

PM = percentual do material genérico i gerado no equipamento j para o produto k

Esta variável deverá ser quantificada em termos percentuais a partir do levantamento local segundo o esquema simplificado apresentado a seguir:

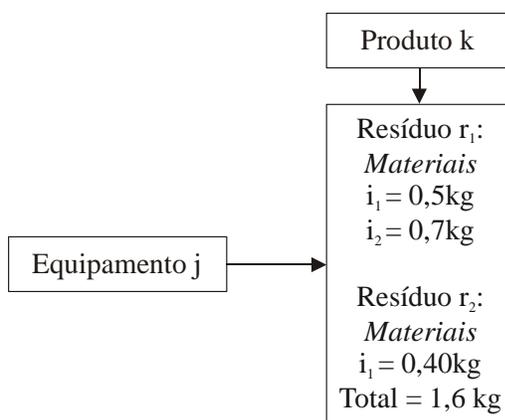


FIGURA 7: Análise do Processo Segundo o Esquema de Entradas/Saídas

Desta forma, tem-se que o percentual dos materiais i_1 e i_2 no equipamento j é:

$$PM_{m1} = 56,25\%$$

$$PM_{m2} = 43,75\%$$

PD = percentual do total de resíduo gerado no equipamento j para o produto k que sofre destinação h

Esta variável deverá ser quantificada em termos percentuais a partir do levantamento local segundo o esquema simplificado apresentado a seguir:

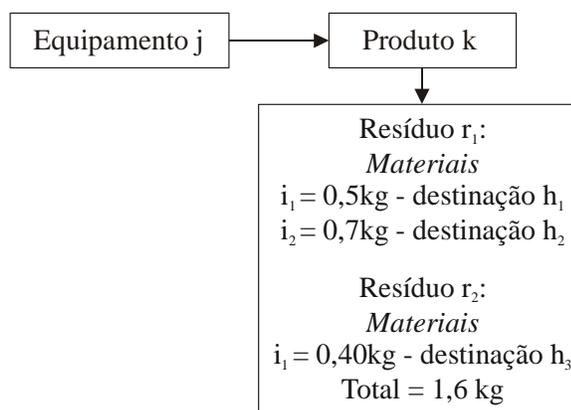


FIGURA 8: Análise do Processo Associado às Destinações dos Resíduos

Com base no esquema, tem-se que:

Material i_1 com destinação $h_1 = 31,25\%$

Material i_2 com destinação $h_2 = 43,75\%$

Material i_1 com destinação $h_3 = 25,00\%$

PJ = percentual do total de resíduo gerado no equipamento j para o produto k

Esta variável deverá ser quantificada em termos percentuais a partir do levantamento local segundo o esquema simplificado apresentado a seguir:

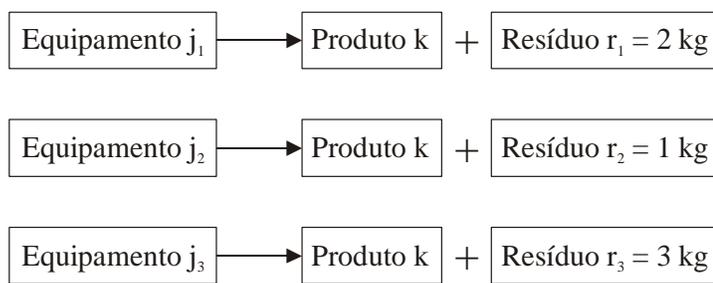


FIGURA 9: Análise do Processo Associada aos Equipamentos

Portanto:

$$PJ_1 = 33,33\% \quad PJ_2 = 16,67\% \quad PJ_3 = 50\%$$

PT = percentual do total de resíduo gerado para o produto k

Esta variável deverá ser quantificada em termos percentuais a partir do levantamento local segundo o esquema simplificado apresentado a seguir:

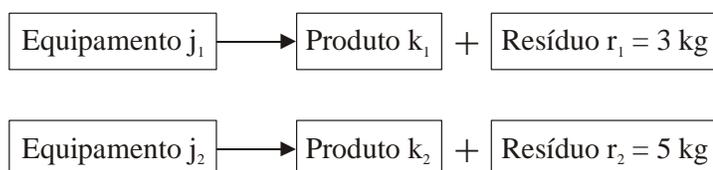


FIGURA 10: Análise do Processo Associada ao Total de Resíduos Gerados

Com base no esquema, tem-se que:

$$PTk_1 = 37,5\%$$

$$PTk_2 = 62,5\%$$

Q = Quantidade total do resíduo expressa na quantidade do material compatível com a utilização das demais variáveis do modelo.

- *Variáveis Interligadas aos Custos Unitários*

Estas variáveis contemplam os custos básicos com algum tipo de beneficiamento que, por ventura, os resíduos poderão sofrer ao longo da sua geração levando em conta, também, o transporte, disposição e permanência. Este custo deverá estar compatível com a unidade que expressa a quantidade de material a ser adotada em toda a abordagem do modelo (kg, m³, t, etc).

\$CB = Custo unitário de beneficiamento do resíduo

\$CT = Custo unitário de transporte do resíduo

$\$CTD$ = Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo

$\$CGP$ = Custo unitário de geração e permanência do resíduo

$\$R$ = Retorno obtido conforme disposições do resíduo. Este retorno representa o ganho monetário obtido com a venda, reaproveitamento, reutilização ou reciclagem, de unidade de quantificação do resíduo.

- *Variáveis Interligadas aos Custos Unitários e Vinculadas às Ponderações do Modelo*

CB = Custo unitário de beneficiamento do resíduo gerado no equipamento j para o produto k que sofre a disposição h

CT = Custo unitário de transporte do resíduo gerado no equipamento j para o produto k que sofre a disposição h

CTD = Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo gerado no equipamento j para o produto k que sofre a disposição h

CGP = Custo unitário de geração e permanência do resíduo proveniente do equipamento j para o produto k que sofre a disposição h

R = Retorno obtido por destinar o resíduo gerado no equipamento j para o produto k que sofre a disposição h

VU = Valor unitário do material genérico i

ΔVU = Alteração percentual admissível para o valor do material genérico i

- *Variáveis Inerentes ao Modelo e Retiradas de Tabelas*

Estas variáveis representam a concepção básica do modelo e sua escolha está condicionada ao processo decisório do usuário do modelo em função dos dados obtidos com base no levantamento local.

RP = relação do resíduo com o processo. Este dado é retirado da tabela 4

D1 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

D2 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

D3 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

D4 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

D5 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

D6 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

D7 = Dado retirado da tabela 3, função da classe de enquadramento escolhida

B_{IPHMR} = Base do índice de Priorização Hierárquica de Minimização de Resíduos.

- *Variável Interligada ao Aspecto Ambiental do Modelo: Índice de Priorização Hierárquica de Minimização dos Resíduos (IPHMR)*

Esta variável tem como função agregar na análise de valor o aspecto ambiental do modelo. O Índice de Priorização Hierárquica de Minimização dos Resíduos (IPHMR) é o resultado do produto entre dois fatores representados por outras duas variáveis: a Alteração Percentual Admitida para o Valor substancial (ΔVU) e a Base do IPHMR (D7).

3.3.6.2 Equações básicas da análise por valor

As equações apresentadas a seguir deverão ser utilizadas levando em conta as ponderações feitas para os resíduos no que diz respeito aos equipamentos, quantidade de materiais, bem como, as destinações dadas aos resíduos gerados no processo analisado.

No caso de não serem utilizadas as diversas ponderações cabíveis entre equipamentos, produtos e destinações, as variáveis, PD, PM, PJ e PT assumem um valor igual a 1.

Valor Unitário do Resíduo (VUR)	$VUR = PD.D1.VU.PM.PJ.PT$
Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo (ΔVU)	$\Delta VU = \Delta VU.PM.PJ.PT$
Custo Unitário do Beneficiamento do Resíduo (CB)*	$CB = PM.D2.\$CB.PJ.PT$
Custo Unitário de Transporte do Resíduo (CT)*	$CT = PM.D3.\$CT.PJ.PT$
Custo Unitário de Tratamento e Disposição do Resíduo (CTD)*	$CTD = PM.D4.\$CTD.PJ.PT$
Custo Unitário de Geração e Permanência do Resíduo (CGP)*	$CGP = PM.D5.\$CGP.PJ.PT$
Retorno Obtido conforme a disposição dada ao Resíduo*	$R = PM.D6.\$R.PJ.PT$
Base do índice de Priorização Hierárquica de Minimização de Resíduos (B_{IPHMR})	$B_{IPHMR} = D7.PM.PJ.PT$
Índice de Priorização Hierárquica de Minimização dos Resíduos (IPHMR)	$IPHMR = B_{IPHMR} . \Delta VU$
Valor Unitário do Resíduo Não Corrigido	$VUR' = VUR - CB - CT - CTD - CGP + R$
Constância do Resíduo (K)	$K = k.PJ.PT$
Relação do Resíduo com o Processo (RP)	$RP = \Omega$
Fator de Correção para Valores positivos de Resíduo	$FC^+ = (1 + IPHMR)/K.\Omega$
Fator de Correção para Valores negativos de Resíduo	$FC^- = (1 - IPHMR)/K.\Omega$
Valor Unitário do Resíduo não corrigido	Se $VUR' > 0$, então: $VUR'' = VUR' . FC^+$ Se $VUR' < 0$, então: $VUR'' = VUR' . FC^-$ Se $VUR' = 0$, então: $VUR'' = 0$
Valor total do Resíduo Corrigido	$VUR_t = Q.VUR''$
(*)No caso de serem consideradas os diversos equipamentos (j), produtos (k) e destinações (h) dadas aos resíduos dentro do processo, as equações deverão ser estruturadas levando em conta estas ponderações.	

FIGURA 11: Equações Básicas do Modelo
Fonte: CERCAL e PAWLOWSKY (2001)

3.3.7 Análise dos resultados

O valor global do resíduo (VUR_t), obtido a partir das diversas hipóteses de cálculo adotadas poderá ser interpretado a partir do sinal do valor obtido. Quando este valor for negativo, representa um prejuízo para a empresa. Ao contrário, quanto o valor for positivo representa um lucro para a mesma por dar ao resíduo a destinação considerada.

4 APLICAÇÃO DO MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

4.1 GENERALIDADES

O modelo proposto por Cercal e Pawlowsky (2001) foi aplicado em uma fábrica que produz fraldas descartáveis e absorventes higiênicos. A abordagem do modelo ficou centrada no processo produtivo dos absorventes higiênicos em função destes representarem o maior volume de unidades produzidas atualmente, bem como o maior faturamento, embora não haja restrição de aplicação do mesmo em todo o setor produtivo da fábrica. Inicialmente foi feita uma abordagem do produto no que diz respeito às matérias-primas empregadas, bem como uma referência do produto à luz de uma visão ambientalista, tendo em vista que os produtos higiênicos descartáveis são bastante impactantes ao longo de seu ciclo de vida, especialmente se analisarmos a fase de extração de matérias-primas e a fase do descarte.

TABELA 6: Produção Mensal de Produtos

Produto	Quantidade (un)
Fralda Infantil (tamanhos P, M, G e EG)	389.933
Fralda Adulto	151.982
Absorventes	4.539.780

Fonte: dados da empresa em mar./2004

O outro enfoque deste capítulo é o processo produtivo da empresa objeto desta análise, constituído do maquinário e pessoas envolvidas no mesmo. Depois, uma breve descrição dos subprodutos industriais gerados no processo de fabricação dos absorventes higiênicos, respaldada por uma análise de entradas/saídas das máquinas envolvidas no processo e as destinações dadas, visando a estruturar a entrada de dados para a aplicação do modelo de minimização de resíduos.

4.2 ABORDAGEM DO PRODUTO SEGUNDO A LEGISLAÇÃO

A Portaria nº 1480, de 31 de dezembro de 1990, publicada no DOU, de 07/02/91, pelo Ministério da Saúde, mais precisamente na figura da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define produtos absorventes de uso externo como aqueles artigos destinados ao asseio corporal, aplicados diretamente sobre a pele com a finalidade de absorver ou reter excreções e secreções orgânicas, estando compreendidas neste grupo os absorventes higiênicos femininos de uso externo, as fraldas para bebês, as fraldas para adultos e os absorventes de leite materno.

Estes produtos, conforme a citada portaria, são compostos basicamente por uma tela polimérica que permite a passagem de fluidos orgânicos e que retenha fezes; um núcleo absorvente destinado a armazenar fluidos orgânicos que atravessam a primeira camada, composto por algodão hidrófilo, polpa de celulose virgem e/ou materiais poliméricos absorventes, além de uma capa de apoio estrutural.

Ainda, aborda como requisito básico de qualidade a natureza atóxica das matérias-primas utilizadas na composição dos produtos absorventes higiênicos. Para tal, sugere a realização de ensaios pré-clínicos de irritação cutânea e sensibilização para os insumos e produto final, sendo que estes deverão ser repetidos, sempre que houver alguma mudança no produto ou no processo produtivo.

Há, também, uma referência no que diz respeito à aferição da inocuidade das matérias-primas utilizadas e produto final, estando em anexo à Portaria nº 1480/90 diretrizes e parâmetros para uma Avaliação Microbiológica. Como respaldo a este aspecto, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), recomenda que a armazenagem dos insumos e produto final seja feita em local seco, limpo e livre de roedores e insetos.

4.3 A EVOLUÇÃO DO PRODUTO

Hoje, ainda, em algumas tribos primitivas, as mulheres, durante o seu ciclo menstrual, são excluídas do convívio com a sociedade, ficando sobre um capacho de fibras que absorve o fluxo. Ao final do período menstrual, este capacho é queimado. Nos tempos do Império Romano, as mulheres usavam faixas de tecido que, após o uso, eram lavadas e reutilizadas. Esta solução apresentava problemas nos requisitos higiene, conforto e absorção do fluxo.

No início do século XX, começaram a ser comercializados os chamados “paninhos” de algodão, que apresentavam bastante semelhança com as fraldas de tecido, mas que não atendiam, ainda, os requisitos citados anteriormente. Somente após a Primeira Grande Guerra, surgiram os absorventes descartáveis, feitos de algodão ou celulose embrulhados em gaze fina e presos com alfinetes ou cintos. (PROCTER AND GAMBLE, 2004).

Na década de 70, surgiram os primeiros absorventes aderentes, que apresentavam linhas com cola que permitiam a sua fixação propiciando, assim, uma sensação de conforto e segurança à usuária. O avanço tecnológico posterior, foi diminuir o volume dos absorventes sendo agregado, então, o polímero super absorvente, material cuja função é eliminar o excesso de umidade, absorvendo o líquido, transformando-o em gel nas camadas subseqüentes.

Na década de 90, a preocupação foi desenvolver produtos mais confortáveis e seguros, surgindo, assim, o conceito dos absorventes com abas laterais e formato anatômico. Mais recentemente, foi lançada a embalagem individualizada para os absorventes mais sofisticados.

4.4 MERCADO MUNDIAL DE DESCARTÁVEIS HIGIÊNICOS

O mercado mundial de descartáveis higiênicos é composto pelas fraldas descartáveis infantis, absorventes femininos e fraldas de adulto sendo que, neste âmbito, o mercado é dominado por três empresas com sede nos Estados Unidos e por uma com sede na Suécia.

Nos mercados maduros, a preocupação básica para atrair os usuários está ligada à qualidade dos produtos com a introdução de itens diferenciais como maior capacidade de absorção, proteção extra para a pele, melhor adaptação ao corpo, entre outras.

No mercado brasileiro, a produção é gerada por seis grandes fabricantes, responsáveis por 74% do volume produzido e por mais 24 produtores organizados, além de uma série de fabricantes informais com mais baixo nível tecnológico.

4.5 O PROBLEMA DOS PRODUTOS DESCARTÁVEIS HIGIÊNICOS

Os produtos descartáveis higiênicos, no final dos anos 80, foram o alvo dos ambientalistas como o símbolo da degradação ambiental, fruto de uma sociedade consumista, e como uma das maiores fontes individuais de resíduos acumulados em lixões e aterros.

Existe, na atualidade, um debate acirrado entre os defensores das fraldas descartáveis e os defensores das fraldas de algodão. Sob o enfoque da Análise do Ciclo de Vida (ACV), Reis (2003) comenta que em um estudo comparativo entre os dois produtos e os respectivos impactos em cada fase, desde a extração das matérias-primas até o descarte, não existem grandes diferenças, em termos ambientais, de um produto sobre o outro, pois as fraldas são sempre prejudiciais, embora qualquer um dos sistemas possa ser melhorado.

Como resposta a este cenário surgiu, no final da década de 90, uma iniciativa na Holanda de reciclagem desta categoria de produtos, apoiada em uma tecnologia canadense. Os absorventes higiênicos e as fraldas descartáveis, na Holanda, são enquadrados como Lixo do Sistema de Incontinência ou ISW (Incontinence System Waste). O ISW é composto por, aproximadamente, 63% de água, 24% de fibra de madeira, 11% de plástico e 2% de polímero super absorvente, fezes e outros materiais. Excluindo-se o polímero super absorvente, as fezes e 1/5 das fibras de madeira, todo o restante dos materiais são recuperados e vendidos. Existem pesquisas em andamento no que diz respeito ao aproveitamento do polímero como biogás. A reciclagem deste tipo de resíduo tem se mostrado mais econômica do que a incineração para os usuários deste sistema. (KNOWASTE, 2004).

4.6 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO OBJETO DO ESTUDO DE CASO

A maior parte das operações para a confecção dos absorventes é feita pelas máquinas, tais como corte, inserção e compactação dos materiais constituintes do produto nas diversas etapas do processo.

Didaticamente, as máquinas de produzir absorventes podem ser divididas nas seguintes partes:

- Moinho;
- Roda de transferência;
- Conjunto compactador e corte de polpa;
- Conjunto aplicador de adesivos;
- Conjunto de corte anatômico;
- Conjunto compactador da dobra e empacotamento individual;
- Empacotamento do produto final.

A máquina que produz os absorventes simples e de fluxo intenso não possui o conjunto compactador de dobra e empacotamento individual.

O processo produtivo é praticamente todo automatizado, excetuando-se algumas atividades que são realizadas pelos funcionários ao longo do mesmo. Inicialmente é feita a alimentação da máquina com celulose. A mesma é moída gerando um material chamado de polpa de celulose que é o material que fica no interior do absorvente. A máquina também é abastecida com o filme de polietileno, *nonwoven* e *liner*, realizando as operações de corte, compactação e colocação de materiais. A embalagem do produto final é feita manualmente.

Os postos de trabalho que têm interface com a máquina no processo são os dos operadores de máquina e dos auxiliares de fábrica (feminino e masculino).

Os operadores de máquina têm um amplo conhecimento das máquinas tendo em vista que são os responsáveis diretos pela manutenção das mesmas. Além disto, fazem a alimentação destas no que diz respeito às fitas adesivas, filme de polietileno e *nonwoven*, cuidando também, dos

tanques de cola (*hot melt*) situados ao lado da máquina e que fazem parte do processo. Passam praticamente todo o tempo circulando ao longo da máquina com o intuito de observar qualquer problema no processo.

Cabe aos auxiliares de fábrica masculino trazerem do depósito de matéria-prima para a produção, a celulose para a posterior alimentação do moinho da máquina. Ao final do processo, embalam os fardos com os produtos acabados para encaminhá-los à expedição através de uma empilhadeira.

Os auxiliares de fábrica feminino se revezam nas atividades de empacotamento e revisão dos produtos junto à máquina.

O fluxograma da linha produtiva está esquematizado na figura 12.

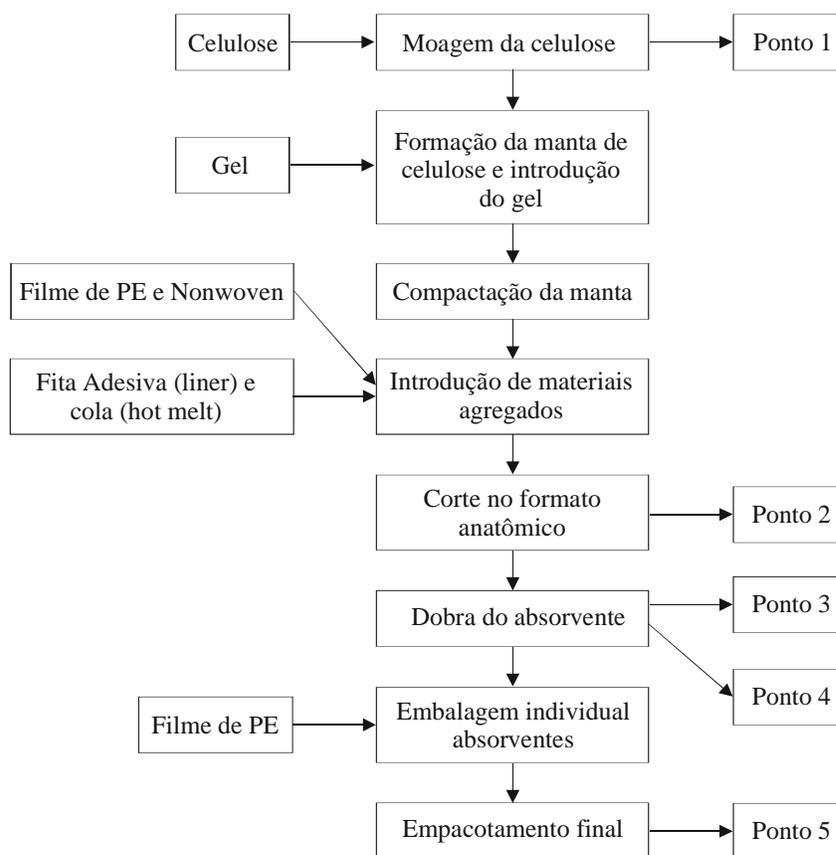


FIGURA 12: Fluxo do Processo Produtivo de Absorventes

Pela figura 12 é possível verificar as operações básicas do processo produtivo de absorventes higiênicos com abas. No esquema, observa-se os pontos chaves onde entram os insumos, bem como, os pontos críticos onde serão gerados os subprodutos do processo. O ponto 1 é caracterizado pela geração do pó de celulose, em função da operação de moagem que irá resultar na polpa que é a camada intermediária do produto. Grande parte do pó é captado pelos filtros mangas e o restante fica em suspensão no ambiente laboral. No ponto 2 são captadas as rebarbas e filme de polietileno a partir da operação de corte. Os pontos 3, 4 e 5 são os responsáveis pela geração de produtos para revisão e refugo.

4.7 O PRODUTO

Os absorventes higiênicos descartáveis são constituídos basicamente de uma camada de celulose especial de fibra longa, onde é adicionada uma pequena porção de polímero super absorvente (gel seco). Esta combinação é revestida internamente por um filme de *transfer* que impede o refluxo de umidade, sendo coberto por uma camada de *nonwoven* ou não tecido que é a parte que entra em contato com a pele do usuário. Um filme de polietileno dobrado e costurado a quente forma o corpo do mesmo, sendo finalizado, ou não, com adesivos. Basicamente, estes componentes são utilizados em quantidades e proporções variadas, constituindo o diferencial entre os produtos ao lhes agregar qualidade e valor.

Os absorventes higiênicos fabricados pela empresa em questão são divididos em quatro categorias: Simples, Cobertura *Soft* Sem Abas, Cobertura *Soft* Com Abas e Fluxo Intenso-Pós-parto. Basicamente o que difere um do outro dentro desta classificação é a presença ou não de materiais ou recursos que conferem aos mesmos os requisitos qualidade e conforto.

- Simples: Aderência presente no corpo do absorvente não possuindo o polímero super absorvente.
- Cobertura *Soft* Sem Abas: Aderência presente no corpo do absorvente, possuindo o polímero super absorvente.
- Cobertura *Soft* Com Abas: Aderência presente no corpo do absorvente e nas abas laterais, possuindo o polímero super absorvente.

– Fluxo Intenso - Pós Parto: produto desenvolvido recentemente pela empresa e que possui os recursos de aderência sem as abas laterais e presença do polímero super absorvente em maior quantidade. O absorvente de Fluxo Intenso não entrará nesta análise por não ser representativo ainda, dentro do processo produtivo.

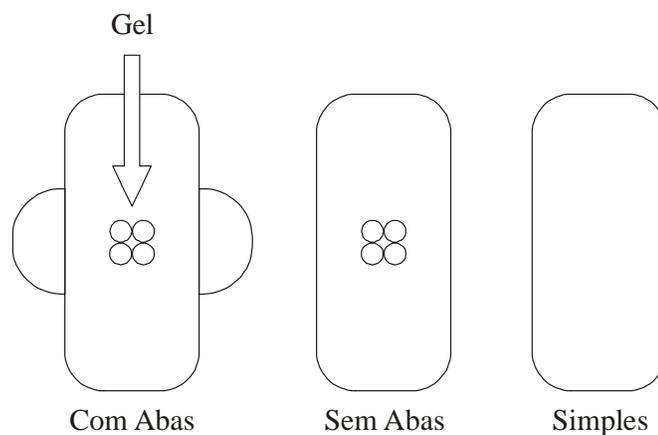


FIGURA 13: Esquema Básico dos Produtos

As tabelas a seguir mostram o consumo das matérias-primas segundo cada um dos tipos de produto fabricados pela empresa.

TABELA 7: Consumo de Matérias-Primas para Absorventes Simples

Matéria-prima	Unidade	Consumo (por unidade)
Celulose	kg	0,004
Nonwoven	m ²	0,0236
Filme PE 10cm	kg	0,0005
Hot Melt Construção	kg	0,0001
Hot Melt Posicionamento	kg	0,0001
Liner Monossiliconado	m ²	0,0069

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

TABELA 8: Consumo de Matérias-Primas para Absorvente Sem Abas

Matéria-prima	Unidade	Consumo (por unidade)
Celulose	kg	0,0045
Nonwoven	m ²	0,0236
Filme PE 15,5cm	kg	0,0005
Hot Melt Construção	kg	0,0001
Filme PE p/ Abs 1 a 1	kg	0,0004
Hot Melt Posicionamento	kg	0,0001
Polímero Super Absorvente	kg	0,0004
Liner Monossiliconado	m ²	0,0069

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

TABELA 9: Consumo de Matérias-Primas para Absorvente Com Abas

Matéria-prima	Unidade	Consumo (por unidade)
Celulose	kg	0,004
Nonwoven	m ²	0,0363
Filme PE 15,5cm	kg	0,0008
Hot Melt Construção	kg	0,0002
Filme PE p/ Abs 1 a 1	kg	0,0004
Hot Melt Posicionamento	kg	0,0001
Polímero Super Absorvente	kg	0,0003
Liner Bissiliconado	m ²	0,0077

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

4.7.1 Controle de qualidade

O setor de Controle de Qualidade da empresa sempre realiza testes nas matérias-primas que serão utilizadas para a confecção dos produtos. Estes testes são realizados na celulose, *nonwoven*, gel, filme de polietileno e *liner*.

Para a celulose, são realizados ensaios de gramatura, umidade e capilaridade. Para o *nonwoven*, permeabilidade e gramatura. Para o polímero super absorvente (gel), são realizados os ensaios de higroscopia e de absorção. No filme de polietileno e no *liner* são, somente, realizados ensaios de gramatura.

Para o produto final, no que diz respeito aos absorventes higiênicos, são realizados dois testes. O primeiro, refere-se às questões dimensionais do produto, onde existe uma margem de tolerância, segundo parâmetros estabelecidos pelo Controle de Qualidade.

O outro teste é o *Rewet* ou Remolhamento, que tem como finalidade verificar a capacidade de absorção do produto. Por recomendação do CIENTEC (Centro de Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul), o teste pode ser realizado com uma solução salina, com corante, a 1% (10g de sal para cada litro de água), com composição semelhante à urina humana. Esta solução é colocada no meio do absorvente a intervalos de tempo pré-determinados e o produto é pesado. Em função dos resultados obtidos, é possível chegar-se a conclusões acerca da capacidade de absorção dos absorventes e, como consequência, enquadrar os lotes produzidos em produtos de primeira ou segunda linhas.

Na produção, é realizado um teste preliminar de remolhamento somente com água para verificar as condições do produto no que diz respeito à quantidade e posicionamento do gel no produto, de modo a verificar as condições básicas do mesmo.

4.8 SUBPRODUTOS GERADOS PELO PROCESSO - CARACTERIZAÇÃO E DESTINO FINAL

Basicamente, os subprodutos gerados para a confecção dos absorventes higiênicos consistem em: rebarbas de filme de polietileno, pó de celulose, produtos de 2ª linha, produtos destinados à revisão, refugo, papelão e plásticos provindos das embalagens de matéria-prima e produto acabado que foi molhado, tendo em vista os testes do controle de qualidade. A figura 14 descreve os resíduos ou subprodutos gerados dentro do processo industrial, caracterizando o

ponto em que eles ocorrem, assim como a destinação que empresa está dando no momento a estes.

Os demais resíduos gerados tais como aqueles provindos de materiais de escritório, banheiros e vestiários, cozinha e varrição são enquadrados como resíduos de origem doméstica e, como tal, recolhidos na coleta convencional urbana, realizada pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre, através do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU).

<i>Subproduto</i>	<i>Caracterização</i>	<i>Geração</i>	<i>Destinação</i>
2ª linha	Produtos que por alguma razão dentro do processo não atendem aos requisitos do Controle de Qualidade da empresa.	Pontos 3 e 4.	Venda
Produtos Submetidos à Revisão	Produtos que por alguma razão não estão dentro do ciclo produtivo normal e que não foram embalados após serem confeccionados. A operação de revisão consiste em enquadrá-los em produtos de primeira ou segunda linhas.	Pontos 3, 4 e 5.	Venda
Refugo	Produtos defeituosos (sem cola, sem <i>liner</i> ou sujo) que não podem ser caracterizados em 1ª ou 2ª linhas.	Pontos 3 e 4.	Venda
Pó de Celulose	Pó gerado na operação de moagem da celulose.	Ponto 1	Estocado na empresa.
Rebarbas de Filme de PE	Tiras de filme de polietileno gerados em função do <i>design</i> do produto.	Ponto 2	Venda
Papelão e Plástico		Embalagem das matérias-primas.	Venda
Produto Molhado	Produto convencional com água.	No controle de qualidade após os testes.	Coleta Especial do DMLU (Departamento Municipal de Limpeza Urbana)

FIGURA 14: Subprodutos Gerados na Produção de Absorventes Higiênicos

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

4.9 DEFINIÇÃO DO SISTEMA A SER ESTUDADO

As máquinas denominadas M3 e M5 são as que, atualmente, produzem os absorventes higiênicos dentro da empresa. Em épocas passadas, devido ao grande volume de produtos, cada linha era dedicada exclusivamente a um tipo de produto específico. Hoje, a máquina 5, compartilha a produção dos absorventes com aba e sem aba, em função da demanda, ao passo que na máquina 3 são produzidos os absorventes simples e de fluxo intenso.

Após uma análise dos dados mensais relacionados à produção dos absorventes na empresa, observou-se uma constância entre os mesmos em função do produto objeto deste estudo não apresentar nenhuma influência de sazonalidade.

Desta forma, optou-se por trabalhar com os dados relativos ao mês de março de 2004, que são os mais atualizados. A tabela 10 mostra estes dados.

TABELA 10: Produção Mensal de Absorventes
Produzidos por Categoria

Tipo de Absorvente	Quantidade (un)	%
Simple	1.815.912	40,00
Sem Abas	1.634.321	36,00
Com Abas	1.089.547	24,00
Total	4.539.780	100,00

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

Conforme tabela 10, observa-se que a grande parte dos absorventes produzidos pela empresa são aqueles que empregam maior quantidade de matéria-prima.

Com base nas tabelas 7, 8 e 9, onde aparecem o consumo de cada insumo constituinte dos absorventes higiênicos, observa-se que não existe uma diferença muito significativa entre os mesmos, ainda quando se compara o produto simples com aqueles que em sua formulação agregam gel e maiores detalhes de fixação. Por esta razão, na aplicação do modelo de minimização de resíduos, não será feito o cálculo em função das diferentes máquinas, bem

como, dos diferentes tipos de produtos por não haver uma diferença significativa no tocante aos resíduos ou subprodutos gerados pelo processo. Por esta razão, como uma simplificação à entrada de dados e utilização do modelo, será encarado o produto absorvente como aquele representado pelo produto com abas, que é o que apresenta um maior consumo de matérias-primas.

Com base, também, nos dados de março de 2004, foi levantado o número de peças consideradas como produto e subprodutos, levando em conta a simplificação abordada anteriormente, sem entrar no mérito de enquadrar os subprodutos no tipo de absorvente.

TABELA 11: Produção Mensal de Produtos e Subprodutos

Produto/Subproduto	Quantidade (un)	Quantidade (kg)
1ª linha	4.354.740	21.774
2ª linha	56.080	280
Revisão	103.168	516
Refugo	25.792	129
Total	4.539.780	22.699

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

Com base na tabela 11, observa-se que as perdas na produção, em função dos subprodutos gerados pelo processo, representam 4,24%. Ainda como subproduto, cita-se o pó de celulose retirado dos filtros mangas e que estão alocados em um depósito da empresa. Em função de não se ter um valor exato para a geração deste resíduo, estimou-se o mesmo através de uma ponderação com o produto fralda, ao longo do período em que o mesmo encontra-se estocado.

Ainda que a maior parte dos subprodutos tenham uma destinação definida, a aplicação do modelo de minimização de resíduos poderá ajudar a definir algumas estratégias dentro da produção, de modo a respaldar ou não o cenário atual, priorizando os resíduos sob a ótica econômica e ambiental.

4.10 APLICAÇÃO DO MODELO

4.10.1 Considerações preliminares

Serão utilizados para a análise do resíduo por valor somente os subprodutos gerados diretamente no processo industrial de fabricação de absorventes higiênicos. Desta forma, os resíduos de embalagem, bem como, o material resultante do controle de qualidade, que é recolhido pela coleta especial do DMLU não serão objeto desta análise. Os dados utilizados referem-se ao mês de março de 2004. Alguns parâmetros do modelo referentes a custo foram simplificados na aplicação do modelo de minimização e estão devidamente referendados nas tabelas de cálculo.

4.10.2 Aplicação

Conforme as informações obtidas através de relatórios e dados fornecidos pelo gerente de produção, realizou-se a priorização dos resíduos pela análise de valor. A destinação dada para cada resíduo foi escolhida dentre todas as classes de destinação propostas pelo modelo matemático segundo a tabela 4.

Os resíduos seguiram a convenção proposta na tabela 12, de modo a simplificar a utilização do modelo matemático.

TABELA 12: Denominação Simplificada dos Subprodutos

Resíduo	Denominação Simplificada
Produto de 2ª linha	R1
Produto de Revisão	R2
Refugo	R3
Pó de Celulose	R4
Rebarbas de Polietileno limpas	R5
Rebarbas de Polietileno mistas	R5a

Basicamente, conforme já mencionado anteriormente, os resíduos gerados a partir do processo industrial são praticamente todos vendidos. Os produtos enquadrados na 2ª linha contemplam uma marca específica dentro da empresa, apresentando embalagens diferenciadas e com maior quantidade de produtos.

O refugo é vendido para ser beneficiado posteriormente. Através do beneficiamento externo, são feitas mantas de celulose já moídas que serão vendidas para fábricas menores que não possuem tecnologia para a referida operação. Em outras situações, a polpa é peneirada de modo a possibilitar a venda e reutilização do polímero super absorvente.

No que diz respeito às rebarbas, atualmente, são produzidas dois tipos: a limpa e a mista. A rebarba limpa é vendida para posterior reciclagem, gerando artefatos plásticos. A rebarba mista, além do filme contempla um pouco de gel e polpa. A empresa ganha menos com a venda da rebarba porque o ponto 2, conforme figura 12, está gerando maior volume de rebarba mista porque os operadores estão, atualmente, inserindo no sugador, acoplado à máquina, produtos defeituosos.

A tabela 13 mostra as classes de destinação selecionadas a partir da Tabela 4, bem como, os demais parâmetros obtidos a partir desta, para os resíduos objeto desta análise.

TABELA 13: Características das Classes de Destinação

Destinação	Classe	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
R1: venda para utilização do produto com a mesma função	1C	0	0	0	0	1	1	+0,95
R2: venda para utilização do produto com a mesma função	1C	0	0	0	0	1	1	+0,95
R3: venda	3D	0	0	0	0	1	1	+0,72
R4: estocado na empresa	6B	0	0	0	0	1	1	-1,20
R5 e R5a: venda	4D	0	0	0	0	1	1	+0,20

Os valores de k , Ω e ΔVU foram atribuídos conforme as características dos resíduos envolvidos e foram determinados em função da classe de destinação escolhida. A tabela 15

apresenta os demais parâmetros envolvidos para possibilitar o cálculo do valor unitário corrigido de cada resíduo.

TABELA 14: Características dos Resíduos

Resíduos	Ω	k	ΔVU	D7	Quantidade (Q)
R1	1,0	1,1	1,0	+0,95	56.080 un/mês
R2	1,0	1,1	1,0	+0,95	103.168 un/mês
R3	1,0	1,1	1,0	+0,72	25.792 un/mês
R4	1,0	1,1	1,0	-1,20	24 kg/mês(*)
R5	1,0	1,1	1,0	+0,20	333 kg/mês
R5a	1,0	1,1	1,0	+0,20	357 kg/mês

(*)Valor estimado com base em ponderações. Os demais valores foram fornecidos pela empresa.

TABELA 15: Retorno Obtido com a Venda dos Subprodutos

Resíduo	Retorno obtido com a venda (R)
R1	R\$ 0,035/un
R2	R\$ 0,035/un(*)
R3	R\$ 0,58/kg
R4	-
R5	R\$ 0,75/kg (limpa) R\$ 0,40/Kg (mista)

(*) considerado somente o valor de venda como produto de segunda linha

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

4.10.3 Resultados obtidos e discussão

Os quadros a seguir apresentados mostram a aplicação do modelo para todos os resíduos analisados dentro do escopo desta pesquisa.

TABELA 16: Resíduo: R1 (2ª linha)

<i>Materiais Constituintes</i>	<i>Destinação</i>	<i>CGP</i>	<i>R</i>	<i>VUR'</i>	<i>K</i>	Ω	<i>FC</i>	<i>VUR''</i>	<i>Consumos</i>	<i>Total</i>
MA (celulose)	1C	2,6	2,517	-0,1	1,1	0,8	0,0568	-0,0049	0,0040	-2E-05
MB (nonwoven)	1C	0,18	0,172	-0	1,1	0,8	0,0568	-0,0003	0,0363	-1,2E-05
MC (Filme PE)	1C	8,44	8,155	-0,3	1,1	0,8	0,0568	-0,016	0,0008	-1,3E-05
MD (Hot Melt Const)	1C	8,39	8,108	-0,3	1,1	0,8	0,0568	-0,0159	0,0002	-3,2E-06
ME (Filme p/ Embalagem)	1C	8,44	8,155	-0,3	1,1	0,8	0,0568	-0,016	0,0004	-6,4E-06
MF (Hot melt posicion)	1C	11	10,67	-0,4	1,1	0,8	0,0568	-0,0209	0,0001	-2,1E-06
MG (polímro)	1C	8,6	8,317	-0,3	1,1	0,8	0,0568	-0,0163	0,0003	-4,9E-06
MH (liner)	1C	0,48	0,464	-0	1,1	0,8	0,0568	-0,0009	0,0077	-7E-06
Valor Corrigido Total (R\$)										-6,8E-05

Considerações:

Consumos considerados para uma unidade do produto (5g)

Custo de Geração e Permanência:

Considerado como sendo igual a 20% sobre o valor do Custo de material para o referido consumo.

Os custos de mão-de-obra e energia elétrica representam aproximadamente 12% dos custos dos materiais.

O restante foi considerado como referente ao custo de permanência e retrabalho (embalagem).

Retorno:

Considerado o percentual de 16%, levando em conta os custos operacionais (mão-de-obra, energia elétrica, retrabalho).

$$FC^+ = (1 + D7)/(k * \Omega)$$

TABELA 17: Resíduo: R2 (revisão)

<i>Materiais Constituintes</i>	<i>Destinação</i>	<i>CGP</i>	<i>R</i>	<i>VUR'</i>	<i>K</i>	Ω	<i>FC</i>	<i>VUR''</i>	<i>Consumos</i>	<i>Total</i>
MA (celulose)	1C	3,47	2,517	-1	1,1	0,8	0,0568	-0,0543	0,0040	-0,00022
MB (nonwoven)	1C	0,24	0,172	-0,1	1,1	0,8	0,0568	-0,0037	0,0363	-0,00013
MC (Filme PE)	1C	11,2	8,155	-3,1	1,1	0,8	0,0568	-0,1758	0,0008	-0,00014
MD (Hot Melt Const)	1C	11,2	8,108	-3,1	1,1	0,8	0,0568	-0,1748	0,0002	-3,5E-05
ME (Filme p/ Embalagem)	1C	11,2	8,155	-3,1	1,1	0,8	0,0568	-0,1758	0,0004	-7E-05
MF (Hot melt posicion)	1C	14,7	10,67	-4	1,1	0,8	0,0568	-0,23	0,0001	-2,3E-05
MG (polímro)	1C	11,5	8,317	-3,2	1,1	0,8	0,0568	-0,1793	0,0003	-5,4E-05
MH (liner)	1C	0,64	0,464	-0,2	1,1	0,8	0,0568	-0,01	0,0077	-7,7E-05
Valor Corrigido Total (R\$)										-0,00075

Considerações:

Consumos considerados para uma unidade do produto (5g)

Custo de Geração e Permanência:

Considerado como sendo igual a 60% sobre o valor do Custo de material para o referido consumo, estando embutido o custo de transporte na fábrica com este produto para posterior retrabalho e estocagem por um período de tempo considerável.

Retorno:

Considerado o percentual de 16%, levando em conta os custos operacionais.

$$FC = (1 - D7)/(K*\Omega)$$

TABELA 18: Resíduo: R3 (refugo)

<i>Materials Constituintes</i>	<i>Destinação</i>	<i>CGP</i>	<i>R</i>	<i>VUR'</i>	<i>K</i>	<i>Ω</i>	<i>FC</i>	<i>VUR''</i>	<i>Consumos</i>	<i>Total</i>
MA (celulose)	3d	3,472	0,208	-3,3	1	0,8	0,3182	-1,0384	0,0040	-0,00415
MB (nonwoven)	3d	0,236 8	0,014	-0,2	1	0,8	0,3182	-0,0708	0,0363	-0,00257
MC (Filme PE)	3d	11,24 8	0,675	-11	1	0,8	0,3182	-3,364	0,0008	-0,00269
MD (Hot Melt Const)	3d	11,18 4	0,671	-11	1	0,8	0,3182	-3,3449	0,0002	-0,00067
ME (Filme p/ Embalagem)	3d	11,24 8	0,675	-11	1	0,8	0,3182	-3,364	0,0004	-0,00135
MF (Hot melt posicion)	3d	14,72	0,884	-14	1	0,8	0,3182	-4,4024	0,0001	-0,00044
MG (polímro)	3d	11,47 2	0,689	-11	1	0,8	0,3182	-3,431	0,0003	-0,00103
MH (liner)	3d	0,64	0,038	-0,6	1	0,8	0,3182	-0,1914	0,0077	-0,00147
Valor Corrigido Total (R\$)										-0,01437

Considerações:

Consumos considerados para uma unidade do produto (5g)

Custo de Geração e Permanência:

Considerado como sendo igual a 60% sobre o valor do Custo de material para o referido consumo, estando embutido o custo de transporte na fábrica com este produto para posterior retrabalho e estocagem por um período de tempo considerável.

Retorno:

Valor do refugo considerado como sendo igual ao obtido efetivamente pela venda.

$$FC = (1 - D7)/(K*\Omega)$$

TABELA 19: Resíduo: R4 (pó de celulose)

<i>Materiais Constituintes</i>	<i>Destinação</i>	<i>CGP</i>	<i>R</i>	<i>VUR'</i>	<i>K</i>	Ω	<i>FC</i>	<i>VUR''</i>	<i>Consumos</i>	<i>Total</i>
MA (celulose)	6B	10,416	0	-10	1	0,8	2,5	-26,04		
Valor Corrigido Total (R\$)										-26,04

Considerações:

Consumos considerados para uma unidade do produto (5g)

Custo de Geração e Permanência:

Considerado como sendo igual a 60% do custo da matéria-prima levando em conta o custo de transporte e permanência por tempo indeterminado no galpão de resíduos.

Retorno: igual a zero

Neste caso foi considerado um coeficiente de variação no custo do material, para as piores condições, como sendo igual a 300% tendo em vista não estar sendo dado nenhum destino ao mesmo.

$$FC = (1 - D7)/(K*\Omega)$$

TABELA 20: Resíduo: R5 (rebarba)

<i>Materiais Constituintes</i>	<i>Destinação</i>	<i>CGP</i>	<i>R</i>	<i>VUR'</i>	<i>K</i>	Ω	<i>FC</i>	<i>VUR''</i>	<i>Consumos</i>	<i>Total</i>
MC (Filme PE)	4d	9,842	0,75	-9,1	1	0,8	0,9091	-8,2655	1,0000	-8,26545
Valor Corrigido Total (R\$)										-8,26545

Considerações:

Consumos considerados para uma unidade do produto (5g)

Custo de Geração e Permanência:

Considerado como sendo igual a 40% tendo em vista o custo com transporte, acondicionamento e estocagem do produto no depósito por período determinado.

Retorno:

Valor de retorno obtido efetivamente com a venda.

$$FC = (1 - D7)/(K*\Omega)$$

TABELA 21: Resíduo: R5a (rebarba mista)

<i>Materiais Constituintes</i>	<i>Destinação</i>	<i>CGP</i>	<i>R</i>	<i>VUR'</i>	<i>K</i>	Ω	<i>FC</i>	<i>VUR''</i>	<i>Consumos</i>	<i>Total</i>
MC (Filme PE)	4d	9,842	0,4	-9,4	1	0,8	0,9091	-8,5836	1,0000	-8,58364
Valor Corrigido Total (R\$)										-8,58364

Considerações:

Consumos considerados para uma unidade do produto (5g)

Custo de Geração e Permanência:

Considerado como sendo igual a 40% tendo em vista o custo com transporte, acondicionamento e estocagem do produto no depósito por período determinado.

Retorno:

Valor de retorno obtido efetivamente com a venda.

$$FC = (1 - D7)/(K*\Omega)$$

TABELA 22: Resumo

<i>Resíduos Gerados</i>	<i>Quantid (kg/mês)</i>	<i>Quantid (un/mês)</i>	<i>Vur''</i>	<i>Vurt</i>	<i>Prioridade</i>
R1 (2ª linha)		56080	-0	-3,81344	6
R2 (revisão)		103168	-0	-77,376	5
R3 (refugo)		25792	-0,01	-370,63104	4
R4 (pó de celulose)	24		-26	-624	3
R5 (rebarba limpa)	333		-8,58	-2857,14	2
R5a (rebarba mista)	357		-8,26	-2948,82	1

Com base nos resultados obtidos a partir do quadro resumo, após a aplicação do modelo de minimização de resíduos, conclui-se que deverão ser tomadas medidas no sentido de minimizar as rebarbas, pó de celulose, refugos e revisão e produtos de segunda linha. Na realidade, conforme os resultados, a empresa não está obtendo lucro com o destino dado aos seus subprodutos gerados através do processo produtivo.

A tabela 23 mostra os resíduos, as principais causas de sua geração, bem como, algumas medidas cabíveis para a solução dos problemas.

TABELA 23: Pontos de Geração dos Resíduos,
Causas e Possíveis Soluções

Resíduo	Ponto de Geração	Causa	Solução
Rebarbas	P2	Formato do produto e viabilidade operacional do processo	Readequação do produto e/ou do processo
Pó de celulose	P1	Operação de moagem	Adequação da operação de moagem
Revisão	P3, P4 e P5	Problemas organizacionais	Implantação de nova cultura na empresa; redesenho dos cargos.
Refugo	P3, P4 e P5	Problemas organizacionais	
2ª linha	P3, P4 e P5	Problemas organizacionais	

4.10.3.1 Rebarbas

A grande quantidade de resíduos proveniente do processo industrial refere-se à rebarba de filme de polietileno. As rebarbas de filme de polietileno são geradas a partir da operação de corte. Basicamente, são introduzidos na máquina dois tamanhos de filme: 10cm para os absorventes que não possuem abas laterais e embalagem individual, e de 15,5cm para fazer o absorvente com abas laterais. A máquina necessita em torno de 1cm de cada lado do filme para segurar o produto o que inviabiliza uma redução total deste tipo de resíduo.

Na realidade, conforme a figura 15, sobra muito material na operação de corte, para a confecção dos absorventes e embalagens individuais. É no ponto 2, conforme figura 12 que ilustra o processo, é onde este tipo de material é gerado. O material é captado por um mecanismo denominado sugador. O objetivo do sugador é coletar as rebarbas do filme. Muitas vezes, por algum problema do processo, o sugador começa a captar os absorventes inacabados e então as rebarbas começam a ser enquadradas como rebarbas mistas.

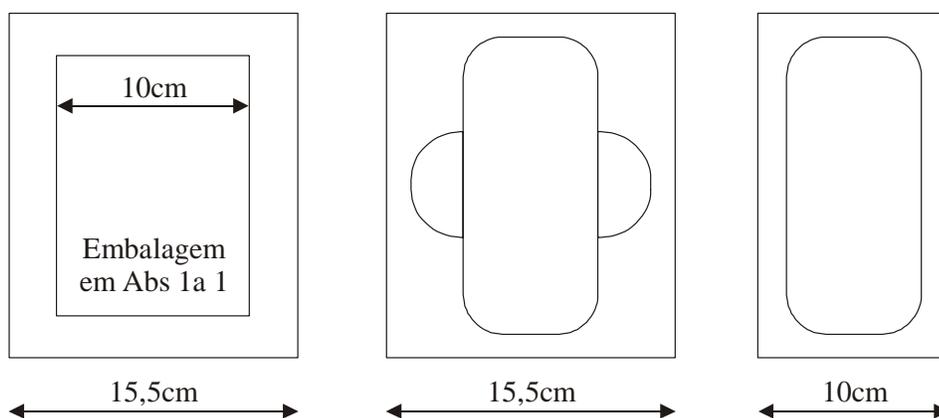


FIGURA 15: Formato do Corte para os Produtos

TABELA 24: Perda de filme de polietileno com a operação de corte

Produto	Área Aproximada de Filme Utilizado (cm ²)	Área Aproximada de Filme Aproveitado para o Produto (cm ²)	Perda de Matéria-prima aproximada (%)
Absorvente com Abas	294,5	167,75	43
Absorvente Simples e Sem Abas	190	77	40
Embalagem Individual	232,5	150	35

Mesmo que a empresa venda este subproduto para fins de reciclagem, conforme o modelo de minimização de resíduos, está obtendo um prejuízo bastante grande. Isto porque a matéria-prima apresenta um custo significativo e o desperdício de material para a confecção de um absorvente é bastante grande.

Conforme a tabela 24, observa-se que o maior problema é o absorvente com abas. Observando-se este produto com os da concorrência, percebe-se que todos apresentam abas com dimensões em torno de 3,5 a 4cm que se encontram na parte posterior do mesmo.

As abas têm como função evitar o vazamento do fluxo pela lateral, apresentando formas semi-circulares ou linhas mais retas nos diversos produtos analisados. Comparando-se o produto com os concorrentes, observa-se ainda que a superfície com cola nas abas do mesmo é bastante pequena gerando uma certa dúvida quanto a real eficiência destas no que diz respeito a sua função.

Hoje, a grande inovação para o impedimento do vazamento é a criação de barreiras laterais na forma de sulcos ou algum outro tipo de desenho para evitar, ou pelo menos, minimizar o mesmo. Deste modo, acredita-se que a empresa deva reestruturar o projeto do produto com abas, tendo em vista a grande geração de resíduos quando do corte do mesmo, em face à sua real eficiência como produto.

Uma solução intermediária seria redesenhar a aba diminuindo a sua largura e aumentando seu comprimento, bem como aumentar a superfície de cola para evitar o seu deslocamento. Também poderia ser agregado algum tipo de barreira nas laterais do absorvente para dificultar o vazamento nas laterais respaldando, assim, a diminuição das abas laterais.

Outra alternativa seria estruturar um novo corte associando absorventes com abas e sem abas de modo a propiciar um melhor aproveitamento do filme de polietileno. Para isto, o processo deverá ser readequado, havendo como conseqüência implementações nas máquinas, trazendo como resultado uma maior produção de peças por minuto sem a necessidade de aumentar a velocidade destas.

No caso dos absorventes simples e sem abas, os sulcos ou barreiras de impedimento poderiam ser agregados para evitar o vazamento e as laterais do filme de polietileno, viradas e coladas no produto, o que reduziria sensivelmente o desperdício deste material. Para as embalagens individuais, virar e colar a parte que sobra seria uma solução que minimizaria a geração das rebarbas.

Julga-se que com a readequação dos produto, a empresa poderá ter uma redução significativa na geração deste tipo de resíduo, bem como um melhor aproveitamento da matéria-prima.

4.10.3.2 Pó de celulose

No ponto 1 do fluxograma do processo, mostrado na figura 12, tem-se a geração da poeira de celulose agregada ao gel superabsorvente. Na operação de moagem da manta de celulose é gerada muita poeira que é captada pelos filtros-manga. O que não é captado fica em suspensão no ambiente laboral. Nas proximidades da operação de moagem, nas diversas máquinas da produção, sente-se um certo incômodo proveniente desta poeira, principalmente quando todas as máquinas estão em funcionamento.

Segundo a Norma Regulamentadora 15 (NR-15), da Portaria nº 3214/78, Lei nº 6.514/77, esta poeira não está enquadrada como insalubre, muito embora os exames médicos de natureza ocupacional (expirometria) realizados periodicamente nos funcionários da empresa já tenha detectado diversos casos de diminuição da capacidade respiratória.

Além da questão da saúde ocupacional, a empresa apresenta no seu depósito, desde 1997, um volume deste material em torno de 5 toneladas. O mesmo não apresenta, ainda, um destino definido, muito embora pudesse ser utilizado para diversas finalidades.

Poderia ser estruturada uma redução deste material, no que diz respeito à sua emissão para o meio ambiente laboral, com a introdução de um tecido que cobriria a superfície por onde há o escapamento do material particulado. Esta solução já foi aplicada em uma máquina de fraldas e vem apresentando excelentes resultados no que diz respeito à diminuição do material particulado no ambiente.

Quanto ao material que foi captado na operação de moagem pelos filtros mangas, estes poderiam ser reutilizados, em parte, como base para a manta de celulose dentro do próprio processo ou ser vendido para fábricas menores que não possuem no seu processo a operação de moagem.

4.10.3.3 Revisão, refugo e produtos de segunda linha

Os pontos 3 e 4 são aqueles que geram produtos com algum tipo de não conformidade segundo os padrões estabelecidos para um produto ser enquadrado na primeira linha. O ponto 5 pode ser classificado algumas vezes como gargalo dentro do processo. Isto ocorre porque a embalagem é feita manualmente e, muitas vezes, as pessoas responsáveis por esta operação não conseguem acompanhar o ritmo da máquina.

A empresa em questão nunca demonstrou maiores preocupações com o refugo e produtos de revisão e segunda linha porque embute o seu custo de geração na composição do custo dos produtos de primeira linha.

Perdas por refugo

No caso dos refugos, a empresa poderia reutilizar a matéria-prima no processo industrial através do beneficiamento interno. É claro que para isto deveria estruturar uma equipe

responsável pela triagem dos materiais, além de implantar um setor específico para estas operações, com padrões aceitáveis de higiene no local e nos procedimentos, para evitar a contaminação destas matérias-primas. Além disto, este volume de rejeitos deveria ser bem menor do que os produzidos atualmente, pois o processo tem restrições na reutilização total da matéria-prima na confecção do produto. Esta reutilização da matéria-prima tem de ser balanceada com matéria-prima virgem.

Perdas por retrabalho

No caso de produtos sujeitos à revisão, a empresa possui uma perda bastante grande no sentido dos custos com o retrabalho, bem como, com os produtos que ficam por muito tempo estocados antes de serem vendidos.

A atividade de revisão só ocorre quando baixa a demanda ou quando excepcionalmente por falta de matéria-prima ou quebra de máquina a produção pára. Além da questão econômica, os produtos para revisão ficam no depósito ou estocados em algum ponto da produção o que poderá gerar problemas futuros à empresa no que diz respeito à qualidade dos produtos tendo em vista os parâmetros de inocuidade estabelecidos pela Vigilância Sanitária.

A empresa deveria estimular o programa Revisão Zero, recentemente implantado, como forma de diminuir o retrabalho e, como consequência, aumentar os seus lucros.

Perdas pela organização do trabalho

Levando-se em conta a estruturação das atividades de trabalho inerentes ao processo produtivo em questão, tem-se que as mesmas podem ser classificadas como repetitivas e monótonas estando, também associadas a um ambiente laboral desfavorável. Observa-se no meio ambiente de trabalho, principalmente, a presença de ruído, poeira de celulose e o calor dissipado pelos motores das máquinas de absorventes e de fraldas, trabalhando em paralelo em um pavilhão industrial.

As grandes causas dos produtos apresentarem algum tipo de problema são essencialmente relativas às questões organizacionais do trabalho.

Basicamente todo o processo é automatizado, excetuando-se a alimentação das máquinas com a celulose e a embalagem final do produto, realizadas respectivamente pelos auxiliares de fábrica masculino e feminino.

Os auxiliares masculino realizam tarefas que envolvem levantamento de peso quando do abastecimento das máquinas com a bobina de celulose que transportam desde o depósito de matérias-primas até a produção. As mulheres realizam basicamente um trabalho repetitivo ao fazerem o processo de contagem e embalagem manual de absorventes.

A função do operador de máquinas é controlar o processo como um todo observando cada operação da máquina para fazer os ajustes necessários para o bom desempenho do processo. Além disto são os responsáveis pelo abastecimento da máquina no que se refere as demais matérias-primas.

Na maioria das vezes, os operadores não desligam a máquina para fazer os ajustes necessários resultando, com isto, a geração de diversos refugos ou produtos que deverão ser submetidos posteriormente a uma revisão. Por uma questão cultural, respaldada por uma época em que a empresa pagava incentivos aos funcionários pela produção, os mesmos apresentam, ainda, uma preocupação em produzir o maior volume de peças independentemente da qualidade das mesmas. Observa-se também, que o maior número de incidentes e acidentes do trabalho na empresa ocorrem com os operadores de máquina, tendo em vista a tentativa dos mesmos de fazer os ajustes na máquina com a mesma em funcionamento.

Em consonância a estas condições, Fernandes (1996) argumenta que os efeitos da administração científica ainda imperam na maioria das empresas, observando-se a especialização das tarefas, hierarquias ligadas e padronização da mão-de-obra. Como conseqüências negativas, segundo a autora, tem-se o isolamento do trabalhador no seu posto aliado a não identificação com o produto final trazendo como conseqüências a falta de qualidade, absentéismo, alienação e falta de envolvimento, entre outros aspectos.

Grandjean (1998) afirma que as condições de trabalho desfavoráveis podem causar desprazer e que a monotonia é uma reação do indivíduo a trabalhos que não englobam ações interessantes, ou referem-se a trabalho repetitivo prolongado não muito difícil, mas que não permite ao funcionário pensar inteiramente em outras coisas, aliado também aos trabalhos prolongados de controle e vigilância. Observa-se que as pessoas envolvidas no processo produtivo estão enquadradas dentro do perfil citado pelo autor.

A solução para os problemas observados na empresa, estaria além das questões ambientais e dos postos de trabalho. A cultura vigente na mesma está embasada em um ritmo de trabalho intenso onde o lema é produzir de qualquer maneira. Este cenário, na atualidade, não apresenta muito sentido, tendo em vista que a demanda baixou significativamente, muito embora ele continue impregnado na cultura dos funcionários.

Este momento de crise, pelo qual a empresa está passando poderá ser significativo para agregar novos valores. Senge⁴ (1990 apud GUIMARÃES, 2001a) defende o crescimento das organizações a partir do aprimoramento das capacidades e das habilidades do seu corpo de trabalho a partir do processo de aprendizagem expandindo, assim, a capacidade de produzir os resultados desejados. Guimarães (2001a) apregoa uma estruturação do trabalho de tal modo que este estimule as necessidades pessoais do indivíduo tais como a auto-estima e o desenvolvimento pessoal.

Fernandes (1996) aborda que as experiências de humanização do trabalho estão respaldadas na estruturação de grupos de trabalho auto-gerenciados ou semi-autônomos, onde a reformulação dos cargos dos grupos de trabalho implicaria em dar às pessoas um certo grau de participação. A autora cita como medidas para apoiar esta nova estruturação, a inovação no sistema de recompensas, além da questão econômica, melhorias no ambiente de trabalho tanto no meio como cultural da empresa, assim como agregando aspectos ergonômicos através do redesenho dos cargos, inserindo o alargamento ou o enriquecimento das tarefas.

⁴ SENGE, P. A. **Quinta disciplina**: teoria e prática da organização de aprendizagem. São Paulo: Best Seller, 1990.

5 CONCLUSÕES

A variável ambiental começa gradativamente a ser incorporada no planejamento das empresas assumindo, na atualidade, um aspecto diferencial em termos de competitividade.

Os processos produtivos que contemplam simultaneamente a qualidade e a produção mais limpa são mais vantajosos oferecendo uma solução favorável às empresas na medida em que o corte de desperdícios e a valorização dos subprodutos industriais podem reduzir os custos produtivos.

Os resultados a serem obtidos com a produção mais limpa começam na minimização dos resíduos e a conseqüente diminuição dos custos com o gerenciamento ambiental, melhoria da qualidade do produto e da produtividade, redução dos riscos ambientais e aos trabalhadores, além de agregar uma melhoria na imagem pública da empresa.

O aumento da responsabilidade dos fabricantes sobre o ciclo de vida do produto, conforme vem acontecendo em alguns países, inclusive no Brasil, de forma ainda incipiente, pode mudar efetivamente os paradigmas da produção e de consumo.

Estas mudanças, além de benéficas sob o ponto de vista ambiental, podem fornecer condições para o surgimento de novas concepções para o *designer* de produtos. A perspectiva de levar em conta o meio ambiente implica também em questionar o produto e as reais necessidades a que ele atende.

Dentro deste cenário insere-se o modelo denominado “Análise do Valor Global de um Resíduo”, proposto por Cercal e Pawlowsky (2001), ferramenta utilizada neste estudo de caso para priorizar os subprodutos do processo produtivo de absorventes higiênicos.

O primeiro resultado obtido com este trabalho foi estabelecer uma escala hierárquica dos subprodutos em questão sob a ótica econômica e ambiental. Para tal, foram analisados os resíduos que estavam diretamente relacionados ao processo, a partir dos pontos em que eram

gerados, assim como as quantidades produzidas e destinações dadas aos mesmos no momento atual.

O segundo resultado foi demonstrar que as destinações dadas pela empresa a nível de seus subprodutos não são as mais adequadas, sob a ótica do modelo, acarretando prejuízos.

O terceiro resultado obtido, com base nos resultados do modelo, foi o questionamento das causas da geração dos subprodutos como forma de buscar subsídios e alternativas de minimização. Assim, surgiu a questão do desenho do produto, objeto deste estudo, correlacionado com o processo, em contrapartida com a sua real eficiência, além da preponderante influência dos fatores organizacionais na geração dos subprodutos na perspectiva cultural vigente ainda na empresa.

Através dos resultados obtidos, a empresa poderia reestruturar alguns paradigmas vigentes na sua estrutura produtiva diminuindo, assim, as perdas com os subprodutos ao invés de repassá-las monetariamente para o produto de primeira linha. Desta forma, além de incorporar de forma incipiente medidas que propiciem um processo mais limpo estaria, também, agregando um diferencial competitivo do ponto de vista de mercado.

Dentro da concepção do modelo proposto por Cercal e Pawlowsky (2001), ficaria uma crítica quanto à terminologia adotada, lucro ou prejuízo, no que diz respeito aos resultados obtidos com relação às destinações dadas aos resíduos. A utilização desta terminologia pode dar margens a outras interpretações, além da questão vantagem ou desvantagem das soluções adotadas.

Derivam deste trabalho outros temas que podem ser objeto de futuros projetos. Citam-se outras aplicações a nível industrial, validação e otimização do modelo, simulações com os subprodutos e destinações dentro da perspectiva do gerenciamento ambiental, aplicações no gerenciamento de resíduos a nível municipal, desenvolvimento de um *software* utilizando a metodologia proposta pelos autores, bem como, uma ferramenta adicional a ser utilizada para o projeto ou reprojeto de produtos.

REFERÊNCIAS

ABDALLA DE MOURA, L.A **Qualidade e Gestão Ambiental**. 3. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Programas de Certificação**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/certificacao.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2003.

AMARAL, S. P. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica: uma proposta para a Indústria de Petróleo Brasileira. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Anais**. Disponível em: <http://www.ibps.com.br/arquivos/indicadores_sustentabilidade.doc>. Acesso em: 30 jul. 2003.

ARAÚJO, E .S. et al. **Ecologia Industrial**: um pouco de história. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.hottopos.com.regeq12/art2.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2004.

BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2001.

BASTOS, A. C. S.; ALMEIDA, J. R. Licenciamento Ambiental Brasileiro no Contexto da Avaliação de Impactos Ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BAUER, P. E. et al. Avaliação Preliminar de Softwares para Análise do Impacto Ambiental de Processos Produtivos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 3., 2002, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2002.

BIAZIN, C.; GODOY, A. Gestão Ambiental: a rotulagem nas pequenas empresas do setor moveleiro. In: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 3., 1999, Recife. **Anais**. Recife: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 1999. Disponível em: <<http://www.nepam.unicamp.Br/ecoeco/artigos/encontros/downloads/mesa4/1.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2003.

BIDONE, F. R .A; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Paulo: EESSC-USP, 1999.

BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Fraldas Descartáveis**. Documento contido no Informe Setorial de Produtos Florestais de agosto de 2001. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/setorial/is_g1_26.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988. Capítulo VI - do Meio Ambiente, Artigo 225. Brasília, DF, Senado, 1988. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/bdtextual/const88/con1988br.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2003.

BRASIL. Lei nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978. Norma Regulamentadora 15 (NR-15): Atividades e Operações Insalubres. **Manuais de Legislação Atlas**. 30.ed. São Paulo:Atlas, 1996.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União em 02 de setembro de 1981. Disponível em: <http://www.silex.com.br/leis/l_6938html>. Acesso em: 03 de setembro de 2003.

BRASIL. **Portaria nº 1480**, do Ministério da Saúde, de 31 de dezembro de 1990. Regulamento Técnico para Controle de Produtos Absorventes Higiênicos Descartáveis, de Uso Externo e Intravaginal. Anexo I - Produtos Absorventes Descartáveis, de uso externo. Publicada no Diário Oficial da União, em 07 de janeiro de 1991. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/port99/6M/6M-1480.html>>. Acesso em: 30 set. 2003.

BRASIL. **Resolução nº 6**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 24 de junho de 1986. Disciplina que no processo de licenciamento ambiental de atividades industriais, os resíduos gerados ou existentes deverão ser objeto de controle específico. Publicada no Diário Oficial da União, em 17 de fevereiro de 1986. Revogada pela Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 6 set. 2003.

BRASIL. **Resolução nº 257**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 30 de junho de 1999. Disciplina o descarte e gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas. Publicada no Diário Oficial da União, em 22 de julho de 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 6 set. 2003.

BRASIL. **Resolução nº 258**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 30 de junho de 1999. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. Publicada no Diário Oficial da União, em 02 de dezembro de 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 6 set. 2003.

CABEDA, M. **Gerenciamento de Subprodutos Industriais: Construção da Matriz de Resíduos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)– Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

CERCAL, S. R.; PAWLOWSKY, U. Análise Matemática do Valor Global de um Resíduo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2001.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**: Ferramenta Gerencial da ISO 14.000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: SENAI,UNIDO,UNEP, 2003. Disponível em: <<http://situa.com.br/~prj/cntl/pdf/ippml.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2003.

CUMPAN®, Análise de Produto Assistida por Computador Voltada ao Meio Ambiente. Disponível em: <<http://t-system.com.br/cumpan.asp>>. Acesso em: 2 jul. 2003.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ECODESIGN tools. Disponível em: <<http://pre.nl/ecodesign/default.html>>. Acesso em: 4 jun. 2003.

EPA–U.S. **Environmental Protection Agency Wastes**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ebtpages/wastes.html>>. Acesso em: 23 jul. 2003.

FALEIROS, G. Solução para tratamento de lixo deve ficar para 2003. **Jornal Valor Econômico** (*on line*), São Paulo, 02 dez. 2002.

FERNANDES, E. C. **Qualidade de Vida no Trabalho**: como medir para melhorar. 4. ed. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

FURTADO, J. S. et al. **Prevenção de Resíduos na Fonte & Economia de Água e Energia**: Manual de Avaliação na Fábrica. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Produção & Fundação Vanzolini, 1998. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa/manual.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2003.

GONÇALVES, R. B.; NASCIMENTO, L. F. Impacto da Aplicação de Técnicas de Produção Limpa: Caso Pigozzi. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, Gramado. **Anais**. Porto Alegre: ENEP, 1997.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GREENPEACE. Report on Line. **O que é Produção Limpa?** Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/producao_limpa.doc>. Acesso em: 28 jul. 2003.

GREENPEACE. Report on Line. **Incineração não é a solução**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf.factsheet_incineracao.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2004.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de Processo**. 3.ed. Porto Alegre: FEENG - Fundação Empresa Escola de Engenharia UFRGS, 2001a.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de Produto**. 3. ed. Porto Alegre: FEENG - Fundação Empresa Escola de Engenharia UFRGS, 2001b.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **The ISO 14000 Family of International Standards**. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 3 ago. 2003.

KINLAW, D. **Empresa Competitiva e Ecológica: desempenho sustentável na era ambiental**. São Paulo: Makron Books, 2000.

KNOWASTE. **Quem quer fraldas sujas?** Disponível em: <http://www.novozynes.com/library/publicatinos/biotimes_sprog/PT_dirty_diapers.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2004.

LEITE, B. Z.; PAWLOWSKY, U. Metodologia de Minimização de Resíduos Industriais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 3., 2002, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2002.

LERÍPIO, A. A. **GAIA - Um Método de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LIMA-E-SILVA, P. P. et al. Subsídios para Avaliação Econômica de Impactos Ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

MACEDO, R. K. **Gestão Ambiental: os instrumentos básicos para a gestão ambiental de territórios e de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: ABES:AIDIS, 1994.

MELLO, E. T.; PAWLOWSKY, U. Minimização de Resíduos em uma Indústria de Bebidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2001.

MONDARDO, M. **Balanco Ambiental em Processos e Estabelecimento de seus Indicadores Ambientais através do Software Umberto**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2001.

MUKAI, T. **Direito Ambiental Sistematizado**. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1998.

NERES, W. A. **Uma Ferramenta Computacional para Suporte à Aplicação do Gerenciamento de Processos no Direcionamento e Quantificação do Impacto de Recursos e Resíduos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)–Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PRATES, G. A. **Ecodesign Utilizando QFD, Método de Taguchi e DFE**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PROCTER AND GAMBLE. **Evolução dos Absorventes**. Disponível em: <http://www.procter.com.br/pg/products/protecao_feminina/evolucao_absorventes.html>. Acesso em: 15 abr. 2004.

RAMOS, J. **Alternativas para o projeto ecológico de produtos**. 2001 Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

REIS, M. C. **Naturalmente: Fraldas de algodão ou fraldas descartáveis, que opção utilizar?** Disponível em: <<http://www.naturlink.pt/canais/subCanal=97538ilingua=18&pagina=2>>. Acesso em: 3 jul. 2003.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual nº 38.356**, de 01 de abril de 1998. Regulamenta a Lei nº 9.921, de 27 de julho de 1993, que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos no estado do Rio Grande do Sul. Palácio Piratini, em Porto Alegre, 01 de abril de 1998. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/>>. Acesso em: 6 set. 2003.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 9.921**, de 27 de julho de 1993. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos no estado do Rio Grande do Sul. Publicada no Diário Oficial do Estado em 10 de setembro de 1993. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/>>. Acesso em: 6 set. 2003.

ROTHERY, B. **ISO 14.000 y ISO 9000**. 2. ed. México D.F: Panorama, 1997.

UMBERTO®. **Manual do Método do Software Umberto®**. Disponível em <<http://www.umberto.de/english/>>. Acesso em: 05 jul. 2003.

ZERI. **Introduccion to the theory behind zeri**. Disponível em: <<http://www.zeri.org/theory.htm>>. Acesso em: 6 jul. 2003.

ANEXOS

Legislação sobre Resíduos Industriais

Resolução CONAMA 313 de 29 de outubro de 2002

Dispõe sobre o Inventário Nacional dos Resíduos Sólidos Industriais

Resolução CONAMA 264 de 26 de agosto de 1999

Aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.

Norma da ABNT - NBR 8418 - Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - procedimento.

Norma da ABNT - NBR 10.157 - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - procedimento.

Norma da ABNT - NBR 13.896 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - procedimento.

Norma da ABNT - NBR 13.895 - Construção de poços de monitoramento e amostragem - procedimento.

Norma da ABNT - NBR 13.894 - Tratamento no solo (*landfarming*) - procedimento.

Norma da ABNT - NBR 13.221 - Transporte de resíduos.

Norma da ABNT - NBR 11.174 - Armazenamento de resíduos classe II - não inertes e III - inertes.

Norma da ABNT - NBR 1183 - Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.

Norma da ABNT - NBR 11.175 - Incineração de resíduos sólidos perigosos padrões de desempenho - procedimento.

Norma da ABNT - NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação.

Norma da ABNT - NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos - Procedimento.

Norma da ABNT - NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos - Procedimento.

Norma da ABNT - NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos - Procedimento.

Normas ABNT ISO 14.000 - Gestão Ambiental

Normas voltadas para as organizações ou processos:

ISO 14.001: Sistemas de Gestão Ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Apresenta os requisitos de um sistema de gestão ambiental.

ISO 14.004: Sistemas de Gestão Ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios e técnicas de apoio. Esta norma tem como objetivo fornecer assistência às organizações na implementação ou aprimoramento de um sistema de gestão ambiental.

ISO 14.010, 14.011.14.012 - Diretrizes para auditoria ambiental, princípios gerais.

Normas orientadas para produtos:

ISO 14.020 - Rotulagem ambiental e declarações: proporciona os princípios básicos para guiar o desenvolvimento de selos ambientais.

ISO 14.040 - Análise do Ciclo de Vida do produto - Princípios gerais e procedimentos.

ISO 14.042 - Análise do Ciclo de Vida do produto - Definição do objetivo, do escopo, e análise do inventário.

ISO 14.043 - Análise do Ciclo de Vida do Produto - Interpretação do Ciclo de Vida.