

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Edson Koiti Kikuchi

**Diretrizes para minimização de resíduos no processo
produtivo de uma empresa do setor hospitalar**

São Paulo

2007

Edson Koiti Kikuchi

Diretrizes para minimização de resíduos no processo
produtivo de uma empresa do setor hospitalar

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, para
obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Ângelo José Consoni

São Paulo

Outubro / 2007

Ficha Catalográfica

Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

K47d

Kikuchi, Edson Koiti

Diretrizes para minimização de resíduos no processo produtivo de uma empresa do setor hospitalar. / Edson Koiti Kikuchi. São Paulo, 2007.
83p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo José Consoni

1. Resíduo sólido hospitalar 2. Água residuária 3. Resíduo industrial 4. Resíduo de PVC 5. Impacto ambiental 6. Produção mais limpa 7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

08-37

CDU 628.544(043)

Dedicatória

Dedicar a alguém é demonstrar, reconhecer que eles também ajudaram de alguma maneira. Dedico aos meus pais, com muito amor, aos quais muito devo. Dedico também este trabalho à minha esposa e ao pequeno Erick, pelo apoio e compreensão.

Agradecimentos

Muitos foram os que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho; não há nada que possa ser realizado de forma isolada.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus pelo dom da vida, pela oportunidade e força concedida para a finalização de mais este desafio.

Ao professor Omar Yazbek Bitar pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ângelo Consoni, pela contribuição com subsídios que enriqueceram os estudos.

Gostaria de agradecer o amor, paciência e dedicação de minha esposa, sabedora da importância deste trabalho, assumindo as novas obrigações de mãe com o dobro do entusiasmo e energia.

Resumo

O desenvolvimento das atividades do setor hospitalar como qualquer outra indústria pode gerar resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas que podem ser danosos ao meio ambiente se não forem minimizados ou tratados adequadamente antes de serem encaminhados para suas destinações finais. O objetivo principal deste trabalho é identificar ferramentas gerenciais aplicáveis à gestão de resíduos industriais do processo produtivo de uma empresa do setor hospitalar, fabricante de bolsas de coleta de sangue, no sentido de propiciar a redução do consumo de recursos naturais e de impactos negativos ao meio ambiente. Para tanto, realizou-se pesquisa bibliográfica acerca da gestão de resíduos, produção mais limpa, prevenção à poluição e ferramentas gerenciais de gestão e um estudo de um caso de empresa da Região Metropolitana de São Paulo. As águas residuárias originadas na limpeza dos equipamentos de envase, tanques e tubulações, bem como os resíduos de PVC, gerados nas etapas de extrusão, soldagem, corte e impressão, na fabricação de bolsas de coleta de sangue, representam os principais impactos ambientais negativos das atividades da empresa em estudo. Várias recomendações para a minimização de efluentes líquidos e de resíduos de PVC são apresentadas neste trabalho, à luz dos conceitos de prevenção à poluição e com emprego das ferramentas gerenciais estudadas.

Palavras-Chave: Resíduo sólido, águas residuárias, indústria, setor hospitalar, minimização, redução, produção mais limpa

Abstract

Activities of hospital sector, similar to other industrial sectors can generate solid wastes, liquid and gaseous effluents that can cause damage to the environment if not minimized or adequately treated before their final destination. The main objective of this research is to identify environmental technologies applicable to the industrial solid waste management of a company of the hospital products sector that produces blood bags, in terms of natural resources consumption and environment impact reduction. In this way, it was basically performed a bibliographical research, about industrial waste management, cleaner production, pollution prevention and managerial tools, and a case study about a company at São Paulo Metropolitan Region. The waste water from cleaning of filling equipments, tanks and pipes, as well as the PVC waste from the extrusion, welding, cut and impression of blood bags manufacturing, represent the main environmental negative impacts from the activities of the company in study. Several recommendations for the minimization of the discarded liquid effluents and the PVC wastes are presented in this work, under pollution prevent concept and using the managerial tools described.

Keywords: Solid waste, residuary water, industry, hospital products sector, minimization, reduction, cleaner production

Lista de ilustrações

	p.
Quadro 1: Hierarquia de gestão de resíduos.....	29
Figura 1: Técnicas de minimização de resíduos.....	32
Figura 2: Fluxograma de Produção mais Limpa.....	34
Figura 3: Representação esquemática do ciclo de vida de um produto.....	54
Figura 4: Etapas da análise de ciclo de vida.....	55
Figura 5: Bolsa de coleta de sangue	64
Figura 6: Fluxograma da produção de bolsas.....	65
Figura 7: Esquematização do processo de extrusão.....	67
Foto 1: Extrusão.....	66
Foto 2: Corte e impressão.....	66
Foto 3: Soldagem.....	66
Foto 4: Montagem.....	66
Foto 5: Envase.....	66
Foto6: Autoclavação.....	66
Foto 7: Embalagem.....	67
Foto 8: Pasteurização.....	67
Foto 9: Armazenamento.....	67

Lista de Tabelas

	p.
Tabela 1: Geração de resíduos sólidos industriais e municipais em diversos países(10 ³ t).....	25
Tabela 2: Geração de resíduos sólidos industriais no Brasil	25
Tabela 3: Classificação de áreas limpas.....	59
Tabela 4: Principais resíduos e efluentes, por etapa do processo produtivo de Bolsas para a coleta de sangue.....	71

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNTL.....	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CONAMA.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DCE.....	Dicloro etano
DEHP	Di-etilhexil ftalato
DOU	Diário Oficial da União
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FIFO	<i>First in first out</i>
GMP	<i>Good Manufacturing Practice</i>
INCQS.....	Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MVC	Monocloreto de vinila
NBR.....	Norma Brasileira
N/D.....	Não-Declarado
ONU	Organização das Nações Unidas
P2.....	Prevenção à Poluição

PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PVC..... Policloreto de vinila
P+L..... Produção mais Limpa
RDC Resolução da Diretoria Colegiada
TPM..... *Total Productive Maintenance*
UNEP *United Nations Environment Programme*
USEPA *United States Environmental Protection Agency*
WMOA..... *Waste Minimization Opportunity Assessment*

Sumário

	p.
1 INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3 MÉTODO DA PESQUISA.....	21
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
4.1 Resíduos Sólidos.....	22
4.2 Hierarquia no Gerenciamento de Resíduos.....	28
4.2.1 Benefícios da minimização da geração de resíduos.....	31
4.3 Minimização de Resíduos.....	29
4.4 Implementação das Medidas de Produção Mais Limpa (P+L) e Prevenção Prevenção a Poluição (P2).....	33
4.4.1 Produção mais limpa (P+L)).....	33
4.4.1.1 Redução na fonte.....	35
4.4.1.2 Reciclagem interna.....	39
4.4.1.3 Reciclagem externa e ciclos biogênicos.....	39
4.4.2 Prevenção à poluição (P2).....	41
4.4.2.1 Redução na fonte.....	41
4.4.2.2 Alteração no arranjo físico.....	41
4.4.2.3 Controle de estoque.....	42
4.4.2.4 Manutenção preventiva.....	42

4.4.2.5	Melhoria nas práticas operacionais.....	42
4.4.2.6	Substituição de matéria-prima.....	43
4.4.2.7	Substituição ou alteração de equipamentos.....	43
4.4.2.8	Mudança de processo/tecnologia.....	43
4.4.2.9	Reformulação ou replanejamento de produtos.....	43
4.4.3	Reúso/reciclagem interna.....	44
4.4.3.1	Reúso.....	44
4.4.3.2	Recilagem.....	44
4.4.4	Segregação de resíduos.....	44
4.4.5	Treinamento.....	44
4.5	Ferramentas Gerenciais de Apoio à Gestão de Processos.....	45
4.5.1	Just in time.....	45
4.5.2	Kaizen.....	47
4.5.3	Seis Sigma.....	47
4.5.4	Manutenção produtiva total.....	49
4.5.5	5S – <i>Housekeeping</i>	52
4.5.6	Análise do ciclo de vida – ACV.....	53
4.5.6.1	Definição dos objetivos e do escopo.....	56
4.5.6.2	Análise do inventário.....	56
4.5.6.3	Análise de impacto.....	57
4.5.6.4	Interpretação.....	57
4.6	Boas Práticas de Fabricação – BPF.....	58
5	RESULTADOS.....	61
5.1	Caracterização da Organização Estudada.....	61

5.2 O Processo Produtivo e os Resíduos Gerados.....	61
5.2.1 Principais insumos utilizados.....	62
5.2.1.1 Policloreto de vinila – PVC.....	62
5.2.1.2 Água.....	63
5.2.2 Processo produtivo.....	63
5.3 Os Resíduos e efluentes gerados.....	70
5.4 Recomendações para redução de resíduos no processo produtivo analisado.....	71
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

O homem primitivo viveu explorando os recursos naturais que encontrava, sendo estes suficientes para a sua subsistência.

Com a exploração da natureza, iniciou-se o comércio, à base de trocas, nas primeiras comunidades. Da mesma forma, o homem deu os primeiros passos na busca incessante pelo acúmulo de bens materiais.

A descoberta dos combustíveis fósseis (carvão e petróleo) e a invenção das máquinas proporcionaram a utilização da energia fornecida pela Terra, como forma de recurso infinito.

A revolução industrial conduziu à produção de bens de consumo em larga escala; mais tarde, desenvolveu-se o conceito de linhas de montagem e a reprodução das máquinas, o que multiplicou exponencialmente a capacidade fabril, propiciando melhoria das condições de vida da população, porém, sem maiores preocupações em termos de segurança do trabalho e criando problemas ambientais em escala global.

Em um primeiro momento, para as empresas, o importante era produzir e obter economia de escala; quanto maior o volume, menor o custo. Em uma segunda fase, a atenção foi focalizada na satisfação do cliente, no propósito de dar-lhe o que ele precisa, conformidade, preço e prazo. Esta combinação trouxe uma explosão no consumo.

Segundo Young (2004), a necessidade de maior produtividade implica produzir com mais eficiência, utilizando-se das melhores técnicas, processos e equipamentos, o que resultaria na menor utilização de recursos e matérias-primas. Contudo, em termos absolutos, ao se produzir mais, serão exigida novas parcela de recursos energéticos e materiais.

O ritmo frenético do desenvolvimento industrial e a falsa idéia de que os recursos naturais - como, ar, solo e água são infinitos, fez com que os recursos naturais fossem usados de forma incoseqüente, exigindo os ecossistemas em nível superior à sua capacidade de regeneração e assimilação, ocorrendo a sua

contaminação com resíduos ou substâncias tóxicas, alterando as condições ambientais e comprometendo a qualidade de vidas das futuras gerações.

Young (2004) ainda afirma que a internacionalização da discussão ambiental decorreu da guerra armamentista nuclear, nos anos 40 a 60 do século XX. Neste período, ocorriam intermitentes testes nucleares, prejudiciais ao meio ambiente e à qualidade de vida da humanidade.

Desde a década de 1960, a deterioração ambiental e sua relação com o estilo de crescimento econômico já eram objeto de estudo e preocupação internacional.

Dentre alguns eventos que contribuíram para a discussão da questão ambiental em escala mundial, destaca-se o acidente de Minamata, no Japão, em 1953, ocasionando a morte de pessoas devido à ingestão de peixes contaminados com mercúrio.

Em 1962, a publicação do livro "Primavera Silenciosa" de Rachel Carson, no qual a autora alerta para os efeitos adversos da utilização dos pesticidas e inseticidas químicos sintéticos, inicia o debate acerca das implicações da atividade humana sobre o ambiente e o custo ambiental dessa contaminação para a sociedade humana. A autora advertia para o fato de que a utilização de produtos químicos, para controlar pragas e doenças, estava interferindo com as defesas naturais do próprio ambiente natural.

O Clube de Roma, em 1972, publicou o relatório "Limites do Crescimento" que concluiu que se as atuais tendências de crescimento da população mundial, industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição dos recursos naturais continuassem imutáveis, os limites do Planeta seriam alcançados dentro dos próximos cem anos e o resultado seria um declínio súbito e incontrolável, tanto da população como da capacidade industrial. O relatório denunciava que o crescente consumo mundial ocasionaria um limite de crescimento e um possível colapso do ecossistema global. Foi um dos principais fatos para a ampliação da divulgação do tema. O relatório atentava para a preocupação com as principais tendências do ecossistema mundial, extraídas de um modelo global articulando cinco parâmetros: industrialização acelerada, forte crescimento populacional, insuficiência crescente da produção de

alimentos, esgotamento dos recursos naturais não-renováveis e degradação irreversível do meio ambiente.

O relatório do Clube de Roma previa que, mantido o ritmo de crescimento, os alimentos e a produção industrial declinariam até o ano 2010, o que provocaria, automaticamente, uma diminuição da população por penúria, falta de alimentos e poluição; neste sentido, a crise do petróleo de 1973 veio a constituir-se em importante fator suplementar de alimentação do debate em torno da temática da escassez dos recursos naturais e da necessidade de humanização do crescimento, por meio de mudanças quantitativas e, principalmente, qualitativas do processo. O relatório previa uma incontrolável mortalidade da população, por volta de 2050, provocada pelo esgotamento dos recursos naturais, conseqüência do aumento da produção industrial e de alimentos para atender ao crescimento exponencial da população.

Em 1972, a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, resultou na "Declaração sobre o Ambiente Humano" e no "Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente" (PNUMA) organismo encarregado de monitorar o avanço dos problemas ambientais no mundo.

Na década de 1980, com o desastre ambiental de Bhopal (1984), que resultou no vazamento numa fábrica de pesticida, na Índia, a questão passou a alcançar também o grande público, aumentando a conscientização ambiental na Europa, seguida também nos Estados Unidos, depois do vazamento de petróleo do navio Exxon Valdez, no Alasca, em 1989.

Em 1983, foi criada, pela Assembléia Geral da ONU, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD, que foi presidida por Gro Harlem Brundtland, à época primeira-ministra da Noruega, com a incumbência de reexaminar as questões críticas do meio ambiente e do desenvolvimento, visando dar uma nova compreensão ao problema, além de elaborar propostas de abordagem realista. Esta Comissão deveria propor novas normas de cooperação internacional que pudessem orientar políticas e ações internacionais de modo a promover as mudanças que se faziam necessárias. Do relatório dessa Comissão, intitulado "Nosso Futuro Comum",

também conhecido como Relatório Brundtland, surgiu, o conceito de "Desenvolvimento Sustentável".

Segundo o qual as ações presentes não deveriam comprometer a capacidade de as gerações futuras de satisfazer suas necessidades, com base em que o valor total dos bens disponíveis, tanto produzidos pelo homem como aqueles encontrados na natureza devem permanecer constantes de uma geração para outra.

Para o desenvolvimento sustentável, não há limites absolutos, mas limitações impostas pelo estágio atual da tecnologia e da organização social, no tocante aos recursos ambientais, e pela capacidade da biosfera absorver os efeitos da atividade humana.

A conferência do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, pela Organização das Nações Unidas, propiciou a elaboração dos documentos de Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Agenda 21, Princípios para a Administração Sustentável das Florestas, Convenção da Biodiversidade, Convenção sobre a Mudança de Clima.

Para a área empresarial, a ECO - 92 resultou na criação de um Comitê Técnico para normatizar as questões ambientais pertinentes aos setores da mesma: O grupo TC 207/ISO 14000 foi incumbido de discutir e homogeneizar internacionalmente as normas de gestão do meio ambiente, rotulagem, ciclo de vida dos produtos e desempenho ambiental.

O acelerado processo de industrialização, a expansão demográfica e a correspondente explosão no consumo ocasionaram um aumento considerável na produção de resíduos, particularmente no que se refere aos de origem industrial.

O sistema produtivo recebe insumos, matéria-prima e energia e os processa de forma a se obter um produto manufaturado; porém, durante as diversas transformações que se dão em operações do processo, gera-se uma parcela de descarte, por maior que seja a eficiência desse processo.

Segundo Wiemes (1999), a irreversibilidade na geração dos resíduos é uma característica intrínseca dos sistemas produtivos antropogênicos. Isto também ocorre na natureza, porém, o ciclo da vida dos resíduos, nesse caso, permite seu completo aproveitamento e reincorporação ao ciclo natural. Assim, na natureza, todos os

resíduos gerados são consumidos na própria cadeia biogeoquímica onde está inserido o gerador do resíduo.

Com produtos cada vez mais descartáveis, produzidos com matérias-primas sintéticas de difícil degradação, a situação dos resíduos começou a ficar insustentável, pois a ciclagem passou a não mais ocorrer.

Assim, esse manejo inadequado passou a contribuir de forma marcante para o agravamento dos problemas ambientais, notadamente dos grandes centros urbanos. Como evidência deste fato, têm-se inúmeros casos de poluição do meio ambiente: ar, solo e, principalmente, águas superficiais e subterrâneas.

Por muito tempo, os setores produtivos não se preocuparam com as questões ambientais. Os efluentes e resíduos gerados pelas empresas eram despejados na água, no ar ou no solo, sem controle.

Com o crescimento e a diversificação das atividades produtivas, e o conseqüente aumento da geração de resíduos, os órgãos de controle ambiental passaram a exigir das empresas o licenciamento ambiental, bem como o controle e tratamento de suas emissões atmosféricas, resíduos sólidos e efluentes líquidos.

De modo geral, atualmente, as indústrias ainda centram sua atenção, no que se refere ao meio ambiente, no cumprimento das legislações. Este enfoque tende a direcionar ações corretivas somente no ponto final da geração de resíduos, uma vez que as próprias legislações brasileiras ainda não são específicas em relação à prevenção.

Nesse enfoque produzir mais e crescer passa a significar mais resíduos e, portanto, mais gastos para tratar e dispô-los.

Os resíduos do processo produtivo de qualquer indústria podem ser reciclados dentro do próprio processo (reúso), podem ser utilizados como insumos em outros processos e produtos (reciclados) ou, na impossibilidade das alternativas anteriores, podem receber tratamento e disposição final adequada, para evitar que se tornem fontes de poluentes.

Além dos aspectos ambientais citados, é importante destacar os aspectos sociais e econômicos envolvidos. Todos os resíduos geram custo financeiro para a empresa, pois foram comprados a preço de matéria-prima, consumiram insumos

como água, energia e horas de trabalho. Uma vez gerados, continuam a ter custo, seja sob a forma de gastos de destinação e armazenamento, de multas pela falta desses cuidados, e/ou, por eventuais danos a terceiros e à imagem e reputação da empresa.

No geral, uma empresa que gera mais resíduos do que deveria gerar é uma empresa ineficiente, que terá menores condições para obter lucratividade, remunerar adequadamente seus colaboradores, enfim, manter-se com sustentabilidade (em seus fundamentos econômicos, sociais e ambientais).

A destinação final dos resíduos sólidos representa uma das grandes preocupações da sociedade atual; o desenvolvimento tecnológico crescente gera resíduos em grande quantidade, prejudicando o meio ambiente e a população. A reciclagem tornou-se uma rota para desviar esses resíduos dos lixões ou aterros sanitários, bem como para reduzir os custos de produção, substituindo matéria-prima virgem. Contudo, é fundamental evidenciar que a redução de resíduos durante o processo produtivo constitui o melhor meio de redução de geração de resíduos.

O presente estudo descreve o estudo de técnicas para minimizar resíduos durante o processo produtivo de uma empresa do setor hospitalar, produtora de bolsas de coleta de sangue, dentre as quais os conceitos de Produção Limpa (*Clean Production*) e Produção Mais Limpa (*Cleaner Production*), e técnicas gerenciais como *Just in Time*, *Kaizen*, *Seis Sigma*, *Total Productive Maintenance* e *5S*.

Os principais impactos ambientais do setor hospitalar enfocado estão associados ao processo produtivo, que gera resíduos de material plástico (PVC) e efluentes provenientes da limpeza dos equipamentos de envase, tanques e tubulações, ou mesmo à geração de resíduos pós-uso, que não serão abordados neste estudo.

2 OBJETIVOS

Considerando-se o contexto da produção de resíduos em uma indústria do setor hospitalar, apresentam-se, a seguir, os objetivos gerais e específicos que nortearam a condução da pesquisa.

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo geral propor diretrizes para a gestão ambiental de uma empresa do setor hospitalar, identificando possibilidades de minimização de geração de resíduos e disposição na empresa analisada.

2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, o estudo prevê os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar os aspectos que norteiam o desenvolvimento sustentável e as diversas técnicas para minimizar a geração de resíduos;
- b) Identificar tecnologias e formas de gestão empregadas na minimização e/ou a não-geração de resíduos industriais;
- c) Analisar as formas (e as condicionantes) de gestão dos resíduos industriais da empresa estudada.

3 MÉTODO DA PESQUISA

O método de pesquisa utilizado é o estudo de caso, de otimização de gestão de resíduos de empresa do setor hospitalar, apoiado em revisão bibliográfica e levantamento “in situ” das condições de gerenciamento de resíduos na empresa estudada.

Deste modo, utiliza-se basicamente a pesquisa descritiva, partindo-se dos dados de literatura e observações de campo, para se chegar, por indução, às conclusões finais.

As informações e dados dos resíduos da empresa foram coletados de relatórios internos, disponibilizados ao autor.

A execução da pesquisa, segundo os objetivos propostos, foi conduzida conforme as seguintes etapas:

- a) Revisão da literatura, com base nas seguintes fontes de pesquisa:
 - Banco eletrônico de tese (Capes, Usp, Unicamp, UFSC etc.);
 - Autores considerados referências nos assuntos pertinentes ao escopo deste trabalho, abrangendo livros, artigos, estudos e relatórios sobre os temas da gestão ambiental, pesquisados em publicações, revistas especializadas, congressos ligados aos temas e anotações de aula das disciplinas cursadas;
 - Relatórios de entidades nacionais e internacionais envolvidas com gestão ambiental;
- b) Levantamento de dados na empresa analisada;
- c) Tratamento e análise dos dados e informações coletadas.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda as principais tecnologias para redução da geração de resíduos; aspectos dos processos de produção na indústria do setor hospitalar, seus resíduos e as implicações ambientais; a legislação e seus efeitos e a importância do emprego de alternativas ambientalmente adequadas para os processos de fabricação de produtos hospitalares.

4.1 Resíduos Sólidos

Crittenden e Kolaczowski (1995), considerando o enfoque industrial, definiram resíduo como todo e qualquer elemento que não seja considerado produto ou matéria-prima dentro da especificação. São produtos contaminados ou fora do prazo de validade, água residuária e produtos de limpeza associados às operações de higienização do final de produção, vazamentos acidentais de líquidos, emissões fugitivas, descarga de produtos gasosos, resíduos de máquinas e acabamentos. No processo industrial, os resíduos representam perdas de matéria-prima, insumos e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição. Os tratamentos “fim de tubo” não eliminam realmente os resíduos gerados, apenas os transferem para outro meio, sem eliminar suas causas raiz.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004a), na norma NBR 10004, define resíduos sólidos como “todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, ficando incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente viáveis, em face da melhor tecnologia disponível.”

A norma NBR 10004, Associação Brasileira de Normas Técnicas , 2004a, classifica os resíduos sólidos quanto a sua periculosidade em dois tipos:

- a) Resíduos Classe I - Perigosos: São aqueles que, por suas características, de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar:
- Risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças;
 - Riscos ao meio, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada ambiente;
- b) Resíduo Classe II A - Não-Perigosos Não-Inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Não-Perigosos Inertes. Os resíduos classe II A podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- c) Resíduos Classe II B - Não-Perigosos Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10007, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b), e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme a NBR 10006, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004c), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme listagem Nº 8 (Anexo H da NBR 10004), excetuando-se de aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Nesse aspecto, cabe ressaltar que o padrão de potabilidade das águas para consumo humano é regulamentado pela Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2004).

A Resolução do Conama Nº 05, de 05 de agosto de 1993, estabelece procedimentos relacionados à identificação, embalagem e disposição dos resíduos hospitalares e recomenda a incineração como a melhor tecnologia disponível para tratamento destes resíduos, embora não proíba a disposição em aterros sanitários.

A Tabela 1 apresenta um panorama da geração de resíduos em alguns países. Os resíduos variam de acordo com o tipo de indústria e requerem um tratamento

diferenciado. Por sua vez, a Tabela 2 apresenta um resumo sobre a geração de resíduos sólidos industriais de alguns estados brasileiros, a partir de dados constantes de seus respectivos inventários, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (2003). Somente no estado de São Paulo são gerados 26 milhões de toneladas de resíduos sólidos industriais, dispostos na maioria das vezes, de uma maneira não adequada.

A Resolução do Conama Nº 313, de 29 de outubro de 2002, exige que as empresas mantenham um inventário dos resíduos gerados nos processos produtivos. Mas, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (2003), muito pouco foi feito nesse sentido, restringindo-se a algumas iniciativas isoladas de estados do Centro-Sul, notadamente São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Como consequência, não existem estatísticas nacionais ou atualizadas sobre a geração dos resíduos industriais (fontes geradoras, tipologias e volumes), tampouco informações consistentes sobre seu gerenciamento e disposição final.

A realização sistemática de inventários de resíduos industriais pode fornecer informações importantes que ampliam o entendimento dos problemas relacionados com a sua geração; também auxiliam na identificação de ações prioritárias para o seu gerenciamento e de oportunidades para sua minimização ou não-geração e, ainda, para a adoção de tecnologias mais limpas de produção, com vistas à eficiência das operações e ao melhor desempenho ambiental das empresas.

Bilitewski *et al.* (1997) citam que o conceito de não-geração de resíduos, ou *waste avoidance*, abrange todos os aspectos de fabricação, visando não criar ou gerar o resíduo ou produzir o mínimo. Citam, ainda, a influência dos vários atores sobre o problema, a saber: os diretos - residenciais e setores de serviços, varejo, indústrias; os indiretos - agências reguladoras, governos locais, estaduais e federais a aquisição de uma matéria-prima, durante as fases intermediárias de produção, transporte, produto final, marketing e, por fim, a disposição, de modo que é necessário estudar cada produto em termos de balanço de massa total.

Tabela 1: Geração de resíduos sólidos industriais e municipais em diversos países (10³ t/ano).

Países	Resíduos Sólidos Industriais					RSM	Total
	Construção & Demolição	Energia & Gás	Manufatura	Mineração	Outros		
Áustria	6400	775	14284	-	201	4110	25770
Bélgica	7718	1135	13359	389	1256	5007	28864
Dinamarca	3427	1775	2736	-	845	2826	11609
Finlândia	8000	3000	15400	15000	300	2100	43800
França	24000	-	101000	75000	-	35600	235600
Alemanha	131645	25610	65119	67813	-	48715	338602
Grécia	3400	7000	2905	3900	-	3600	20805
Irlanda	1520	353	3781	2200	774	1848	10476
Itália	14311	1330	22208	-	42500	25780	106129
Holanda	13650	1410	19970	326	-	8716	44072
Portugal	3200	392	418	472	84	3500	8066
Espanha	115	-	13800	70000	380	14914	99209
Suécia	1500	600	13990	47000	-	3200	66290
Inglaterra	7000	1300	56000	82000	15000	2900	265000
Noruega	3578	-	3288	7600	-	2722	17188

RSM: Resíduos Sólidos Municipais.

RSI: Resíduos Sólidos industriais.

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (2003).

Tabela 2: Geração de resíduos sólidos industriais no Brasil.

Unidade da Federação	Geração de Resíduos (t/ano)			
	Classe I	Classe II	* Classe III	Total
SP	535.615	25.038.167	1.045.895	26.619.677
RJ	293.953	5.768.562		6.062.515
RS	205.326	1.404.732	25.632	1.635.690
PR	634.543	15.106.393		15.740.936
PE	12.622	1.325.791	4071	1.342.484
GO	4.405	1.486.969		1.491.374

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (2003).

* Obs.: Conforme a norma NBR 10004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004a), os resíduos Inertes tiveram sua designação alterada de Classe III para II B. Porém, a correlação direta não é possível, em função de mudanças nas metodologias analíticas e nos limites de permitidos para as classes, ocorridas na revisão da norma citada, em 2004.

Os autores incentivam o uso de instrumentos dos agentes indiretos - leis e proibições, políticas econômicas campanhas públicas - como ações para a minimização de resíduos perigosos.

Hunt e Schechter (1989) mostram a importância de se investir na minimização, redução e reutilização de resíduos, e declaram que o desenvolvimento e implementação de um programa de redução de resíduos são os elementos-chave em qualquer programa de gestão ambiental, fornecendo um esquema para esta finalidade.

Nemerow (1995) enfatiza a importância de se buscar o que ele denomina de "Poluição Zero", citando três métodos para atingir esse objetivo:

- a) Recuperação e reúso dentro da mesma planta;
- b) Recuperação para venda a terceiros;
- c) Ação do gerador e do reciclador de resíduo dentro de um mesmo complexo industrial, de modo integrado.

A cada momento, surgem novos produtos e equipamentos que só funcionam a base de energia, sendo que alguns têm energia própria, por meio de baterias; todavia, a própria bateria necessita de energia vinda de outras fontes, para seu recarregamento, sem contar ainda com um detalhe preocupante, que é o descarte indevido dessas baterias em locais inadequados, contaminando os lençóis freáticos; portanto, a "Poluição Zero" dificilmente poderá ser alcançada.

Hull *et al.* (1995) destacam a minimização de resíduos como a mais efetiva forma de uma empresa controlar a escalada de custos dos tratamentos e disposição de resíduos, e, concordando com Bilitewski (1997), afirmam que, embora a solução seja não-produzir resíduo, em primeiro instante, isto é uma consequência inevitável em muitos processos.

Um programa de minimização, em geral, requer um esforço contínuo e sistemático no sentido de reduzir ou eliminar a geração de resíduos. Para que esses objetivos sejam atingidos, várias técnicas e tecnologias de prevenção e minimização de resíduos podem ser aplicadas.

Nels (1991) resume as principais abordagens da prevenção da geração de resíduos em três itens:

- a) Desenvolver processos e materiais substitutos, no lugar daqueles que produzam impactos ambientais;
- b) Buscar fechar o ciclo tecnológico dentro da planta industrial, por meio do reúso e reciclagem apropriada dos materiais auxiliares e resíduos;
- c) Elaborar balanços dos materiais dos processos de produção, para fins de avaliação logística interna, relativa à produção de resíduos.

Higgins (1995) acrescenta a melhoria da ordem e limpeza no processo produtivo, como um fator preventivo para redução de resíduos, possibilitando a redução de re-trabalho, aumento da vida útil de equipamentos etc. Destaca, também, a substituição de materiais tóxicos, por outros menos tóxicos, visando, sobretudo, a redução de riscos de exposição dos trabalhadores e redução de custos de disposição.

Nota-se que as formas de classificação das tecnologias de redução de resíduos são amplas e pode haver interfaces entre elas.

Hunt e Newman (1997) declaram que as técnicas de redução de resíduos devem buscar uma combinação que gere o máximo efeito com mínimo custo. Portanto, a escolha de uma técnica específica deve basear-se em informações atuais e precisas sobre a geração do resíduo e de seus custos de gerenciamento. Enfatizam uma questão importante: a tecnologia sozinha não reduz resíduo; diferentemente dos sistemas tradicionais de gerenciamento por meio de tecnologias de controle “fim-de-tubo”, as estratégias de redução de resíduos, para que tenham sucesso, devem passar pelo envolvimento total dos trabalhadores. Geralmente, a educação corporativa tem maior influência no sucesso do programa do que a seleção de tecnologias apropriadas.

Hunt e Newman (1997) também ressaltam a importância de adotar programas e procedimento de manutenção. A área de manutenção de uma empresa é considerada crítica em qualquer sistema de gestão ambiental implantado; sua importância vai além de manter a continuidade do processo produtivo. Um programa de manutenção preventiva e corretiva pode reduzir os riscos de acidentes, de modo geral (ocupacional e ambiental), bem como reduzir a geração de resíduos causada por falhas em equipamentos.

Um bom programa de redução de resíduos pode ser comprometido por um simples vazamento ou falha de equipamento.

Segundo Hunt e Newman (1997), uma importante técnica na redução de resíduos é o controle apropriado das matérias-primas, produtos intermediários e finais, e resíduos sólidos, líquidos e emissões gasosas associadas ao fluxo de produção.

Em muitos casos, os resíduos são matérias-primas vencidas, fora de especificação ou contaminadas. Portanto, a implantação de um controle de inventário deve levar em consideração dois aspectos básicos: o controle do tipo e quantidade de materiais necessários (redução do tamanho do estoque e do uso de produtos perigosos, redução ao mínimo do número de produtos com a mesma finalidade, redução do volume de embalagens etc.) e o controle do manuseio desses materiais (prevenção de perdas e danos, de matérias-primas e de produtos, durante seu manuseio, produção e armazenamento).

Higgins (1995) recorda que os compradores de matérias-primas e outros insumos, freqüentemente, concentram-se no custo unitário do material novo e não consideram os custos de disposição do material não-usado ou do resíduo gerado no processo.

4.2 Hierarquia no Gerenciamento de Resíduos

Com a crescente necessidade de se implantar ações que resultem em economia de matérias-primas, insumos e energia, ou mesmo na substituição destas, de forma a minimizar impacto negativo no meio ambiente, a adoção de uma hierarquia na gestão de resíduos faz com que sejam priorizadas as tecnologias ambientais mais eficazes e que, na medida do possível, também agreguem valor ao processo industrial.

Para Novaes (2002), o tratamento dos resíduos deve ser efetuado, sempre que possível, dentro do próprio processo produtivo que os geraram.

Fishbein, Geiser e Gelb (1994) colocam a redução na fonte e o reúso de resíduos no topo de uma hierarquia das políticas para resíduos sólidos, vindo a seguir a reciclagem, a incineração e a disposição em aterros.

De modo geral, pode-se resumir a hierarquia das opções de gestão de resíduos conforme descrito na Quadro 1.

NÍVEL DE PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
1. Prevenção (Redução na Fonte)	A melhor estratégia de redução de resíduos é aquela que, em primeiro lugar, evita sua geração. A prevenção da geração de resíduos pode, em muitos casos, requerer mudanças no processo produtivo, mas, normalmente, resulta em ganhos econômicos e ambientais.
2. Reúso e reciclagem (Valoração)	Para resíduos cuja geração é inevitável, devem ser aplicadas as estratégias que minimizem sua disposição final por meio da reciclagem e reúso. Este processo visa, também, trazer de volta ao ciclo produtivo as matérias-primas, substâncias e/ou produtos, energia extraída dos resíduos. Esta reincorporação de valores materiais ou energéticos contribui para a redução de custos de destinação dos resíduos e para a geração de receitas.
3. Tratamento	Quando os resíduos não podem ser prevenidos ou valorizados, pode-se empregar estratégias de redução do seu volume e/ou da sua toxicidade. Neste tópico incluem-se métodos e técnicas como neutralização, compostagem, incineração, biorremediação etc.
4. Disposição	Os métodos de disposição de resíduos são a última estratégia a ser considerada nessa escala hierárquica. Embora a disposição final adequada seja essencial em um programa de gestão ambiental, não resolve o problema da geração.

Quadro 1: Hierarquia de gestão de resíduos.

Fonte: adaptado de Hagler Bayler Consulting Inc. (1995) e Valle (1995).

4.3 Minimização de Resíduos

O objetivo da minimização de resíduos é a prevenção da geração e de utilização de alternativas de destinação para quaisquer meios.

Segundo a *United States Environmental Protection Agency* (1988), o termo “minimização de resíduos” foi definido como: “toda ação tomada para reduzir a quantidade e/ou a toxicidade dos resíduos que requerem disposição final”.

Segundo Crittenden e Kolaczowski (1995) e Cheremisinoff (1995), a minimização de resíduos envolve qualquer técnica, processo ou atividade que evite, elimine ou reduza a quantidade de resíduos gerada na fonte, normalmente dentro dos limites do processo como sistema, ou permita a reutilização ou a reciclagem dos resíduos, diminuindo os custos de tratamento e protegendo o meio ambiente.

Crittenden e Kolaczowski (1995) salientam que a minimização de resíduos não se refere a ações tomadas após a sua geração, como diluição para redução da sua toxicidade e/ou transferência dos constituintes do resíduo de um meio para outro.

De acordo com Rocca *et al.* (1993), a minimização da geração de resíduos se constitui em uma estratégia importante no gerenciamento de resíduos, e se baseia na adoção de técnicas que possibilitem a redução do volume e/ou toxicidade dos resíduos e, conseqüentemente, de sua carga poluidora.

Segundo Wiemes (1999), a minimização da geração de resíduos depende de ações técnicas e gerenciais. A otimização dos processos, por meio de ações técnicas, está intimamente relacionada com os conceitos de tecnologias limpas, utilizadas para atingir os objetivos de minimização na fonte. A ação gerencial consiste em exercer controle adequado sobre as matérias-primas, produtos intermediários e finais, e sobre o fluxo do desperdício relacionado com a manufatura.

As práticas de minimização de resíduos têm se mostrado economicamente vantajosas, já que oferecem uma possibilidade de redução dos custos de destinação, e estão associadas à alteração das características quantitativas e qualitativas dos resíduos e obtenção de receita pela comercialização dos produtos obtidos na segregação ou tratamento dos resíduos.

Rocca *et al.* (1993) afirmam que as ações de minimização a serem investigadas durante o estudo do processamento industrial são de dois tipos:

- a) Atividades de caráter organizacional, tais como treinamento de pessoal e manutenção;
- b) Alterações de caráter técnico.

Segundo a *United States Environmental Protection Agency* (1988), as técnicas de minimização podem ser classificadas conforme a Figura 1.

4.3.1 Benefícios da minimização da geração de resíduos

Segundo Lerípio (2001), poluição industrial é uma forma de desperdício e ineficiência dos processos produtivos e resíduos industriais representam, na maioria dos casos, perdas de matérias-primas e insumos.

Araújo (2004) afirma que a minimização do uso de matéria-prima já possibilita reduzir a massa de resíduos gerados, em razão da maior eficiência do processo e das técnicas de produção empregadas.

Essa maior eficiência resulta, naturalmente, em menores desperdícios de materiais e, conseqüentemente, em menor geração de resíduos.

Sabe-se que a geração de resíduos, em qualquer indústria, ocorre ao longo de todo o processo de manufatura.

Afora os problemas ambientais produzidos, esses resíduos normalmente representam perdas materiais e de energia e investimentos significativos em equipamentos de controle de poluição.

Infelizmente, a maioria dos programas de gerenciamento de resíduos industriais ainda está mais voltada para a reciclagem externa e disposição final adequada, do que para a não-geração, reúso e a reciclagem interna.

As tecnologias ambientais empregadas para o controle de efluentes líquidos e emissões atmosféricas são bem conhecidas, difundidas e, freqüentemente, utilizadas nas indústrias.

Por outro lado, as tecnologias ambientais empregadas para o controle, redução ou não-geração de resíduos sólidos ainda são mais complexas, e difíceis de implantar, assim como necessitam de maiores estudos e esforços das organizações na busca de soluções mais sustentáveis em termos de custo de implantação.

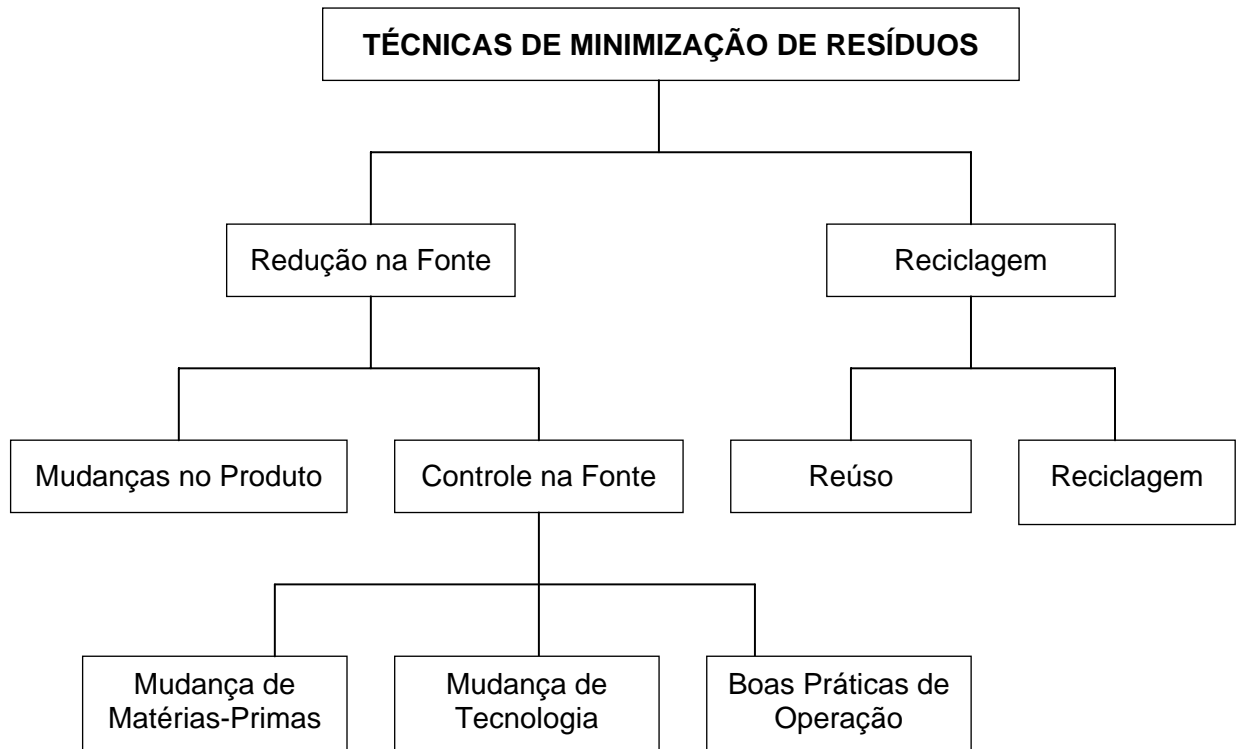


Figura 1: Técnicas de minimização de resíduos
 Fonte: United States Environmental Protection Agency (1988).

Theodore (1994) cita alguns benefícios da redução de resíduos, salientando que as vantagens de um desempenho ambiental adequado são diversificadas, economicamente sensíveis e mensuráveis.

Elas se traduzem em maior aceitação de produtos e serviços no mercado consumidor, eliminação de penalidades e multas, redução e diluição de custos de minimização de impactos e de recuperação de danos ambientais, e diminuição do consumo de matéria-prima e energia.

Wiemes (1999) cita também as oportunidades de redução de custos nos processos produtivos, a sobrevivência da empresa e, principalmente, a necessidade global de sustentabilidade.

Outras vantagens competitivas também se sobressaem, segundo o autor, tais como:

- a) Redução da possibilidade de ocorrência de acidente ambientais;
- b) Otimização do trabalho;

- c) Prevenção de questões de responsabilidade civil e criminal;
- d) Melhora do relacionamento da empresa com o órgão ambiental;
- e) Comprometimento com a responsabilidade social empresarial;
- f) Melhoria da imagem da empresa perante a opinião pública;
- g) Economia, como resultado da eliminação de armazenamento, tratamento, manipulação, transporte e destinação do resíduo;
- h) Redução dos riscos de exposição do trabalhador, reduzindo ou eliminando exposições químicas.

4.4 Implementação das Medidas de Produção Mais Limpa (P+L) e Prevenção a Poluição (P2)

Os termos Produção mais Limpa (P+L) e Prevenção à Poluição (P2) muitas vezes são erroneamente tidos como sinônimos.

O primeiro foi definido pelo UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA) durante o lançamento do Programa de Produção mais Limpa, em 1989. O segundo já é consagrado nos Estados Unidos e foi disseminado pela USEPA (Agência Ambiental Americana).

4.4.1 Produção Mais Limpa (P+L)

Segundo definição do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003), produção mais Limpa significa a “aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, por meio da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo”.

A Figura 2 ilustra o fluxograma de ações de produção mais limpa.

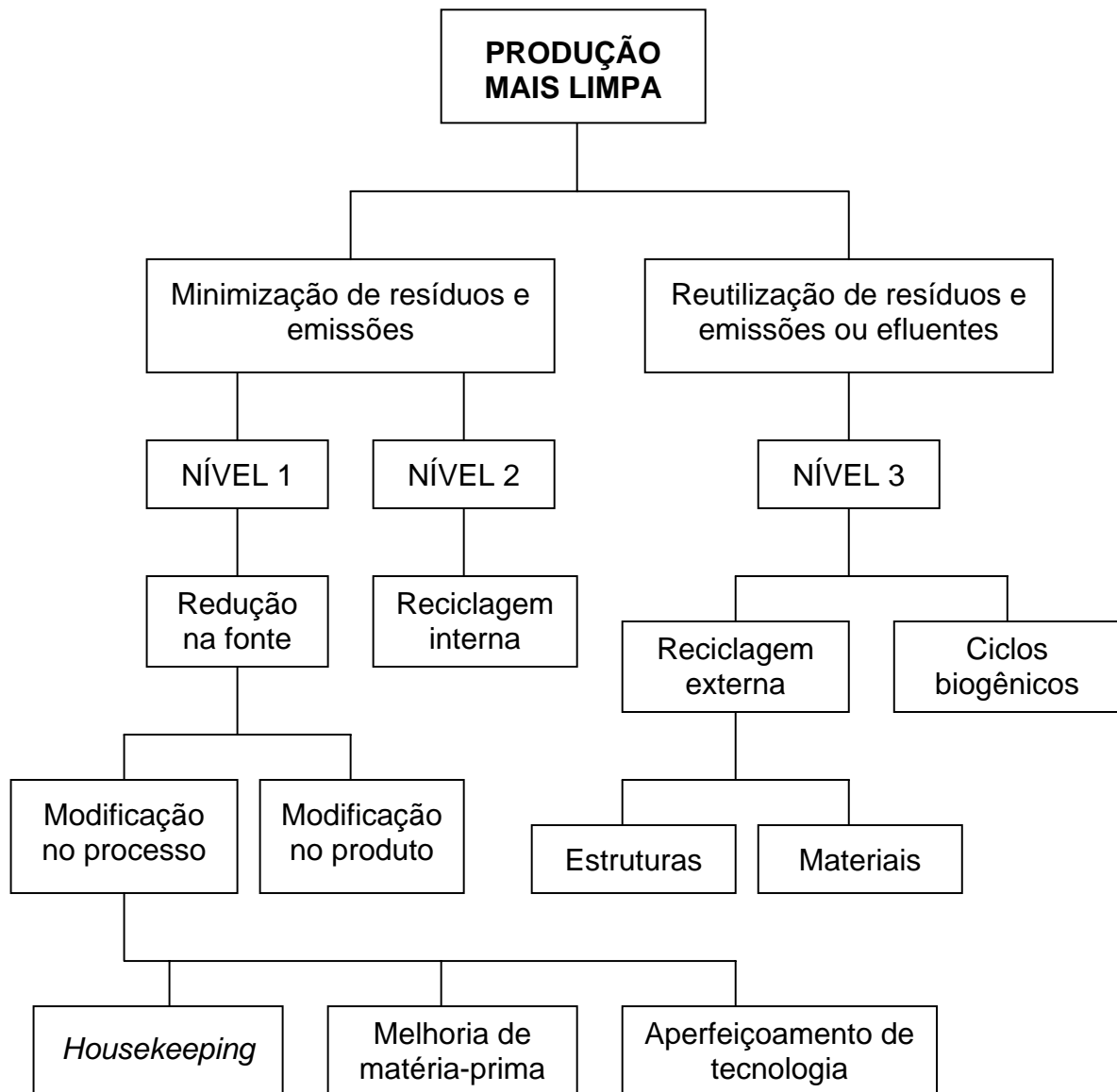


Figura 2: Fluxograma de Produção mais Limpa.
 Fonte: Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003).

A Produção mais Limpa é caracterizada por abordagem que privilegie ações do nível 1 como prioritárias, seguidas das do nível 2 e nível 3 (ver Figura 2), nesta ordem. Os resíduos que não podem ser evitados devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa (nível 2, da Figura 2). Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas (nível 3, da Figura 2).

Segundo Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003), a abordagem de produção mais limpa pode se dar de duas formas: pela minimização de resíduos (redução na fonte), efluentes e emissões ou pela reutilização de resíduos (reciclagem interna e externa), efluentes e emissões.

4.4.1.1 Redução na fonte

Abrange modificações no produto e no processo, conforme descrição a seguir.

a) Modificação no produto: A modificação no produto é uma abordagem complexa, geralmente de difícil implementação, pois envolve a aceitação, pelos consumidores, de um produto novo ou renovado. Geralmente, é adotada após terem sido esgotadas as opções mais simples. A modificação no produto pode incluir:

- Substituição completa do produto;
- Aumento da longevidade;
- Substituição de matérias-primas;
- Modificação da concepção do produto;
- Uso de matérias-primas recicláveis e recicladas;
- Substituição de componentes críticos;
- Redução do número de componentes;
- Viabilização do retorno de produtos;
- Substituição de itens do produto ou alteração de dimensões para um melhor aproveitamento da matéria-prima.

Segundo Rocca et al. (1993), o balanço das vantagens e desvantagens será o fator determinante para a seleção do substituto.

Geralmente, a substituição de produtos é efetivada nos casos em que é possível reduzir custos e melhorar a qualidade do produto e, conseqüentemente, aumentar os lucros e, nos casos em que devam ser atendidas exigências ambientais imposta pela legislação;

b) Modificação no processo: As medidas de minimização mais encontradas em Programas de Produção mais limpa são aquelas que envolvem estratégias de modificação no processo. Por processo entende-se todo o sistema de produção dentro da empresa. As medidas deste tipo podem ser:

- Boas práticas operacionais (*good housekeeping*);
- Utilização cuidadosa de matérias-primas e materiais auxiliares;
- Operação adequada de equipamentos e melhor organização interna;
- Substituição de matérias-primas e materiais auxiliares;
- Modificações tecnológicas.

c) Boas práticas operacionais: As boas práticas operacionais, também denominadas de melhor cuidado operacional ou de manutenção da casa (*good housekeeping*), implicam a adoção de medidas de procedimento, técnicas administrativas ou institucionais que uma empresa pode implantar para minimizar os resíduos, efluentes e emissões. Boas práticas operacionais são freqüentemente implementadas com baixo custo.

As boas práticas operacionais incluem:

- Mudança na dosagem e na concentração de produtos;
- Maximização da utilização da capacidade do processo produtivo;
- Reorganização dos intervalos de limpeza e de manutenção;
- Eliminação de perdas devido à evaporação e a vazamentos;
- Melhoria de logística de compra, estocagem e distribuição de matérias-primas, materiais auxiliares e produtos;
- Elaboração de manuais de boas práticas operacionais;
- Treinamento e capacitação das pessoas envolvidas no programa de Produção mais Limpa.

Segundo Rocca et al. (1993), outras práticas incluem a programação de operações por batelada, de modo a limitar a freqüência de limpeza dos equipamentos e, conseqüentemente,

de geração de resíduos; a segregação de resíduos perigosos dos não-perigosos, de modo a minimizar o volume de resíduos contaminados.

Das práticas citadas, destaca-se a segregação de resíduos, a qual é baseada na simples acumulação segregada no ponto de geração ou na separação dos resíduos de acordo com suas características físicas e ou periculosidade visando sua destinação final. A adoção da segregação é especialmente importante, pois facilita a recuperação ou reprocessamento dos resíduos gerados. Além disso, esta técnica se constitui em uma prática de implantação imediata;

- d) Substituição de matérias-primas e materiais auxiliares: A mudança de matérias-primas e insumos tem como grande foco, a eliminação ou substituição de substâncias perigosas do processo ou de algumas aplicações por outras menos tóxicas ao trabalhador e/ou ao meio ambiente, sem prejuízo da qualidade final do produto.

A substituição de matérias-primas inclui:

- Matérias-primas e materiais auxiliares toxicologicamente importantes, que podem afetar a saúde e a segurança do trabalhador e obrigam à utilização de equipamentos específicos de proteção (EPIs);
- Matérias-primas e materiais auxiliares que geram resíduos, efluentes e emissões perigosos ou não-inertes, que necessitam de controle para evitar impactos negativos ao meio ambiente. Pode incluir:
 - ✓ Substituição de solventes orgânicos por agentes aquosos;
 - ✓ Substituição de produtos petroquímicos por bioquímicos;
 - ✓ Escolha de matérias-primas com menor teor de impurezas;
 - ✓ Escolha de matérias-primas com menor possibilidade de gerar subprodutos indesejáveis;
 - ✓ Uso de substâncias livres de metais pesados;

- ✓ Substituição de fornecedores;
- ✓ Uso de resíduos como matérias-primas de outros processos;
- ✓ Modificação de embalagens de matérias primas;
- ✓ Uso de matérias-primas biodegradáveis;

Redução do número de componentes produzidos, para reduzir a complexidade dos processos;

e) Modificação tecnológica: As mudanças tecnológicas são orientadas para as modificações de processo e de equipamento, para reduzir resíduos, efluentes e emissões no sistema de produção.

As mudanças tecnológicas podem variar desde mudanças simples, que podem ser implementadas em curto período, até mudanças complexas e onerosas, como a substituição completa de um processo. Estas opções, conforme o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003), podem incluir:

- Substituições de processos termo-químicos por processos mecânicos;
- Uso de fluxos em contracorrente;
- Tecnologias que melhorem a segregação de resíduos e de efluentes;
- Modificação nos parâmetros de processo;
- Reúso de calor residual;
- Substituição completa da tecnologia.

Em que pese as possibilidades técnicas de mudanças no processo produtivo e no produto, deve-se destacar alguns aspectos jurídicos inerentes ao setor farmacêutico. A Resolução Anvisa Nº 9, de 21 de outubro de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1999), estabelece que sempre que houver alteração no processo de fabricação das bolsas plásticas, nas especificações dos materiais empregados ou no produto, que possa afetar a sua qualidade e estabilidade, esta

mudança só poderá ser implantada após autorização da ANVISA, do Ministério da Saúde, mediante a apresentação de novos laudos técnicos emitidos pelo Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde - INCQS, do Ministério da Saúde.

Barros (2005) cita que a qualidade da manufatura farmacêutica é diferentes da maioria dos outros tipos de manufatura, nos quais considerações econômicas podem, em certas ocasiões, provocar modificações nos objetivos de qualidade. Modificações nos objetivos de qualidade, por razões econômicas, não são normalmente aceitáveis na manufatura farmacêutica. Este é um fato importante que pode explicar o quanto os processos farmacêuticos são regulamentados e mudanças nas rotinas Boas Práticas de Fabricação são, se não impossíveis, difíceis de serem obtidas para uma melhor eficácia da operação como um todo.

4.4.1.2 Reciclagem interna

A reciclagem interna ocorre no nível 2 das opções de Produção mais Limpa (ver Figura 2) e refere-se a todos os processos de recuperação de matérias-primas, materiais auxiliares e insumos, executados dentro da planta industrial. Segundo o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003), podem ser citados como exemplos:

- a) Utilização de matérias-primas ou produtos, novamente, para o mesmo propósito;
- b) Recuperação de solventes usados;
- c) Utilização adicional de um material para um propósito inferior ao seu uso original, tal como o aproveitamento de resíduos de papel para enchimentos.

4.4.1.3 Reciclagem externa e ciclos biogênicos

As medidas relacionadas aos níveis 1 e 2 devem ser adotadas preferencialmente quando da implementação de um Programa de Produção mais Limpa (Figura 2). Somente quando tecnicamente estas forem descartadas, deve-se optar por medidas de reciclagem de resíduos, efluentes e emissões fora da empresa (nível 3, da Figura 2). Isto pode acontecer na forma de reciclagem externa ou de reintegração ao ciclo biogênico (por exemplo: compostagem).

No Brasil, até o momento, a obrigatoriedade de reciclagem existe apenas para os resíduos de óleos lubrificantes e pneus.

A Resolução do Conama Nº 9, de 31 de agosto de 1993, torna obrigatório o recolhimento e destinação adequada de todo o óleo lubrificante usado ou contaminado.

A Resolução do Conama Nº 258, de 26 de agosto de 1999, determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação adequada aos pneus inservíveis.

Em termos práticos, a reciclagem por recuperação de um resíduo depende dos seguintes fatores, segundo Rocca *et al.* (1993):

- a) Proximidade da instalação de reprocessamento;
- b) Custos de estocagem do resíduo, no ponto de geração ou fora do local de origem;
- c) Custo de transporte;
- d) Volume de resíduos disponíveis para o reprocessamento.

A fim de tornar os reciclados economicamente competitivos, em comparação com os materiais que eles substituem, os resíduos, freqüentemente, devem ser tratados, antes de sua reinserção no mercado. Os processos de tratamento incluem separação química, física e eletroquímica, dentre os quais se destacam, conforme Rocca *et al.* (1993):

- a) Destilação de resíduos de solventes;
- b) Técnicas de concentração de metais, tais como extração com solventes, troca iônica, precipitação, cristalização e evaporação.

A seleção da técnica de redução de resíduos a ser empregada depende do tipo de resíduo gerado e da característica da fonte geradora. Em alguns, casos, várias técnicas em conjunto são necessárias, para que o propósito do máximo efeito seja alcançado, com custo mais baixo. A adoção de determinada tecnologia deve ser combinada com treinamento e motivação dos funcionários, uma vez que a cooperação e o envolvimento dos colaboradores influencia tanto no sucesso do programa como a própria tecnologia em si.

4.4.2 Prevenção à Poluição (P2)

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2002), a “Prevenção à Poluição (P2) refere-se a qualquer prática, processo, técnica e tecnologia que visem à redução ou eliminação em volume, concentração e toxicidade dos poluentes na fonte geradora.” Inclui também modificações nos equipamentos, processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos, substituição de matérias-primas, eliminação de substâncias tóxicas, melhorias nos gerenciamentos administrativos e técnicos da empresa e otimização do uso das matérias-primas, energia, água e outros recursos naturais.

Prevenção à Poluição inclui: reciclagem, recuperação de energia, tratamento ou disposição.

Na aplicação das medidas de P2, muitas técnicas podem ser utilizadas conforme Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2002), com destaque para as descritas a seguir.

4.4.2.1 Redução na Fonte

Redução na Fonte é qualquer prática que reduza a quantidade de substâncias perigosas, poluentes ou contaminantes lançadas no meio ambiente (incluindo as emissões fugitivas), seja pela não-geração, seja pelo reúso / reciclagem dentro do processo gerador (ou seja, antes de qualquer tipo de reciclagem, tratamento ou disposição externa ao processo gerador), conseqüentemente reduzindo os perigos para a saúde pública e para o meio ambiente associado com a emissão de tais substâncias.

4.4.2.2 Alteração no arranjo físico

Trata-se de alteração no esquema de disposição física dos equipamentos utilizados em um processo produtivo, com vistas a economizar recursos, minimizar a possibilidade de acidentes, e / ou eliminar pontos de geração de poluentes principalmente pelas falhas na segregação de resíduos.

4.4.2.3 Controle de estoque

Consiste na definição de medidas orientativas para a aquisição e a estocagem de produtos diversos, e em especial os perigosos. Abrangem:

- a) Registro de compra;
- b) Controle de qualidade na recepção de materiais adquiridos;
- c) Identificação, segregação e armazenamento adequado dos produtos perigosos (ácidos, compostos de cianeto etc), garantindo a sua compatibilidade;
- d) Controle do uso (consumo) e validade dos produtos;
- e) Manutenção das condições de segurança durante a estocagem e manipulação;
- f) Gestão de perdas (evaporação, vazamentos, acidentes etc) e suas causas;
- g) Planejamento de ações emergenciais no caso de acidentes, vazamentos, contaminação etc., sobretudo no caso de materiais / substâncias perigosas;
- h) Manutenção das condições adequadas nas unidades ou instalações de armazenamento.

4.4.2.4 Manutenção preventiva

Consiste no estabelecimento de um programa de manutenção periódica, nas áreas produtivas e de armazenamento, com o intuito de se antecipar aos problemas, de modo a evitar incidentes que venham a ocasionar, por exemplo: interrupção na produção, perda de material, geração de produtos não-conformes, contaminação devido a vazamento etc.

4.4.2.5 Melhoria nas práticas operacionais

Consiste na padronização de parâmetros operacionais (temperatura, vazão, volume, tempo etc.) e de procedimentos para execução de cada tarefa, aliada a uma sistemática que garanta a efetividade na execução das operações industriais.

Os parâmetros e procedimentos estipulados, independentemente das ações de treinamento efetuadas, devem estar disponível e de fácil acesso dos usuários (colaboradores, terceirizados etc.).

4.4.2.6 Substituição de matéria-prima

Esta técnica visa substituir uma substância com determinado grau de toxicidade, utilizada como matéria-prima em um processo industrial, por outra menos tóxica e que produza os mesmos efeitos no produto final, sem prejuízo dos requisitos de sua qualidade global.

4.4.2.7 Substituição ou alteração de equipamentos

Consiste em substituir um equipamento por outro menos poluidor, mais eficiente, mais econômico, ou ainda, realizar alguma alteração nesse equipamento, visando reduzir ou eliminar a geração de resíduos.

4.5.2.8 Mudança de processo / tecnologia

É a substituição de um processo / tecnologia por outro menos poluidor, ou seja, adoção de tecnologia mais limpa.

Tais mudanças podem ser totais ou parciais.

4.4.2.9 Reformulação ou replanejamento de produtos

Refere-se à reformulação das características do produto final, visando à obtenção de um produto menos tóxico ou menos danoso ao meio ambiente durante o seu uso, descarte ou disposição final.

Nesse sentido, fazendo-se um contraponto à linha de montagem, no que concerne particularmente a certos tipos de resíduos tecnológicos (eletro-eletrônicos, eletrodomésticos, aparelhos celulares, automóveis etc.), há a necessidade de aperfeiçoamento do projeto quando da “linha de desmontagem”, ou seja, quando da desmontagem de suas partes, visando maior reciclabilidade.

4.4.3 Reúso / Reciclagem interna

O reúso e a reciclagem interna visa retornar o resíduo ao processo gerador do qual se originou ou a outro ainda dentro da planta industrial onde foi gerado.

4.4.3.1 Reúso

É qualquer prática ou técnica que permita a reutilização de um resíduo, sem que haja a necessidade de que este seja submetido a um tratamento prévio (exceto por questões estéticas ou sanitárias), tanto no processo original como para um outro processo no qual o resíduo entre como substituto de alguma matéria-prima.

4.4.3.2 Reciclagem

Qualquer técnica ou tecnologia que permita a reutilização de um resíduo, como matéria-prima, ou insumo em um processo industrial, após o mesmo ter sido submetido a um tratamento prévio. A reciclagem pode ser classificada como:

- a) Reciclagem dentro do processo: permite o reaproveitamento do resíduo como insumo no processo que causou a sua geração;
- b) Reciclagem fora do processo permite o reaproveitamento do resíduo como insumo em um processo diferente daquele que causou a sua geração.

4.4.4 Segregação de resíduos

Esta técnica visa à separação dos diferentes fluxos de resíduos gerados no processo produtivo, de modo a evitar que resíduos tóxicos contaminem aqueles não-tóxicos, reduzindo o volume de resíduos mais perigosos e, conseqüentemente, reduzindo os custos associados ao seu manuseio, tratamento e disposição.

4.4.5 Treinamento

Consiste no estabelecimento de um programa de capacitação profissional continuada que inclua cursos técnicos e de desenvolvimento pessoal para os

colaboradores, objetivando melhorias no desempenho de suas tarefas, com consciência ambiental, responsabilidade e segurança.

Pode ser necessário, e normalmente é, estender o treinamento aos terceirizados e mesmo ao público externo que tem acesso à indústria.

4.5 Ferramentas Gerenciais de Apoio à Gestão de Processos

Este item contém a descrição de um conjunto de ferramentas e práticas gerenciais que auxiliam na redução de resíduos durante o processo produtivo.

Paffetti (2004) cita ferramentas e práticas gerenciais que podem auxiliar na redução de resíduos durante o processo produtivo. As técnicas como *Kaizen* e *Just in Time* são métodos de trabalho que garantem a competitividade das empresas, com redução, principalmente, do desperdício direto e indireto de matéria-prima, mão-de-obra e tempo.

4.5.1 Just in Time

Segundo Corrêa (1993), *Just in time* é uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, que inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

Wiemes (1999) destaca o *Just in Time* como uma técnica de ação gerencial que auxilia na minimização da geração de resíduos.

O *Just in time* surgiu no Japão, nos meados da década de 1970, sendo sua idéia básica e seu desenvolvimento creditados à Toyota Motor Company, por isso o método é também conhecido como “Sistema Toyota de Produção”, a qual buscava um sistema de administração que pudesse coordenar a produção com a demanda específica de diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo de atraso.

O sistema de “puxar” a produção a partir da demanda, produzindo em cada estágio somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no Ocidente como sistema *Kanban*. Este nome é dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens, ao longo do processo produtivo.

O objetivo fundamental é a melhoria contínua do processo produtivo, por meio de redução de estoques, sinônimo de recurso financeiro desnecessariamente imobilizado. Os estoques têm sido utilizados para evitar descontinuidade do processo produtivo, diante de problemas de produção que podem ser classificados principalmente em três grandes grupos, conforme Corrêa (1993):

- a) Problemas de qualidade: quando alguns estágios do processo de produção apresentam problemas de qualidade, gerando refugo de forma incerta, o estoque permite que os trabalhadores dos estágios finais da produção possam trabalhar continuamente, sem sofrer com as interrupções ocorridas em estágios anteriores;
- b) Problemas de quebra de maquinários: quando uma máquina pára por problemas de manutenção, os estágios posteriores do processo podem ser alimentados com o estoque. Nessa situação, o estoque também gera independência entre os estágios do processo produtivo;
- c) Problemas de preparação de máquina: quando uma máquina produz mais de um componente ou item, é necessário prepará-la a cada mudança de componente a ser processado. Esta preparação representa custo, referente ao período inoperante do equipamento, não somente pela mão-de-obra requerida, mas também pela perda de material no início da operação, entre outros, e, mais uma vez, pela falta de produto intermediário para os estágios finais de produção. Também nesse caso, o estoque permite continuidade no processo produtivo.

Lubben (1989) cita o *Kaizen* como uma ferramenta que integra o *Just in Time* para obtenção de vantagem competitiva, visando obter um produto melhor ou fornecer um serviço melhor que os competidores.

4.5.2 Kaizen

Segundo Ramos *et al.* (2002), *Kaizen* ou melhoria contínua tem como objetivo eliminar o desperdício, melhorar a produtividade e conseguir melhoria contínua sustentada em atividades e processos de uma organização. Esta filosofia implica em pequenas mudanças incrementais, mas que, acumuladas no decorrer do tempo, resultam em melhorias significativas.

Segundo United States Environmental Protection Agency (2005), no processo de melhoria contínua, o *Kaizen* cria um foco sustentado ao eliminar todas as formas de desperdício de um processo. A cultura de melhoria contínua é tipicamente muito similar àquela buscada pelo sistema de gerência ambiental, ISO 14001 e programas da prevenção à poluição. Uma vantagem do *Kaizen* é que ele envolve os trabalhadores em múltiplas funções e os incentiva fortemente a participar nas atividades de redução de desperdícios.

Pode ser uma poderosa ferramenta para descobrir os desperdícios escondidos nas atividades e eliminá-las.

Focaliza-se nas atividades de eliminação de desperdícios que otimizem processos e que possam ser realizadas rapidamente, sem investimento significativo. Isto cria uma probabilidade mais elevada de resultados sustentados.

4.5.3 Seis Sigma

Segundo Ramos *et al.* (2002), Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço. O objetivo dos Seis Sigma é conseguir a excelência na competitividade, pela melhoria contínua dos processos.

O Seis Sigma é uma metodologia que utiliza ferramentas e métodos estatísticos, para definir os problemas e situações a melhorar, medir para obter os dados e as informações, analisar a informação coletada, incorporar e empreender melhorias nos processos e, finalmente, controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de atingir níveis ótimos, em um ciclo de melhoria contínua.

O termo sigma é uma medida estatística que define a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas. Quando o processo tem Seis Sigma diz-se que sua qualidade é elevada, que a probabilidade de defeitos é extremamente baixa: 3,4 falhas por milhão de ocorrências ou 99,99966 % de perfeição.

Para definir um projeto Seis Sigma, primeiramente define-se um processo de negócio. Ao longo do projeto, as análises buscam identificar as variáveis independentes que mais contribuem para explicar uma mudança na variável dependente que condiciona o desempenho do processo de negócio. Segundo Calia (2007), o projeto Seis Sigma é constituído por cinco fases, agrupadas no acrônimo DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*):

- a) Definição: O projeto inicia-se com uma declaração do problema a ser solucionado;
- b) Mensuração: Nesta fase, as variáveis dependentes do projeto são medidas, em uma série temporal, na qual se identifica o valor da média e se quantifica a variabilidade atual do processo;
- c) Análise: Consta da identificação das possíveis variáveis independentes, as quais são priorizadas e quantificadas em relação ao seu poder explicativo sobre o comportamento da variável dependente;
- d) Melhoria: Uma vez comprovadas as variáveis independentes relevantes, identificadas na fase de análise, a fase de melhoria testa ou simula mudanças nas variáveis independentes selecionadas. Com isso, cria-se um protótipo da solução;
- e) Controle: Finalmente, na fase de controle criam-se novos procedimentos de trabalho e novas atribuições de papéis e responsabilidades, para se garantir que as melhorias atingidas pelo projeto sejam mantidas continuamente.

A meta de minimizar as falhas de processo aos níveis propostos pode levar, por exemplo, à redução de refugos de peças, eliminando um custo considerável de disposição desses materiais, além de, logicamente, influenciar os custos de produção.

A ferramenta Seis Sigma foi utilizada para a redução de perdas em um processo de manufatura citado por Scatolin (2005), na fabricação de respiradores descartáveis que gerava uma enorme quantidade de perdas de fibras utilizadas como matéria-prima. Pela adição de uma fase de desfibramento da fibra prensada que era descartada ao final do processo, recuperou-se toda esta fibra, deixando-a com características semelhantes à fibra virgem. Portanto, as perdas foram 100 % eliminadas. A aplicação de ferramentas estatísticas demonstrou qual o ponto otimizado da mistura de fibras virgens e fibras recuperadas, para que as propriedades finais do produto não sofressem alterações significativas sob o ponto de vista do usuário final.

Outro fator positivo para a área de respiradores, na implantação citada por Scatolin (2005), foi o fato de reduzir a utilização de um material fabricado a partir de recurso natural não-renovável, derivado do petróleo. Uma vez reduzida a utilização de material virgem, obteve-se uma vantagem competitiva, otimizando o custo do produto final.

A ferramenta Seis Sigma foi também utilizada para a redução de refugos, citado por Torminato (2004), no estudo de caso de uma empresa de autopeças, produtora de volantes que variavam de altura.

Segundo Torminato (2004), quando a altura do cubo variava, a cavidade do molde de injeção danificava o fechamento do molde e os volantes eram perdidos, gerando refugos. Para reduzir as perdas, aplicou-se o método dos Seis Sigma, sendo utilizadas ferramentas estatísticas como o Controle Estatístico de Processo e Cartas de Controle.

4.5.4 Manutenção Produtiva Total

A manutenção produtiva total, também conhecida pela sigla TPM (*Total Productive Maintenance*) procura unir todos os níveis e funções de uma organização, para maximizar a eficácia total dos equipamentos de produção.

Segundo Shirose (1992), o TPM tem sua origem no conceito de manutenção preventiva norte-americano, que surgiu no início da década de 1950 e que evoluiu para o sistema de manutenção da produção.

Antes, as empresas praticavam a manutenção corretiva, que significava consertar o equipamento somente quando este quebrava.

Na década de 1970, os japoneses desenvolveram um novo conceito de manutenção preventiva, que deixava de ser uma tarefa exclusiva das equipes de manutenção, para envolver também as equipes de operação, surgindo então o TPM.

Esta técnica ajusta processos existentes e equipamentos, reduzindo erros e acidentes. Visto que o departamento de manutenção é o centro tradicional dos programas de manutenção preventiva, o TPM procura envolver trabalhadores em todos os níveis e departamentos, para assegurar a operação eficaz do equipamento.

A manutenção autônoma é um aspecto chave. O objetivo é impedir avaria no equipamento ou falhas, para eliminar defeitos de produto ou para executar mais facilmente a manutenção, bem como para projetar e instalar equipamentos que quase não necessitem de manutenção.

Uma redução nos defeitos pode, por sua vez, ajudar a eliminar o desperdício dos processos, em três maneiras fundamentais, segundo a *United States Environmental Protection Agency* (2005):

- a) Poucos defeitos diminuem o número de produtos que devem ser refeitos;
- b) Poucos defeitos diminuem a quantidade de energia, de material, e de desperdícios que são usados ou gerados para reparar os produtos defeituosos;
- c) Poucos defeitos significam, também, que os custos associados ao desperdício de materiais e de energia, e produtos são menores.

Aumentar a longevidade do equipamento, por sua vez, reduz os impactos ambientais negativos associados ao consumo de materiais. Diminuir o número e a severidade de vazamentos em equipamentos reduz desperdícios contínuos e perigosos, tais como, por exemplo, os panos e estopa contaminados, bem como o produto vazado.

Segundo Shirose (1992), o TPM é baseado em 5 pilares, os quais visam atingir os seguintes objetivos:

- a) Melhoria do Processo: Eliminação de perdas, visando a maximização da capacidade instalada;
- b) Manutenção Autônoma: Capacitar os operadores para realizar inspeções sistemáticas, identificando inconveniências, resgatando e mantendo as condições básicas do equipamento, por meio de pequenos reparos;
- c) Manutenção Planejada: Dispor de um sistema de manutenção que permita antecipar-se às quebras e defeitos dos equipamentos;
- d) Treinamento: maximizar o potencial de cada colaborador, elevando seus conhecimentos técnicos;
- e) Gerenciamento Antecipado: Sistematizar o fluxo de informações entre a manutenção, operação e engenharia, buscando incorporar, em novos projetos, as melhorias introduzidas nos equipamentos existentes.

Mendonça (2002) cita a utilização do *Total Productive Maintenance*, na prevenção à poluição, na empresa COPENE - Petroquímica do Nordeste S. A., empresa privada de capital nacional. A política ambiental da COPENE é baseada nos programas *Total Productive Maintenance*, desenvolvendo diversas ações de prevenção e controle da poluição, no sentido de reduzir os impactos ambientais negativos e os custos a eles associados. Para aplicar os conceitos de Prevenção à Poluição, nas suas rotinas e práticas operacionais, foi feita uma análise das práticas ambientais da COPENE e de sua relação com os procedimentos do *Total Productive Maintenance* e escolheu-se a ferramenta do Pilar da Manutenção Autônoma para inserir e sistematizar a abordagem dos aspectos ambientais. Nesta abordagem, o operador assume a responsabilidade pelo equipamento com o qual trabalha, realizando pequenas manutenções e inspeções.

A estratégia adotada pela COPENE, para aplicar os conceitos de Prevenção à Poluição e Manutenção Autônoma, nas rotinas e práticas operacionais, foi utilizar a estrutura do *Total Productive Maintenance*. A adoção desta estratégia contribuiu para conscientizar os empregados quanto aos aspectos ambientais de suas rotinas de

trabalho, tais como: geração de efluentes líquidos, resíduos sólidos, emissões atmosféricas ou desperdícios de recursos naturais, problemas que no passado eram vistos como algo inerente ao processo produtivo.

Segundo Mendonça (2002), dentre as ferramentas usadas para promover o *Total Productive Maintenance* destaca-se o 5S, conhecido também como *Housekeeping*.

4.5.5 5S - *Housekeeping*

Segundo Andrade (2002), os 5S é também conhecido como *Housekeeping* e fundamenta-se na melhoria da qualidade dos ambientes e em mudanças comportamentais das pessoas, possibilitando um ambiente propício à obtenção da qualidade, uma vez que o ambiente é um fator preponderante no processo, na satisfação das pessoas que realizam o processo e, conseqüentemente, no produto. Um dos objetivos dos 5S é a redução de custos, por meio da eliminação de desperdício de material e de retrabalhos. 5S origina-se de:

- a) *Seiri* (Organização), é o “senso de utilização”; tudo o que não for necessário para a atividade de produção no futuro próximo deve ser removido do local de trabalho;
- b) *Seiton* (Ordem), é o “senso de tudo no seu lugar”; cada coisa deve ter o seu lugar para que, sendo necessária, seja encontrada facilmente;
- c) *Seiso* (Limpeza), é o “senso de que a limpeza é fundamental para a melhoria”; a limpeza do local de trabalho transmite que se procura trabalhar com qualidade;
- d) *Seiketsu* (Asseio) é o “senso de conservação”, pois a definição de padrões é fundamental para a manutenção dos progressos alcançados;
- e) *Shitsuke* (Disciplina), é o “senso de responsabilidade”, já que o treinamento com os padrões definidos é fundamental para o cumprimento dos compromissos assumidos. A disciplina é

trabalhada consistentemente por meio de regras e normas de organização, ordem e limpeza, formando um conjunto de procedimentos que se iniciam com a seleção e descarte do material que está ocioso dentro da empresa, passando para o material aproveitável, organizando-o de maneira padronizada e nos moldes da empresa.

Segundo Paffetti (2004), alguns objetivos desse programa abrangem:

- a) Melhoria do ambiente de trabalho;
- b) Prevenção de acidentes;
- c) Incentivo à criatividade;
- d) Redução de custos;
- e) Eliminação de desperdício;
- f) Desenvolvimento do trabalho em equipe;
- g) Melhoria das relações humanas;
- h) Melhoria da qualidade de produtos e de serviços.

Araújo (2004), afirma que as práticas de *Housekeeping* (mudanças nos procedimentos operacionais e administrativos) são responsáveis por 21% da eliminação de desperdícios e geração de emissão de acordo com o Instituto Euvaldo Lodi responsável pela implantação do Programa de P+L no Estado de Santa Catarina para micro e pequenas empresas.

4.5.6 Análise do Ciclo de Vida - ACV

Segundo Chehebe (1998), a Análise do Ciclo de Vida é uma ferramenta técnica, de caráter gerencial, para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos negativos potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a retirada das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo (berço), até à disposição do produto final pós-uso (túmulo).

Bilitewski (1997) incentiva a aplicação da Análise de Ciclo de Vida como ferramenta para o estudo da redução de resíduos.

A Figura 3 ilustra o ciclo de vida de um produto genérico, no qual são identificadas as etapas de extração de recursos da natureza para a posterior fabricação de materiais, manufatura dos componentes, a utilização do produto e o descarte ao final da vida útil.

Ugaya (2001) afirma que para aplicar a Análise de Ciclo de Vida a um produto é necessário uma grande quantidade de dados, muitos cálculos, conhecimento de muitos processos industriais e uma análise detalhada dos resultados obtidos. Para tanto, não cabe dúvida que programas computacionais e bancos de dados são de extrema importância.

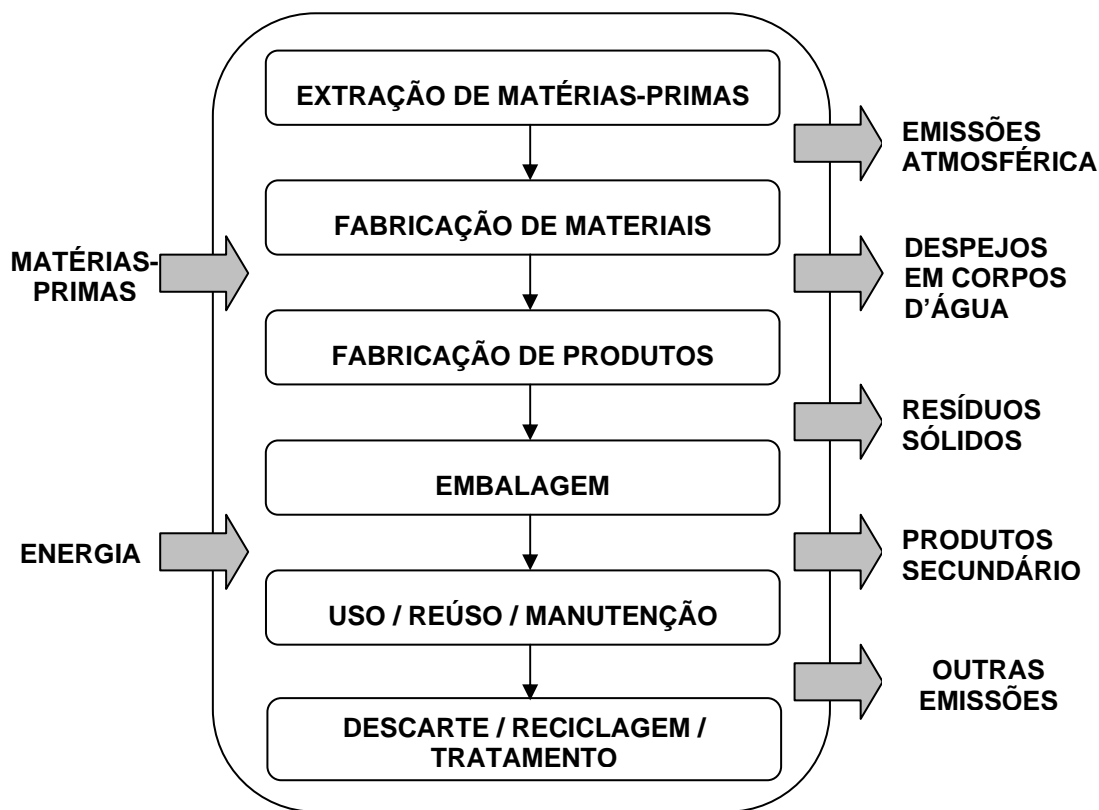


Figura 3: Representação esquemática do ciclo de vida de um produto.
Fonte: Lecouls (1999).

Segundo Ugaya (2001), a Análise de Ciclo de Vida permite que as empresas conheçam os impactos ambientais negativos causados por seus produtos, processos ou atividades, gerando informações para:

- a) Influenciar na regulação relacionada com o meio ambiente;

- b) Identificar e solucionar problemas para a melhoria do produto, processo ou atividade, bem como gerar informações ao consumidor;
- c) Desenvolver o planejamento estratégico do projeto ou produto e do processo;
- d) Identificar oportunidades de melhorias ambientais, visando à redução de impactos negativos;
- e) Dar suporte para auditoria ambiental;
- f) Promover a minimização de resíduos;
- g) Desenvolver o marketing ecológico;
- h) Viabilizar os chamados selos ecológicos e a certificação de produtos;
- i) Auxiliar a definição de políticas e procedimentos relativos ao processo de especificação e compra do produto.

Segundo Lecouls (1999), a Análise de Ciclo de Vida deve ser executada em quatro etapas, mostrada na Figura 4 e detalhadas a seguir.

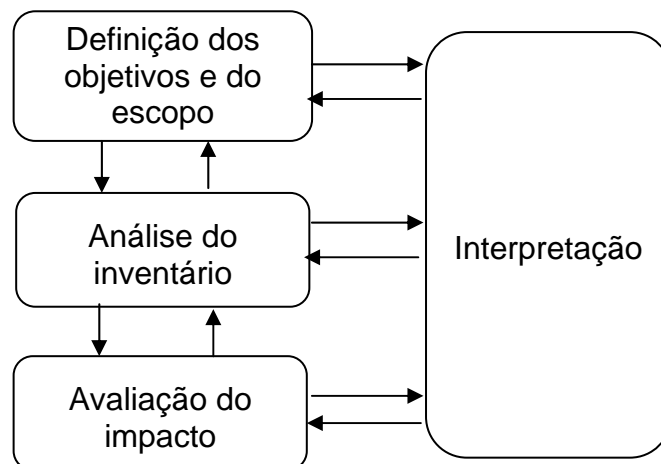


Figura 4: Etapas da análise de ciclo de vida.
Fonte: Lecouls (1999).

4.5.6.1 Definição dos objetivos e do escopo

A definição dos objetivos consiste no estabelecimento da proposta de estudo. Embora seja a primeira etapa da Análise de Ciclo de Vida, esta pode ser alterada a qualquer momento.

Um projeto de ciclo de vida deve ter como maior objetivo à promoção do uso de recursos de modo sustentável, prevenindo a poluição, protegendo a saúde humana e o ambiente e, também visando à equidade ambiental. A definição dos objetivos requer a compreensão dos sistemas produtivos, suas restrições internas e sua relação com outros sistemas produtivos e a própria sociedade.

Uma Análise de Ciclo de Vida de um produto requer, em média, informações de 40 a 50 outros processos produtivos. Isto significa que a análise demanda, em geral, uma quantidade imensa de dados e procedimentos adequados, consumindo tempo e capital. Quanto maior a quantidade de etapas da ACV e de subsistemas considerados, maior é a precisão da análise e maior o conhecimento sobre os impactos ambientais resultantes.

Segundo Ugaya (2001), o processo de definição do escopo abrange:

- a) Identificação do produto, processo ou atividade;
- b) Identificação do sistema objeto de análise e de eventuais subsistemas;
- c) Definição da fronteira e do período objeto de análise;
- d) Definição das intervenções e dos impactos ambientais;
- e) Definição da unidade funcional.

4.5.6.2 Análise do inventário

A análise de inventário consiste no levantamento de informações, qualitativas ou quantitativas, acerca do produto, processo ou atividade.

Segundo Ugaya (2001), para a execução da análise do inventário, é necessário que se defina:

- a) O procedimento de coleta e armazenamento de dados;
- b) O processo de alocação dos dados entre os produtos;

c) Interpretação dos dados da Análise do Inventário.

4.5.6.3 Análise de impacto

De acordo com a Resolução Conama Nº 001 de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (1986), impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:

- a) A saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) As atividades sociais e econômicas;
- c) A biota;
- d) As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- e) A quantidade dos recursos ambientais.

Segundo Ugaya (2001), impacto ambiental é toda alteração brusca ocorrida no meio ambiente devido a ações naturais ou antrópicas.

O propósito da Análise de Impacto é o de averiguar os impactos ambientais decorrentes da atividade humana no ciclo de vida do produto, processo ou atividade.

Costa (2002) recomenda os cinco seguintes passos para a execução da Análise de Impacto:

- a) Definição;
- b) Classificação;
- c) Caracterização;
- d) Valoração;
- e) Análise de significância.

4.5.6.4 Interpretação

A Interpretação tem como objetivo reduzir os impactos ambientais por meio da identificação ou avaliação e seleção de opções para a melhoria ambiental do produto ou processo.

Costa (2002) propõe-se que sejam realizadas as seguintes etapas:

- a) Verificação da poluição ambiental;

- b) Levantamento das opções tecnológicas;
- c) Construção de cenários.

Uma dificuldade de se utilizar a ferramenta Análise do Ciclo de Vida deve-se ao fato de que os produtos são totalmente desenvolvidos na matriz, havendo, portanto, uma carência de dados. Contudo, tal ferramenta poderia trazer muitos benefícios se incorporada à rotina da empresa, como auxílio à tomada de decisão, destaca Ugaya (2001).

4.6 Boas Práticas de Fabricação - BPF

Segundo Barros (2005), a origem das Boas Práticas de Fabricação ou *Good Manufacturing Practices* (GMP) ocorreu em 1964, nos Estados Unidos. O governo norte-americano, preocupado com a situação dos produtos de higiene pessoal, de toucador feminino e dos cosméticos em geral, solicitou ao seu Departamento de Saúde, Educação e do Bem Estar, que abriga o *Food and Drug Administration* (FDA), que realizasse uma análise desses produtos no mercado. No estudo realizado pelo FDA, apurou-se que 19,5 % das amostras analisadas apresentaram contaminação microbiológica e, em contagem elevada de agentes patogênicos do tipo pseudomonas causadores de cegueira no ser humano.

Diante de tais resultados, o governo norte americano determinou ao FDA que adotasse rápidas ações normativas e introduzisse uma ferramenta ou dispositivo que, por força de lei, corrigisse de vez aquela situação crítica de saúde pública. O FDA, então, colocou em prática a regulamentação das BPF, a partir de 1969, quando o primeiro documento normativo foi publicado com força de lei.

No Brasil, a tradução parcial da versão BPF foi editada em 1994, em trabalho realizado por especialistas do Ministério da Saúde e da Secretaria da Vigilância Sanitária. Em 14 de agosto de 2003, foi publicada no DOU, a RDC 210, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003a), em substituição a RDC 134, a qual é, hoje, o conjunto de regras para qualquer empresa que comercializa produtos relacionados à saúde humana no Brasil (fabricados no território brasileiro ou em qualquer outro país).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003a), as Boas Práticas de Fabricação são à parte da garantia da qualidade que assegura que os produtos são consistentemente produzidos e controlados, com padrões de qualidade apropriados para o uso pretendido e requerido pelo registro. O cumprimento das BPF está dirigido primeiramente à diminuição dos riscos inerentes a qualquer produção farmacêutica, os quais não podem ser detectados por meio da realização de ensaios nos produtos finalizados. Os riscos são constituídos essencialmente por: contaminação-cruzada, contaminação por partículas e troca ou mistura de produtos.

Devido à natureza do produto, o processo de produção de bolsas de coleta de sangue é conduzido totalmente em ambiente asséptico e controlado, que protege os produtos de possíveis contaminações pela presença de bactérias e fungos, em área limpa, ou seja, em área com controle ambiental, definido em termos de contaminação por partículas viáveis e não-viáveis, projetada, construída e utilizada de forma a reduzir a introdução, geração e retenção de contaminantes em seu interior, segundo definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003).

As Áreas Limpas são classificadas pela pureza de seu ar (Tabela 3). O método mais conhecido é sugerido pelo *Federal Standard 209* que prescreve o número de partículas maior ou igual a 0,5 mm, medido em um pé cúbico.

Tabela 3: Classificação de áreas limpas.

	Classes segundo Federal Standard 209					
	1	10	100	1.000	10.000	100.000
Nº de partículas maiores que 0,5mm por pé cúbico	1	10	100	1.000	10.000	100.000

Fonte: Institute of Environmental Sciences and Technology (2005).

O grau de pureza do ar aumenta à medida que a classificação da sala limpa diminui.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003) estabelece que o grau de pureza em ambientes controlados para a fabricação de bolsas de coleta de sangue deve possuir ar interno classe 100.000 para confecção e montagem; classe 10.000

para a sala de envase da solução coagulante e/ou preservadora e classe 100 para o envasamento das soluções sob fluxo laminar, sendo que outros parâmetros de controle de ambiente poderão ser utilizados desde que previamente validados.

5 RESULTADOS

Este capítulo contém a descrição das principais tecnologias ambientais para minimização de resíduos aplicáveis a uma empresa de produtos hospitalares.

5.1 Caracterização da Organização Estudada

A empresa estudada pertence a um grupo de origem alemã, e está presente em países da América Latina, Ásia, Europa e no Brasil, desde 1987, fabricando produtos hospitalares.

Atualmente, a organização possui 300 colaboradores, em sua sede localizada na cidade de São Paulo.

A atividade principal da empresa estudada é a produção de sistemas de coleta e processamento de sangue e seus derivados, sendo o seu principal produto, bolsas de coleta de sangue.

Segundo o relatório da produção da rede hemoterápica de 2000 a 2002 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2002), o consumo anual de bolsas de coleta de sangue no Brasil foi de 3.035.748 unidades, sendo que a empresa estudada produz 48 % desse total, o restante é dividido entre uma empresa nacional e duas multinacionais, que importam o produto para abastecer o mercado nacional.

Os principais clientes desse produto são os bancos de sangue e hospitais públicos e privados. A empresa enquadra-se como indústria de produtos farmacêuticos e segue as mesmas exigências para este setor, em termos de legislação, por se tratar de produtos voltados à saúde humana. Possui certificados como a ISO 9000 e Boas Práticas de Fabricação (BPF), exigidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003).

5.2 O Processo Produtivo e os Resíduos Gerados

Este item contém a descrição das principais matérias-primas utilizadas, processo produtivo e produto e resíduos e efluentes gerados.

5.2.1 Principais insumos utilizados

As principais matérias primas utilizadas na fabricação da bolsa de coleta de sangue são o policloreto de vinila (PVC), plastificado com o di-etilhexil ftalato (DEHP), e a água, utilizada como matéria prima, para a fabricação de soluções anticoagulantes e/ou preservadoras.

5.2.1.1 Policloreto de Vinila - PVC

Segundo o Instituto do PVC (2005), o Policloreto de Vinila é um material plástico não totalmente originário do petróleo; contém, em peso, 57 % de cloro e 43% de eteno.

O Cloro é obtido a partir do sal marinho, pelo processo de eletrólise, uma reação química resultante da passagem de uma corrente elétrica por água salgada (salmoura); no processo também se obtém soda cáustica e hidrogênio.

O eteno passa por um caminho um pouco mais longo. O primeiro passo é uma destilação do óleo cru, obtendo-se a nafta leve, que, então, passa pelo processo de craqueamento catalítico (quebra de moléculas grandes, em moléculas menores, com emprego de catalisadores para aceleração do processo), gerando-se o eteno. Tanto o cloro como o eteno estão na fase gasosa e eles reagem produzindo o DCE (dicloroetano). A partir do DCE, obtém-se o MVC (monocloreto de vinila), unidade básica do polímero, que é formado pela repetição da estrutura monomérica. As moléculas de MVC são submetidas ao processo de polimerização, ou seja, são ligadas para formar uma molécula muito maior, conhecida como PVC (policloreto de vinila), que é um pó muito fino, de cor branca, e totalmente inerte, ao contrário do MCV que é cancerígeno.

Segundo Carrara (2003), o ftalato de di-2-etilhexila - DEHP, é um plastificante utilizado como matéria-prima na fabricação do PVC para aumentar a flexibilidade e dureza do produto final; é um aditivo de vários produtos, como resinas para tintas e vernizes, adesivos e plásticos em geral.

Carrara (2003) cita o DEHP faz parte da lista dos 126 poluentes prioritários definidos pelo órgão de proteção ambiental dos Estados Unidos e de uma classe de compostos que causa disfunções endócrinas ao ser humano.

Ajili (2003), acrescenta também efeitos adversos no fígado, órgãos reprodutivos, rim, pulmão e coração.

Dentre os ftalatos existentes, o DEHP é um dos mais difíceis de serem biodegradados. No Brasil, ainda não existem leis que regulamentem o lançamento dos ftalatos no meio ambiente.

5.2.1.2 Água

A água é uma das principais matérias-primas na fabricação de bolsas de coleta, utilizada para a produção de solução anticoagulante e/ou preservadora constante do produto, e deve atender os padrões definidos pela farmacopéia brasileira.

A produção de fármacos injetáveis exige a utilização de água no mais alto grau de pureza, por isso, há a necessidade de um sistema de tratamento de água, para atender às características físico-químicas especificadas para parâmetros como condutividade, pH, acidez, alcalinidade e aspectos microbiológicas antes de serem utilizadas para a produção de solução anticoagulante e/ou preservadora.

A água é utilizada nas várias operações de limpeza necessárias ao longo do processo e nas atividades de apoio.

5.2.2 Processo produtivo

A bolsa de coleta de sangue (ver Figura 5) é um dispositivo biomédico descartável, usado para coletar, armazenar, transportar e separar, para transfusão, sangue humano e seus componentes, podendo conter soluções anticoagulantes e/ou preservadoras, dependendo da sua aplicação.

As bolsas de coleta de sangue são regulamentadas pela Portaria Nº 950/MS/SVS, de 26 de novembro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1999), e devem obedecer aos seguintes requisitos:

- a) Ser transparentes, incolores, flexíveis, estéreis, apirogênicas, isentas de toxicidade, resistentes nas condições de uso e compatíveis com o conteúdo sob condições normais de estocagem;
- b) Ser estável biológica, química e fisicamente, em relação ao seu conteúdo, durante o período de validade e não deve permitir a entrada de microrganismos. Não devem liberar qualquer substância, acima dos limites especificados, para a solução anticoagulante e/ou preservadora, sangue ou componentes, quer por interação química ou dissolução física;
- c) O processo de fabricação deve garantir um volume mínimo de ar dentro das bolsas, de modo a permitir a coleta e fracionamento do volume integral de sangue.

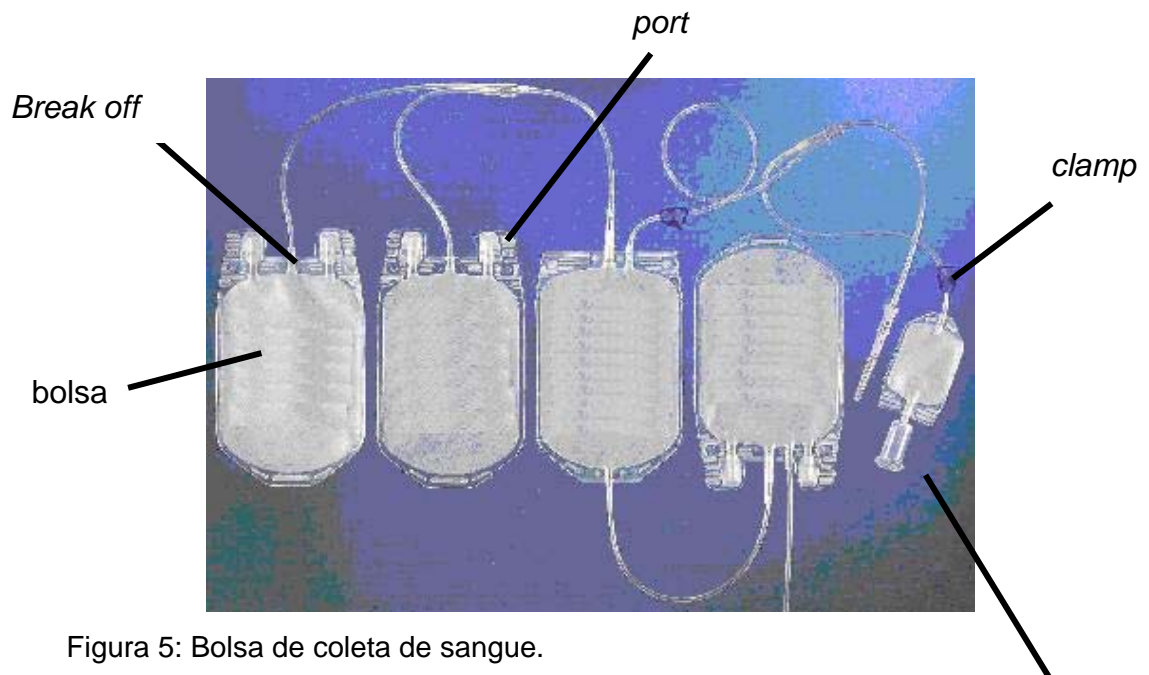


Figura 5: Bolsa de coleta de sangue.

A produção de bolsas de coleta de sangue exige um alto nível de sanitização e higiene, que deve ser observado em todos os procedimentos de fabricação. Cada operação de produção requer um nível determinado de pureza do ar, para que sejam minimizados os riscos de contaminação por partículas ou por microrganismos nos produtos ou materiais que estiverem sendo manipulados.

As atividades de sanitização e higiene abrangem pessoal, instalações, equipamentos e aparelhos, materiais de produção e recipientes, produtos para limpeza e desinfecção e qualquer outro aspecto que possa constituir fonte de contaminação para o produto.

Para que seja possível propor melhorias ambientais ao processo produtivo da indústria estudada, é necessário que, preliminarmente, se conheçam as operações usualmente realizadas.

Para melhor localização do campo de estudo, inicialmente é apresentado o fluxograma de produção de bolsas de coleta de sangue (ver Figura 6) e a descrição resumida das atividades desenvolvidas, bem como os resíduos gerados em cada uma das etapas do processo de produção.

Basicamente, o processo produtivo pode ser dividido em nove etapas: extrusão de tubo, corte e impressão, soldagem do corpo, montagem do conjunto, envase, autoclavação, embalagem, pasteurização e armazenamento.

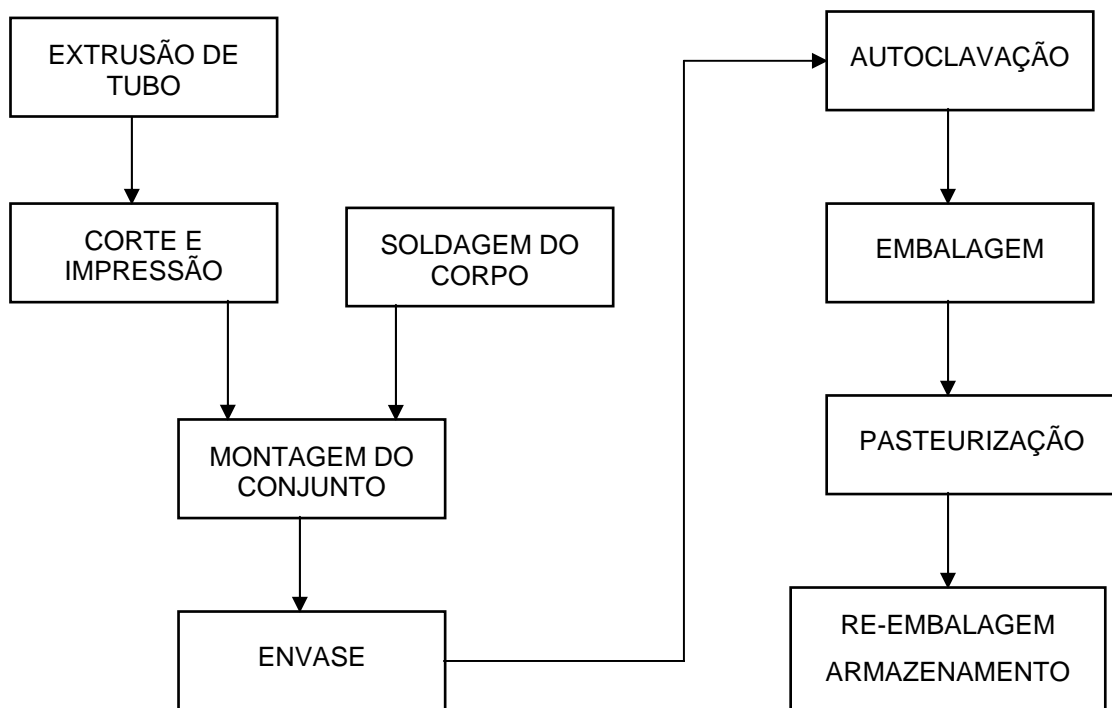


Figura 6: Fluxograma da produção de bolsas.
Fonte: Autor (2006).

A seguir, são descritas as etapas do processo produtivo da empresa estudada, enquanto os resíduos gerados, em cada uma delas, são apontados na Tabela 3. As Fotos 1 a 9 ilustram aspectos gerais do processo produtivo.

a) Extrusão: A produção de tubos de PVC é realizada por máquinas extrusoras (ver Figura 7 e Foto 1). No processo de extrusão, o PVC granulado é aquecido, por meio de resistências elétricas, dentro das quais, uma rosca compacta, funde e homogeneiza o material, alimentando um cabeçote projetado de maneira a dar a forma desejada do produto final. O tubo passa então por uma calha com água refrigerada para finalizar a consolidação, que é descartada diariamente para a rede coletora de esgoto, após o término da produção, para evitar contaminações no tubo.

O processo de manufatura, para cada tamanho de tubo, é determinado pelo controle de tempo, temperatura e velocidade.



Foto 1: Extrusão.
Fonte: Autor (2006).



Foto 2: Corte e impressão.
Fonte: Autor (2006).



Foto 3: Soldagem.
Fonte: Autor (2006).



Foto 4: Montagem.
Fonte: Autor (2006).



Foto 5: Envase.
Fonte: Autor (2006).



Foto 6: Autoclavação.
Fonte: Autor (2006).



Foto 7: Embalagem.
Fonte: Autor (2006).



Foto 8: Pasteurização.
Fonte: Autor (2006).



Foto 9: Armazenamento.
Fonte: Autor (2006).

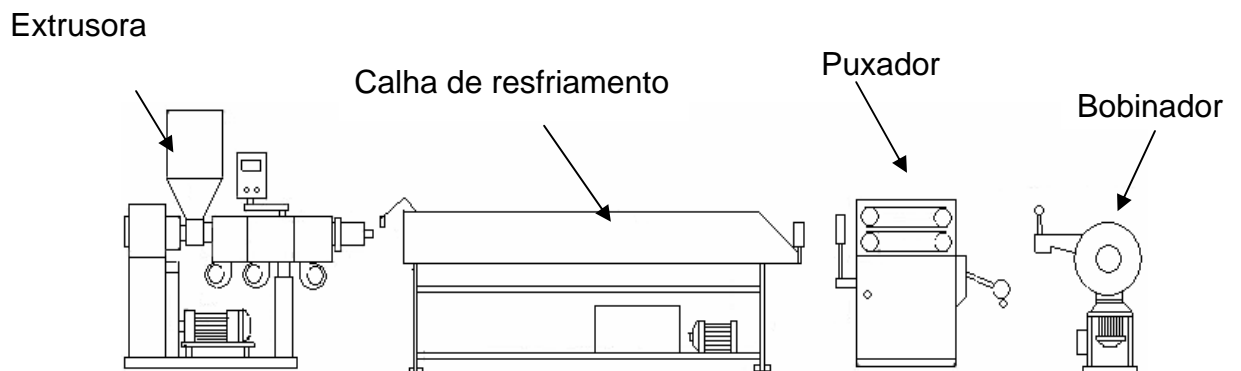


Figura 7: Esquematização do processo de extrusão.

Depois de definida a forma, deve-se proceder ao seu ajuste na máquina e realizar os acertos para que ocorra a extrusão. O principal resíduo desta etapa é o PVC. Os resíduos são gerados durante a preparação e acerto da extrusora, armazenamento e limpeza da extrusora no final do processo. No início de produção do tubo é necessário realizar os ajustes iniciais para produzir dentro das especificações exigidas, ou seja, quanto mais eficiente for o ajuste, menor será a geração de resíduos de PVC e no armazenamento.

O tubo extrusado é armazenado em carretéis, onde há uma perda de aproximadamente 30 %. A perda ocorre quando o tubo extrusado, ainda quente, é enrolado no carretel e sofre uma compressão, logo no início do enrolamento, devido à sobreposição

dos tubos no carretel. Após o término de utilização da extrusora, é feita a limpeza e o restante do material do interior da extrusora é descartado. Os outros resíduos gerados nesta etapa do processo são: (i) embalagem plástica do PVC granulado; (ii) gases provenientes do aquecimento do PVC; (iii) água de refrigeração do tubo;

- b) Soldagem do corpo: Os corpos são selados com duas camadas de laminado de PVC, utilizando um equipamento de solda por alta frequência. Nesta etapa, também são incorporados componentes como *break-off*, tubos e *ports*, os quais são automaticamente adicionados entre os laminados.

Na troca de produto, ou seja, na mudança do tamanho do corpo da bolsa de coleta, são necessários ajustes no equipamento, gerando resíduos.

Durante o processo de produção, são gerados retalhos de laminado de PVC;

- c) Corte e impressão: Os tubos são cortados em um determinado comprimento, de acordo com o tipo de bolsa, com o emprego de uma máquina de corte e são impressos com um número seqüencial;
- d) Montagem: A montagem das bolsas é realizada de acordo com as especificações do produto. Um dispensador de cola é utilizado para colar os tubos e componentes que são adicionados à bolsa. Nesta etapa, as perdas decorrem de falhas nas etapas anteriores, ou seja, devido a corpos e tubos com dimensões não-conformes;
- e) Envase: Os corpos são preenchidos com solução anticoagulante, composta por Citrato de Sódio, Ácido Cítrico, Dextrose, Bifosfato de Sódio e água destilada, que é introduzida pelo tubo, por equipamentos de envase

Na sala de envase, onde há a fabricação de injetáveis, a condição necessária para o ambiente é a de classe 100, e se utiliza o fluxo laminar (fluxo de ar que se movimenta em sentido unidirecional numa velocidade constante), devido ao risco não apenas de poeira, mas, principalmente, da presença de microrganismos, conforme a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003a). Nos demais setores produtivos são exigidos a classe 10.000.

Após o término do processo de envase os tanques, tubulação e equipamentos de envase são limpos, por meio de água e vapor. Nessa etapa, são descartados: água da limpeza e solução anticoagulante residual do processo. E por fim, os equipamentos citados são esterilizados por meio de vapor a 120 °C;

- f) Autoclavagem: As bolsas de coleta de sangue, contendo solução anticoagulante, são esterilizadas com vapor úmido, sob pressão, para assegurar que não haja sobrevivência microbiana no seu interior; o resíduo gerado é água do vapor, que é descartada na rede coletora de esgoto; o vapor é fornecido por caldeira a gás;
- g) Embalagem: As bolsas são embaladas a vácuo, para que possam ser enviadas para o processo de pasteurização. Nesta etapa, os resíduos gerados são as embalagens de poliolefina, que são descartadas durante o ajuste da máquina de embalagem;
- h) Pasteurização: O emprego de calor seco, fornecido por caldeira a gás, atua sobre os microrganismos, provocando a oxidação dos constituintes celulares orgânicos e a desnaturação e coagulação de proteínas. Penetra nas bolsas de forma mais lenta que o calor úmido, exigindo temperaturas mais elevadas e tempo mais longo, para que haja uma esterilização eficaz. Os resíduos gerados nesta fase são embalagens e etiquetas;
- i) Re-embalagem e armazenamento. Uma vez preparadas, as bolsas são embaladas, em caixas com 30 unidades, e armazenadas, para posterior remessa aos clientes.

5.3 Os Resíduos e Efluentes Gerados

O desenvolvimento das atividades do setor pode gerar resíduos em diversas etapas do processo produtivo e com características diversas, tais como sobras de produtos, produtos fora de especificação ou com prazo de validade vencido, material retido em sistema de controle de poluição atmosférica (filtros), restos de embalagens, resíduos de serviços de saúde (ambulatório médico), resíduos de varrição de piso, resíduos de sanitários, resíduos de escritórios e resíduos de refeitório, entre outros.

Grande parte dos resíduos sólidos gerados pela indústria estudada pode ser classificada como Classe II B - Inertes, e ser descartado como resíduo domiciliar. São eles restos de papel, embalagens de filmes e papelão, sobras de plásticos etc.

Em termos de efluentes na empresa estudada, o principal registro refere-se ao descarte da solução anticoagulante e/ou preservadora residual e efluentes da limpeza dos equipamentos de envase, tanques e tubulação, após o término do processo produtivo. Além disso, pode haver outros, provenientes da lavagem do piso etc.

O principal destino dos efluentes na empresa estudada é a rede coletora de esgotos. Porém, para que este lançamento possa ser realizado, existem restrições legais quanto à concentração de diversas substâncias, além de outros parâmetros de controle que devem ser observados, como DBO, teor de sólidos, a temperatura, pH etc.

Os efluentes na empresa estudada se enquadram diretamente nos padrões de emissão estabelecidos no Estado de São Paulo, pelo Artigo 19-A, do Decreto Nº 8.468/76, de modo que não é necessário o seu tratamento prévio antes do descarte à rede de esgotos.

A geração de quantidades significativas de efluentes líquidos depende basicamente da frequência de realização das operações de lavagem e limpeza, e da maneira como estas são realizadas.

A Tabela 4 relaciona os resíduos e efluentes gerados no processo produtivo das bolsas de coleta de sangue, na empresa estudada.

5.4 Recomendações para Redução de Resíduos no Processo Produtivo Analisado

A principal alternativa para a redução dos retalhos de laminado de PVC gerados no processo de soldagem do corpo é o desenvolvimento de corpos projetados de modo a consumir o mínimo de material em sua fabricação, necessário para atender às especificações requeridas. Nesse sentido, será de grande utilidade o uso de ferramentas como a ACV (Análise de Ciclo de Vida), que permitem orientar os estudos iniciais para uma melhor concepção do produto e o rastreamento das correntes de resíduos gerados, reduzindo os impactos ambientais negativos, de modo global.

Em termos de ações de mais curto prazo, foi identificada a oportunidade de reúso de componentes conformes presentes em bolsas rejeitadas pelo controle de qualidade, tais como o amostrador e *clamp*, que podem ser removidos fisicamente e reincorporados ao processo produtivo. Atualmente, todos os componentes são descartados quando o produto final é rejeitado, independentemente da causa que levou a este fato.

Ainda neste sentido, porém, com maior investimento, outra oportunidade identificada é a incorporação, no processo de extrusão, de acessórios que permitam automatizar o acerto inicial, tais como um medidor óptico, que utiliza feixes de luz para medir o diâmetro externo do tubo, e um cabeçote auto-centrante. Tais dispositivos podem reduzir o tempo de ajuste das máquinas e, conseqüentemente, reduzir os desperdícios do PVC necessário a este ajuste.

Tabela 4: Principais resíduos e efluentes, por etapa do processo produtivo de bolsas para a coleta se sangue.

ETAPAS	RESÍDUOS/ EFLUENTES	QUANTIDADE	TRATAMENTO / DISPOSIÇÃO FINAL
Extrusão	Embalagem plástica	N/D	Aterro industrial
	Gases	N/D	Atmosfera
	PVC	2.600 kg/ano	Reciclagem externa

	Água para refrigeração	250.000 l/ano	Rede coletora de esgoto
Soldagem do corpo	Laminado de PVC	56.000 kg/ano	Reciclagem externa
Corte e impressão	Fita Hot Stamping	1.200 kg/ano	Aterro industrial
	PVC	4.000 kg/ano	Reciclagem externa
Montagem	Cola	15 l/ano	Reciclagem externa
Envase	Solução anticoagulante	27.211 l/ano	Rede coletora de esgoto
	Água de limpeza	260.000l/ano	Rede coletora de esgoto
Autoclavagem	Água	N/D	Rede coletora de esgoto
Embalagem	Embalagem	N/D	Aterro industrial
Pasteurização	Vapor	N/D	Rede coletora de esgoto
Reembalagem	Embalagem	N/D	Aterro industrial

N/D: não-determinado.

Fonte: Autor (2006)

Para minimizar as perdas de PVC durante o processo de extrusão, outra solução identificada seria a alteração das escalas de utilização do equipamento, aplicando os conceitos de Boas Práticas Operacionais, da ferramenta Produção Mais Limpa. Constatou-se que, atualmente, a extrusora é operada em regime de 2 turnos diários, sendo consumidas 2 h/dia para limpeza e 1 h/dia para preparação do equipamento (*set up*), sendo gerados 2.592 kg / ano de resíduos de PVC, neste processo. A proposta é trabalhar em 3 turnos contínuos, durante 4 dias semanais, de forma que as paradas para limpeza e preparação seriam realizadas apenas uma vez a cada semana e o resíduo anual gerado, devido a essa mudança, seria potencialmente de 432 kg de PVC, ou seja, com redução de 2.160 kg ou 83 %. Independentemente disto, a aplicação das ferramentas de Kaizen ou, preferencialmente Seis Sigma ao *set up* do processo de extrusão seria uma ação a ser priorizada no sentido da diminuição da quantidade de resíduos produzidos.

Grande parte do consumo de água do empreendimento está diretamente relacionado à necessidade de constantes lavagens dos equipamentos de envase, tanques e tubulações e, em menor escala, aos sistemas de refrigeração ou

aquecimento. A limpeza de equipamentos não apenas consome água e energia, mas, também, gera grandes quantidades de efluentes. Como medida para evitar desperdícios de água e geração de efluentes, recomenda-se a instalação de medidores de vazão e totalizadores de fluxo nos equipamentos envase e tanques, levantando-se informações que permitam melhor avaliar as necessidades de lavagem e, assim, implementar padrões para uso racional.

Os dados anteriormente obtidos igualmente permitiriam a gestão da água pelo balanço de massa, possibilitando comparar dados de entrada e saída de água, seja ela incorporada aos produtos, convertida em efluentes, utilizada para consumo humano ou aproveitada para outros usos. A identificação de diferenças entre os resultados pode revelar eventuais perdas devido a vazamentos ou mau uso, a serem objeto de ações corretivas / treinamentos adicionais.

Outra vertente para a economia de água é a melhoria, no sistema de Planejamento e Controle de Produção, da ordenação dos tipos de soluções a serem envasadas, se anticoagulante ou preservadora, de modo que se minimize o número de limpezas necessárias. A diminuição na frequência das operações de limpeza resultaria na redução do volume de água utilizado, da energia consumida e dos efluentes gerados. A cada troca de solução, é necessária a limpeza e esterilização dos equipamentos de envase, tanques e tubulações, e hoje não há preocupação no sentido da racionalização sugerida. Neste sentido, tal atividade pode servir-se dos conceitos da ferramenta *Just in Time*, para melhor coordenar a seqüência de atendimento à demanda, de modo a minimizar a necessidade de troca da solução anticoagulante / preservadora e, conseqüentemente, racionalizar a necessidade de limpeza do sistema (envasadora, tanques e tubulações) e a geração de efluentes.

De modo complementar à ação anterior, deve-se melhorar a sistemática de limpeza dos equipamentos, tanque e tubulações, por meio do desenvolvimento de tabelas racionalizadas, que estipulem, para cada operação de lavagem e esterilização, os volumes máximos de água e vapor a serem utilizados. Atualmente, não há controle do tempo necessário para a limpeza e quantidade de água necessária para a realização da limpeza e esterilização dos equipamentos de envase. Essas

quantidades devem ser determinadas em função das características de cada solução anticoagulante e/ou preservadora.

Uma alternativa de maior eficácia, porém, de custo financeiro muito mais elevado seria a aquisição de equipamentos com o Sistema CIP (*Clean In Place*), cujos sistemas de limpeza são montados nos próprios equipamentos de envase e tanques. Por serem automatizados, diminui-se o contato dos funcionários com o equipamento e elimina-se a necessidade de desmonte dos mesmos para limpeza. Outra vantagem é o controle preciso do tempo de duração e volume de água consumidos em cada operação de limpeza, racionalizando o consumo de água e a geração de efluentes. Apesar de propiciar maior automatização, nenhum equipamento está isento da necessidade de treinamento de operadores, para as atividades de monitoramento e manutenção preventiva / corretiva. Neste sentido, tais treinamentos devem ser previstos.

Além das ações de prevenção a poluições citadas, deve-se implementar o reúso dos efluentes em outras partes da planta, com eventual pré-tratamento, em operações como:

- a) Limpeza de pisos;
- b) Aspersão de telhados (para redução da temperatura interna do almoxarifado, de modo que as bolsas produzidas possam ser armazenadas nas partes superiores do edifício, uma vez que ali, nos dias mais quentes do ano, a temperatura eleva-se acima do especificado para o armazenamento das bolsas, impedindo tal operação);
- c) Composição da reserva para combate a incêndios;
- d) Rega de áreas ajardinadas.

Embora adequados para lançamento à rede pública de coleta de esgotos, a qualidade dos efluentes citados deve ser avaliada previamente aos novos usos propostos, identificando-se a eventual necessidade de tratamento prévio.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na revisão bibliográfica foram abordadas as principais tecnologias para redução de resíduos, aspectos dos processos de produção na indústria de produtos hospitalares, os resíduos e as implicações ambientais; a legislação e seus efeitos e a importância do emprego de alternativas ecologicamente adequadas para os processos de fabricação de produtos hospitalares.

Verificou-se escassez de literatura correlacionando a produção de produtos hospitalares com a redução de resíduos industriais, sendo recomendados estudos acadêmicos para temas afetos a gestão destes resíduos. Devido às características de forte regulamentação do processo produtivo farmacêutico, ganham ainda mais importância as ações de prevenção à poluição, tais como a (i) padronização e otimização de atividades; (ii) manutenção e atualização tecnológica e (iii) treinamento de colaboradores.

A empresa estudada prioriza a reciclagem externa e a disposição adequada, em detrimento de ações internas que promovam a redução na fonte de seus resíduos industriais. Observa-se que a abordagem ambiental ainda está em estágios iniciais no que se refere às ações e políticas voltadas à redução e não-geração de resíduos industriais, ou seja, privilegiando as ações de menor sustentabilidade na hierarquia de gestão de resíduos. Neste sentido, recomenda-se a estruturação de política ambiental focada na prevenção à poluição, ou seja, na eliminação de poluentes (resíduos e efluentes) na fonte geradora, focando indicadores ambientais cuidadosamente identificados, para todas as etapas do processo produtivo.

As ferramentas e práticas gerenciais descritas (*Just in Time*, *Kaizen*, *Seis Sigma*, *Housekeeping* e *Total Productive Maintenance*) podem ser utilizadas para a implantação efetiva de programa de minimização de resíduos, conforme descrito nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância de qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02 de janeiro de 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Relatório da produção da rede hemoterápica 2000 a 2002**. Disponível em:

<http://www.anvisa.gov.br/sangue/hemoterapia/relatorios_producao/brasil.ppt>.

Acesso em: 09 abr. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução Nº 210, de 04 de agosto de 2003. Estabelece o Regulamento Técnico das Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de agosto de 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução Nº 9, de 21 de outubro de 1999. Estabelece os parâmetros de controle em todas as fases do processo de fabricação das bolsas plásticas para coleta e acondicionamento de sangue humano e seus componentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 de outubro de 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria Nº 950, de 26 de novembro de 1998. Estabelece os requisitos mínimos necessários das bolsas plásticas para coleta e acondicionamento de sangue humano e seus componentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de novembro de 1998.

AJILI, S. H. et al. Studies on TPU/PP blend and comparing it with PVC used as blood bag. **Iranian Polymer Journal**, v.12, n.3, fev. 2003.

ANDRADE, P. H. S. **O impacto do programa 5S na implantação e manutenção de sistemas da qualidade.** Florianópolis, 2002. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/5211.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

ARAÚJO, M. C. C. C. **Mapeamento da qualidade ambiental nas organizações privadas de Santa Catarina: ISO 14000 e produção mais limpa.** Florianópolis, 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/11299.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS. **Panorama das estimativas de geração de resíduos industriais.** São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2003, 70p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10007:** amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b. 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10006:** procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a. 48p.

BARROS, E. M. **Influência das boas práticas de fabricação na efetividade da manufatura farmacêutica.** Campinas, 2005. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000364024>>. Acesso em: 22 jun. 2006.

BILITEWSKI, B. et al. **Waste management.** Berlin: Springer, 199. 699p.

CALIA, R. C. **A difusão da produção mais limpa:** o impacto do seis sigma no desempenho ambiental e sob o recorte analítico de redes. São Carlos, 2007. 154f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-31072007-153120>>. Acesso em: 09 set. 2007.

CARRARA, S. M. C. M. **Bio-remediação de áreas contaminadas por plastificantes:** caso do ftalato de di-2-etilhexila. 2São Paulo, 2003. 400f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI - CNTL. **Implementação de programas de produção mais limpa.** 2003. Disponível em: <<http://www.rs.senai.br/cntl/cntl.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2005.

CHEHEBE, J. R. **Análise do ciclo de vida de produtos:** ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1998. 104p.

CHEREMISINOFF, P. N. **Waste minimization in cost reduction for the process industries.** New Jersey: Noyes, 1995, 331p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Manual para implementação de um programa de prevenção à poluição.** 4.ed. São Paulo: Cetesb, 2002. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/documentos/manual_implem.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 04 dez. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 258, de 26 de agosto de 1999.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>>. Acesso em: 04 dez. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 313, de 29 de outubro de 2002.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31302.html>>. Acesso em: 10 nov 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 5, de 05 de agosto de 1993.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0593.html>>. Acesso em 10 nov 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 9, de 31 de agosto de 1993.** Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0993.html>>. Acesso em 04 dez 2006.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico.** São Paulo: Editora Atlas, 1993.

COSTA, M. M. **Princípios de ecologia industrial aplicados a sustentabilidade ambiental e aos sistemas de produção de aço.** Rio de Janeiro, 2002. 257f.

Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mmmdacosta.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2006.

CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. **Waste minimization: a practical guide.** England: IchmE, 1995. 81p.

FISHBEIN, B. K.; GEISER, K.; GELB, C. Source reduction. In: KREITH, F. (ed.). **Handbook of solid waste management.** New York: McGraw-Hill, 1994, p.8.1-8.33.

HAGLER BAILY CONSULTING INC. **Introduction to pollution prevention training manual**. 1995. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/oppt/library/pdfs/intropollutionprevention.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2006.

HIGGINS, T. E. **Pollution prevent handbook**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. 566p.

HULL, J. B. et al. **Strategies for monitoring control and management of waste**. London: MEP, 1995. 179p.

HUNT, G. E.; SCHECTER, R. N. Minimization of hazardous waste generation. In: FREEMAN, H.M. (Ed.). **Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal**. New York: McGraw-Hill, 1989. p.5.3-5.25.

HUNT, G. R.; NEWMAN, G. P. **Waste reduction: A cost effective approach to hazardous waste management**. New York: McGraw-Hill, 1997. 351p.

INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES AND TECHNOLOGY. . **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em:

<<http://www.iest.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3480>>. Acesso em: 04 jul. 2006.

INSTITUTO DO PVC. **Consulta geral a homepage oficial**. s.d. Disponível em:

<<http://www.institutodopvc.org/reciclagem.htm>>. Acesso em: 04 jul. 2005.

LECOULS, H. ISO 14043: environmental management, life cycle assessment, life cycle interpretation. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.4., p. 245. 1999.

LERIPIO, A. A. **Gaia: um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. Florianópolis, 2001. 159f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LUBBEN, R. T. **Just in time: uma estratégia avançada de produção**. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1989. 302p.

- MENDONÇA, G. M. **Gestão do conhecimento:** um estudo de caso em prevenção de poluição. Salvador, 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- NELS, C. Waste management. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS, 1991, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SEMA, 1991.
- NEMEROW, N. L. **Zero pollution for industry:** waste minimization through industrial complex. New York: John Wiley & Sons, 1995. 217p.
- NOVAES, W. **A década do impasse:** do Rio 92 à Rio +10. São Paulo: Estação Liberdade: 2002. 382p.
- PAFFETTI, M. A. T. **Tecnologias de redução de resíduos sólidos em indústrias de autopeças certificadas conforme NBR ISO 14001.** São Paulo, 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.
- RAMOS, A. W. et al. **Seis sigma:** estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 375p.
- ROCCA, A. C. C. et al. **Resíduos sólidos industriais.** 2.ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233p.
- SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia seis sigma na redução das perdas de um processo de manufatura.** Campinas, 2005. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000377027>>.
Acesso em: 06 nov. 2006.
- SHIROSE, K. **TPM for workshop leaders.** Portland: Productivity Press, 1992. 145p.
- THEODORE, L.; DUPONT R. R.; REYNOLDS J. **Pollution prevention:** problems and solutions. Lausane: Gordon and Breach Science Publishers, 1994. 319p.

TORMINATO, S. M. **Análise da utilização da ferramenta CEP:** Um estudo de caso na manufatura de autopeças. Campinas, 2004. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000343360>>. Acesso em: 06 nov. 2006.

UGAYA, C. M. L. **Análise do ciclo de vida:** estudo de caso para materiais e componentes automotivos no Brasil. Campinas, 2001. 199f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000225826>>. Acesso em: 09 jan. 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Introduction to pollution prevention:** training manual. 1988. Disponível em: <www.epa.gov/opptintr/ppic/pdfs/intropollutionprevention.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2005.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Total productive maintenance.** 2005. Disponível em: <www.epa.gov/lean/thinking/tpm.htm>. Acesso em: 4 jan. 2005.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Waste minimization opportunity assessment manual.** Cincinnati, Ohio, 1988. 98p.

VALLE, C. E. D. **Como se preparar para as normas ISO 14000.** São Paulo: Pioneira, 1995. 137p.

WIEMES, F. **Uma proposta de sistema de gestão ambiental aplicada numa empresa metal-mecânica catarinense.** Florianópolis, 1999. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/Resumo.asp?902>>. Acesso em: 08 mar. 2006.

YOUNG, H. P. **Risco de ecossistema:** Uma proposta de avaliação da sustentabilidade ambiental da indústria farmacêutica. Florianópolis, 2004. 175f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:

<<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/16765.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2006.