



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA
PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO FATOR DE
COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR**

GISELE PEDREIRO DE LIMA

ORIENTADOR: Prof. Antonio Nunes Barbosa Filho, DSc

RECIFE, JUNHO/2008



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA PRODUÇÃO MAIS
LIMPA COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, JUNHO/2008

L732r

Lima, Gisele Pedreiro.

Redução da geração de resíduos na produção mais limpa como fator de competitividade industrial / Gisele Pedreiro Lima. - Recife: O Autor, 2008.

vii, 42 folhas.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia da Produção, 2008.

Inclui Bibliografia.

1. Engenharia da Produção. 2. Competitividade Industrial. 3. Redução de Resíduos. 4. Produção Mais Limpa. I. Título.

UFPE

658.5

CDD (22. ed.)

BCTG/2008-120

AGRADECIMENTOS

A meus pais que sempre me ensinaram a encarar os estudos com seriedade e me deram suporte e condições de priorizá-los durante o meu desenvolvimento desde a infância.

A todos meus amigos da faculdade pela paciência e apoio prestado durante todas as dificuldades e questionamentos enfrentados ao longo dos meus anos de graduação.

A meus demais amigos por sempre promoverem momentos de descontração fundamentais para me dar motivação para seguir em frente e superar todos os desafios encontrados ao longo desses últimos anos.

A todos meus amigos e companheiros de trabalho que foram essenciais para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção pelos conhecimentos e experiências transmitidos durante o curso de graduação.

RESUMO

O número de empresas que busca adotar políticas e estratégias ambientais vem aumentando à medida que cresce a severidade das legislações ambientais, e que agrava a poluição e a degradação do meio ambiente. Acompanhando essas mudanças, também está em crescimento a quantidade de pessoas que prefere consumir produtos gerados por empresas ecologicamente corretas. Com isso, surgiu a necessidade pelas indústrias em adotar uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos processos produtivos, como o programa de Produção Mais Limpa. Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como fundamento apresentar de que forma pode-se potencializar a competitividade no meio industrial através de métodos preventivos de redução de geração de resíduos, integrados ao programa de Produção Mais Limpa. Além disso, são apresentadas neste estudo as barreiras encontradas à implementação da Produção Mais Limpa, assim como exemplos simples, porém efetivos, de redução da geração de resíduos na fonte geradora nos processos produtivos.

Palavras-chave: Redução de Resíduos, Produção Mais Limpa, Competitividade Industrial.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos	8
1.1.1 Objetivo Geral	8
1.1.2 Objetivos Específicos	9
1.2 Estrutura do Trabalho	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 Evolução das Abordagens Ambientais	10
2.2 Produção Mais Limpa	11
2.2.1 Abordagem Fim de Tubo Versus Produção Mais Limpa	13
2.2.2 Pontos-Chave da Produção Mais Limpa	15
2.3 Resíduos Sólidos Industriais	16
2.4 Competitividade Industrial	18
2.4.1 Atributos da Competitividade Industrial	19
2.5 Redução da Geração de Resíduos	21
2.5.1 Modificações no Produto	21
2.5.2 Modificações no Processo	22
3 AS QUESTÕES AMBIENTAIS E A COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL	25
3.1 Contribuições da Redução de Geração de Resíduos Para a Competitividade Industrial	25
3.1.1 Redução de Custos de Produção e Aumento de Produtividade	26
3.1.2 Marketing “Verde” e Ampliação de Mercado	27
3.1.3 Mudança Cultural	28

3.1.4	Aumento de Motivação e Produtividade dos Funcionários	29
3.1.5	Aumento da Qualidade dos Produtos	30
3.2	Barreiras à Implementação da Produção Mais Limpa	30
3.3	Casos de Aplicação da Redução de Geração de Resíduos em Indústrias	32
4	CONCLUSÃO	35
4.1	Limitações e Dificuldades do Trabalho	35
4.2	Sugestões e Recomendações para Trabalhos Futuros	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Evolução das Questões Ambientais _____	10
Figura 2.2. Elementos Essenciais da Estratégia da Produção Mais Limpa _____	12
Figura 2.3: Fluxograma para Identificação de Oportunidades para Produção Mais Limpa__	13
Figura 2.4. Alteração Perspectivada nos Atributos de Competitividade _____	20
Figura 3.1. Custos x Benefícios da Implementação da Produção Mais Limpa _____	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Fim de Tubo x Produção Mais Limpa_____ 14

1 INTRODUÇÃO

O assunto Produção Mais Limpa vem sendo tratado no Brasil desde 1970, porém seus conceitos ainda não são amplamente implementados em diferentes setores industriais brasileiros. Algumas empresas não enxergam os benefícios competitivos que podem obter através de uma estratégia ambiental preventiva, que visa reduzir a geração de resíduos na sua fonte geradora, e acabam optando por tratar seus resíduos exclusivamente no final dos processos produtivos através de técnicas de fim de tubo. Em outros casos, algumas indústrias percebem os potenciais benefícios de adotar um programa de Produção Mais Limpa, no entanto quando partem para a sua implementação enfrentam as mais diversas barreiras, tanto internas como externas às empresas, o que dificulta a concretização eficiente de tal empreitada.

Uma empresa que efetivamente adota Produção Mais Limpa em todos os seus níveis organizacionais percebe vantagens em diversas dimensões como econômica, social e legal, advindas de redução de custos, mitigação de impactos ambientais, atendimento de legislações ambientais, ampliação de mercado interno e externo, etc. E como consequência de tais benefícios, as empresas alcançam diferenciais competitivos significantes perante seus concorrentes.

Desse modo, esse trabalho pretende contribuir para os estudiosos do assunto apontando a importância que uma filosofia ambiental como a Produção Mais Limpa possui perante o desenvolvimento das indústrias brasileiras e, conseqüentemente, do país como um todo. Além disso, explorar a idéia de que todas as indústrias, independente do porte e dos setores que atuem, podem destacar-se neste mercado cada vez mais exigente e competitivo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar através de revisão de literatura quais as contribuições da redução da geração de resíduos, dentro da filosofia da Produção Mais Limpa, para a competitividade industrial.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Explanar os princípios e os objetivos da Produção Mais Limpa;
- Definir e classificar os resíduos industriais quanto à origem e ao risco oferecido ao meio ambiente e às pessoas;
- Apresentar conceitos de competitividade industrial e os seus atributos, assim como identificar o cenário de competitividade atual e o futuro;
- Identificar medidas e técnicas utilizadas para a redução da geração de resíduos e exemplificá-las;
- Discorrer sobre a contribuição da Produção Mais Limpa, através da redução da geração de resíduos, para a competitividade das indústrias.

1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é iniciado neste capítulo apresentando a justificativa e a motivação para o desenvolvimento deste estudo, assim como o objetivo geral e os objetivos específicos que devem ser atingidos no decorrer dos capítulos seguintes.

No segundo capítulo foi desenvolvida a fundamentação teórica necessária para embasar e melhor compreender o tema a ser explorado no capítulo seguinte. Nessa fundamentação é discorrida uma breve evolução sobre as abordagens ambientais pela sociedade, os princípios, os objetivos e os níveis de oportunidade para aplicação da Produção Mais Limpa, um comparativo sobre as características dos métodos da Produção Mais Limpa e das técnicas de fim de tubo, a definição e as classificações dos resíduos industriais, a competitividade industrial e os seus atributos e as medidas de redução da geração de resíduos.

Na evolução do terceiro capítulo são discorridas as vantagens competitivas associadas às indústrias que investem na redução da geração de seus resíduos na fonte geradora através da Produção Mais Limpa e os tipos de barreiras que essas indústrias enfrentam durante a implementação desse programa. Além disso, ao final do capítulo são apresentados alguns exemplos de indústrias que obtiveram algumas dessas vantagens no mercado após adotarem a Produção Mais Limpa como sua estratégia ambiental preventiva.

Por fim, são descritas as conclusões deste trabalho sobre o estudo relatado, as suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos estudados e necessários ao desenvolvimento do modelo de avaliação dos trabalhos desenvolvidos neste estudo. Esses que tratam da origem das abordagens ambientais, da Produção Mais Limpa, dos resíduos industriais, da competitividade industrial e da redução de geração de resíduos.

2.1 Evolução das Abordagens Ambientais

A partir da metade do século XX a preocupação da sociedade com os impactos gerados sobre o meio ambiente pelas empresas tem crescido e se difundido continuamente, como pode ser evidenciado pelo aumento da severidade da legislação ambiental em todo o mundo. (APO, 2002; ELIAS; MAGALHÃES, 2003 *apud* DIAZ; PIRES, 2005; KAZMIERCZYK, 2002). Entretanto, as questões ambientais vêm evoluindo desde a década de 50, passando ao longo dos anos por fases de dispersão, tratamento e prevenção de resíduos e emissões, como pode ser ilustrado pela Figura 2.1.



Figura 2.1. Evolução das Questões Ambientais

Fonte: Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL (2003)

Diaz e Pires (2005) explanam o modo característico segundo o qual as nações industrializadas e as empresas vêm respondendo às poluições e às degradações ambientais ao longo das décadas:

- Nos anos 50 a postura das empresas e da comunidade consistia em simplesmente ignorar os problemas do meio ambiente. Isto era possível, pois os problemas eram relativamente

de pequena importância e não havia a consciência dos impactos da poluição sobre a saúde e o meio ambiente.

- Nos anos 60 a abordagem mais comum passou a ser diluir e dispersar a concentração dos poluentes, por exemplo, construindo grandes chaminés para emissão dos poluentes industriais ou emissários submarinos para despejar os esgotos em alto mar.
- Rapidamente percebeu-se a fragilidade desta abordagem. Reconhecendo-se que a capacidade de absorção de poluentes pela natureza é limitada, iniciou-se na década de 70, esforços para estabelecer normas e leis ambientais para regulamentar a emissão de substâncias tóxicas. Em paralelo, sistemas de tratamento dos poluentes foram sendo introduzidos para atender a legislação e os critérios normativos. Inicialmente, as empresas passaram a adotar sistemas e tecnologias para controle e tratamento de resíduos, efluentes e emissões ao final dos processos produtivos. Essas tecnologias, normalmente bastante caras, são conhecidas como técnicas de fim de tubo (*end-of-pipe*), ou seja, lidam com os resíduos no final dos processos produtivos e são caracterizadas pelas despesas adicionais para a empresa e diversos problemas, como por exemplo, a produção de lodo de esgoto através do tratamento de águas residuais.
- Essas técnicas de Fim de Tubo, desde o início da década de 90, vêm sendo substituídas pelo conceito de prevenção da poluição através da utilização eficiente dos recursos, Produção Mais Limpa.

2.2 Produção Mais Limpa

A Produção Mais Limpa vem ganhando importância e alcançou o status de política institucional da ONU (Organização das Nações Unidas) através do Programa Ambiental das Nações Unidas (*United Nations Environment Programme – UNEP*). Sua definição é ser uma aplicação contínua de uma estratégia ambiental, preventiva e integrada, a processos, produtos e serviços de forma a aumentar a eficiência global e reduzir riscos ao homem e ao meio ambiente. O UNEP também afirma que a Produção Mais Limpa pode ser aplicada a processos usados em qualquer indústria, aos próprios produtos e a vários serviços providos na sociedade (UNEP *apud* MELLO, 2002). A partir de sua definição e da aplicação da Produção Mais Limpa os elementos essenciais dessa estratégia ambiental podem ser sumarizados pela Figura 2.2.

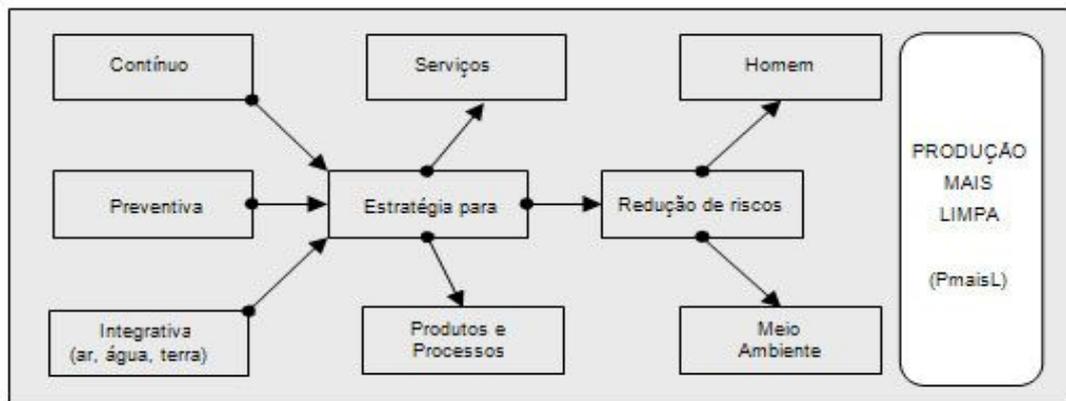


Figura 2.2. Elementos Essenciais da Estratégia da Produção Mais Limpa

Fonte: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS [S.D.]

Para a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (*United Nations Industrial Development Organization - UNIDO*) [S.D.] a Produção Mais Limpa é uma estratégia preventiva integrada que é aplicada no inteiro ciclo produtivo para:

- Aumentar produtividade garantindo um uso mais eficiente de matérias-primas, energia e água;
- Promover melhor performance ambiental através da redução de resíduos e emissões na fonte;
- Reduzir o impacto ambiental dos produtos em todo seu ciclo de vida através de projetos amigáveis ao meio ambiente e custos eficazes.

As possíveis modificações decorrentes da implantação de um programa de Produção Mais Limpa podem se dar em duas vertentes, Minimização dos resíduos e emissões e Reutilização de resíduos e emissões, as quais são subdivididas em três níveis de aplicações de estratégias, conforme descrito na Figura 2.3. O Nível 1 da Figura 2.3 é considerado a prioridade da Produção Mais Limpa, que é a mitigação da geração de resíduos e emissões na fonte geradora. Os resíduos que ainda permanecem sendo gerados após a implementação do Nível 1 na empresa devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa através da Reciclagem interna (Nível 2). Na impossibilidade de haver a reintegração dos resíduos existentes dentro dos processos, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas, assim como a degradação desses resíduos através de ciclos biogênicos (Nível 3) (CNTL, 2003).

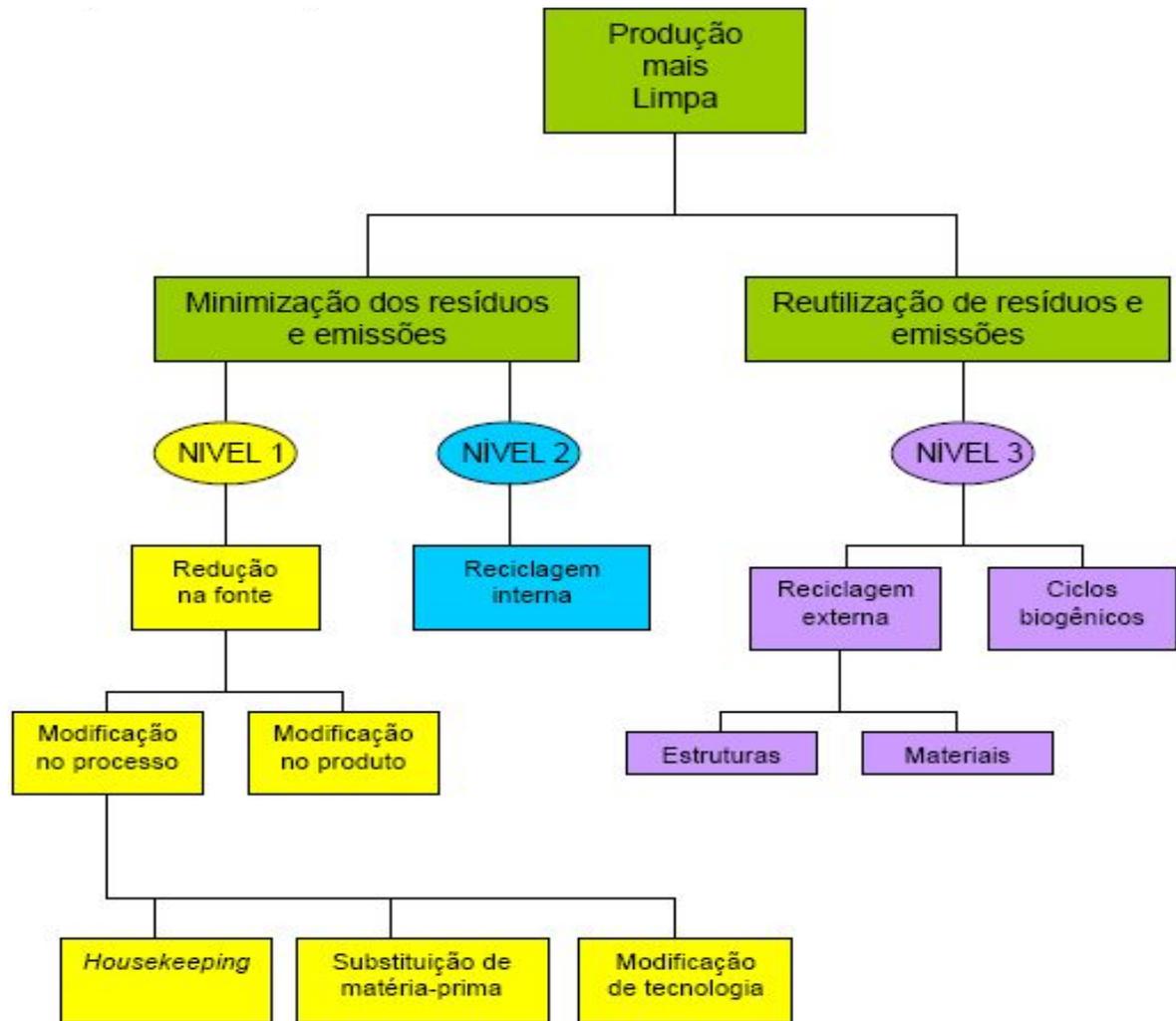


Figura 2.3. Fluxograma para Identificação de Oportunidades para Produção Mais Limpa

Fonte: CNTL (2003)

2.2.1 Abordagem Fim de Tubo Versus Produção Mais Limpa

Na abordagem tradicional (fim de tubo), as técnicas de controle dos poluentes incluem o tratamento dos resíduos gerados, reciclagem, modificação dos processos para reduzir o volume de resíduos, diluição para reduzir a toxicidade dos produtos, etc. A lógica por trás desta estratégia consiste em modificar o resíduo gerado de modo a atender a legislação vigente e transformar certas formas de poluição em diferentes formas que causem menos impactos (por exemplo, filtros podem limpar a água ou ar contaminado, mas por outro lado, geram resíduos sólidos igualmente tóxicos) (ELIAS; MAGALHÃES, 2003; KAZMIERCZYK, 2002; TRIANTIS; OTIS, 2004 *apud* DIAZ; PIRES, 2005).

O problema por trás desta estratégia é que o tratamento dos poluentes no final do processo (fim de tubo) não agrega nenhum valor ao negócio e, portanto, tem sido associada a

manufaturas pouco eficientes (KING; LENOX, 2001 *apud* DIAZ; PIRES, 2005; ROTHENBERG *et al.*, 2001).

A filosofia Produção Mais Limpa veio para tomar o lugar dessa visão de fim de tubo (CNTL, 2001 *apud* ELIAS; MAGALHÃES, 2003). Esta nova abordagem sobre a questão dos resíduos levou a uma mudança de paradigma. O resíduo, que antes era visto apenas como um problema a ser resolvido, passou a ser encarado também como uma oportunidade de melhoria. Isto só foi possível após a percepção de que o resíduo não era inerente ao processo, mas, pelo contrário, era um claro indicativo da ineficiência deste. Portanto, é a identificação e análise do resíduo que dará início à atividade de avaliação de Produção Mais Limpa (CNTL, 2003).

O CNTL (2007a) menciona que enquanto a gestão convencional de resíduos questiona o que se pode fazer com os resíduos, efluentes e as emissões existentes e quais as formas de livrar-me deles, a Produção Mais Limpa pergunta de onde vêm os resíduos, os efluentes e as emissões, por que, como e quanto são gerados e como eliminá-los ou reduzi-los na fonte.

Analisando as características das abordagens de fim de tubo e Produção Mais Limpa pode-se estruturar uma comparação entre os seus pontos mais relevantes conforme é apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Fim de Tubo x Produção Mais Limpa

Fonte: Adaptado de Guélere Filho (2005) e CNTL (2003)

TÉCNICAS DE FIM DE TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Resíduos são controlados por métodos convencionais de tratamento	Eliminação / minimização dos resíduos na fonte geradora através de medidas integradas
Como pode-se tratar os resíduos e as emissões existentes? Quais as formas de se livrar dos resíduos gerados?	De onde vêm os resíduos e as emissões? Por que e como eles são gerados? Como eliminá-los ou minimizá-los na fonte geradora?
A eficiência do controle da poluição é avaliada depois do desenvolvimento de processos e produtos	A prevenção da poluição é parte integrante do desenvolvimento de produtos e processos
Projetos na área ambiental são considerados fatores de custo pelas empresas	Ações na área ambiental são consideradas fatores de economia (matérias-primas) e redução dos custos associados a geração, tratamento e disposição dos resíduos

Projetos na área ambiental devem ser administrados por peritos ambientais, tais como especialistas em rejeitos	As ações na área de meio ambiente devem ser de responsabilidade de todos na empresa
Avanços ambientais serão obtidos com técnicas e tecnologia	Avanços ambientais incluem abordagens técnicas e não técnicas
Qualidade é definida como “atender às necessidades dos usuários”	Qualidade total significa a produção de bens que atendam às necessidades dos usuários e que tenham impactos mínimos sobre a saúde e o ambiente
Pretende reação	Pretende ação
Complexidade dos processos e os riscos são aumentados	Os riscos são reduzidos e a transparência é aumentada
Proteção ambiental focada no cumprimento de prescrições legais. É o resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos	É uma abordagem que cria técnicas e tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável

2.2.2 Pontos-Chave da Produção Mais Limpa

Segundo Mello (2002) os pontos-chave da Produção Mais Limpa para UNIDO e UNEP são:

- A Produção Mais Limpa reduz a geração de resíduos e/ou desperdícios em todos os estágios do processo de produção, que necessitariam ser tratados no fim do processo;
- Os termos “prevenção da poluição”, “redução na origem” e “minimização de resíduos” são, freqüentemente, em alguns países, usados como sinônimos de Produção Mais Limpa;
- Produção Mais Limpa pode ser realizada por meio de boas práticas de produção, modificação em processos, mudanças de tecnologia, substituição de matéria-prima e redesenho ou reformulação do produto;
- As vantagens econômicas da Produção Mais Limpa estão mais na redução de seus custos efetivos do que no controle da poluição. Tornar os processos mais eficientes e de melhor qualidade faz com que os custos de tratamento e disposição final dos resíduos sejam reduzidos e, em alguns casos, eliminados;

- A vantagem ambiental da Produção Mais Limpa é que ela reduz o problema dos resíduos na fonte. Convencionalmente, o tratamento de fim de tubo somente transfere os resíduos de um ambiente para outro;
- A razão pela qual a Produção Mais Limpa está demorando a ser aceita é mais por um fator cultural (humano) do que por fatores técnicos. As práticas de fim de tubo são conhecidas e aceitas pela indústria e engenheiros. As políticas e leis governamentais, freqüentemente, favorecem as soluções de fim de tubo, pois para investimentos dessa natureza existem possibilidades de financiamento. Além disso, os gerentes e trabalhadores que sabem que as indústrias são ineficientes não são recompensados pelas melhorias sugeridas;
- A Produção Mais Limpa ataca o problema em todos os seus níveis, introduzindo um programa em nível de fábrica, requerendo o consentimento dos principais responsáveis pelo gerenciamento e um método sistêmico de produção em todos os aspectos do processo de produção.

2.3 Resíduos Sólidos Industriais

Segundo a norma NBR 10004:2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são definidos como resíduos sólidos aqueles que se encontram nos estados sólidos e semi-sólidos e que resultam das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, serviços gerais, da comunidade. Vale ressaltar que nesta definição incluem-se também os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede de esgoto ou corpos de água, ou que para isto demandem soluções inviáveis do ponto de vista técnico e econômico (CNTL, 2003).

Barbosa Filho (2001, p. 146-147) cita a classificação dos resíduos quanto à sua origem como:

- Residencial, domiciliar ou doméstico: geralmente constituído por sobras de alimentos, invólucros, papéis, papelões, vidros, trapos, etc;
- Comercial: proveniente de ambientes comerciais e tem constituição similar ao residencial, porém destacam-se os resíduos de lavagens, sabões, etc;

- Industrial: oriundo de atividades industriais. Esses resíduos recebem uma caracterização específica:
 - Categoria 1 – Inclui resíduos industriais considerados perigosos à saúde humana ou aos organismos vivos e, por isso, requerem cuidados especiais em sua coleta, acondicionamento e destino final;
 - Categoria 2 – Engloba os resíduos industriais potencialmente biodegradáveis e/ou combustíveis;
 - Categoria 3 – Consiste nos resíduos industriais considerados inertes e/ou incombustíveis;
 - Categoria 4 – Os resíduos industriais que se enquadram nesta categoria são aqueles constituídos por uma mistura variável e heterogênea de substâncias que individualmente poderiam ser classificadas nas categorias 2 ou 3.
- Hospitalar: esses tipos de resíduos em relação à sua geração têm considerações distintas. São resíduos hospitalares comuns restos de alimentos, papéis, invólucros, etc. Já os resíduos hospitalares especiais ou sépticos são oriundos de salas de cirurgia, áreas de internação e de isolamento, logo, deve-se, em situações de acondicionamento, armazenamento local, coleta e disposição final, considerar os riscos que esses materiais oferecem;
- Especial: resíduos de produção transiente, como podas de jardins, mobiliário, animais mortos e descargas clandestinas;
- Outros: inclui os demais resíduos não abordados nas classes citadas acima, assim como aqueles provenientes dos sistemas de varrição e limpeza de galerias e bocas-de-lobo.

O CNTL (2003) afirma que as decisões técnicas e econômicas tomadas em todo ciclo de vida do produto no qual resíduos possam ser gerados devem basear-se na classificação do resíduo, em função dos riscos que estes podem apresentar ao homem e ao meio ambiente. A norma NBR 10004:2004 classifica os resíduos quanto aos possíveis riscos oferecidos:

- Classe I – Perigosos: São aqueles resíduos ou mistura de resíduos que, em função de suas características (inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade) podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseado ou disposto de forma inadequada. São

alguns exemplos desses resíduos: lama de cromo, borras oleosas, lodo de estação de tratamento;

- Classe II – Não inertes: São os resíduos que por suas características não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I (perigosos) ou Classe III (inertes). Esses resíduos podem apresentar propriedades como: solubilidade em água, biodegradabilidade, combustibilidade. Pode-se citar como resíduos Classe I: restos de alimentos, papel e papelão, madeira, tecidos.
- Classe III – Inertes: São os resíduos que submetidos ao teste de solubilidade (conforme NBR 10006:1987) não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água (conforme listagem da NBR 10004:2004). São alguns exemplos de resíduos Classe III: blocos de concreto, vidro, porcelana, certos plásticos.

2.4 Competitividade Industrial

A competitividade é um assunto amplamente discutido no âmbito acadêmico, no entanto, não há uma definição unicamente correta e utilizada, pois é grande o número de enfoques, abrangências e modelos propostos por diferentes autores que tratam do assunto. Para autores como Benites e Valério (2004), a competitividade é a habilidade ou talento, resultante de conhecimentos adquiridos, capaz de criar e sustentar um desempenho superior ao desenvolvido pela concorrência.

Ferraz *et al.* (1997 *apud* GONÇALVES *et al.*, 2003) definem a competitividade como a capacidade da empresa de formular e implementar estratégias concorrenciais, que lhe permita ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado. Para tais autores a competitividade também possui um caráter sistêmico, já que o desempenho empresarial é dependente dos seguintes fatores:

- Fatores empresariais – são os fatores internos à empresa e que são controlados pelas mesmas, pois se referem às estratégias de gestão, inovação e de recursos humanos que são adotadas para manter e/ou ampliar vantagens competitivas sobre seus concorrentes;
- Fatores estruturais – esses são parcialmente influenciados pela empresa. Referem-se a fatores do ambiente competitivo no qual as empresas estão inseridas, como aspectos de mercado, da configuração industrial e de regime de incentivos e regulação da concorrência;

- Fatores sistêmicos – são relativos ao sistema econômico, como aspectos macroeconômicos, político-institucionais, regulatórios, infra-estruturais, sociais, regionais e internacionais. Logo, são fatores externos às empresas e que não são controlados pelas mesmas.

Para Haguenaer (1989 *apud* KUPFER, 1992) os vários conceitos existentes de competitividade podem ser organizados em duas famílias:

- Competitividade como desempenho: nessa vertente a competitividade é de alguma forma expressa na participação no mercado alcançada por uma firma em um mercado em um momento do tempo.
- Competitividade como eficiência: nesse enfoque busca-se de alguma forma traduzir a competitividade através da relação insumo-produto praticada pela firma, ou seja, na capacidade da empresa de converter insumos em produtos com o máximo de rendimento e com maior eficácia que o concorrente.

2.4.1 Atributos da Competitividade Industrial

A questão da competitividade tem sido uma das principais preocupações dos empresários no mundo inteiro, nas últimas décadas. O grande desafio para as empresas é a garantia da sua sobrevivência, em mercados cada vez mais competitivos. Muitos fatores têm colaborado para o acirramento da competitividade, tais como, globalização de mercados, novas tecnologias, exigência de produtos com elevado grau de qualidade, entre outros. Nesse ambiente turbulento, as empresas precisam buscar diferenciais, utilizando suas competências e habilidades (SCHMITT; MAÇADA, 1997). Henriques e Peças (2004) definem como atributos que levam a diferenciais competitivos na indústria:

- Tempo – refere-se à velocidade de produção, medida em unidades produzidas por unidade de tempo e à rapidez com que o sistema de fabricação consegue responder a alterações do produto ou do volume de produção requerido;
- Custo – inclui custos indiretos, mão-de-obra, equipamentos, engenharia e outros encargos diretos;
- Flexibilidade – ao nível da engenharia e da gestão de operações engloba:
 - Flexibilidade Estratégica: capacidade da empresa em mudar a sua estratégia de negócio e/ou de produção sem degeneração significativa no desempenho econômico;

- Flexibilidade de volume: capacidade de variar o volume de produção de um ou mais produtos sem redução significativa de margens de lucro;
 - Flexibilidade de gama: capacidade de introduzir e descontinuar produtos e componentes do mercado, de introduzir modificações nos produtos de modo a inovar, a introduzir produtos diferenciados e a explorar oportunidades;
 - Flexibilidade de mix: capacidade de alteração do mix de produção de uma determinada família de produtos (capacidade de aceitar ordens de fabricação em seqüência aleatória);
 - Flexibilidade de robustez: capacidade para suportar o mau funcionamento do sistema produtivo e os erros de previsão.
- Qualidade – forte pressão para introduzir melhorias contínuas nos produtos e serviços em termos da funcionalidade, estética, ergonomia, segurança, operacionalidade, facilidade de manutenção, etc.
 - Ambiente – mitigação dos impactos ambientais dos fluxos de energia e materiais através da redução dos níveis de poluição, da geração de desperdícios e do consumo de recursos para níveis compatíveis com a sustentabilidade do ambiente a longo prazo.

Henriques e Peças (2004) também apresentam a perspectiva da evolução desses atributos perante as novas exigências do mercado. A Figura 2.4 exibe o cenário atual de como as empresas estão buscando a competitividade e o compara com o cenário futuro, no qual as empresas, para se destacarem no mercado, terão que buscar aperfeiçoamento em praticamente todos os aspectos, inclusive nas questões ambientais, aspecto que hoje não é tão explorado pelas empresas como os demais atributos.

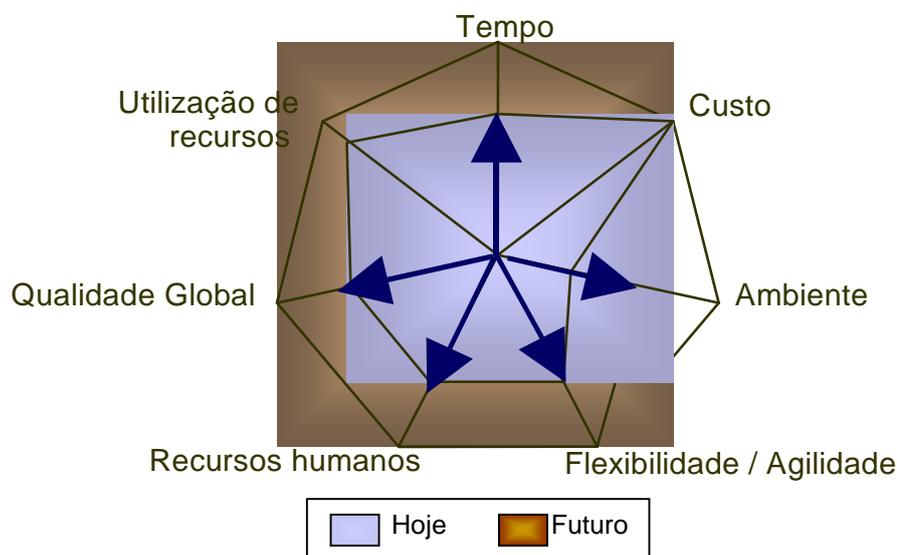


Figura 2.4. Alteração Perspectivada nos Atributos de Competitividade

Fonte: Henriques; Peças (2004)

Existem diversos fatores que influenciam na competitividade de uma empresa, entre eles a excelência e a satisfação dos *stakeholders*. A excelência se traduz em produtividade, qualidade, agilidade, flexibilidade e inovação. A satisfação dos *stakeholders* implica na criação de valor para os clientes, o retorno sobre o investimento dos acionistas, a humanização do trabalho, as relações de parceria com os fornecedores e a constante preservação do meio ambiente (VALOR ECONÔMICO, 2003).

Para Porter (1980, 1985 *apud* MELLO, 2002) são dois os aspectos mais importantes para a vantagem competitiva: a empresa ter baixos custos e um alto volume de vendas. Mello também afirma que outros pesquisadores, tais como Robinson (1988), Urban *et al.* (1986), Golder e Tellis (1993), já relacionam a vantagem competitiva às decisões em relação ao tempo de entrada no mercado (movimentos cedo ou tardios) e o nível de comprometimento (entrar no mercado em larga escala ou com inovações incrementais), gerando novos padrões de produtos ou obtendo preferências em relação às matérias-primas, capacidade de produção ou consumidores.

2.5 Redução da Geração de Resíduos

É de vital importância para a indústria moderna que o termo minimização seja praticado na sua plenitude. De maneira resumida, a minimização abrange uma série de técnicas a serem utilizadas de modo a eliminar ou mitigar um determinado resíduo na própria fonte geradora. Dentre as principais técnicas ou medidas para mitigação, que podem ser tomadas separadamente ou em conjunto, pode-se citar (CNTL; 2003, 2007a):

- Modificação no produto;
- Modificação no processo:
 - Substituição de matérias-primas e materiais auxiliares;
 - Modificação tecnológica;
 - Modificação de procedimentos e práticas operacionais (*housekeeping*).

2.5.1 Modificações no Produto

O CNTL (2003, 2007a) afirma que diversas empresas são relutantes em modificar seus produtos e o argumento mais amplamente aceito contra essa mudança é a preferência do consumidor, porém as modificações no produto podem levar a uma situação ecológica

melhorada em termos de produção, utilização e disposição do produto. A questão da aceitação ou não dos consumidores a um produto novo ou renovado torna essa modificação complexa e de difícil implementação, logo, geralmente essa medida é adotada após terem sido esgotadas as opções mais simples. Nos mesmos textos também é citado que a modificação no produto pode incluir:

- Substituição completa do produto;
- Aumento da longevidade;
- Substituição de materiais;
- Modificação do design do produto;
- Uso de materiais recicláveis e reciclados;
- Substituição de componentes críticos;
- Redução do número de componentes;
- Viabilização do retorno de produtos;
- Substituição de itens do produto;
- Alteração de dimensões do produto para um melhor aproveitamento da matéria-prima.

2.5.2 Modificações no Processo

As medidas de minimização mais encontradas em programas de Produção Mais Limpa são aquelas que envolvem estratégias de modificação no processo. As modificações no processo podem ajudar a reduzir significativamente os resíduos, efluentes e emissões. Por processo, entende-se todo o processo de produção dentro da empresa que compreende um conjunto de medidas (CNTL; 2003, 2007a):

Boas Práticas Operacionais de Produção Mais Limpa (*Housekeeping*)

Entende-se por boas práticas operacionais utilização cuidadosa de matérias-primas e materiais auxiliares, operação adequada de equipamentos e melhor organização interna (mudanças organizacionais). Essas medidas implicam na adoção de medidas de procedimento, técnicas, administrativas ou institucionais que uma empresa pode implantar para minimizar os resíduos, efluentes e emissões e que, na maioria dos casos, são as medidas economicamente mais interessantes e que podem ser facilmente colocadas em prática. O início do programa de Produção Mais Limpa deve contemplar primeiramente a análise das práticas operacionais e buscar soluções práticas de *housekeeping*. As economias proporcionadas pelas boas práticas

operacionais podem viabilizar novos investimentos na empresa, inclusive em novas tecnologias (CNTL; 2003, 2007a). Os textos apontam como exemplos de boas práticas de Produção Mais Limpa:

- 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, insumos e produtos;
- Elaboração de manuais de boas práticas operacionais, treinamento e capacitação de pessoal envolvido no programa de Produção Mais Limpa;
- Alteração dos fluxos de material, pequenos ajustes de *layout*;
- Aumento da logística associada a resíduos;
- Melhoria do sistema de informação;
- Padronização de operações e procedimentos.

Substituição de Matérias-Primas e Materiais Auxiliares de Processo

De acordo com o CNTL (2003, 2007a) as matérias-primas e os materiais auxiliares de processo que são tóxicas ou têm diferentes dificuldades para reciclagem podem, muitas vezes, ser substituídas por outras menos prejudiciais, auxiliando assim a reduzir o volume de resíduos e emissões. Como exemplos, tem-se:

- Substituição de solventes orgânicos por agentes aquosos;
- Substituição de solventes halogenados por amônias quaternárias;
- Substituição de produtos petroquímicos por bioquímicos;
- Escolha de materiais com menor teor de impurezas e/ou com menor possibilidade de gerar subprodutos indesejáveis;
- Substituição por matérias-primas com menos impurezas ou com maior rendimento no processo;
- Simples 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 para reduzir a complexidade dos processos;

- Uso de substâncias livres de metais pesados;
- Uso de matérias-primas que tenham um ciclo de vida conhecido e que facilitem o sistema de fim de vida de produtos.

A substituição de matérias-primas inclui também todos os materiais auxiliares potencialmente tóxicos e danosos, que podem afetar a saúde e a segurança do trabalhador e obrigam a utilização de equipamentos específicos de proteção individual – EPIs (CNTL, 2003).

Modificações Tecnológicas

As mudanças tecnológicas são orientadas para as modificações de processo e de equipamento para reduzir resíduos, efluentes e emissões no sistema de produção. As modificações variam de reconstruções relativamente simples, que podem ser implementadas em um período curto de tempo, até mudanças complexas e onerosas, como a substituição completa de um processo. Frequentemente, essas medidas precisam ser estudadas e combinadas com *housekeeping* e seleção de matérias-primas (CNTL, 2007a). No mesmo texto são descritos alguns exemplos de modificações tecnológicas:

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

3 AS QUESTÕES AMBIENTAIS E A COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL

Neste capítulo será apresentado de que maneira a Produção Mais Limpa, a partir da redução da geração de resíduos, pode gerar vantagens competitivas para empresas do setor industrial e quais as barreiras que essas podem enfrentar para a implantação desse programa, tanto de forma interna e externa. De forma complementar, exemplificaremos algumas soluções de sucesso de redução da geração de resíduos tomadas por indústrias que possuem programa de Produção Mais Limpa.

3.1 Contribuições da Redução de Geração de Resíduos Para a Competitividade Industrial

Para que uma indústria possa pensar em tornar-se competitiva ela deve buscar um conhecimento mais profundo de seu processo industrial. O CNTL (2003) afirma que a implementação de um programa de Produção Mais Limpa possibilita à empresa esse melhor conhecimento através do monitoramento constante para manutenção e desenvolvimento de um sistema eco-eficiente de produção com a geração de indicadores ambientais e de processo. Este monitoramento permite à empresa identificar, entre outras, necessidades relativas a pesquisa aplicada, informação tecnológica e programas de capacitação. Além disso, a Produção Mais Limpa permite uma integração entre os sistemas de qualidade, de gestão ambiental e de segurança e saúde ocupacional, proporcionando à indústria o completo entendimento do sistema de gerenciamento da empresa.

Ainda segundo o CNTL (2007a) o programa de Produção Mais Limpa visa investigar os processos de produção e as demais atividades de uma empresa e profundamente estudá-los do ponto de vista da utilização de materiais e energia, com o objetivo de fortalecer economicamente a indústria através da prevenção da poluição. Tal entidade afirma também que no mercado atual encontram-se dois tipos inter-relacionados de indústrias que se interessam em adotar a Produção Mais Limpa como sua estratégia ambiental regente. O primeiro é aquele em que os empresários e os funcionários almejam manter um ambiente de trabalho limpo, organizado e ecologicamente correto. Já o outro tipo de indústrias é o que está motivado em incorporar essa filosofia para reduzir seus custos operacionais, envolvendo

desperdícios e/ou impostos associados, e criar a associação de sua imagem à responsabilidade ambiental. Assim, todas as empresas do setor industrial, independentemente de seu porte e de seu setor de atuação, podem transformar essa estratégia ambiental preventiva em vantagem competitiva perante seus concorrentes. Dentre as vantagens obtidas através da redução da geração de resíduos na fonte pode-se citar: redução de custos de produção, melhora de eficiência do processo e de qualidade dos produtos, marketing “verde”, mudança cultural da empresa perante responsabilidade ambiental, ampliação das perspectivas do mercado interno e externo e aumento da motivação e da produtividade dos colaboradores.

3.1.1 Redução de Custos de Produção e Aumento de Produtividade

Os programas de Produção Mais Limpa focalizam no potencial de ganhos diretos no processo de produção vigente e de ganho indireto pela eliminação de custos associados com o tratamento e a disposição final de resíduos, desde a fonte, ao menor custo e com curtos períodos de retorno das inversões (MELLO; NASCIMENTO, 2002).

A UNIDO (2002) afirma que a redução de custos é um dos mais importantes benefícios econômicos obtidos a partir da Produção Mais Limpa.

Resíduos são considerados um produto com valor econômico negativo, logo cada passo dado para a redução da geração de resíduos leva ao aumento da produtividade e dos benefícios financeiros de uma empresa. A redução de geração de resíduos na fonte, ou até mesmo a eliminação dos mesmos, reduz os custos industriais associados a atividades de manuseio, transporte, armazenagem e disposição desses materiais. Além disso, se menos resíduos industriais são gerados menor será o custo envolvido com tratamentos de fim de tubo, então quando a eliminação dos resíduos é dada na fonte geradora o ganho obtido pela redução de custos de tratamentos dos poluentes no final do processo é ainda maior (CNTL, 2007a; UNIDO, 2002).

O CNTL (2007a) relata que o aumento da produtividade e da eficiência também são vantagens competitivas obtidas a partir da redução da geração de resíduos na fonte, pois a mesma quantidade de matérias-primas que anteriormente gerava produto acabado e resíduos ao longo de todo o processo passa a produzir apenas produtos, e conseqüentemente, numa quantidade maior do que a produzida antes da otimização das matérias-primas.

Como qualquer investimento, a decisão de investir em Produção Mais Limpa depende da relação custo-benefício. Sem dúvida, ao comparar as mudanças que são geradas na estrutura dos custos totais, quando se decide investir em Produção Mais Limpa, tem-se que,

com o tempo, os custos diminuem significativamente, devido aos benefícios gerados a partir do aumento da eficiência dos processos e dos ganhos, no consumo de matérias-primas e energia e na diminuição de resíduos e emissões contaminantes (CNTL, 2003). Na Figura 3.1 pode-se observar que quando se toma a decisão de implantar ações de Produção Mais Limpa a princípio ocorre uma redução dos custos totais pela adoção de medidas sem investimento (área A da Figura 3.1), como por exemplo ações de boas práticas operacionais (*housekeeping*). A partir de investimentos em otimização dos processos produtivos e novas tecnologias, ocorre um aumento dos custos totais (área B da Figura 3.1), porém passado um dado período de tempo percebe-se uma redução desses custos totais, o que permite a recuperação do investimento inicial e, com o passar do tempo, os ganhos obtidos com o aumento da eficiência produtiva permitem uma redução permanente dos custos totais (área C da Figura 3.1).

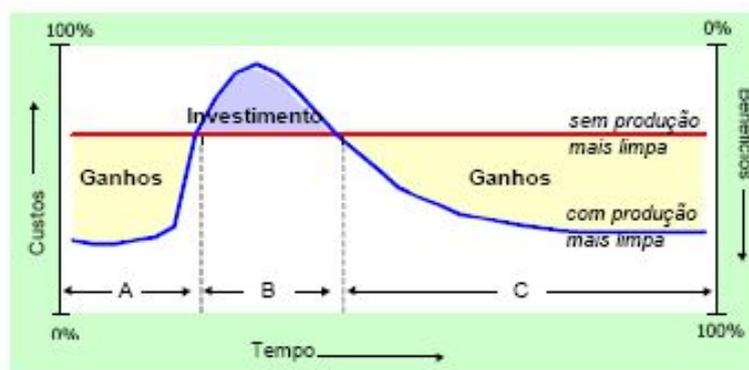


Figura 3.1. Custos x Benefícios da Implementação da Produção Mais Limpa

Fonte: CNTL (2003)

3.1.2 Marketing “Verde” e Ampliação de Mercado

Pesquisas apontam que a maioria dos consumidores prefere empresas ambientalmente responsáveis. Em um estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria em parceria com o Ibope, em maio de 1998, com consumidores acima de 16 anos de todas as regiões do Brasil, 68% dos entrevistados afirmaram que pagariam mais caro por um produto que não contaminasse o meio ambiente. Esse levantamento indica uma tendência de comportamento do consumidor em relação a produtos e empresas dos mais diversos segmentos (GUIDONI, [S.D.]). Estes consumidores assumem previamente que as empresas sejam tão responsáveis em relação à qualidade de seus produtos, como são em relação ao meio ambiente nas suas práticas produtivas (CNTL, 2003). Ou seja, a qualidade percebida pelos consumidores é maior

nos produtos “verdes” (originados de indústrias com responsabilidade ambiental) do que nos demais produtos.

A partir dos dados acima citados, percebe-se que a redução da geração de resíduos na fonte, por tornar a indústria “ambientalmente correta”, pode ser uma medida importante para alavancar a competitividade da empresa no mercado através do marketing “verde”, isto é, do marketing responsável, pois mostra à sociedade a consciência e as contribuições ambientais da empresa. Essa consequência positiva é o fortalecimento da imagem da empresa frente à comunidade e às autoridades ambientais.

Outra potencial oportunidade para uma empresa que é percebida como ambientalmente correta é ingressar em novos mercados internos e externos, já que novos clientes, os interessados em fornecedores com estratégias ambientais preventivas por exemplo, passam a estar a seu alcance.

3.1.3 Mudança Cultural

A Produção Mais Limpa é considerada um programa gerador de mudanças, pois com a sua implementação as indústrias buscam aperfeiçoamento de processos, novas tecnologias, novas formas de trabalho, etc. Logo, para que esse programa gere os resultados e as vantagens competitivas esperados é importante salientar a necessidade fundamental do compromisso da alta administração e dos funcionários (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CEBDS, [S.D.]).

A entidade citada declara também que, em primeiro lugar, para que a Produção Mais Limpa flua dentro da empresa a alta gerência deve assumir e coordenar o programa de forma efetiva, assim como apoiar seus funcionários no desenvolvimento do mesmo. Uma vez que a liderança está completamente envolvida com essa nova filosofia de trabalho, ela deve passar essa mesma ideologia para todos os seus colaboradores, ou seja, sensibilizá-los e incentivá-los com as perspectivas dos resultados a serem obtidos com o novo trabalho (melhoria do ambiente de trabalho, menor vulnerabilidade da empresa perante as concorrências do mercado, etc), bem como os informando sobre o total apoio a lhes ser dado pela direção.

Quando tal envolvimento e motivação acontecem de forma clara e coerente é possível que haja uma mudança cultural para a resolução de problemas dentro da empresa, na qual todos os seus níveis estejam buscando um objetivo comum através da melhoria contínua,

alcançando-se melhorias constantes de desempenho, reciclagem de processos e inovações industriais (CEBDS, [S.D.]; CNTL, 2007).

3.1.4 Aumento de Motivação e Produtividade dos Funcionários

As vantagens obtidas por uma indústria que adota um programa de Produção Mais Limpa não se limitam às questões ambientais e econômicas, pois, como em muitos casos, a geração de resíduos em um processo produtivo está diretamente relacionada a problemas de saúde ocupacional e de segurança dos trabalhadores. Eliminar ou reduzir a geração desses resíduos na fonte permite a mitigação dos riscos ocupacionais na medida em que novas oportunidades de utilização matérias-primas e auxiliares menos tóxicas são identificadas, uma menor quantidade de resíduos passa a ser acondicionada, transportada e enviada para disposição final e um ambiente mais limpo e organizado é criado, o que contribui para uma melhor qualidade do ambiente de trabalho (CNTL; 2007a, 2007b).

De forma complementar, tal entidade acima citada também afirma que a redução da geração de resíduos proporciona condições para que os trabalhadores estejam perfeitamente inseridos no ambiente de trabalho sentindo-se seguros e confortáveis, o que favorece para que os mesmos otimizem sua eficiência e os possibilitem desenvolver a capacidade de reavaliar constantemente processos e produtos. Ou seja, riscos aos trabalhadores são reduzidos, não somente pelas práticas organizacionais que conferem menor negligência no ambiente de trabalho, mas também pela consciência criada em cada colaborador. Além do mais, essa redução de riscos interfere diretamente na redução dos custos, tanto pela redução de acidentes que levam a ausência ao serviço, como pelo custo do afastamento do trabalho.

De forma sumarizada pode-se apontar os seguintes benefícios esperados com a implantação da gestão pela prevenção de desperdício (CNTL, 2007a):

- Adoção sistemática de análise de incidentes, acidentes sem lesão, danos à propriedade e perdas no processo;
- Mudanças de atitude, passando de um interesse apenas social para uma postura voltada para o resultado do negócio;
- Possibilidade de indicação de área, equipamentos e tarefas críticas dentro do processo de gerenciamento de riscos;
- Elevação do moral e do nível de ativação dos empregados pela melhoria da qualidade de vida, aumentando a produtividade;

- Estabelecimento de procedimentos operacionais padrões e práticas seguras de trabalho;
- Redução de perdas e danos, diminuindo os custos da produção sem sacrificar a produtividade.

3.1.5 Aumento da Qualidade dos Produtos

Como a Produção Mais Limpa preza pela melhoria contínua de seus processos com o objetivo de continuar reduzindo seus resíduos na fonte geradora ao longo do tempo, esse programa leva as indústrias a buscarem novos métodos de trabalho e materiais mais eficientes, assim como novas tecnologias sempre que possível. E é justamente esse aperfeiçoamento de materiais e de equipamentos, aliados à mudança cultural dos colaboradores, que favorecem os produtos a serem produzidos com uma qualidade otimizada.

3.2 Barreiras à Implementação da Produção Mais Limpa

Mesmo com todas as vantagens econômicas, ambientais e competitivas a adoção de ações que promovam a Produção Mais Limpa permanece ainda limitada entre as indústrias brasileiras, principalmente aquelas de pequeno e médio porte. A partir de um estudo da UNIDO, realizado em 2001, foram identificadas e categorizadas as barreiras potenciais que podem impedir ou retardar a implementação da Produção Mais Limpa nas empresas nacionais (CNTL, 2003; MELLO, 2002):

- *Barreiras Organizacionais* – são aquelas referentes a não-envolvimento dos empregados, concentração de poder de decisão no proprietário da empresa, ênfase à produção, abrangência limitada das ações ambientais dentro da empresa, alta rotatividade de pessoal técnico, reduzindo o conhecimento da empresa, a falta de reconhecimento pelas iniciativas dos empregados, experiência prévia limitada com o envolvimento dos empregados em projetos da empresa;
- *Barreiras Sistêmicas* – envolvem presença de um sistema de informação incompleto, falhas na documentação da empresa, falta de registros e controles de seus gastos, desconhecimento do montante real dos custos ambientais da empresa, alocação incorreta dos custos ambientais aos setores onde são gerados, existência de um sistema de gerenciamento inadequado ou ineficiente, falta de sistemas para promoção

profissional (aprimoramento das habilidades individuais) e ausência de planejamento de produção diário;

- *Barreiras de Atitudes* – abordam falta de cultura em relação a melhores práticas de operação, resistência pelas pessoas a mudanças, falta de liderança e de supervisão eficaz, percepção dos gerentes do esforço e do risco relacionados à implementação de um programa de Produção Mais Limpa (falta de incentivos para participação no programa e possibilidade de revelação dos erros operacionais existentes), medo de falhar por parte de todos os níveis da empresa, falta de percepção do potencial positivo da empresa na solução dos problemas ambientais (indiferença) e interpretação limitada ou incorreta do conceito de Produção Mais Limpa;
- *Barreiras Econômicas* – estão vinculadas a predominância de preços baixos e disponibilidade abundante de recursos, ausência de interesse das instituições financiadoras em projeto de Produção Mais Limpa para viabilizar linhas de financiamento e mecanismos específicos de incentivo, exclusão dos custos ambientais da análise econômica das medidas de redução de resíduos, planejamento inadequado dos investimentos, capital restrito para investimentos rápidos e de pequeno valor, predominância de incentivos fiscais relativos à produção, baixa rentabilidade dos investimentos em Produção Mais Limpa quando comparados a outras alternativas de investimento, alto custo do capital externo para investimentos em tecnologias e percepção incorreta de que investimentos em Produção Mais Limpa representam um risco financeiro alto devido à natureza inovadora desses projetos;
- *Barreiras Técnicas* – referem-se à ausência de uma base operacional sólida (com práticas de produção bem estabelecidas, manutenção preventiva, etc), à complexidade da Produção Mais Limpa (necessidade de empreender uma avaliação extensa e profunda para identificação de oportunidades de Produção Mais Limpa), ao acesso limitado à informação técnica mais adequada à empresa bem como desconhecimento da capacidade de assimilação dessas técnicas pela empresa, à falta de infra-estrutura e à limitação de mão-de-obra;
- *Barreiras Governamentais* – essas estão vinculadas a políticas adotadas em relação a preços de determinados serviços públicos, falta de políticas industriais de isenção fiscal e de incentivos para esforços de redução de resíduos, foco insuficiente em Produção Mais Limpa nas estratégias ambiental, tecnológica, comercial e de desenvolvimento industrial e ênfase em técnicas de fim de tubo e desenvolvimento insuficiente da estrutura de política ambiental, incluindo a falta de aplicação das políticas existentes;

- *Outras Barreiras* – barreiras que dizem respeito a falta de apoio institucional, falta de pressão pública para o controle da poluição, sazonalidade nos processos de produção e espaço limitado no *layout* das empresas, o que impede o investimento em melhorias operacionais.

Muitas empresas brasileiras ainda assumem como parte da barreira à implementação da Produção Mais Limpa, a permanente necessidade de novas tecnologias para obterem sucesso em tal empreitada. Todavia, ao contrário disso, a UNEP afirma que aproximadamente 50% da poluição gerada em vários países poderia ser evitada com melhorias em práticas de operação e mudanças simples em processos, sem haver a necessidade da utilização de tecnologias sofisticadas, inovações radicais e/ou grandes investimentos. Igualmente foi também verificado que cada vez que houve uma mudança na legislação obrigando as empresas a modificarem seus processos de produção, houve uma maior eficiência e menor custo de produção (MELLO, 2002; MELLO; NASCIMENTO, 2002).

3.3 Casos de Aplicação da Redução de Geração de Resíduos em Indústrias

Uma pesquisa contida no Relatório da Competitividade da Indústria Brasileira, realizada em 2001, aponta que 57,5% das microempresas não adotam qualquer prática de gestão ambiental, enquanto que entre as grandes empresas esse percentual cai para 5% (LEMOS; CASTRO, 2003). Esses números identificam a necessidade, bem como oportunidades, para a consolidação da cultura ambiental no setor produtivo nacional, já que o segmento de médias, pequenas e microempresas representa 99% (5,6 milhões) das empresas do país. Nesse intuito, como uma forma de buscar o desenvolvimento e consolidar a consciência ambiental do Brasil, foi criada a Rede Brasileira de Produção Mais Limpa, coordenada pelo CEBDS e suportada pelo Sebrae, com o objetivo orientar e estimular essas companhias de menor porte a adotarem um programa de Produção Mais Limpa como uma estratégia geradora de benefícios ambientais e econômicos. Nos três primeiros anos da implantação desse projeto foi observado que entre as 200 empresas participantes houve uma redução considerável dos gastos com matérias-primas, água e energia que totalizou uma economia de R\$ 18 milhões, a partir de um investimento de R\$ 4,5 milhões. Ou seja, para cada R\$ 1 investido houve um retorno de outros R\$ 4. Outrossim, além da vantagem econômica auferida, foram percebidos a cada ano benefícios ambientais através da redução do consumo de insumos produtivos da ordem de: 6 milhões de toneladas de matérias-primas, 350 mil metros cúbicos de água, 3 milhões de KWh

de energia elétrica, 1 milhão de metros cúbicos de gás, assim como redução anual dos impactos diretos ao meio ambiente gerando menos 5,5 toneladas de emissões atmosféricas, 167 mil metros cúbicos de efluentes líquidos industriais, 911 toneladas de resíduos sólidos e 3,5 toneladas de resíduos perigosos (GAZETA MERCANTIL, 2005).

Algumas das ações tomadas por essas empresas após a adoção do programa de Produção Mais Limpa são citadas pelo CEBDS [S.D] enfatizando os investimentos requeridos e os retornos alcançados com a redução da geração de resíduos. Como exemplo destacamos os seguintes casos:

Caso 1: Empresa Água Mineral Cristalina

Situação antes da Produção Mais Limpa: No processo de higienização de garrações de água que retornam do mercado é utilizada uma solução cáustica que necessita ser descartada a cada sete dias, gerando custo tanto pela reposição da solução como pelo tratamento de efluentes.

Situação após implementação da Produção Mais Limpa: Foi identificado, através de análises microbiológicas da solução cáustica em uso no processo de higienização, que a vida útil dessa solução poderia ser otimizada através da sua correta utilização pelos operadores e que o tempo de descarte poderia passar para quinze dias, porém sem comprometer a qualidade da limpeza dos garrações. Foi necessário investimento em treinamento dos operadores e materiais para análise microbiológica durante o período de teste desenvolvido com um custo total de R\$ 500.

- Benefícios Ambientais: Redução de 60% no consumo de soda cáustica, de 50% da geração de efluentes devido ao descarte da solução de soda cáustica;
- Benefícios Econômicos: Economia de R\$ 34.758/ano com retorno do capital investido praticamente imediato.

Caso 2: Empresa AGM Indústria, Comércio e Representações Ltda

Situação antes da Produção Mais Limpa: No processo de fabricação de velas de parafina foi identificado que os recipientes utilizados (baldes) para encher os moldes das velas eram inapropriados, pois não permitiam que toda a parafina fosse retirada dos baldes durante o enchimento. Esse procedimento gerava um residual de 35% a 50% da parafina utilizada para a fabricação do produto, o qual posteriormente seria que ser reprocessado no processo.

Situação após implementação da Produção Mais Limpa: Foi desenvolvido para o processo de enchimento de moldes recipientes específicos e apropriados, possuindo pegas e base com isolamento térmico, bico dosador e um suporte giratório, com um custo aproximado de R\$ 390.

- Benefícios Ambientais: Redução de 50% do GLP (gás liquefeito de petróleo) utilizado no reprocessamento de parafina;
- Benefícios Econômicos: Redução de 50% das sobras de parafina no recipiente de dosagem levando a uma economia de R\$ 2.268/ano e um prazo para retorno do capital investido em 2,4 meses.

Pode-se observar que ambas as soluções acima adotadas são de simples e rápida implementação, baixo custo e retorno quase imediato, o que vem a confirmar que indústrias de todos setores e portes podem implementar um programa de Produção Mais Limpa.

Além disso, é citado como consequência da adoção da Produção Mais Limpa nesses dois casos algumas vantagens competitivas como a redução dos custos com materiais produtivos utilizados e a eliminação/redução de atividades produtivas desnecessárias, levando a um aumento da produtividade fabril. Outras vantagens competitivas obtidas por essas empresas foram o aumento da motivação dos funcionários devido a aperfeiçoamento e adequação das condições e das ferramentas de trabalho empregadas, assim como, a melhora da imagem organizacional perante os mercados consumidores local, nacional e internacional.

4 CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foram descritas maneiras pelas quais as indústrias, de diversos portes e setores, podem implementar a Produção Mais Limpa com foco no seu primeiro nível de oportunidades, que é a minimização da geração de resíduos na fonte geradora.

O estudo realizado neste TCC, suportado pela revisão de literatura e por dados empíricos de estudos de caso obtidos em fontes secundárias, confirmou que para as companhias atenderem a políticas ambientais impostas pelo governo podem adotar estratégias mais atrativas do que tratamentos de fim de tubo, já que é possível, e muitas vezes viável, adquirir vantagens competitivas a partir de uma estratégia ambiental preventiva. As evidências também mostram que há retornos, mensuráveis e imensuráveis, de todo investimento aplicado às empresas ao adotarem a Produção Mais Limpa em todos os níveis e setores organizacionais.

Este TCC contribuiu para formação da aluna como Engenheira de Produção em diversos níveis, desde o estudo sobre o tema até o entendimento da aplicação do assunto na prática. A partir dos estudos realizados foi viabilizada a compreensão de como as indústrias brasileiras estão respondendo às questões ambientais mundiais, e que é possível aliar o respeito e a positiva contribuição à situação ambiental global com a competitividade nos negócios. E é com essa vertente que os profissionais atuais devem atuar, buscando otimização de produtividade, mas sem comprometer a qualidade do meio ambiente e o bem-estar e a saúde da população.

4.1 Limitações e Dificuldades do Trabalho

Este trabalho teve sua elaboração limitada a explicar os potenciais diferenciais competitivos para as indústrias que adotam soluções da redução da geração de resíduos dentro da Produção Mais Limpa, no entanto não teve como objetivo aprofundar-se nos demais níveis de aplicação da Produção Mais Limpa, nem em especificar os impactos ambientais causados pela disposição final de resíduos e efluentes excessivos.

A principal dificuldade encontrada durante o progresso deste trabalho foi relacionada à restrição de materiais e autores especializados que tratam da Produção Mais Limpa.

Principalmente no tocante ao acesso a distintos pontos de vista sobre o assunto, que permitissem reflexões e questionamentos sob diferentes ângulos e de forma mais profunda e detalhada. Também foram restritas as informações encontradas sobre estudos de caso que tratam da implementação da Produção Mais Limpa em indústrias, pois elas focam principalmente os benefícios financeiros aferidos e abordam de forma superficial as demais vantagens competitivas obtidas por essas indústrias.

4.2 Sugestões e Recomendações para Trabalhos Futuros

Utilizando como princípio o atual trabalho, sugerimos que próximos trabalhos sobre o tema enfoquem na importância dos demais níveis de aplicação da Produção Mais Limpa, como reciclagem interna e externa e ciclos biogênicos (Níveis 2 e 3).

Outra oportunidade sugerida é a de desenvolver um estudo de caso focado nos benefícios competitivos, tangíveis e intangíveis, obtidos por uma empresa através do programa de Produção Mais Limpa desde a sua implementação até o retorno dos investimentos aplicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10006: solubilização de resíduos – procedimentos**. Rio de Janeiro, 1978.

BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do trabalho e gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2001.

BENITES, A. T.; VALÉRIO, L. M. **Competitividade – Uma abordagem do ponto de vista teórico**. In: JCEA – JORNADA CIENTÍFICA DO CENTRO-OESTE, 4., 2004, Campo Grande.

CÂNDIDO, G. A. **Indicadores de competitividade para micro e pequenas empresas comerciais: um estudo de caso**. In: ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART463.pdf>. Acesso em 30/03/2008.

CEBDS (Conselho Empresarial Brasileiro Para o Desenvolvimento Sustentável). **A Produção Mais Limpa na micro e pequena empresa**. Rio de Janeiro, [S.D.]. Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/pub-docs/pub-resp-cartilha-sebrae-cebds.pdf>>. Acesso em 29/03/2008.

_____. **Estudos de caso.** Rio de Janeiro, [S.D.]. Disponível em:
<<http://www.cebds.org.br/cebds/eco-pmais1-estudos-caso.asp>>. Acesso em 01/05/2008.

_____. **Produção Mais Limpa - Conceito.** Rio de Janeiro, [S.D.]. Disponível em:
<<http://www.cebds.org.br/cebds/eco-pmais1-conceito.asp>>. Acesso em 20/01/2008

CNTL (Centro Nacional de Tecnologias Limpas). **Indicadores ambientais e de processo.**
Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 13/04/2008.

_____. **Implementação de programas de Produção Mais Limpa.** Porto Alegre, 2003.
Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 30/03/2008.

_____. **Princípios básicos de Produção Mais Limpa em matadouros frigoríficos.** Porto
Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 30/03/2008.

_____. **Produção Mais Limpa no processamento de couro vacum.** Porto Alegre, 2003.
Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 30/03/2008.

_____. **Produção Mais Limpa em edificações.** Porto Alegre, 2007a. Disponível em:
<<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 30/03/2008.

_____. **Produção Mais Limpa em confecções.** Porto Alegre, 2007b. Disponível em:
<<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 15/04/2008.

_____. **O que é Produção Mais Limpa?** Porto Alegre, [S.D]. Disponível em: <http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/O%20que%20%E9%20Produ%E7%E3o%20mais%20Limpa.pdf>. Acesso em 30/01/2008.

COUTINHO, L.; FERRAZ, J. C. **Estudo da competitividade da indústria brasileira.** Campinas: Papirus, 1995.

DIAZ, C. A. P.; PIRES, S. R. I. **Produção Mais Limpa: Integrando meio ambiente e produtividade.** Espírito Santo do Pinhal, 2005. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/racre/include/getdoc.php?id=25&article=8&mode=pdf>>. Acesso em 06/01/2008.

ELIAS, S. J. B.; MAGALHÃES, L. C. **Contribuição da produção enxuta para obtenção da Produção Mais Limpa.** In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1005_0658.pdf>. Acesso em 29/03/2008.

FOELKEL, C. **Produção Mais Limpa e o setor de celulose e papel.** Disponível em: <<http://www.celso-foelkel.com.br/.../Produ%E7%E3o%20mais%20limpa%20e%20o%20Setor%20de%20Celulose%20e%20Papel.pdf>>. Acesso em 29/03/2008.

GAZETA MERCANTIL. **Produção Mais Limpa e lucratividade.** Disponível em: <<http://www.cebds.org.br/cebds/Artigos.asp?area=2&TD=1>>. Acesso em 20/04/2008.

GONÇALVES, A. *et al.* **Competitividade industrial de Minas Gerais no período 1985-2000: um enfoque econométrico.** Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <<http://www.face.ufmg.br/novaeconomia/sumarios/v13n2/Goncalves.pdf>>. Acesso em 27/03/2008.

GUÉLERE FILHO, A. **Minimização de impactos I.** Ribeirão Preto, 2005. Disponível em: <http://labinfo.cefetrs.edu.br/professores/johnsoprana/Gestao%20Ambiental/M_dulo_1.ppt>. Acesso em 20/03/2008.

HENRIQUES, E; PEÇAS, P. **Introdução à gestão de operações.** Lisboa, 2003. Disponível em: <http://www.dem.ist.utl.pt/~m_gpI/introducao%20gestao%20das%20operacoes.pdf>. Acesso em 29/03/2008.

INSTITUTO POSTO ECOLÓGICO. **Marketing “verde” – o posto em sintonia com o consumidor.** Disponível em: <http://www.institutopostoecologico.com.br/artigos_colaboradores2.php?id_artigo_colaborador=4>. Acesso em 01/05/2005.

KUPFER, D. **Padrões de concorrência e competitividade.** Campos de Jordão, 1992. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/gic/pdfs/1992-2_Kupfer.pdf>. Acesso em 30/03/2008.

LE MOS, H. M, CASTRO, M. I, **Competitividade e meio ambiente no MERCOSUL.** 2003. Disponível em: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/MERCOSUR/File/2-Te%20cnico%20_%20Capi%20tulo%202.pdf>. Acesso em 01/06/2008.

MELLO, M. C. A. **Produção Mais Limpa: um estudo de caso na AGCO do Brasil**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://volpi.ea.ufrgs.br/teses_e_dissertacoes/td/000963.pdf>. Acesso em 29/03/2008.

MELLO, M. C. A.; NASCIMENTO, L. F. **Produção Mais Limpa: um impulso para a inovação e a obtenção de vantagens competitivas**. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR100_0846.pdf>. Acesso em 19/01/2008.

MOURA JÚNIOR, A. N. C. **Novas tecnologias e sistemas de administração da produção – análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses**. Santa Catarina, 1996. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/armando/index/index.htm#sumario>>. Acesso em 30/03/2008.

PERRETTI, A. O. D. *et al.* **Vantagens da implementação da Produção Mais Limpa**. In: CONFERÊNCIA PAULISTA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 4., 2007, São Paulo.

PROJETO PRODESTS. **Os benefícios financeiros da Produção Mais Limpa**. Disponível em: <<http://www.emse.fr/site/entreprises/prodests/Chapter4-pt.pdf>>. Acesso em 19/01/2008.

SCHMITT, L.; MAÇADA, A. G. C. **Competitividade e estratégia: o caso da indústria da pesca do Brasil**. In: ENEGEP- ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, Gramado. Disponível em:

<<http://www.ea.ufrgs.br/professores/acgmacada/PUBS/COMPET.PDF>>. Acesso em 29/03/2008.

UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*). **Manual on the development of cleaner production policies - approaches and instruments**. Vienna, 2002. Disponível em: <http://www.unido.org/fileadmin/import/9750_0256406e.pdf>. Acesso em 29/03/2008.

_____. **The CP Concept: What is Cleaner Production?** Vienna, [S.D.]. Disponível em: <<http://www.unido.org/index.php?id=o5151>>. Acesso em 27/03/2008.

VALOR ECONÔMICO. **A competitividade empresarial**. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.universia.com.br/html/noticia/noticia_clipping_iagf.html>. Acesso em 30/03/2008.