



Prevenção da Poluição

**Confederação Nacional da Indústria • CNI e
Conselho Nacional do SENAI**

Armando de Queiroz Monteiro Neto
Presidente

**Comissão de Apoio Técnico e Administrativo
ao Presidente do Conselho Nacional do SENAI**

Fernando Cirino Gurgel
Vice-Presidente da CNI

Dagoberto Lima Godoy
Diretor da CNI

Max Schrappe
Vice-Presidente da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

SENAI • Departamento Nacional

José Manuel de Aguiar Martins
Diretor-Geral

Mário Zanoni Adolfo Cintra
Diretor de Desenvolvimento

Eduardo de Oliveira Santos
Diretor de Operações

**CNI
SENAI**

Confederação Nacional da Indústria
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional



Tecnologias
e Gestão
Ambiental

Prevenção da **Poluição**

Asher Kiperstok
Arlinda Coelho
Ednildo Andrade Torres
Clarissa Campos Meira
Sean Patrick Bradley
Marc Rosen

BRASÍLIA
2002

©2002. SENAI • Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SENAI/DN

COTED • Unidade de Conhecimento Tecnologia da Educação

Projeto Estratégico Nacional "Desenvolvimento Integrado de Cursos para Educação a Distância com Recursos Multimídia via Internet"

MÓDULOS DO PROGRAMA TGA

MÓDULO INTRODUTÓRIO

SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

EFLUENTES LÍQUIDOS

EMISSIONES ATMOSFÉRICAS

RESÍDUOS SÓLIDOS

CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

FUNDAMENTOS LEGAIS E ECONÔMICOS

VISÃO INTEGRADA EM MEIO AMBIENTE

Cada módulo do Programa TGA inclui ambiente web e livro impresso, que são recursos didáticos complementares.

FICHA CATALOGRÁFICA

KIPERSTOK, Asher et al. **Prevenção da poluição.**

Brasília: SENAI/DN, 2002. 290 p.

ISBN 85-7519-071-7

MEIO AMBIENTE

CDU: 504.03

SENAI

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional

SEDE • BRASÍLIA

Setor Bancário Norte
Quadra 1 - Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040-903 • Brasília • DF
Tel (0xx 61) 317-9001
Fax (0xx 61) 317-9190
Homepage: www.dn.senai.br

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

APRESENTAÇÃO

INTRODUÇÃO	17
-------------------	-----------

CAPÍTULO 1	MOTIVAÇÃO: DAS PRÁTICAS DE FIM-DE-TUBO PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO	21
-------------------	--	-----------

1.1	ESTAMOS CONSTRUINDO UM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL?	22
1.2	A NECESSIDADE DE MUDAR DE PARADIGMA: DO FIM-DE-TUBO PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO	31
1.3	BARREIRAS A SUPERAR	35

CAPÍTULO 2	PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS	45
-------------------	--------------------------------	-----------

2.1	IMPACTOS AMBIENTAIS: QUAIS SÃO?	46
	Deposições Ácidas	47
	Mudança Climática e Efeito Estufa	48
	Degradação da Qualidade das Águas Subterrâneas	50
	Degradação de Águas Superficiais	52
	Degradação do Solo	53
	Redução de Hábitat e Biodiversidade	55
	Buraco da Camada de Ozônio	55
	Névoas Fotoquímicas (Smog)	58
	Degradação das Condições de Habitabilidade Urbana	59
	Inserção de Substâncias Tóxicas Persistentes na Cadeia Alimentar	60
	Outros Problemas Ambientais	62
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	64
	Classificação Espacial dos Impactos	65
	Classificação Temporal dos Impactos	66
	Classificação dos Impactos Ambientais pelo Tipo de Risco	67

CAPÍTULO 3	MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	71
-------------------	--------------------------------	-----------

3.1	OS PROCESSOS INDUSTRIAIS E SEUS RESÍDUOS	73
	Resíduos Gasosos	75
	Efluentes Líquidos	77
	Resíduos Sólidos	82

3.2	COMO ABORDAR O PROBLEMA DOS RESÍDUOS, EMISSÕES E EFLUENTES NA INDÚSTRIA	84
	Redução na Fonte, Pensando a Mudança do Produto	88
	Mudança de Insumos	90
	Mudanças na Tecnologia	91
	Mudanças no Processo	92
	Boas Práticas Operacionais (Good Housekeeping Practices)	100
	Reciclagem Interna e Externa	105
	Embalagens e Transporte	110

CAPÍTULO 4 **METODOLOGIAS DE GESTÃO AMBIENTAL COM ENFOQUE EM PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO E MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS** **113**

4.1	PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO/PRODUÇÃO MAIS LIMPA – O QUE É? COMO SURTIU?	115
4.2	HISTÓRICO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO BRASIL	118
4.3	PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO/PRODUÇÃO MAIS LIMPA X TECNOLOGIAS FIM-DE-TUBO	120
4.4	METODOLOGIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA DESENVOLVIDA PELA UNIDO/UNEP	124
4.5	OUTRAS METODOLOGIAS	136
4.6	PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO INSTRUMENTO DE MARKETING	138
4.7	O SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) BASEADO NA NORMA INTERNACIONAL ISO 14001 E A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)	141
4.8	A ÉTICA NAS ORGANIZAÇÕES	148

ANEXOS

ANEXO 1	Folha de Trabalho Nº 1 – Principais produtos e/ou serviços	153
ANEXO 2	Folha de Trabalho Nº 2 – Principais resíduos gerados e/ou emissões	154
ANEXO 3	Folha de Trabalho Nº 3 – As principais matérias-primas e auxiliares	155
ANEXO 4	Folha de Trabalho Nº 4 – Prevenção e minimização de resíduos e emissões	156
ANEXO 5	Folha de Trabalho Nº 5 – Categoria de resíduos gerados e emissões	157
ANEXO 6	Tabela 4.3 – Categorias de resíduos	158

CAPÍTULO 5 **ACV – ANÁLISE DE CICLO DE VIDA** **159**

5.1	O QUE É ACV?	160
5.2	ALGUNS EXEMPLOS ILUSTRATIVOS	162
5.3	FASES DA ACV	164
5.4	ACV PARA IDENTIFICAÇÃO DE QUESTÕES-CHAVE	174
5.5	ANÁLISES COMPARATIVAS	175
5.6	ALGUMAS APLICAÇÕES DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA	176

CAPÍTULO 6 **ECOLOGIA INDUSTRIAL E PROJETO PARA O MEIO AMBIENTE (DfE)** **183**

6.1	ECOLOGIA INDUSTRIAL	186
	Projetar	191
	Mudando o Processo de Projetar	192
	Projeto para o Meio Ambiente	196

6.2	DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CONCEITOS	199
	Desmaterialização	200
	A Mudança para Serviços	200
	Partilhamento de Equipamentos	201
6.3	OTIMIZAÇÃO FÍSICA	201
	Integração de Funções	202
	Otimização das Funções	202
	Aumento da Confiabilidade e Durabilidade	202
	Facilidade de Manutenção e Reparo	203
	Estrutura Modular do Produto	204
	Fortes Relações com Quem Utiliza o Produto	204
6.4	OTIMIZAÇÃO DO USO DOS MATERIAIS	205
	Considerações sobre o Uso de Materiais	205
	Reduzir Uso de Materiais	205
	Materiais mais Limpos	206
	Materiais Renováveis e Abundantes	206
	Materiais Energeticamente Eficientes	208
	Materiais Reciclados	208
	Materiais Potencialmente Recicláveis	209
6.5	OTIMIZAÇÃO DAS TÉCNICAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO	210
6.6	OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	210
	Embalagem	210
	Transporte	211
	Armazenamento	212
	Logística Eficiente	212
6.7	REDUÇÃO DO IMPACTO DURANTE O USO	213
	Redução no Consumo de Energia e Fontes de Energia mais Limpas	213
	Reduzir Insumos e Utilizar Insumos mais Limpas	213
6.8	SISTEMAS PARA O FINAL DO CICLO DE VIDA	214
	Reuso	215
	Projeto para Desmontagem	216
	Remanufatura de Produtos	216
	Reciclagem	217
6.9	O FUTURO: PROJETO SUSTENTÁVEL	219
CAPÍTULO 7	ENERGIA	223
7.1	ENERGIA E MEIO AMBIENTE	225
7.2	CONSUMO DE ENERGIA NO CONTEXTO GLOBAL E NACIONAL	228
	Consumo de Energia por Habitante no Mundo	228
	Expectativa de Vida x Consumo de Energia	229

7.3	CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL	231
	Setor Industrial	231
	Setor Residencial	233
	Setor de Transporte	233
7.4	FONTES, FORMAS E CONVERSÃO DE ENERGIA	235
	Energia Solar	236
	Biomassa	239
	Combustíveis Fósseis	242
	Outras Fontes de Energia	243
7.5	MEDIDAS TÉCNICAS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO	244
	Prevenção das Perdas e Dissipação de Energia	244
	Co-Geração e Geração de Multiproduto	244
	Sistemas de Energia Integrados	246
	Entrosamento entre Demanda, Fornecimento e Armazenamento de Energia	246
	Melhoria no Envolvimento das Edificações	247
	Uso de Aparelhos de Alta Eficiência	248
	Iluminação mais Eficiente e Eficaz	248
	Aquecimento e/ou Resfriamento por Região	250
	Uso de Estratégias Passivas para Reduzir o Consumo de Energia	250
	Oportunidades para Melhoria em Equipamentos Industriais	251
7.6	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIA	256
	Suprimento Energético	257
	Limitações Práticas na Eficiência de Energia	260
	Limitações Teóricas na Eficiência de Energia	260
7.7	O FUTURO: ANÁLISE DE EXERGIA	262
CAPÍTULO 8	TENDÊNCIAS PARA O FUTURO	267
8.1	TENDÊNCIAS FUTURAS	268
	Uso Multifuncional da Terra	270
	Ambientes de Produção Fechados e Controlados	271
	Uso Completo de Plantas e Biomassa através da Conversão Integral	272
	Alimentos à Base de Novas Proteínas	273
	Tecnologias de Sensores	274
	REFERÊNCIAS	277

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1.1	Gráfico com projeções da população mundial	24
FIGURA 1.2	Nordestino retirante	32
FIGURA 1.3	Produção limpa e limpeza de processos	35
FIGURA 1.4	Sistema não interativo correspondente à lógica do projetista e do operador	36
FIGURA 1.5	Lógica do controle externo sobre os poluentes	37
FIGURA 1.6	A mudança de lógica para tecnologias limpas	38

CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1	Caminho do poluente no corpo receptor	61
------------	---------------------------------------	----

CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1	Processo industrial	73
FIGURA 3.2	Do Fim-de-tubo à sustentabilidade ambiental	86
FIGURA 3.3	Organograma mestre das ações para prevenção e controle da poluição	87
FIGURA 3.4	Diagrama da cebola para síntese de processos	95
FIGURA 3.5	Fluxograma esquemático de procedimentos para fechar um processo químico	97
FIGURA 3.6	Dois modelos de tratamento de efluentes de processo	98
FIGURA 3.7	Concurso de idéias	102
FIGURA 3.8	Minimização de resíduos na indústria de tratamento de metais	103
FIGURA 3.9	Gaiola transportando peças metálicas para o tratamento de superfícies	104
FIGURA 3.10	Hierarquia de preferências para reciclagem	107

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1	Países “hospedeiros” dos Centros Nacionais de Tecnologias Limpas	127
FIGURA 4.2	Fluxograma de implantação de Produção mais Limpa - Metodologia UNIDO/UNEP	128
FIGURA 4.3	Diagrama de bloco	129
FIGURA 4.4	Organograma de Produção mais Limpa	131
FIGURA 4.5	Por que fazer um programa de Produção mais Limpa?	140
FIGURA 4.6	Ciclo de implantação de um SGA	143

CAPÍTULO 5

FIGURA 5.1	Fluxo de material, ciclo total	163
FIGURA 5.2	Fases da ACV	164
FIGURA 5.3	Definição dos limites do sistema	167
FIGURA 5.4	Dimensões de uma ACV	167
FIGURA 5.5	Ciclo de vida do polietileno	168

CAPÍTULO 6

FIGURA 6.1	Sistemas abertos e fechados	188
FIGURA 6.2	Tipos de fluxo de materiais	189
FIGURA 6.3	Rotas de projeto - <i>Design wheels</i>	196

CAPÍTULO 7

FIGURA 7.1	Consumo de energia per capita no mundo	228
FIGURA 7.2	Expectativa de vida x consumo de energia	230
FIGURA 7.3	Consumo de energia na indústria por fonte	232
FIGURA 7.4	Consumo de energia no setor residencial por fonte	233
FIGURA 7.5	Consumo de energia no setor de transporte por fonte	234
FIGURA 7.6	Energia total incidente na Terra	237
FIGURA 7.7	Sistema de co-geração em ciclo combinado	245

TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1.1	Crescimento da renda per capita	24
TABELA 1.2	Padrões de consumo para mercadorias selecionadas	27
TABELA 1.3	Dados comparativos de aspectos ambientais – Automóvel	29
TABELA 1.4	Dados comparativos de aspectos ambientais – Infra-estrutura	30
TABELA 1.5	Resumo dos resultados	31

CAPÍTULO 2

TABELA 2.1	Classificação dos impactos ambientais em uma escala espacial	65
------------	--	----

CAPÍTULO 3

TABELA 3.1	Compostos considerados no programa	81
TABELA 3.2	Procedimento de decisões hierárquicas para minimização de resíduos	94
TABELA 3.3	Resultado do concurso de idéias para conservação de energia na Dow/Louisiana	101

CAPÍTULO 4

TABELA 4.1	Diferenças entre Tecnologias Fim-de-tubo e Produção mais Limpa	123
TABELA 4.2	Comparação entre SGA baseado na ISO 14001 e Produção mais Limpa – Metodologia desenvolvida pela UNIDO/UNEP	149
TABELA 4.3	Categorias de resíduos	158

CAPÍTULO 6

TABELA 6.1	Limitações globais de recursos materiais	207
------------	--	-----

CAPÍTULO 7

TABELA 7.1	Eficiência energética para diferentes tipos de fontes de luz	249
------------	--	-----

QUADROS

CAPÍTULO 4

QUADRO 4.1	Participantes da Rede de Tecnologias Limpas do Brasil	119
QUADRO 4.2	Resumo da proposta de inserção dos conceitos de P+L nos requisitos da ISO 14001	147

APRESENTAÇÃO

As inovações tecnológicas exigem mudanças profundas em diversos campos do conhecimento humano, sinalizando com novas demandas para o sistema educacional do País. Os profissionais buscam renovar e/ou adquirir conhecimentos na expectativa de se manterem em atividade ou conquistarem novas oportunidades no mercado de trabalho. Firma-se, assim, a necessidade de educação permanente.

Ao mesmo tempo que se observa a relevância do desenvolvimento tecnológico, evidencia-se na sociedade a importância do meio ambiente para que se resguarde a qualidade da sobrevivência humana.

Há necessidade de se harmonizarem as demandas da população com o desenvolvimento industrial, buscando-se o equilíbrio ecológico e reduzindo-se a intensidade de poluição industrial por meio de uma produção mais limpa.

O mercado industrial proclama a perspectiva de absorção de novos perfis profissionais na área ambiental. Torna-se explícita a necessidade de desenvolvimento na performance dos profissionais da área.

Associando as novas tecnologias à educação a distância, com sólida proposta pedagógica, o SENAI apresenta o **Programa Tecnologias e Gestão Ambiental – TGA**, que objetiva desenvolver competências profissionais relacionadas às questões de prevenção e controle da poluição, focalizando

as tecnologias mais adequadas juntamente com os aspectos da gestão ambiental.

O **Programa TGA**, sintonizado com os requisitos de qualidade e da regulamentação brasileira sobre educação a distância, é estruturado em módulos, que podem ser cursados de forma independente e flexível, de acordo com a necessidade do aluno.

Professores universitários brasileiros e canadenses, associados ao Programa SENAI de Qualidade Ambiental (PSQA), consultores externos e especialistas do SENAI dedicaram-se à elaboração dos conteúdos didáticos de cada módulo.

Diversos meios de comunicação encontram-se disponíveis no processo de aprendizagem. Os recursos didáticos, produzidos por profissionais do SENAI, estão formatados no ambiente web, para oferta via Internet, e há, ainda, o livro didático impresso como material de apoio.

O **Programa TGA** é mais uma contribuição do SENAI para a capacitação de profissionais que, dentro de seu ambiente de trabalho, poderão utilizar, de forma correta e eficaz, novas metodologias e tecnologias necessárias para o equilíbrio ecológico associado ao desenvolvimento industrial.

José Manuel de Aguiar Martins

Diretor-Geral

PROGRAMA TECNOLOGIAS E GESTÃO AMBIENTAL • TGA

Módulo Introdutório
10h/aula
pré-requisito obrigatório

**Sistemas de
Gestão Ambiental**
45h/aula

Prevenção da Poluição
45h/aula

**Visão Integrada em
Meio Ambiente**
45h/aula

**Contaminação dos Solos
e Recuperação de Áreas
Degradadas**
45h/aula

**Fundamentos Legais
e Econômicos**
45h/aula

Emissões Atmosféricas
45h/aula

Efluentes Líquidos
45h/aula

Resíduos Sólidos
45h/aula

Os módulos poderão ser cursados de forma independente, como cursos de curta duração, ou combinados, formando os percursos abaixo:

  PERCURSO GESTÃO AMBIENTAL

  PERCURSO TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS

   ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS E
GESTÃO AMBIENTAL

(em estudo)

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a gestão ambiental no Brasil, no que se refere aos processos produtivos, vem priorizando a abordagem de Comando e Controle (C&C), que se baseia na criação de dispositivos e exigências legais (*comando*) e de mecanismos para garantir o cumprimento destas (*controle*). Esta abordagem tem-se caracterizado pela não-integração de fatores ambientais (ex.: água, ar, solo), fatores bióticos, sociais e a adoção de medidas de forma isolada, visando essencialmente ao controle da poluição.

Esta estratégia estimula uma postura reativa por parte das empresas, no tratamento das questões ambientais, levando os setores produtivos, o governo e outros agentes de interesse a adotarem posições antagônicas e de confronto.

Algumas empresas, no entanto, vêm, a partir dos anos 90, adotando estratégias que refletem uma mudança de comportamento diante dos impactos negativos decorrentes de suas atividades produtivas. Esta mudança baseia-se numa nova relação entre meio ambiente e negócios, que se configura em demandas de mercado por produtos e processos mais ambientalmente corretos, estimulando a adoção voluntária de instrumentos de gestão ambiental como certificação de produtos (selos-verde) e de processos (Norma ISO 14001); programas de Prevenção da Poluição.

A adoção destes instrumentos *voluntários*, normalmente pautados em princípios de *auto-regulação*, devidamente complementados com os mecanismos clássicos de C&C,

impostos pelos órgãos ambientais, tem-se mostrado uma estratégia eficiente na melhoria do desempenho ambiental das empresas.

Dentre os instrumentos de gestão ambiental, os programas de Prevenção da Poluição / Produção Limpa, baseados no princípio de “antecipar e prevenir” possíveis fontes geradoras de problemas ambientais, apresentam resultados muito interessantes para as empresas com benefícios tecnológicos, financeiros, ambientais e outros, como a melhoria da imagem, contribuindo para o aumento de competitividade destas no mercado globalizado.

A *Prevenção da Poluição* tem como principal foco a não geração de poluentes, e está relacionada com o uso de matérias-primas, insumos e resíduos nos processos produtivos. Este conceito está ligado ao de *produção limpa*, que considera o uso de técnicas que possibilitam o menor consumo de recursos naturais (água e energia) e a minimização dos resíduos, dos riscos e dos impactos ambientais negativos em geral.

A *Produção Limpa* também está relacionada com valores e comportamentos dos agentes econômicos e sociais. Esta pressupõe a transparência e abertura das informações pelas empresas, num estímulo à prática de *benchmarking*, assim como também a publicação de relatórios que favorecem a elevação de padrões ambientais.

O curso de Prevenção da Poluição visa promover, através de processo educativo, uma mudança de mentalidade dos profissionais da indústria, fazendo com que estes assumam, cada vez mais, uma postura pró-ativa alinhada com as tendências de gestão ambiental que compatibilizam o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida.

O conteúdo deste livro está dividido em 8 capítulos, onde no **Capítulo 1** procuramos dimensionar o desafio ambiental que se coloca à nossa frente e questionamos se as práticas atuais de controle da poluição são capazes de superá-lo. Já no **Capítulo 2** revisamos os principais problemas ambientais e apresentamos uma classificação de impactos em termos de amplitude espacial, comportamento ao longo do tempo e nível de risco.

No **Capítulo 3** identificamos os agentes poluidores produzidos na indústria e discutimos as abordagens que podem ser utilizadas visando minimizar a geração destes.

No **Capítulo 4** apresentamos o processo de evolução das práticas de Prevenção da Poluição no Brasil e a metodologia de Produção mais Limpa desenvolvida pela UNIDO/UNEP, divulgada no Brasil pelo CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas, sediado no SENAI Rio Grande do Sul.

Nos **Capítulos 5 e 6** ampliamos a discussão para fora do processo produtivo e mostramos a necessidade de se considerar os impactos ambientais associados a todo o ciclo de vida dos produtos e processos. Apresentamos no Capítulo 5 a Análise de Ciclo de Vida e no Capítulo 6 o Projeto para o Meio Ambiente como mecanismos para atingir o objetivo proposto.

No **Capítulo 7** consideramos o fato da questão energética estar intimamente associada aos impactos ambientais provocados, tanto em processos produtivos específicos como pela sociedade como um todo, para apontar formas e tecnologias que contribuam para a melhoria do desempenho energético e, conseqüentemente, ambiental no processo produtivo.

No **Capítulo 8**, o último deste livro, em vez de tirarmos alguma conclusão sobre a viabilidade das alternativas apresentadas para reduzir a poluição, direcionamos o foco da

discussão para uma avaliação do futuro tecnológico associado ao desenvolvimento sustentável. Para tanto, tomamos como referência o Programa de Desenvolvimento de Tecnologias Sustentáveis proposto no Plano Holandês de Políticas Ambientais.

Promovemos ainda neste capítulo final uma reflexão sobre o impacto da inovação tecnológica no processo produtivo, tendo como elemento de provocação as posições dos autores Weaver et al. (2000): “As práticas habituais de inovação não oferecem qualquer perspectiva da tecnologia ter um papel, senão periférico, para se atingir o desenvolvimento sustentável”. Estes autores ainda complementam que há necessidade de se inovar o atual processo de inovação tecnológica para poder se pensar em legar um planeta equilibrado para os nossos filhos.

Vale salientar que todo o conteúdo deste módulo foi desenvolvido visando estimular a capacidade de inovar na marcha em direção ao desenvolvimento sustentável, focando o processo produtivo como objeto de melhoria, no que se refere à redução dos impactos ambientais.

Esperamos que todos nós sejamos parceiros nesta jornada, pois o desafio ambiental a ser vencido pode ser muito maior do que parece ser!

CAPÍTULO 1

MOTIVAÇÃO: DAS PRÁTICAS DE FIM-DE-TUBO PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

Asher Kiperstok

Universidade Federal da Bahia • UFBA • TECLIM

“Mudar de controle da poluição para a sua prevenção é um bom começo, mas as empresas devem ir além.”

Michael Porter, Claas van der Linde, 1995

Início do século XXI. Será que você ainda precisa ser convencido de que o único caminho para a humanidade sobreviver na face da Terra é tornar seus processos produtivos não poluentes? Prevenir a poluição? Talvez para você este capítulo seja como chover no molhado. Talvez seja até novidade. Muito provavelmente você já deve ter intuído que as atuais práticas de produção e de controle da poluição deixam alguma coisa a desejar e queira compartilhar com seus colegas suas inquietações, e ouvir as deles. De certa forma, é o que nós estamos fazendo aqui.

O ritmo de expansão do processo de degradação ambiental cresce dia a dia. Por outro lado, cresce a consciência ambiental da população e das corporações. Está estabelecida uma corrida entre estes dois processos. Do resultado dela depende o futuro de nossos descendentes. Como em toda corrida, ganha quem supera os concorrentes. O corredor que corre tudo quanto pode poderá se sentir satisfeito com seu desempenho e dormir tranquilo depois. Mas não ganha necessariamente a corrida, e esta é uma corrida que não podemos nos dar ao luxo de perder.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir a questão da velocidade que precisa ser imprimida ao processo de redução do impacto ambiental das atividades produtivas para alcançar o desenvolvimento sustentável.
- Esclarecer a necessidade de uma mudança de paradigma no que se refere à relação atividade produtiva e meio ambiente. Da tecnologia Fim-de-tubo para a Prevenção da Poluição.
- Analisar os motivos que têm levado a priorizar o controle da poluição com base no uso de tecnologia Fim-de-tubo.

Muitas corporações procuram melhorar continuamente seu desempenho ambiental. Mas isto é suficiente? Como podemos saber se a velocidade de melhoria do desempenho ambiental da nossa sociedade é suficiente para que ganhemos a corrida?

Dúvidas?

Ótimo.

Ansiedade?

Relaxe, mas aja!

Neste capítulo discutiremos a questão da velocidade que precisa ser impressa ao processo de redução de impacto ambiental das atividades produtivas. Aproveitaremos, ainda, para rever as principais preocupações ambientais da sociedade moderna.

1.1 ESTAMOS CONSTRUINDO UM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL?

Nos anos 70, ilustres homens públicos brilharam por demonstrar sua ignorância diante das questões ambientais levantadas, em 1972, em Estocolmo, pela Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. Atualmente, existe uma quase unanimidade em torno da causa ambiental, seja por razões mercadológicas, ou de efetivo compromisso social (ou ambas?); o fato é que cada vez mais pessoas e empresas adotam atitudes ambientalistas. Convém, no entanto, analisar se os resultados que estão sendo atingidos efetivamente apontam para uma reversão do processo de degradação ambiental, ou sequer para uma redução da velocidade com que esse se dá.

Graedel e Allenby (1998), no trabalho intitulado “Ecologia Industrial e o Automóvel”, apresentam um interessante raciocínio para ilustrar a evolução do impacto do desenvolvimento sobre o meio ambiente nas últimas décadas e o que podemos esperar para o futuro.

Estes pesquisadores dos Laboratórios Bell e da AT&T, respectivamente, utilizam a conhecida Equação Mestra de impacto ambiental para pensar o futuro do planeta:

$$\text{Impacto Ambiental} = \text{População} \times \frac{\text{PIB}}{\text{pessoa}} \times \frac{\text{Impacto Ambiental}}{\text{unidade de PIB}}$$

Weaver e colaboradores (2000) referem-se à equação acima como a Primeira Expressão de Ehrlich, que difere, apenas formalmente, da anterior por colocar o segundo fator do lado direito da equação como “Consumo *per capita*”. Na realidade, o padrão de consumo está intimamente relacionado com a renda da pessoa.

Se aplicarmos a Equação Mestra para o momento atual e a projetarmos para um futuro, digamos de 30 a 50 anos, poderemos ter uma idéia de como evoluirá o impacto ambiental sobre o nosso planeta. Claro que não se pode esperar grande precisão de projeções a tão longo prazo. Ao contrário, espera-se que, com base na reflexão que tenhamos no momento, possamos influenciar o futuro de forma que as previsões mais negativas não venham a acontecer.

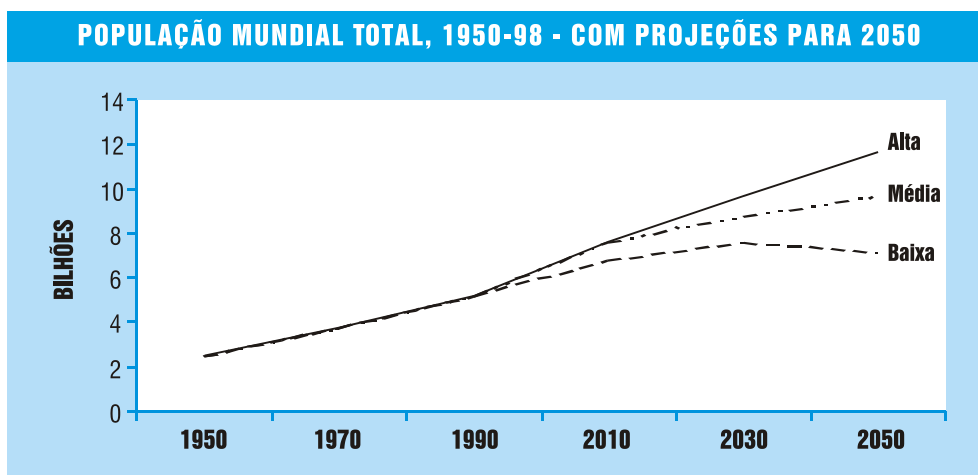
Os números a seguir apresentados devem ser criticados. Espera-se que cada um de nós componha seus próprios dados e os traga para discussão. Os próprios autores aqui citados divergem entre si, e nós deles. Felizmente! Isso, contudo, não retira a validade da linha de raciocínio apresentada.

Questão para reflexão:

- Pesquise dados que permitam projetar o impacto ambiental para 2050. Qual é seu palpite?

De volta à análise do primeiro fator da equação, este nos remete para a sempre acalorada discussão sobre o crescimento populacional.

Mitchell (1997), do Worldwatch Institute, citando dados do Escritório de Censos dos Estados Unidos, aponta para um crescimento da população mundial entre 1950 e 1996 de 2,6 para 5,8 bilhões de pessoas. Isso representa uma taxa média de crescimento anual de 1,8%. Segundo a fonte, esta taxa flutuou entre 1,3% e 2,2% a.a., com uma média de 1,8% a.a. Se considerarmos uma taxa de crescimento anual de 1,3%, nos próximos 30 anos a população mundial será 1,47 vez a atual e, em 50 anos, 1,9 vez. Caso nosso palpite seja 1,4% a.a., nestes horizontes a população crescerá 1,52 e 2,0 vezes.



Fonte: UN apud WWI (Mitchell, 1997).

FIGURA 1.1 – GRÁFICO COM PROJEÇÕES DA POPULAÇÃO MUNDIAL

Prever a evolução da renda *per capita* para os próximos 50 anos é outro exercício de arriscada futurologia. Graedel e Allenby (1998) ilustram, com dados do Banco Mundial, as taxas de crescimento verificadas em diversos blocos geoeconômicos (Tabela 1.1).

TABELA 1.1 – CRESCIMENTO DA RENDA *PER CAPITA*, 1980-2000 (BANCO MUNDIAL 1992)

Grupo de países	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000
Mais desenvolvidos	4,1	2,4	2,4	2,1
Subsaara	0,6	0,9	-0,9	0,3
Leste Asiático	3,6	4,6	6,3	5,7
América Latina	2,5	3,1	-0,5	2,2
Leste Europeu	5,2	5,4	0,9	1,6
Menos desenvolvidos	3,9	3,7	2,2	3,6

Fonte: Graedel e Allenby, 1998.

Os números representam taxas médias de crescimento anual em %.
Os números para a década 1990-2000 são uma estimativa do próprio Banco Mundial

Mesmo podendo-se contestar os dados projetados na tabela acima, os autores citados se permitem apontar para um crescimento da renda *per capita* mundial de três a cinco vezes (o que equivale a 2,2% e 3,3% a.a., respectivamente) nos próximos 50 anos. Consideremos aqui, muito conservadoramente, uma taxa de crescimento anual da renda *per capita* mundial de 2%. Apesar de representar uma alternativa que, provavelmente, confinaria os países subdesenvolvidos na sua pobreza, estes números implicam um crescimento da renda mundial de 81% (1,81 vez) nos próximos 30 anos, e 169% (2,69 vezes) em 50 anos. Usando dados conservadores, crescimento populacional de 1,3% a.a. e de renda *per capita* de 2% a.a., para todo o planeta, em 50 anos, os dois primeiros fatores da Equação Mestra (lado direito), multiplicados, representam o valor de 5,11 (1,9 x 2,69). Chamemos este valor de FATOR 5.

Fator 5, então, representa quanto o terceiro fator da equação, impacto ambiental por unidade de produto, teria que ser reduzido em 50 anos apenas para MANTER O ATUAL NÍVEL DE IMPACTO AMBIENTAL NO PLANETA. Reduzir em cinco vezes o impacto ambiental de cada produto e atividade, para poder manter as coisas como estão.

Dados menos conservadores, tais como os apresentados por Allenby e Graedel, indicam valores até três vezes maiores!, para o crescimento da renda *per capita* mundial. De fato, este crescimento acelerado da renda *per capita* se faz necessário para tirar uma enorme parcela da população mundial do estado de pobreza absoluta em que se encontra. Basta lembrar que países como a Índia, a China e boa parte dos países da África detêm uma renda *per capita* quase 10 vezes inferior à brasileira. Isto é, se a renda média *per capita* desses países crescer 10 vezes em 50 anos, estariam atingindo a renda média do Brasil HOJE! Dificilmente poderia se considerar isso aceitável, muito menos se este crescimento se der com a concentração de renda que nos caracteriza.

Continuando nossa análise, podemos ver que na Equação Mestra está implícita a inferência de uma relação linear entre renda *per capita* e consumo *per capita*. Desta forma caberia aqui discutir a validade desta relação, assim como também sua sustentabilidade no futuro.

Muitos são de opinião que nas sociedades mais desenvolvidas há uma tendência a dissociar o padrão de consumo do de qualidade de vida, atribuindo-se a isto o crescimento da consciência ambiental nas populações mais instruídas. Contudo, o mesmo argumento,

caso não se mostre consistente, pode nos levar a questionar se realmente está ocorrendo este crescimento da consciência ambiental da sociedade. A verificação, por exemplo, da retomada da moda de usar carros cada vez maiores, possantes e desperdiçadores de combustível, por parte das camadas mais opulentas da sociedade, é no mínimo preocupante. Compram-se, hoje, carros com tração nas quatro rodas e motores que têm um desempenho de cerca de 4.1 litros/km para ir fazer compras em *shopping centers*.

Países do Primeiro Mundo têm defendido medidas de controle populacional nos países mais pobres. Esta pressão tem sido exercida nas Conferências Internacionais sobre a População, mas, também, tem-se dado através de financiamento a programas que vão desde moderadas e equilibradas iniciativas de educação e planejamento familiar até programas de esterilização em massa.

Por outro lado, diversos pesquisadores apontam para o desequilíbrio nos níveis de consumo entre os países mais e menos desenvolvidos, como sendo o fator a ser atacado prioritariamente, de forma a se permitir a elevação das condições de vida nos países pobres, sem se degradar ainda mais o meio ambiente.

Parikh et al. (1994), do Instituto Indira Ghandi de Pesquisa para o Desenvolvimento, comparam o consumo *per capita* de diversos produtos, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, no documento elaborado em 1991, com o objetivo de subsidiar as discussões da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, RIO-92. Estes mostram, por exemplo, que a relação de consumo *per capita* entre os países desenvolvidos e não desenvolvidos, respectivamente, é de 3/1 para cereais, 14/1 para papel, 20/1 para produtos químicos orgânicos e 24/1 para automóveis. A relação entre a produção anual *per capita* de CO₂ é de 8 para 1 (Tabela 1.2).

TABELA 1.2 – PADRÕES DE CONSUMO PARA MERCADORIAS SELECIONADAS INDIRA GHANDI INSTITUTE OF DEVELOPMENT RESEARCH PARA UNCED							
Produtos	Total Mundial	Participação %		Per Capita kg		Relação entre Consumo Per Capita	
	10 ⁶ Ton	Países desenv.	Países em desenv.	Países desenv.	Países em desenv.	Países desenv./ países em desenv.	EUW India
Cereais	1.801	48	52	717	247	3	6
Papel	224	81	19	148	11	14	115
Alum.	22	86	14	16	1	19	85
Qui. Inorg.	226	87	13	163	8	20	52
Qui. Org.	391	85	15	274	16	17	28
Autom.	370	92	8	0,283	0,012	24	320
CO ₂ anual	5.723	70	30	3,36	0,43	8	27

Fonte: adaptado de Parikh et al. (1991).

Voltemos para o denominado Fator 5. Caso esperemos um futuro mais digno para as parcelas mais pobres da população, princípio básico do desenvolvimento sustentável, teremos que considerar crescimentos da renda *per capita* da ordem de grandeza de 10 vezes, pelo menos para os 50% dos países mais pobres do mundo. Vejam só, se isto acontecer, e se pudéssemos imaginar que 50% dos países mais ricos do mundo abririam mão de qualquer crescimento da sua renda *per capita*, para um crescimento populacional de 1,4% a.a, em 50 anos teríamos FATOR 10.

O Fator 10 também pode ser interiorizado se pensarmos em, mesmo com dados conservadores de crescimento populacional e de renda, ter como objetivo reduzir o nível de impacto ambiental, daqui a 50 anos, para metade do atual. Este raciocínio levou à criação do Clube do Fator 10 em 1993 (Weaver et al., 2000).

A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) tem divulgado o conceito de Fator 10 no sentido de chamar a atenção da sociedade para a necessidade de se aumentar o ritmo de melhoria da produtividade dos recursos naturais

(Cinq-Mars, 1997; Peneda & Frazao, 1997; Schmidt-Bleek, 1997; Carr-Harris, 1997). Isto é, aumentar a ecoeficiência da produção e consumo 10 vezes em 50 anos.

Ecoeficiência:

É um conceito relativamente novo e vem sendo inserido aos poucos nas discussões sobre meio ambiente e qualidade como um todo. Segundo Henriques (1997), na União Européia, o conceito apareceu pela primeira vez, em um texto oficial, no ano de 1997. O conceito de ecoeficiência aborda não só a eficiência nas questões ambientais e econômicas, mas também nas questões sociais.

Como consumidores e cidadãos conscientes e mobilizados para as causas sociais e ambientais, podemos procurar interferir no sentido de controlar os impactos provocados no meio ambiente pelos dois primeiros fatores da Equação Mestra: aumento populacional e de renda *per capita*.

No entanto, quanto ao terceiro fator, impacto ambiental provocado por unidade de produção, a responsabilidade maior está nos setores produtivos e de pesquisa e desenvolvimento.

Questão para reflexão:

- Você acha possível reduzir o impacto ambiental dos nossos produtos e atividades 10 vezes nos próximos 50 anos?

Vamos esclarecer melhor este questionamento. Vejamos o caso dos tecidos fabricados com fibras sintéticas. Sua persistência no meio ambiente é muito superior àquela dos tecidos fabricados com fibras naturais, tais como o algodão. Com a moda pressionando para os consumidores substituírem o seu guarda-roupa uma ou mais vezes por ano, o impacto ambiental desses produtos cresceu consideravelmente. Consideremos, ainda, os pesticidas usados na agricultura intensiva e sua persistência no meio ambiente, o uso cada vez maior de embalagens, e o que falar da imensa produção de resíduos associada

a fraldas e outros produtos descartáveis que uma criança de família de classe média ou alta gera nos três primeiros anos de vida?

Graedel e Allenby (1998) realizaram um interessante trabalho ao agregar e analisar, comparativamente, informações referentes ao impacto ambiental do automóvel dos anos 50 e do automóvel dos anos 90. Os autores desenvolvem uma análise de ciclo de vida para os veículos, ou seja, utilizam um instrumento que avalia um produto “do berço ao túmulo”, desde a matéria-prima para sua fabricação até o descarte final. Eles avaliam seu impacto ambiental do “berço ao túmulo” desde a geração dos insumos para a sua fabricação até o descarte final do produto obsoleto, passando pelo seu uso. O estudo inclui não apenas o produto em si, mas toda a infra-estrutura a ele relacionada. Observe os dados, resultado dos estudos, nas Tabelas 1.3, 1.4 e 1.5.

TABELA 1.3 – DADOS COMPARATIVOS DE ASPECTOS AMBIENTAIS AUTOMÓVEL, ANOS 50 E 90							
Estágio do Ciclo de Vida	Anos	Aspectos Ambientais					
		Escolha de Materiais	Uso da Energia	Resíduos Sólidos	Efluentes Líquidos	Emissões Atmosf.	Total
Extração de matéria-prima	50	2	2	3	3	2	12/20
	90	3	3	3	3	3	15/20
Manufatura	50	0	1	2	2	1	6/20
	90	3	2	3	3	3	14/20
Distribuição	50	3	2	3	4	2	14/20
	90	3	3	3	4	3	16/20
Uso	50	1	0	1	1	0	3/20
	90	1	2	2	3	2	10/20
Recondicionamento, reciclagem, disposição	50	3	2	2	3	1	11/20
	90	3	2	3	3	2	13/20
Total	50	9/20	7/20	11/20	13/20	6/20	46/100
	90	13/20	12/20	14/20	16/20	13/20	68/100

Fonte: Graedel e Allenby (1998).

**TABELA 1.4 – DADOS COMPARATIVOS DE ASPECTOS AMBIENTAIS
INFRA-ESTRUTURA, ANOS 50 E 90**

Estágio do Ciclo de Vida	Anos	Aspectos Ambientais					
		Biodiversidade/ Materiais	Uso da Energia	Resíduos Sólidos	Efluentes Líquidos	Emissões Atmosf.	Total
Seleção e preparação do local da obra	50	0	1	0	1	1	3/20
	90	1	1	1	2	2	7/20
Manufatura da infra-estrutura	50	3	2	2	2	2	11/20
	90	2	1	2	2	3	10/20
Uso da infra-estrutura	50	2	2	3	3	1	11/20
	90	0	1	1	3	2	7/20
Sistemas complement.	50	2	3	2	3	1	11/20
	90	1	2	1	1	0	5/20
Recondicion., reciclagem, disposição	50	3	2	3	4	3	15/20
	90	2	2	2	4	3	13/20
Total	50	10/20	10/20	10/20	13/20	8/20	51/100
	90	6/20	7/20	7/20	12/20	10/20	42/100

Fonte: Graedel e Allenby (1998).

Em ambas as tabelas os valores superiores se referem aos anos 50, e os valores inferiores, aos anos 90. A pontuação máxima possível de ser alcançada por cada um dos itens é de quatro pontos. Então, por exemplo, na primeira tabela, para o item de extração de matéria-prima, nos anos 50, foram alcançados 12, do total de 20 pontos que poderiam ser alcançados somando todos os aspectos ambientais envolvidos na extração de matérias-primas; e para os anos 90, foram alcançados 15, do total de 20 pontos para os mesmos aspectos ambientais.

Os valores totais que representam o impacto ambiental do automóvel e a infraestrutura necessária para o seu uso, tomando-se como referência os anos 50 e os anos 90, apontam para resultados um tanto decepcionantes.

TABELA 1.5 – RESUMO DOS RESULTADOS

Infra-estrutura, anos 50 e 90	Automóvel	Infra-estrutura	Média
Anos 50	46	51	49
Anos 90	68	42	55

Evidentemente que o trabalho acima apresentado contém limitações, por exemplo, ao considerar os diversos aspectos ambientais com o mesmo peso ou importância. No trabalho original dos autores citados são apresentadas comparações mais elaboradas. Aqui se pretende apenas dar uma idéia da dimensão do avanço ambiental conseguido no caso do automóvel nesse período. Sua qualificação ambiental passou de 49 para 55. Basta lembrar de um modelo 50, como o Cadillac, por exemplo, e compará-lo com um modelo 90 para perceber que do ponto de vista de conforto, manobra e segurança, os avanços foram bem maiores. Se o automóvel em 40 anos, do ponto de vista ambiental, só teve esta evolução, como podemos esperar Fator 10 nos próximos 50 anos? A mesma pergunta caberia para qualquer outro bem de consumo.

Questão para reflexão:

- Aplique o raciocínio anterior a outro bem de consumo e tente perceber o que seria um aumento da ecoeficiência em Fator 10 em 50 anos.

1.2 A NECESSIDADE DE MUDAR DE PARADIGMA: DO FIM-DE-TUBO PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

Vamos considerar que a resposta que você deu para a reflexão anteriormente proposta foi igual à nossa: otimista! Sim, podemos, nos próximos 50 anos, reduzir em Fator 10 o impacto causado pelo tipo de produtos que hoje produzimos, a partir de melhorias tecnológicas e modos de consumo. Isto é, a forma como consumimos e a tecnologia poderiam suprir os avanços necessários para estancar o processo de degradação ambiental provocado pelo crescimento econômico.

Vimos que os avanços ambientais decorrentes da evolução tecnológica do automóvel ficaram bem aquém deste patamar nos últimos 40 anos, mas a evolução tecnológica pode surpreender.

Contudo, que tipo de tecnologia ou evolução tecnológica seria capaz de tanto? A nossa velha tecnologia fim-de-tubo? Ou seja, mais e mais eficientes estações de tratamento de efluentes? Mais e mais eficientes filtros para retenção de materiais particulados das nossas chaminés? Maiores aterros sanitários e industriais? Mais incineradores?

Questão para reflexão:

- Para ilustrar o caminho que estaríamos trilhando se seguissemos esta linha de raciocínio, imaginemos um nordestino retirante que segue rigorosamente toda a legislação ambiental e de segurança do trabalho a partir do uso de tecnologia fim-de-tubo. Como ele conseguiria fazer isto? Pense um pouco antes de responder. Melhor ainda, tente representar graficamente nosso herói. Agora veja se o nosso herói parece com o que você idealizou:

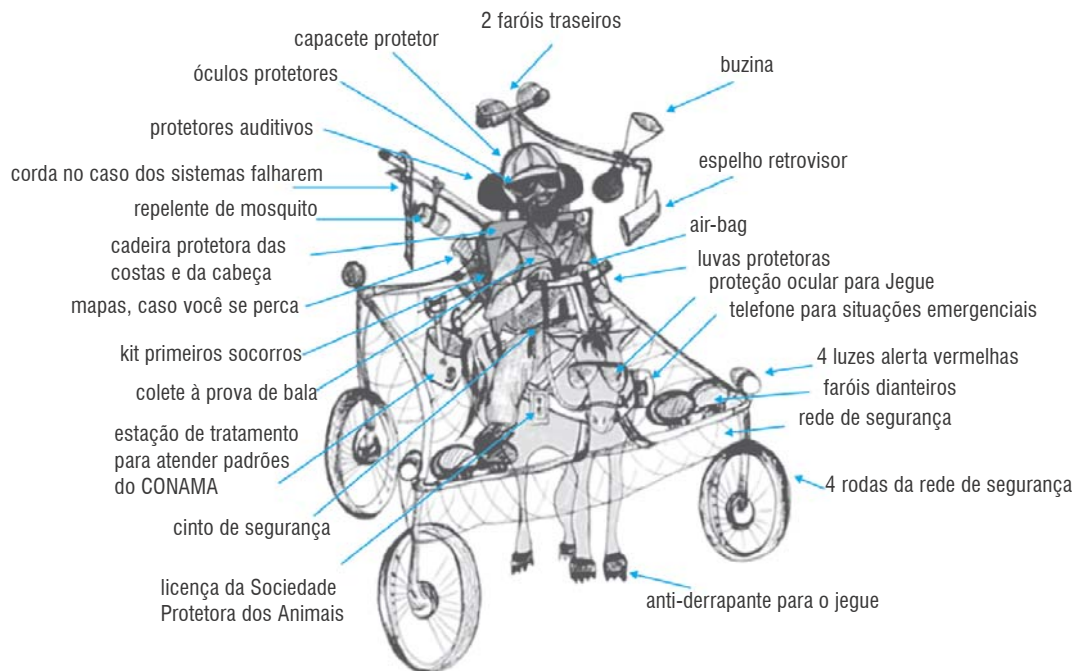


FIGURA 1.2 – NORDESTINO RETIRANTE

Claro que uma empresa engessada por inúmeras exigências pontuais de controle de emissões dificilmente teria como operar satisfatoriamente. Mais ainda, imaginemos o esforço que a mula do nosso nordestino terá que fazer apenas para deslocar os equipamentos de segurança e proteção ambiental. De forma similar, uma indústria que persistisse ou fosse obrigada a agir desta forma teria sérios encargos e custos adicionais. Por outro lado, nada estaria sendo feito para reduzir a extração de recursos naturais. Pelo contrário, mais matéria-prima e energia seriam demandadas para mover toda a parafernália de controle de poluição.

Se quisermos, de fato, dar uma opção mais segura para o nosso peão, nordestino retirante, teremos que pensar em uma outra rota para ele percorrer, que implique menos riscos e, conseqüentemente, menos equipamentos de proteção, sem que isto represente, é claro, menor proteção efetiva.

Para termos sucesso nesta busca da rota mais segura é preciso rever conceitos. O que são resíduos, senão matéria-prima mal aproveitada? O que são esgotos, senão um líquido composto de 99,95% de água (mal utilizada) e 0,05% de material sólido arrastado por esta? Pelo menos 50% das nossas emissões decorrentes de queima de combustível decorrem de perdas energéticas e desperdícios provocados pelas tecnologias utilizadas ou inadequação de práticas operacionais.

Poluição não é, senão, o produto de uma baixa eficiência no aproveitamento dos recursos naturais. Michel Porter, da Universidade de Harvard (EUA), e Claas van der Linde, da Universidade de St Gallen, na Suíça, utilizam o conceito de produtividade no uso de recursos naturais e humanos (*resource productivity*) para discutir a relação entre o desempenho ambiental e a competitividade das corporações. Eles afirmam que o crescimento desta produtividade faz as empresas mais competitivas e, neste sentido, regulações ambientais mais intensas, mas adequadamente elaboradas, elevam o valor das empresas (Porter e Class van der Linde, 1995).

Enfrentar o desafio de reduzir o impacto ambiental do processo produtivo, apenas correndo atrás de corrigir os problemas que nós próprios criamos, não parece ser muito racional. Claro que temos que corrigir todos os problemas que criamos, e para tanto deveremos também usar tecnologias de fim-de-tubo. Mas esta não é a solução

que estamos buscando. Precisamos nos conscientizar que o desafio agora não é criar problemas ambientais para depois resolvê-los. O desafio é não gerar poluição! Não gerar resíduos!

Os caminhos para a não geração de resíduos são vários: devemos repensar as matérias-primas que utilizamos e rever os processos de fabricação, discutindo por que estes geram perdas de material e energia, e considerando se algumas dessas perdas, devidamente processadas, não seriam insumos para outros processos. Devemos, ainda, estudar o transporte de insumos e produtos, as embalagens e a vida útil de produtos e o destino desses pós-consumo. Todas essas ações resultam na Prevenção da Poluição.

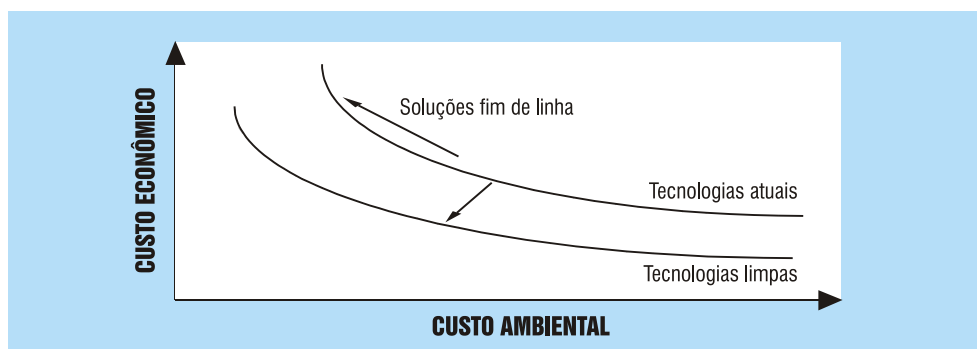
Leo Baas, da Universidade de Lund, na Suécia, tem se dedicado a organizar esses conceitos compilando definições que podem ser muito úteis. Vejamos a definição de Tecnologia de Baixo ou Nenhum Resíduo (LNWT – Low or No Waste Technology), proposta pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa em 1984 (Baas, 1996):

“(...) um método de manufatura (processo, planta industrial, complexo industrial) onde a totalidade de matérias-primas e energia é utilizada da forma mais racional e integrada no ciclo produtivo: matérias-primas-produção-consumo-recursos materiais secundários, de forma a prevenir qualquer impacto negativo no ambiente que possa afetar seu funcionamento normal. Num sentido mais amplo, a tecnologia de baixa poluição e sem resíduos se preocupa não apenas com processos produtivos, mas também com o destino dos produtos num tempo de vida mais longo, seu fácil conserto e o seu reciclo e transformação após uso, de forma a prevenir danos ecológicos. O objetivo é atingir um ciclo tecnológico completo para o uso dos recursos naturais, compatível ou similar aos ecossistemas naturais.”

Esta é uma definição interessante? Que seja, mas não vamos fechar os conceitos agora (nem nunca!). Vamos usá-la como uma referência inicial que será aprofundada ao longo deste capítulo.

Questão para reflexão:

- Roland Clift, da Universidade de Surrey, ao sul de Londres, ilustra a evolução de práticas de fim-de-tubo para tecnologias limpas com o seguinte gráfico apresentado na Figura 1.3, abaixo. Como você usaria o conceito de inovação nesta interpretação? Tente interpretá-lo e responda.



Fonte: CLIFT, 1993, em CHRISTIE; et al., 1995.

FIGURA 1.3 – PRODUÇÃO LIMPA E LIMPEZA DE PROCESSOS

1.3 BARREIRAS A SUPERAR

Mas, afinal de contas, se Prevenção da Poluição é a opção mais óbvia, por que tanto esforço para implementá-la?

Boa pergunta! Você poderia ajudar a respondê-la?

Na realidade, nem sempre novas propostas nascem óbvias. Elas assim se tornam depois de se mostrarem bem-sucedidas e, ainda assim, podem não ser implementadas na medida do esperado. Um exemplo próximo ao nosso tema seria o de ações preventivas e ações curativas da saúde. Alguém discordaria da prioridade sanitária ou econômica da implantação de ações de saneamento básico? Mesmo assim, aproximadamente 50% da população brasileira nos centros urbanos tem acesso a redes de esgotos (fonte: OMS/UNICEF).

Você já elaborou sua resposta à pergunta acima?

Vamos tentar dar a nossa. Primeiro, de um modo gráfico; depois, apresentando algumas informações complementares.

Os profissionais que operam processos produtivos tendem a se enclausurar nos seus próprios métodos e paradigmas. Eles se aprofundam nas peculiaridades inerentes à tecnologia da produção e em torno dela circulam suas experiências. A Figura 1.4 representaria esta afirmação:

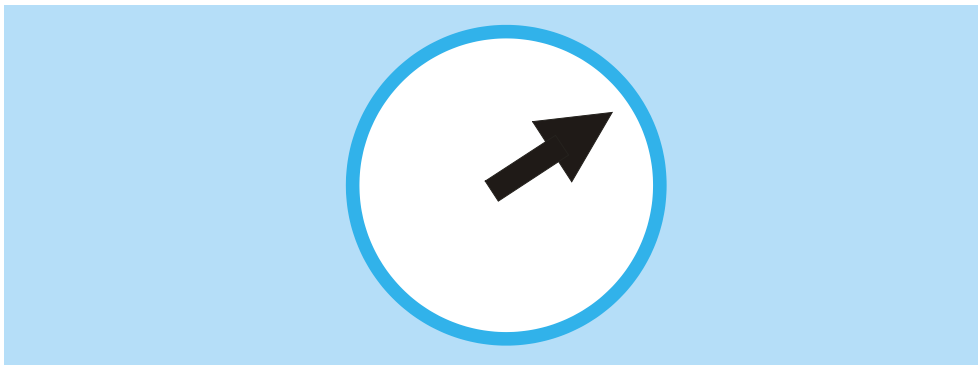


FIGURA 1.4 – SISTEMA NÃO INTERATIVO CORRESPONDENTE À LÓGICA DO PROJETISTA E DO OPERADOR DO PROCESSO

O conhecimento circulando principalmente dentro da fábrica, ou dentro da lógica do setor.

Por outro lado, as pressões ambientais foram geradas a partir da constatação da degradação dos recursos naturais e dos impactos provocados na saúde da população. Grandes acidentes ambientais contribuíram para o crescimento da demanda ambientalista e para a organização da sociedade nesta direção.

Na busca por soluções para os problemas ambientais, os setores organizados e as agências ambientais partem na direção dos empreendimentos geradores das cargas poluidoras. O embate entre ambientalistas e setores produtivos ocorre nos limites das fábricas. Ao lado do fim do tubo que lança o efluente no rio e em volta da chaminé

que descarrega suas emissões na atmosfera, nada mais natural do que se acordar na implantação das chamadas “*soluções fim-de-tubo*”.

Era o óbvio, e o que a sociedade exigia. Por outro lado, o pensamento produtivo mantém sua autonomia e poder de decisão. Cria-se a indústria ambiental com o objetivo de adequar a carga poluidora das emissões industriais à capacidade receptora dos corpos ambientais e, portanto, com a necessidade de considerar os fatores externos de interação e identificar alternativas tecnológicas para a melhoria do desempenho ambiental. Ver Figura 1.5:

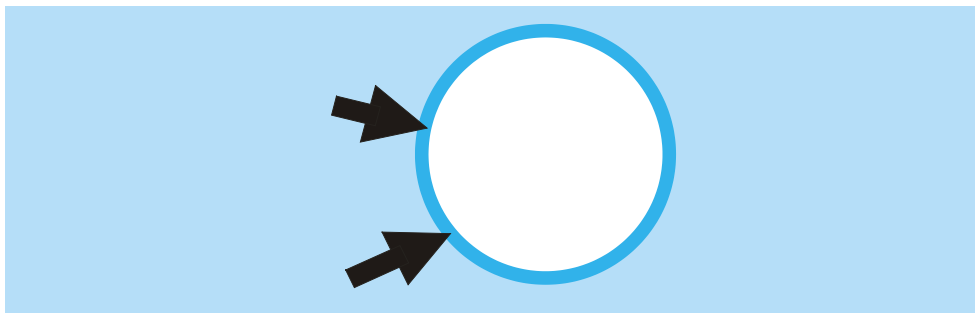


FIGURA 1.5 – LÓGICA DO CONTROLE EXTERNO SOBRE OS POLUENTES

As tecnologias fim-de-tubo se caracterizam pelo baixo valor dos seus subprodutos, pelo alto custo da sua implementação e pelo fato de não eliminar os poluentes, mas apenas transferi-los de um meio receptor para outro.

A prevenção da poluição representa um novo paradigma para equacionar o problema da poluição, pois transfere o eixo da discussão dos limites da fábrica para o interior do processo produtivo (Figura 1.6). Para tal, torna-se necessário identificar as causas da geração de resíduos, que estão normalmente associadas às falhas no processo produtivo. Gerar resíduos implica custos adicionais com: perdas de matéria-prima, custos para tratamento e disposição final.

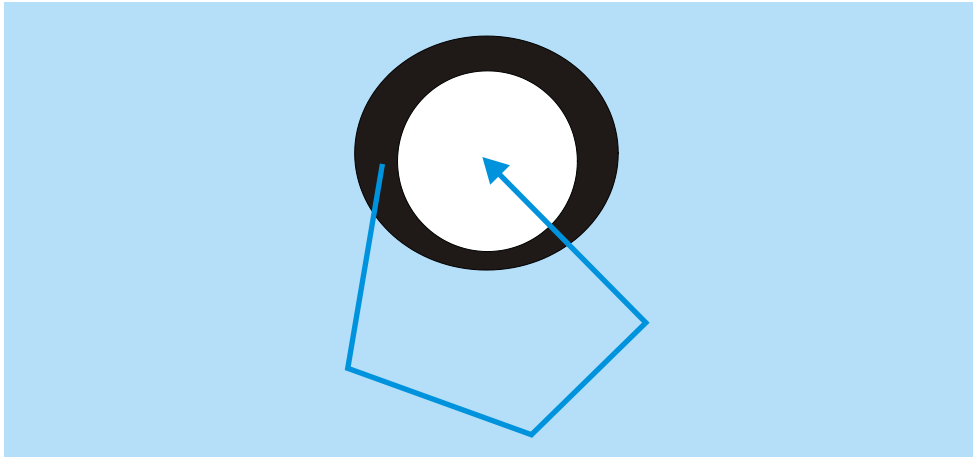


FIGURA 1.6 – A MUDANÇA DE LÓGICA PARA TECNOLOGIAS LIMPAS

As práticas ambientais adotadas na produção pelas empresas e sociedade, em geral, determinam as políticas ambientais e vice-versa. O importante é perceber a necessidade do alinhamento entre estas, para que o discurso seja coerente com a prática.

Questão para reflexão:

- Como você interpretaria a prioridade dada nos dias de hoje às medidas “fim-de-tubo”?

Analisando a evolução do comportamento das empresas em relação ao meio ambiente observamos que, ao longo dos anos, o meio ambiente foi considerado um aspecto de segunda ordem ou de menor importância, para o setor produtivo, tanto no campo econômico como no técnico. No campo econômico, ele tem sido tratado como uma externalidade. No campo técnico, medidas de controle da poluição têm sido tomadas (no melhor dos casos) para adequar as emissões aos padrões exigidos, sejam esses padrões de lançamento ou de concentração máxima no corpo receptor.

Historicamente, a regulamentação ambiental tem ocorrido em função da ocorrência de grandes acidentes. A crise do *smog* londrino de 1952 provocou o Ato do Ar Limpo (Clean Air Act) de 1956, no Reino Unido. O acidente de Seveso, na Itália, desencadeou a publicação de uma diretiva sobre Riscos de Acidentes Industriais por parte da Comunidade Européia.

Questão para reflexão:

- Pesquise os acidentes citados, resuma-os utilizando meia página para cada. Apresente dois outros acidentes ambientais de importância, sendo um de abrangência internacional e outro de abrangência nacional. Aponte os seus desdobramentos em termos de medidas legais adotadas após sua ocorrência.

As medidas de controle ambiental têm se fundamentado na aplicação de padrões de lançamento de emissões, expressas na forma de concentrações de poluentes ou de cargas, e/ou na fixação de concentrações máximas admitidas nos corpos receptores. Um exemplo claro disto é a Resolução CONAMA 20, de 1986.

Um dos princípios aprovados em Estocolmo, em 1972, estabelece que deve ser controlado o lançamento de substâncias tóxicas, ou outros compostos, no meio ambiente, se as quantidades ou concentrações destes excederem sua capacidade de absorção. Em 1975, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) popularizou o Princípio do Poluidor Pagador. Este princípio estabelece que o produtor deve se responsabilizar pelos custos ambientais, assim como os provocados a pessoas e propriedades. A ótica que prevaleceu nos anos 70 foi de aceitação do inevitável lançamento de poluentes no meio ambiente, estabelecendo-se medidas para seu controle. Procurou-se transferir os custos ambientais para os produtores, de forma que estes assumissem as medidas cabíveis para minimizar seu impacto.

Questão para reflexão:

- Analise o Princípio do Poluidor Pagador e o impacto deste no setor produtivo.

Uma coisa é certa: o Princípio Poluidor Pagador trata de uma visão na qual a relação com o meio ambiente só faz agregar custos ao processo produtivo. Neste sentido, a tecnologia ambiental representa a interface que tem por objetivo adequar os lançamentos à capacidade do corpo receptor.

A rápida expansão da produção industrial e dos seus impactos obrigou o aprimoramento da compreensão da relação produção–meio ambiente. O meio ambiente passou a ser visto não apenas como um conglomerado de corpos receptores. A preservação da

natureza tornou-se um valor em si mesmo. Além disso, novas funções são reconhecidas: a natureza como fornecedora de recursos, renováveis ou não, cuja preservação se constitui em pré-requisito para a continuidade da atividade produtiva; a natureza como fornecedora de informações fundamentais para o desenvolvimento tecnológico.

A sociedade, em geral, e os órgãos ambientais, em particular, passaram a exigir da indústria a adoção das “melhores técnicas” para os tratamentos fim-de-tubo, não bastando atender a determinados padrões ambientais, exigindo do setor produtivo a utilização das melhores opções tecnológicas existentes.

Isto, de certa forma, quebrou uma barreira na relação entre as agências reguladoras e os agentes produtivos. Os fiscais passaram de meros controladores de descargas para avaliadores das tecnologias utilizadas para tratar as emissões. Mesmo que inicialmente utilizada para exigir melhores tratamentos fim-de-tubo (Baas, 1996), o uso desta exigência começou a transferir a discussão ambiental para o interior das fábricas.

Nem sempre, contudo, a melhor técnica disponível está ao alcance da empresa avaliada. Surge a necessidade de se encontrar critérios que levem em consideração a capacidade do produtor de pagar pela melhor técnica disponível no mercado para abater determinados poluentes. Às exigências de aplicação da melhor tecnologia disponível (BAT – Best Available Technology) agregam-se considerações econômicas e surgem as melhores técnicas economicamente disponíveis.

Tendo a discussão das medidas de controle ambiental atingido o interior das fábricas, trazendo, inclusive, critérios econômicos para a decisão das técnicas a serem adotadas, não tardaria para o conceito de prevenção vir a ser considerado.

Nesta última década, avanços importantes aconteceram. A partir do Tratado de Maastricht (1992), a Comunidade Européia adotou o Princípio da Precaução, o qual estabelece que a possibilidade de um impacto ser causado por determinados processos ou produtos deve ser considerada como um fato, mesmo não existindo informações suficientes que o comprovem. Com dezenas de milhares de novos compostos sendo sintetizados anualmente, este princípio, que uma década antes pareceria impensável, desponta como indispensável.

Este princípio também determina que ações contundentes devem ser tomadas, mesmo antes de existirem provas científicas de causa-efeito. O ônus da prova passa da vítima para o empreendedor (O’Riordan, 1995), e, nesse sentido, o cuidado com a gestão do processo de produção passa a ganhar nova importância.

Questão para reflexão:

- Discuta o Princípio da Precaução e o impacto deste no setor produtivo.

Ainda na década de 90, o princípio do Desenvolvimento Sustentável ganhou espaço em nível mundial, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, RIO-92. Inicialmente definido pela Comissão Brundtland (1983), este princípio estabelece que o desenvolvimento atual não deve comprometer a capacidade de gerações futuras de também atenderem às suas necessidades.

Em 1990, o Parlamento britânico aprovou o Ato de Proteção Ambiental, EPA 90, que estabelece a política do Controle da Poluição Integrado (IPC). Este documento aponta para dois instrumentos, que devem ser utilizados pelas empresas potencialmente poluidoras:

- a melhor tecnologia disponível que não implique custos excessivos, BATNEEC (Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost), e
- a melhor opção ambiental praticável, BPEO (Best Practicable Environmental Option), (DOE, HMIP, 1991).

O documento acima define BATNEEC como técnicas que permitem prevenir a emissão de substâncias prescritas, exige que, caso a prevenção não seja possível, as emissões devem ser minimizadas e tornadas inofensivas e introduz uma gradação de prioridades com ênfase para a prevenção. Esta visão foi também adotada na Comunidade Européia no Ato de Prevenção e Controle Integrados da Poluição (IPPC/95).

Um outro aspecto a ser observado na legislação britânica e européia recente diz respeito à ampliação do conceito de tecnologia utilizado. O termo *technique* é utilizado para abranger não apenas a tecnologia propriamente dita, mas os aspectos gerenciais e operacionais a ela relacionados.

Mesmo assim, o conceito das melhores tecnologias não consegue se desvincular das práticas de fim-de-tubo com as quais estiveram inicialmente associadas.

Instrumentos econômicos também têm sido intensamente utilizados para controlar a poluição, permitindo grande flexibilidade na aplicação, podendo promover também a adoção de medidas inovadoras nos processos produtivos.

Entre estes citamos:

- Inserção de custos na produção a partir da cobrança de multas pela emissão de poluentes ou cobrança de taxas pelo uso de equipamentos para o descarte final de resíduos.
- Oferta de subsídios e/ou incentivos fiscais na adoção de formas mais limpas de produção.
- Autorizações de emissão (TEPs – Tradeable Emission Permits).

Dentre os instrumentos apresentados, as TEPs representam a forma mais nova de encarar os problemas ambientais. A idéia baseia-se na criação de um mercado de quotas ambientais sujeito a normas predefinidas. Isso oferece aos empreendedores maior liberdade para achar soluções de menor custo e menor impacto ambiental. Empresas poluidoras podem se articular para definir o elenco de medidas que cada uma deverá tomar para atender aos padrões ambientais fixados pelos organismos reguladores. De outro lado, nenhum impacto adicional é gerado porque os níveis gerais de emissões são controlados (Turner, 1995).

Questão para reflexão:

- Apresente duas situações nas quais têm sido utilizadas as permissões de emissão negociáveis, ou nas quais seria interessante utilizá-las. Comente as vantagens e desvantagens da sua aplicação.

As idéias mais recentes de Prevenção da Poluição (P2) ampliam as opções a serem consideradas para o equacionamento da relação produção e meio ambiente.

Segundo Joseph Ling, ex-vice-presidente da empresa 3M, em 1975 esta empresa lançou seu programa P3, Prevenção da Poluição se Paga (Shen, 1995), o qual sustentava que a redução ou eliminação da poluição na fonte permitiria eliminar ou reduzir os custos de tratamento e limpeza e, ao mesmo tempo, a conservação de matérias-primas, tornando o processo produtivo mais eficiente e menos custoso. A Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa convidou a empresa a apresentar esta proposta em Paris, no ano de 1976, no seminário Princípios e Criação de Tecnologia sem Resíduos, propondo sua divulgação.

Apesar de a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) promover no fim da década de 70 discussões sobre prevenção da poluição, o Congresso americano só deu o devido valor ao enfoque preventivo quando o assunto dos resíduos perigosos tornou-se público. Em 1989 a EPA montou seu Escritório de Prevenção da Poluição, e um ano depois o Congresso do Estados Unidos aprovou o Ato de Prevenção da Poluição (Ling, em Shen, 1995).

FECHAMENTO

Neste capítulo procuramos chamar a atenção para a necessidade de imprimir um ritmo mais acelerado à redução do impacto ambiental das atividades produtivas e dos produtos em si. Vimos que os avanços tecnológicos não se mostram suficientes para garantir um desenvolvimento sustentável, se for mantida a postura, hoje predominante, de tentar controlar a poluição com base em medidas do tipo Fim-de-tubo. O Fator 10 tem que ser atingido em um prazo inferior a 50 anos.

Discutimos possíveis razões para entender por que essas medidas acabaram sendo priorizadas em detrimento da Prevenção da Poluição. Ampliamos a visão conciliando interesses econômicos e ambientais com base na compreensão de que poluição é um indicador de ineficiência no uso dos recursos naturais e financeiros. Entendemos que para as corporações se tornarem mais competitivas, elas devem enfrentar o desafio ambiental como uma oportunidade para inovar.

Constatamos, também, que a prática de Prevenção da Poluição vem crescendo cada vez mais no mundo e hoje muitas empresas já apresentam excelentes resultados.