

# Sustentabilidade Ambiental: Produção e Consumo

## ENVIRONMENT SUSTAINABILITY: PRODUCTION AND DEMAND

Asher Kiperstok  
Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia  
Departamento de Engenharia Ambiental

### INTRODUÇÃO

Discutir sobre o desenvolvimento sustentável tornou-se quase um lugar comum nos diversos círculos sociais. Consideramo-nos “ambientalistas” ou “ambientalmente corretos” na medida que tomamos cuidado com a disposição dos nossos resíduos. Mas isto é suficiente? O que é suficiente?

Alguns autores, mesmo de países em desenvolvimento, adotam o discurso da superpopulação para justificar a necessidade de novas políticas de controle demográfico para garantir a sustentabilidade ambiental do planeta. Com isto além de desinformar o público, estimulam o discurso dos países e elites dominantes na defesa dos seus interesses imediatos. O crescimento populacional não se constitui no principal fator de ameaça a sustentabilidade, aliás, com o decréscimo das taxas de crescimento verificadas a cada ano, podemos nos questionar se este sequer merece tanta atenção.

Mas de fato o espaço que a raça humana ocupa no planeta tem crescido insustentavelmente, ameaçando não a sobrevivência deste, mas a nossa sobrevivência neste.

Contradição?... Não.

O que ameaça a nossa sobrevivência, mais do que quantos somos, é o quanto cada um de nós ocupa de espaço na Terra. É a denominada pegada ecológica. É a área do planeta que tem que ser colocada a serviço de cada um de nós para atender as nossas necessidades diretas e indiretas, objetivas e subjetivas. Spangenberg (2001) atribui ao Mahatma Gandhi a frase: *...“o mundo tem condições de atender as necessidades de todos mas não a voracidade, a gula, de alguns”*

Já nos anos 70 uma discussão travada no âmbito

da Academia de Ciências dos Estados Unidos, colocava de um lado os pesquisadores Ehrlich e Holdren e do outro Barry Commonner, ilustre defensor das causas ambientais. Os primeiros afirmavam que era o crescimento populacional o mal maior que ameaçava o planeta. Commonner apontava o nível de consumo dos cidadãos ricos como o principal problema.

Para melhor ilustrar este embate, convém se referir a denominada Equação Mestra de Impacto Ambiental ou Entidade de Ehrlich (Graedel e Allenby, 1998).

$$\text{IMPACTO AMBIENTAL} = (\text{POPULAÇÃO}) \times (\text{CONSUMO PER CAPITA}) \times (\text{IMPACTO AMBIENTAL / UNIDADE DE PRODUÇÃO})$$

Se focarmos o aspecto populacional, num horizonte de 30 a 50 anos, podemos imaginar, no máximo a população crescendo 1,2 a 2,0 vezes. Mesmo assim, exigindo novos arranjos sociais para que o envelhecimento desta não leve a sérios conflitos entre gerações ou a um recrudescimento de instintos racistas e neofascistas. Observe-se que o rápido crescimento da população de origem árabe na França, tem sido um dos fatores importantes no crescimento da ultra-direita radical no país, berço dos conceitos republicanos de fraternidade, liberdade e igualdade.

Por outro lado, como se distribui o consumo per capita no mundo? Instituto Indira Gandhi da Índia nos traz dados interessantes.

Quadro 1  
Padrões de consumo para mercadorias selecionadas  
Indira Ghandi Institute of Development Research para UNCED

Produtos	Total Mundial 10 <sup>6</sup> Ton	Participação Des.	% Em des.	Per Cápita Des	Kg. Em des.	Des/ Em des.	EUA/ India
Cereais	1801	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 <sub>2</sub> anual	5723	70	30	3,36	0,43	8	27

Fonte: Parikh et al (1991) apud May e Seroa da Motta ( 1994)

O quadro acima apresenta o padrão de consumo para alguns itens selecionados, verificados nos países em desenvolvimento (em des.) comparativamente aos dos países desenvolvidos (des). Mostra, também Automatic Control Conference, Vol. VI, Uberlândia, M.G., Brazil, pp. 2081-2085. m, a relação entre o padrão de consumo destes na Índia e nos Estados Unidos. Observa-se, por exemplo, que um consumidor americano consome 52 vezes a quantidade de produtos químicos inorgânicos que um indiano consome, e um cidadão médio de um país em desenvolvimento é responsável pela emissão de um oitavo da quantidade de CO<sub>2</sub> que um cidadão de um país desenvolvido emite.

Claramente, é o padrão de consumo que se coloca como o gerador principal da pressão sobre os recursos naturais e não o crescimento populacional. As altas taxas de crescimento do Produto Interno Bruto, PIB, chinês, em torno de 10% aa. e não o crescimento da sua população, é que levantam o alerta com relação à insustentabilidade das novas pressões sobre os recursos ambientais.

A Equação Mestra traz ainda, uma reflexão sobre o papel que a tecnologia tem na busca pela sustentabilidade. Ela se apresenta no terceiro fator: o impacto ambiental de cada unidade de consumo. Este impacto se refere àquele provocado no ciclo de vida do produto, isto é desde a extração da matéria prima que irá compor-lo, passando pelo(s) processo(s) que o produz(em), o seu uso e finalmente descarte. Este impacto pode ser avaliado e até quantificado com o uso da ACV, Análise de Ciclo de Vida.

Para se atingir a sustentabilidade é necessário então se atingir padrões de consumo e de produção sustentáveis. Mas será que temos uma clara consciência disto?

O processo de desenvolvimento atingido pelos países mais ricos se deu as custas de um irreversível comprometimento dos eco-sistemas do planeta. O seu padrão de uso dos recursos naturais não é extensível para o resto da humanidade. Para poder se pensar em atender à necessidade de crescimento do consumo mundial com sustentabilidade é necessário se encontrar alternativas menos impactantes, conforme ilustrado pela curva de Kutsnetz (Figura 1)

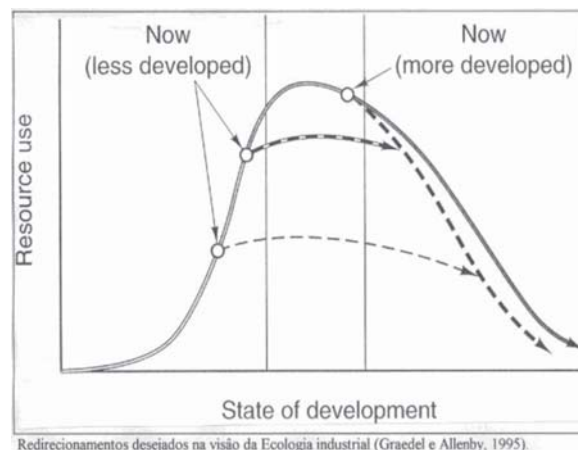


Figura 1 Curva de Kutsnetz (Graedel e Allenby, 1995)

“Attingir o desenvolvimento necessário para um melhor padrão de vida de forma sustentável, exige então se atingir o que documentos da OECD (2002a,b) denominam de 1º desvinculação do crescimento econômico da degradação ambiental”

## DESVINCUAÇÃO DO CRESCIMENTO ECONÔMICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL <sup>1</sup>

“Progresso científico e desenvolvimento tecnológico são duas forças importantes para a melhoria da produ-

tividade e dos padrões de vida. Novas tecnologias representam uma promessa para se desvincular crescimento econômico da degradação ambiental de longo prazo. Mas, não existem garantias de que inovações surgirão onde e quando são mais necessárias, ou a um preço que reflita todas as externalidades ambientais e sociais associadas à sua aplicação. Os governos precisam criar um ambiente de políticas que forneça os devidos sinais aos inovadores e aos usuários de processos tecnológicos, tanto a nível doméstico como internacional, financiar pesquisa básica e apoiar iniciativas privadas de forma adequada.

*Recomendação do Programa Horizontal sobre Desenvolvimento Sustentável da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OECD), desenvolvido por este organismo e instituições afiliadas no período de 1998 a 2001*<sup>1</sup> (OECD, 2002a,b).

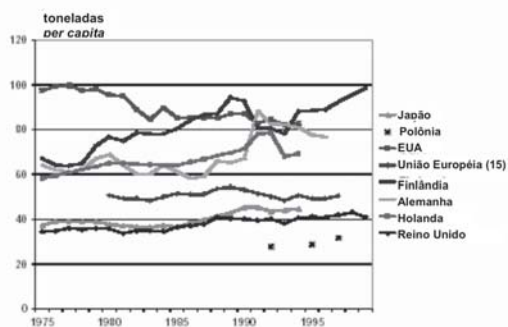
Conseguir o necessário crescimento do bem-estar sem comprometer a capacidade de suporte do planeta implica em conseguir quebrar a relação hoje existente entre produção de bens e serviços e o consumo de recursos naturais. No âmbito da OECD, este processo tem sido denominado desvincular o crescimento econômico da degradação ambiental<sup>(1)</sup> (OECD, 2000a,b, 2002a,b; FUKASAKU, 2000a,b). Apesar da ênfase que vem sendo dada ao papel da tecnologia no provimento de produtos com menor ônus ambiental não se desconsidera a questão dos hábitos de consumo. Os esforços de organismos internacionais como a OECD, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), têm abordado o assunto em programas de ação, seminários e publicações. Nesse sentido, diversos indicadores vêm sendo desenvolvidos e aplicados em estudos cada vez mais abrangentes e detalhados.

A título de ilustração, pode ser citado o desenvolvido pelo Instituto Wuppertal para o Departamento para o Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido (WUPPERTAL INSTITUTE; DEFRA UK, 2002; SHEERIN, 2002; WUPPERTAL INSTITUTE et al., 2002).

Publicado em junho de 2002, o estudo mostra que o crescimento econômico do Reino Unido vem se desvinculando do uso total de materiais. Para tanto,

utiliza o indicador Demanda Total de Material (TMR) per capita. O TMR considera todas as formas de materiais e energia, excluindo-se o ar e a água, utilizadas tanto no território britânico como fora dele, para suportar as atividades econômicas do país estudado.

A Figura 2 apresenta a evolução da Demanda Total de Material (TMR) per capita de diversos países desenvolvidos, apontando para uma tendência à estabilização da pressão sobre os recursos naturais, apesar de ter havido, no período, crescimento dos seus respectivos Produtos Nacionais Brutos (PNB). Especificamente para o Reino Unido, a desvinculação entre crescimento econômico e demanda de materiais encontra-se ilustrada na Figura 3. Nesta, ilustra-se tanto a demanda total, TMR, como a DMI (Entrada Direta de Materiais). Esta última considera apenas o material efetivamente processado como insumo nos processos produtivos, excluindo os denominados “fluxos ocultos” que incluem o material extraído do meio ambiente, mas que não devidamente aproveitado na economia, tais como os resíduos de mineração.



OBS – para permitir comparação internacional, aqui o TMR per capita do Reino Unido inclui erosão do solo

FIGURA 2 – Demanda total de materiais per capita, em vários países, entre 1975 e 1999

FORNTE – Wuppertal Institute e DEFRA UK, 2000

O citado trabalho apresenta ainda algumas tendências de evolução da DMI com relação ao PNB, para diversos países. Na Figura 4 a seguir, pode-se observar que alguns países, como a França e a Alemanha, teriam reduzido o uso de recursos naturais por unidade de riqueza gerada entre 1987 e 1997. Outros, como a Finlândia e a Holanda, estariam expandido o seu PNB sem demandar recursos naturais adicionais. Já em pa-

2 O termo utilizado “decoupling” tem sido aplicado em expressões do tipo: “desvincular crescimento econômico dos recursos naturais” ou “desvincular emissão de CO<sub>2</sub> do Produto Nacional Bruto”. Autores como Frosch e Ausubel (FROSCH et al., 1996; AUSUBEL, 1997), em publicações da Academia Nacional de Ciência dos EUA, têm usado o conceito de “Liberação da Natureza” para expressar idéias semelhantes.

1 O texto aqui apresentado foi baseado em trabalhos extraídos de apontamentos de aulas proferidas pelo autor e outros trabalhos publicados pelo mesmo.

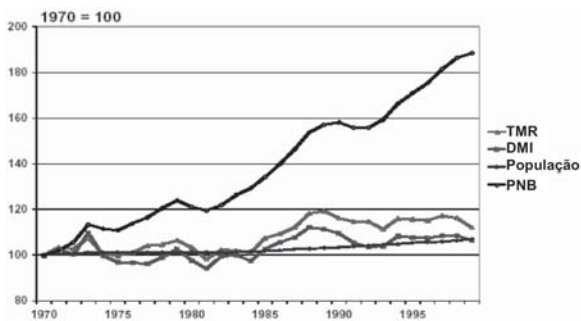


FIGURA 3 – PNB, População, Demanda Total de Materiais e Entrada Direta de Materiais, no Reino Unido, entre 1970 e 1999  
 FONTE – Wuppertal Institute e DEFRA UK, 2000

íses como a Grécia, a Itália e a Dinamarca, o PNB cresce com consideráveis aumentos no consumo de recursos naturais. Verifica-se, contudo, que a Itália consome o equivalente a quase metade dos recursos naturais da Holanda por dólar gerado no PNB.

Estudos deste tipo, denominados de Análise de Fluxos de Materiais (MFA) ( ), começam a ser utilizados para monitorar o desenvolvimento das economias dos países e sua relação com o esgotamento dos recursos naturais. Estas análises são possíveis graças à existência de informações adequadas para este fim, notadamente no Sistema Estatístico da União Européia (EUROSTAT), e outros órgãos de estatística dos países desenvolvidos. Muito provavelmente, a qualidade dos dados terá de evoluir para que este tipo de estudos possa tornar-se efetivamente operacional, mas já aponta para tendências que precisam ser acompanhadas mais de perto.

As informações necessárias para este tipo de análise não se encontram disponíveis no momento no Brasil. Documentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, tais como os "Indicadores Ambientais" (IBGE, 2002), sequer consideram a avaliação de desempenho ambiental a partir de indicadores deste tipo.

Se bem que indicadores ambientais tradicionais podem permitir quantificar as nossas principais demandas ambientais isto é, aquelas associadas à pobreza e ao subdesenvolvimento, indicadores de eco-eficiência são necessários para ajudar a organizar o setor produtivo, fazendo com que este incorpore as demandas internacionais mais atuais e possa então desenvolver competitividade. Para a geração de inovação capaz de inserir nossa economia no esforço por uma competitividade global, são necessários indicadores que permitam acompanhar a evolução da produtividade brasileira no uso dos recursos naturais.

Cabe observar, contudo, que entre as razões não consideradas nestes trabalhos, ao abordar o crescimento da economia dos países ricos, sem a correspondente movimentação de recursos naturais, incluem-se, entre outros, os ganhos decorrentes dos fluxos de capitais nos mercados financeiros decorrentes de transações fora de suas fronteiras e a transferência da indústria pesada, intensiva no uso de matérias primas, para os países em desenvolvimento.

O uso de indicadores do tipo PIB ou PNB/Consumo de recursos naturais pode levar a graves desvios se dentro dos denominados fluxos ocultos, não forem considerados todos os recursos naturais utilizados no país de origem para se produzir um bem que será exportado. Sabidamente, ao exportar alumínio o Brasil está exportando, embutido neste material, o recurso hídrico utilizado para a geração da energia consumida na indústria. A agroindústria do vale do São Francisco exporta nas suas frutas e vinhos, água retirada da região semi-árida do Nordeste. A transformação do Brasil no principal exportador de carne bovina se deu a custos ambientais incomensuráveis. Como avaliar a devastação do pantanal com as queimadas que acabam abrindo o caminho para o plantio de capim? O uso destes recursos não é devidamente considerado nas figuras acima apresentadas podendo levar a erros na interpretação da real evolução destes no sentido da sua liberação do meio ambiente.

## DO FIM DE TUBO AO RESÍDUO ZERO: AS TENDÊNCIAS DA TECNOLOGIA AMBIENTAL

Nos termos até aqui colocados neste trabalho, enfrentar o desafio do desenvolvimento sustentável exige respostas à pergunta de como se atingir o Fator 10. Tradicionalmente, confunde-se o conceito de tecnologias ambientais com o de tecnologias utilizadas apenas para se adequarem emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos à capacidade de recepção dos respectivos corpos receptores no entorno dos pontos de lançamento. Mais recentemente, estas tecnologias, por sua localização física com relação ao processo produtivo, têm sido denominadas de "fim de tubo" (end of pipe). Claramente, o paradigma tecnológico do fim de tubo não se tem mostrado capaz de deter o avanço da degradação ambiental (SHEN, 1995; MISRA, 1996; LaGREGA et al., 1994), quanto mais de gerar as mudanças requeridas para se atingir o Fator 10. A ação fim de tubo aplica-se depois dos residu-

os terem sido gerados e parte do princípio que estes são inevitáveis. As deseconomias associadas a esta forma de pensar são evidentes. Admite-se, com naturalidade, que uma parte da matéria-prima que abastece o processo produtivo será inevitavelmente perdida para o meio ambiente, na forma de emissões indesejáveis, gerando, desta maneira, impactos tanto ambientais quanto econômicos. Contudo, está acontecendo uma mudança do fim de tubo para tecnologias mais limpas, associada a uma nova estratégia corporativa nas empresas poluidoras (OECD, 2000a,b), mas isto não parece ser suficiente.

A Comissão Holandesa para Políticas Ambientais de Longo Prazo avança na discussão ao afirmar que "[...] as práticas habituais de inovação não oferecem qualquer perspectiva de a tecnologia ter um papel, senão periférico, para se atingir o desenvolvimento sustentável" (WEAVER et al., 2000).

Isto é, estaríamos, em nível mundial, numa situação onde não apenas inexitem as tecnologias para se garantir o desenvolvimento sustentável, como os próprios processos de inovação se mostram incapazes de gerá-las. Por outro lado, sabe-se que, por exemplo, a tecnologia necessária para se cumprir o Protocolo de Quioto é conhecida e dominada. A sua aplicação depende mais de decisão política e da existência de condições econômicas para tanto.

O cumprimento das metas acordadas em Quioto apenas colocaria os países na rota da melhoria de sua eco-eficiência, no referente, especificamente, as causas do efeito estufa, mas dificilmente poderia considerar-se que estes logros, que sequer estão sendo concretizados, garantiriam espaço ambiental para os países pobres atingirem condições dignas de vida. Para tanto, mais do que se viabilizar a compra de quotas de carbono decorrentes da queima do biogás gerado em aterros sanitários, é necessário se identificar formas de evitar o lançamento de matéria orgânica neles. Boa parte desta matéria orgânica não é senão, restos de comida que nunca deveriam ter acabado no lixo.

A consecução de níveis superiores de produtividade no uso dos recursos naturais pressupõe uma evolução no sentido indicado na Figura 4.

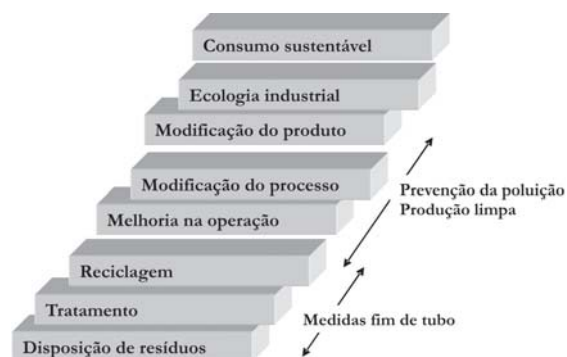


FIGURA 4 – Evolução das práticas ambientais  
 FONTE – Kiperstok e Marinho, 2001

Nos degraus mais baixos da escada encontram-se as denominadas medidas fim de tubo. Neles assume-se que os resíduos são inevitáveis e procura-se apenas reduzir o impacto do seu lançamento no meio ambiente. Para isto gasta-se energia e outros insumos.

Nos degraus intermediários estão representadas medidas que procuram modificar o próprio processo produtivo, dentro de uma fábrica ou cadeia produtiva. Procura-se aqui identificar perdas e ineficiências que acabam se transformando em impactos ambientais, de forma a corrigi-las na fonte. Isto é, corrigir o próprio processo que as originou para lhe agregar valor. Este tipo de enfoque visa prevenir a geração de resíduos aproveitando melhor as matérias-primas e energia. Além de reduzir o impacto nos pontos de lançamento, reduz-se o impacto causado na extração das matérias-primas. Se o objetivo, porém, é atingir níveis de ecoeficiência que impliquem em melhorias da ordem de grandeza de 10 vezes em 50 anos (Fator 10), enfocar apenas melhorias de processos internos à unidade produtiva ou sua cadeia imediata, não será suficiente.

Nos degraus mais altos incluem-se medidas para as quais há necessidade de uma maior articulação, tanto com o mercado consumidor como com outros setores produtivos. Procura-se otimizar todo o mecanismo econômico-social para que este funcione articulado e respeitando a capacidade de suporte do nosso planeta. (KIPERSTOK, 2002; KIPERSTOK; MARINHO, 2001).

A Figura 5 detalha diversas técnicas aplicáveis na prevenção da poluição, incluindo algumas medidas fim de tubo, e abrangendo ainda ações voltadas para a modificação do produto de forma a minimizar o impacto ambiental causado, não apenas na sua fabricação, mas também no seu uso e descarte. A lógica

1 Expressão do aumento da eco-eficiência necessário, num horizonte de 30 a 50 anos, para permitir a sustentabilidade ambiental. Termo cunhado por Schmidt Bleek (1997) e divulgado pelo Instituto Wuppertal e o Clube do Fator 10. Ver <http://www.factor10-institute.org/seitenges/Literature.htm>.

implícita neste organograma aponta para a consecução de maiores ganhos ambientais e econômicos à medida que se evolui das práticas fim de tubo (à direita no gráfico) para as medidas de redução na fonte (à esquerda no gráfico). Esta regra heurística confirma-se

em diversos casos e é utilizada por programas de prevenção da poluição e produção mais limpa nacional e internacionalmente (USEPA, 1992; CETESB, 1998; GTZ, 1998; FUNDAÇÃO VANZOLINI, 1998; LaGREGA et al., 1994).

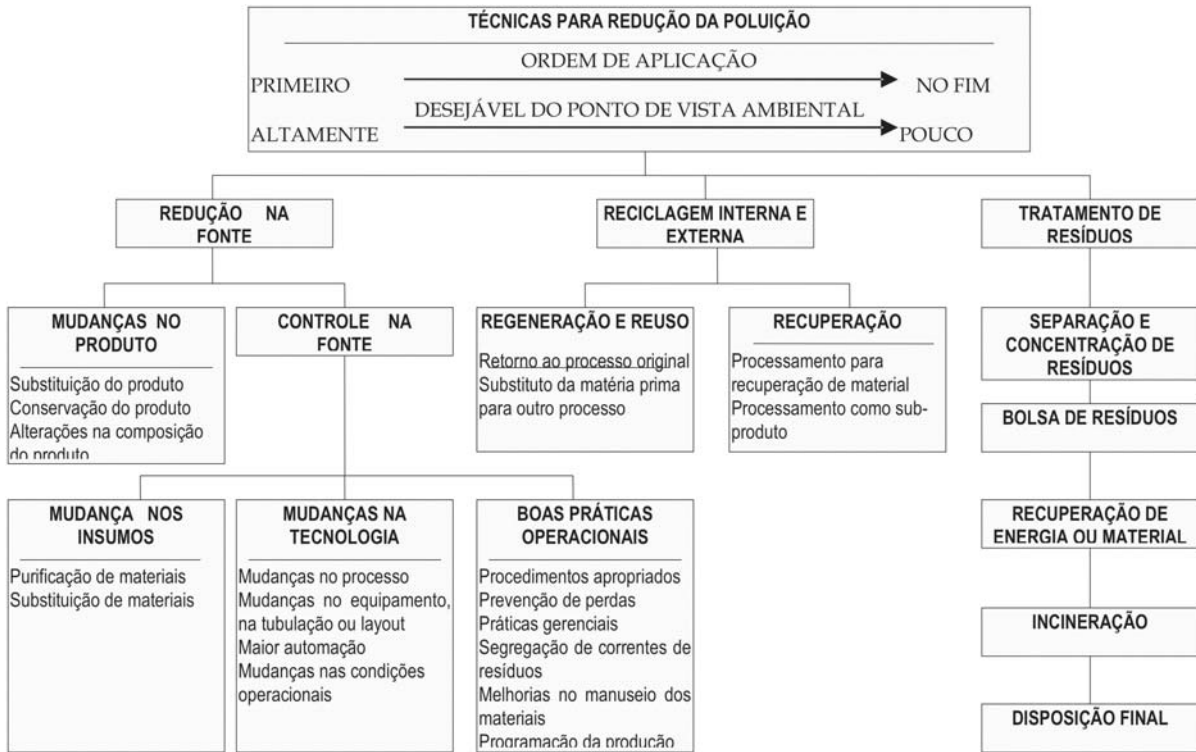


FIGURA 5 – Organograma das ações para prevenção e controle da poluição FONTE – LaGrega et al., 1994, modificado

Observe-se, contudo, que a prevenção da poluição privilegia a ação dentro de um determinado processo ou empresa. A demanda por níveis de ecoeficiência mais altos não pode porém, descartar abordagens mais amplas. O conceito de ecologia industrial permite sistematizar esta nova abrangência. Ele aborda cadeias produtivas como um todo, assim como regiões ou países, concebendo-os como estruturas complexas que recebem insumos materiais e energéticos, transformando-os em produtos e serviços úteis para a sociedade e resíduos indesejáveis. A partir desta abordagem procura-se identificar inter-relações entre os atores envolvidos de forma a maximizar-se a produtividade dos recursos naturais, minimizando o consumo destes e, conseqüentemente, a produção de resíduos.

A partir da contabilidade dos fluxos de materiais (MFA), introduzidos por Robert Ayres em 1989, para sustentar o conceito de Metabolismo Industrial (GARNER; KEOLEIAN, 1995), a aplicação do conceito

de balanço de massa torna-se possível para grandes sistemas produtivos. Isto permite reconhecer a eficiência do uso dos recursos naturais e a identificação dos pontos onde desperdícios são gerados, assim como a existência de oportunidades para integrar fluxos de materiais entre os diversos elos da cadeia produção-consumo. Estas informações possibilitam a incorporação das preocupações com os recursos naturais na concepção e projeto de novos produtos e processos dentro do denominado Projeto para o Meio Ambiente (DfE ou Design for Environment).

Erkman (1997) entende que a ecologia industrial tem um objetivo adicional que é o de estudar os meios para melhor integrar e compatibilizar os sistemas industriais com os ecossistemas naturais. A ecologia industrial procura apreender, com os princípios básicos da natureza, os caminhos para otimizar os processos antrópicos, ao tempo em que procura a sua mais adequada inserção nos ciclos naturais. Enquanto os

processos produtivos geralmente se dão em ciclos abertos ou lineares, os naturais se dão em ciclos fechados, não cabendo nestes o conceito de resíduo (GRAEDEL; ALLENBY, 1995, 1998; BRADLEY; KIPERSTOK, 2000; MARINHO; KIPERSTOK, 2000; GARNER; KEOLEIAN, 1995).

Outros autores apresentam idéias similares ao propor o denominado Capitalismo Natural (LOVINS et al., 1999; HAWKEN et al., 1999). Nesse caso, propõe-se que os processos produtivos evoluam dos atuais ciclos abertos para ciclos fechados.

Numa situação de abundância de recursos naturais, onde não existem pressões no sentido de se preocupar com qualquer eficiência no seu uso, utiliza-se insumos ilimitados e são gerados resíduos ilimitados. Na medida que o processo de transformação é insignificante, em relação ao ecossistema onde se localiza, os impactos gerados são imperceptíveis. Com o crescimento da produção e do consumo, começa a ser sentida uma pressão sobre os ecossistemas, sejam locais, regionais ou planetários. Os limites do meio ambiente tornam-se perceptíveis. Surgem restrições ao uso ilimitado dos recursos naturais e, conseqüentemente, a produtividade no seu uso aumenta. Isto leva à redução do resíduo produzido por unidade de produto gerado.

O crescimento adicional do consumo nos coloca a necessidade de pensar caminhos para poder se atingir sistemas mais fechados (MARINHO; KIPERSTOK, 2000). O próprio surgimento do conceito de Fator 10, aponta para os esforços que estão sendo realizados nesse sentido. Graedel (in SOCOLOW et al., 1994) aponta para a necessidade de se construir interações entre e dentro de cada um dos processos produtivos e no consumo, para se gerar condições próximas do aproveitamento integral da matéria prima.

Para atingir esta pretendida eco-eficiência, a Ecologia Industrial indica adicionalmente as seguintes linhas de ação:

- desmaterialização
- descarbonização
- funcionalidade econômica
- bio-mimetismo
- abertura de informações

A desmaterialização refere-se ao desenvolvimento e à produção de produtos e serviços que melhorem os seus antecessores, mas com menor uso de matérias primas, a exemplo dos computadores e aparelhos de som. Por sua vez, a construção civil no nosso país

pouco tem evoluído nesse sentido. A descarbonização diz respeito à redução do consumo de combustível de origem fóssil por unidade de produto ou serviço prestado, se refere à redução do efeito estufa. A funcionalidade econômica aborda a substituição do modelo vigente de venda de produtos para satisfazer determinadas demandas dos consumidores, por um modelo onde em vez de se vender estes produtos ou bens de consumo, os fabricantes oferecem o serviço desejado, permanecendo o produto utilizado para tanto, sua propriedade. Lovins et al. (1999) e Hawken et al. (1999) apresentam diversos exemplos ilustrativos.

O bio-mimetismo aponta para o conhecimento dos ciclos naturais de forma a serem usados para o projeto de sistemas antrópicos. Desta forma, procura-se integrar o fluxo material e energético dos processos produtivos aos diversos ecossistemas onde estes se desenvolvem.

Um aspecto fundamental para a evolução do desempenho ambiental da sociedade, enfatizado pela ecologia industrial, é o da abertura das informações referentes aos riscos ambientais de processos e produtos. Alguns aspectos da prática americana e europeia, e principalmente a do estado de Massachusetts, merecem destaque. Elas requerem a divulgação ampla, pela internet, das substâncias tóxicas usadas pelas empresas, com dados qualitativos e quantitativos minuciosos. Estas informações são divulgadas em função da existência de legislação específica, denominada de "lei sobre o direito ao conhecimento da comunidade" (Right to Know Act ou Rtk) .

O uso de instrumentos como a avaliação do fluxo de massa, MFA, tem evoluído bastante mais recentemente, permitindo uma visão completa das diversas etapas e processos por onde circulam materiais específicos. Por conseguinte, é possível identificar os momentos e as formas mais apropriados de se minimizar perdas e impactos. Exemplo do uso desta metodologia

---

5 Para um maior detalhamento sobre a facilidade e o detalhe das informações referidas sugere-se visitar os sites: "<http://www.turi.org/turadata/index.html>" - relacionado à lei de redução do uso de substâncias tóxicas do estado de Massachusetts (Massachusetts Toxics Use Reduction Act - TURA). "<http://www.epa.gov/triexplorer/>" - que permite o acesso às informações do Relatório de emissões tóxicas (Toxics Release Inventory - TRI) da Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA).

pode ser encontrado numa série de artigos recentemente publicados por Thomas Graedel e colegas sobre o fluxo do cobre na Europa (GRAEDEL et al., 2002).

Na Figura 6 apresenta-se, a título de ilustração, o diagrama da circulação do cobre utilizado pelos autores no referido continente.

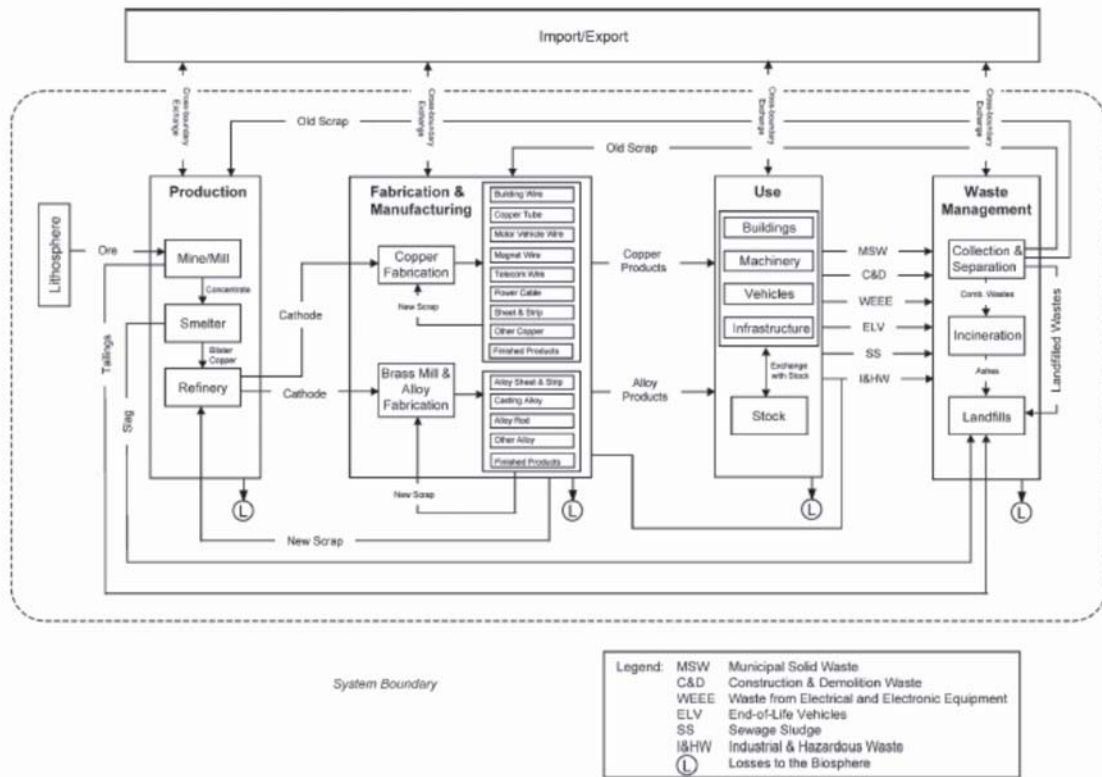


FIGURA 6 – MFA do cobre na Europa  
 FONTE – Graedel et al., 2002

Os avanços verificados nos sistemas de informação têm permitido vislumbrar possibilidades de análise que alguns anos atrás seriam impossíveis.

Convém lembrar que já em 1986, o pensador polonês Ignacy Sachs, da École Pratique des Hautes Etudes em Paris, alertava para a necessidade da adoção de mudanças tecnológicas na escolha de produtos adequados, de tecnologias de produtos e tecnologias de processamento. Essas escolhas deveriam ser submetidos preliminarmente aos critérios de adequação ao contexto ecológico, cultural, histórico, econômico e social:

[...] o perfil energético; o perfil dos recursos; o perfil uso-espaco; os impactos ambientais propriamente ditos; os efeitos de difusão e repuxo nos países do Terceiro Mundo; os efeitos do emprego, inclusive nos mercados paralelos e no setor informal, devido à importância do desemprego estruturado; além de outros mais, escolhidos segundo necessidades específicas. (SACHS, 1986a,b).

Nesse sentido, o autor já salientava algumas preocupações gerais sobre os seguintes aspectos:

- o próprio conceito de projeto de produto deve tornar-se social e ambientalmente receptivo;
- a durabilidade do produto;
- a pesquisa de tecnologias de produto e de processamento deveria concentrar-se na substituição de recursos potencialmente escassos, ou ambientalmente adversos, por outros potencialmente abundantes ou menos exigentes em termos de taxa de regeneração. A reciclagem e a promoção de recursos renováveis inserem-se neste ponto;
- a ênfase em tecnologias de baixo desperdício, ou baixa demanda de insumos e de energia (tecnologias limpas), e em desenho de sistemas de produção com ciclos fechados.

## CONCLUSÃO

A construção da sustentabilidade ambiental exige da sociedade moderna e de cada um dos seus membros, muito mais do que fazer apenas o que está ao



seu alcance. Níveis de eco-eficiência sensivelmente maiores aos atuais têm que ser atingidos. O conceito de Fator 10 permite instrumentalizar estas exigências. Para tanto deve-se evoluir da percepção vigente de que as medidas fim de tubo são suficientes para equilibrar as exigências por bem-estar com a pressão exercida sobre os recursos naturais. As causas das perdas de recursos nos processos produtivos, que ao final dos mesmos se transformam em formas de poluição, devem ser debeladas no interior dos mesmos. As cadeias produtivas têm que ser articuladas e os produtos devem ser projetados sob a lógica do mínimo impacto ambiental ao longo de todo o seu ciclo de vida. Isto tudo ainda não será suficiente se os padrões de consumo não forem revistos de forma a se adequar à capacidade do planeta de recompor o seu próprio equilíbrio.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, J. H. Liberação do meio ambiente. *Tecbahia, Bahia*, v.12, n.2, p.29-41, 1997.
- BRADLEY, S. P.; KIPERSTOK, A. Ecologia industrial e projeto para o meio ambiente. In: KIPERSTOK, A. (Ed.). *Prevenção da poluição*. 1st. ed., v.1, Brasília: SENAI, 2002.
- CETESB. Manual para a implementação de um programa de prevenção da poluição. 1998. mimeografado.
- ERKMAN, S. Industrial ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*, Grã Bretanha, v.5, n. 1-2, p.1-10, 1997.
- FROSCH, R. et al. The liberation of the environment. 1sted. v.1, Cambridge, MA: American Academy of Arts and Science, 1996, 253 p.
- FUKASAKU, Y. Innovation and environmental sustainability: a background. In: OECD (Ed.). *Innovation and the environment*. 1sted. v.1., Paris: OECD, 2000a, p.17-32.
- FUKASAKU, Y. Stimulating environmental innovation. In: OECD (Ed.). *STI Review 25, special issue on sustainable development*. 1sted. v.1, Paris: OECD, 2000b, p.47-64.
- FUNDAÇÃO VANZOLINI (Ed.). *Prevenção de resíduos na fonte e economia de água e energia*. 1sted. v.1. São Paulo: Fundação Vanzolini, 1998, 191 p.
- GARNER, A.; KEOLEIAN, G. A. Industrial ecology: an introduction. Estados Unidos: National Pollution Prevention Center for Higher Education; University of Michigan, 1995. Disponível em: < www.umich.edu/~nppcpub/> Acesso em agosto 2002.
- GRAEDEL, T. E et al. The contemporary european copper cycle: the characterization of technological copper cycles. *Ecol. Econ.* 42, p. 9-26, 2002.
- GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. *Industrial ecology*. 1. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1995, 412 p.
- GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. *Industrial ecology and the automobile*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1998. 243p.
- GTZ (Ed.) *Guia para el buen manejo para pequeñas y medianas empresas*. Bonn: P3U-Working paper ed; GTZ, 1998, 37 p.
- HAWKEN, P; LOVINS, A; LOVINS, L. H. *Capitalismo natural, criando a próxima revolução industrial*. 1sted. v.1. São Paulo: Cultrix, 1999, 358 p.
- IBGE. *Indicadores ambientais*. 1a ed. v.1. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.
- KIPERSTOK, A. Minimização de resíduos. In: KIPERSTOK, A. (Ed.). *Prevenção da poluição*. 1st. ed., v.1, Brasília: SENAI, 2002
- KIPERSTOK, A. *Tecnologias limpas, capacitação e pesquisa: o curso de especialização em gerenciamento e tecnologias ambientais na indústria*. Tecbahia. Camaçari - Ba, v.13, n.1, jan./abr, 1998.
- KIPERSTOK, A.; MARINHO, M. B. O desafio desse tal de desenvolvimento sustentável: o programa de desenvolvimento de tecnologias sustentáveis da Holanda. *Bahia Análise & Dados*, Bahia, v.10, n.4, p.221-228, 2001.
- LaGREGA, M. D.; BUCKINGHAM, P. L.; EVANS, J. C.; The Environmental Resources Management Group. *Hazardous waste mangement*. 1sted. Singapore: McGraw-Hill, 1994, 1146 p.

- LOVINS, A. B.; LOVINS, L. H.; HAWKEN, P. A road map for natural capitalism. *Harvard Business Review*, Estados Unidos, p. 145-158, may-june, 1999.
- MARINHO, M. B. Novas relações sistema produtivo/meio ambiente: do controle à prevenção da poluição. 2001. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – MEAU) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.
- MARINHO, M. B.; KIPERSTOK, A. Ecologia Industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. *Tecbahia, Bahia*, v.15, n.2, p.47-55, 2000.
- MISRA, K. B. (Ed.). *Clean production*. Berlin: Springer, 1996, 853 p.
- OECD (Ed.). *Innovation and the environment*. 1sted. v. 1. Paris: OECD, 2000, 148 p. v.1.
- OECD (Ed.). *STI review 25: special issue on sustainable development*. 1sted. Paris: OECD, 2000b, 218 p. v.1.
- OECD (Ed.). *Technology policy and the environment*. Paris: OECD, 2002 a, 61 p.
- OECD (Ed.). *Environmental performance reviews: Japan*. 1sted. v.1. Paris: OECD, 2002b, 289 p.
- PARIKH, J. et al. Padrões de consumo, a força propulsora do esgotamento ambiental. In: MAY, P.H.; SEROA DA
- MOTTA, R. (Eds.) *Valorando a natureza, análise econômica para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Campus., 1994, p.1-10.
- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento, crescer sem destruir*. São Paulo: Vértice, 1986a.
- SACHS, I. *Espaços, tempos e estratégias do desenvolvimento*. São Paulo: Vértice, 1986b.
- SCHMIDT-BLEEK, F. The MIPS concept and factor 10. In: PENEDA, C.; FRAZÃO, R. (Ed). *Eco-efficiency and factor 10: proceedings of the workshop P<sup>2</sup>@lo Tecnológico de Lisboa*. Lisboa: INETI; ITA, 1997, p.43-51.
- SHEERIN, C. UK material flow accounting. *Econ.Trends*. 583, 2002, p.53-61.
- SHEN, T.T. *Industrial pollution prevention*. Berlin: Springer, 1995, 371 p.
- SOCOLOW, R et al (Ed.). *Industrial ecology and global change*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994, 500 p. v.1.
- SPANGENBERG, J. H. Sustainable development: from catchworks to benchmarks and operational concepts. In: CHARTER, M.; TISCHNER, U. (Ed). *Sustainable solutions: developing products and services for the future*. Greenleaf, Sheffield, 2001, p. 24-48.
- USEPA (Ed.). *EPA/600/R-92/088: facility pollution prevention guide*. Washington: USEPA, 1992, 143 p.
- WEAVER, P. et al (Eds.). *Sustainable technology development*. Sheffield: Greenleaf Publishing Ltd, 2000. 304 p.
- WUPPERTAL INSTITUTE; BRINGEZU, S.; SCHÜTZ, H. *Total material resource flows of the United Kingdom: technical annex to report for Department for Environment, Food & Rural Affairs, contract ref n. DETR EPG 1/8/62*. Grã Bretanha: DEFRA, 2002, 68p. v.1.
- WUPPERTAL INSTITUTE; et al. *Resource use and efficiency in the UK economy. Report. 2002*