



Esta série de *Cadernos* foi impressa em **papel 100% reciclado**, sujeito a pequenas variações nas cores e na qualidade de impressão.

Cadernos de Proposições para o Século XXI

Aliança por um Mundo
Responsável, Plural e Solidário

ECOLOGIA INDUSTRIAL

Ecologia Industrial: uma agenda para a evolução do sistema industrial

Suren Erkman (organizador),
Colin Francis e Ramesh Ramaswamy
Genebra, Instituto para Comunicação e Análise
de Ciência e Tecnologia (ICAST)

2005

REALIZAÇÃO

Pólis–Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais
Rua Araújo, 124 São Paulo–SP CEP 01220-020 Brasil
tel. 55 11 3258-6121 fax 55 11 3258-3260
www.polis.org.br

EDIÇÃO DOS CADERNOS DE PROPOSIÇÕES EM PORTUGUÊS

coordenação geral Hamilton Faria
consultoria técnica Elisabeth Grimberg
coordenação editorial Janaina Mattos
pesquisa das experiências brasileiras John Butcher
edição Bianca Santos, Fernanda Toffoli Versolato
revisão Anay dos Anjos
tradução Ricardo Rosenbuch
projeto gráfico Cássia Buitoni
ilustrações Marcelo Bicalho (as ilustrações foram produzidas especialmente para esta coleção)
difusão Isis de Palma (Imagens Educação) e Ruth Simão Paulino (Centro de Documentação e Informação do Instituto Pólis)
impressão Gráfica Peres

APOIO

Fondation Charles Léopold Mayer pour le Progrès de l'Homme–FPH (Paris)

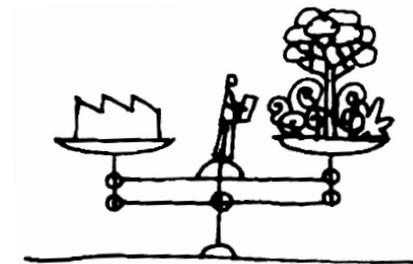
CATALOGAÇÃO NA FONTE — PÓLIS/CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO

ERKMAN, Suren; FRANCIS, Colin; RAMESH, Ramaswamy

Ecologia industrial: uma agenda para a evolução no longo prazo do sistema industrial. São Paulo, Instituto Pólis, 2005. 88p. (Cadernos de Proposições para o Século XXI, 12)

1. Ecologia Industrial. 2. Desenvolvimento Sustentável. 3. Sistema Industrial. 4. Desenvolvimento Econômico. 5. Preservação Ambiental. I. Instituto Pólis. II. Aliança por um Mundo Responsável, Plural e Solidário. III. Título. IV. Série.

Fonte: Vocabulário Pólis/cdi



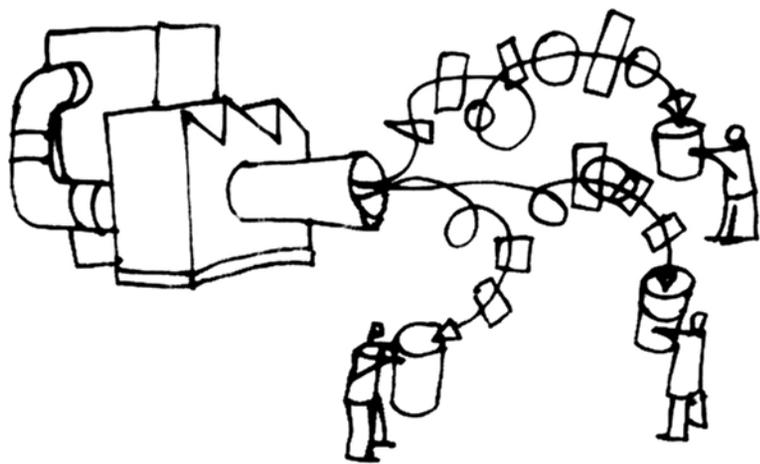
Ecologia Industrial: uma agenda para a evolução do sistema industrial

Suren Erkman (organizador),
Colin Francis e Ramesh Ramaswamy
Genebra, Instituto para Comunicação e Análise
de Ciência e Tecnologia (ICAST)

2005



*para Janáina Mattos,
in memoriam*



Sumário

- 13 **Apresentação: Ecologia Industrial, um processo em construção**
- 13 A Ecologia Industrial e a capacidade de suporte da Terra
- 17 A dimensão social na construção de um novo paradigma de sociedade
- 20 A contribuição do Brasil à Ecologia Industrial
- 23 **Introdução: Ecologia Industrial, um debate urgente**
- 29 **Ecologia Industrial em poucas palavras**
-
- 37 **Reestruturação do sistema industrial**
- 37 1. Otimização do uso de recursos
- 40 2. Fechamento de ciclos de materiais e minimização de emissões
- 42 3. Desmaterialização das atividades
- 44 4. Redução e eliminação da dependência de fontes não-renováveis de energia
- 47 Abordagem e estratégia
- 54 Referências bibliográficas

61 **Propostas para uma agenda de Ecologia Industrial**

61 Mecanismos de implementação

64 Pesquisa

67 Educação

69 Comunicação

70 Marco de políticas

72 Financiamento

75 **Experiências Brasileiras**

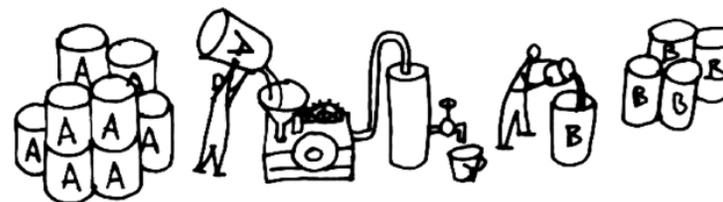
76 MUAIS (Mini Usinas de Álcool Integradas)

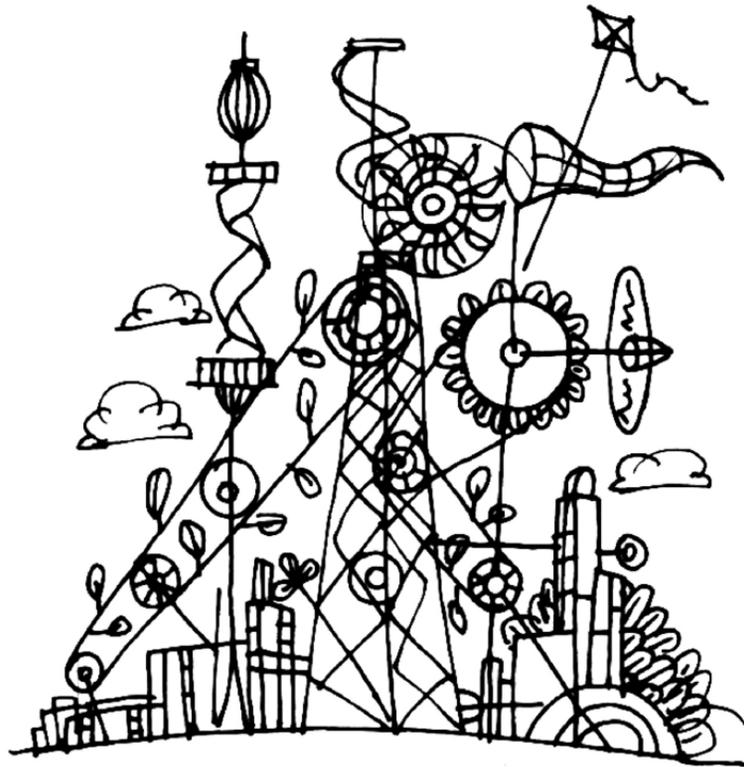
78 Indústrias de Carvão e Curtumes

81 Indústria Microeletrônica e de Galvanoplastia

83 Indústria Química — o que poderia ser feito

86 Conclusões e sugestões





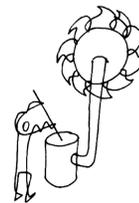
Ecologia Industrial um processo em construção

A Ecologia Industrial e a capacidade de suporte da Terra

Aparentemente as sociedades desenvolvem-se em busca de melhorar a produtividade da Terra para seu próprio benefício. Os estudos científicos demonstram que desde o início da civilização as atividades humanas produzem alterações na Terra, mas o que está em questão é a velocidade e a escala da destruição ambiental e social provocadas pelas interferências resultantes de empreendimentos econômicos nos últimos 50 anos. Além disso, é preciso ter em conta que a população e a economia crescem exponencialmente, o que não acontece com os recursos naturais que as suportam.

O *Relatório Planeta Vivo*, publicado pela WWF em 2002, utiliza o conceito de “pegada ecológica”, o qual indica a pressão populacional sobre o ambiente natural. Desenvolveu-se um método para medir o uso de recursos naturais feito pela humanidade e como isso se distribui pelos países e regiões. A partir deste instrumento constatou-se que a capacidade de suporte da Terra foi ultrapassada em 20 por cento, devido ao tamanho da população mundial e de suas necessidades de alimentação básica, ao nível de consumo de recursos, à quantidade de resíduos gerados, às tecnologias utilizadas. Dito de outra forma, as sociedades estão usando mais recursos naturais do que o planeta é capaz de repor. A Terra tem 11,4 bilhões de hectares de terra e espaço marinho produtivos, ou seja, 1,9 hectares de área per capita para produção de grãos, peixes e crustáceos, carne e derivados. E hoje, no mundo, está sendo usado em média 2,3 hectares por habitante.

É fundamental salientar que há profundas diferenças entre os países quanto à pegada média de um habitante da África e da Ásia, chega a 1,4 hectares por pessoa. Já a pegada média dos cidadãos da Europa Ocidental atinge cerca de 5 hectares e a os norte-americanos é de 9,6 hectares! No Brasil, é de 2,3 hectares. Vale também destacar que, dos 6,2 bilhões de habitantes do planeta, cerca de 420 milhões vivem em



países que não dispõem mais de terras agrícolas *per capita* suficientes para cultivar seus alimentos. Esta situação coloca os países mais pobres deste grupo em condições de dependência bastante preocupantes, o que força estas nações a importar alimentos. Estudos estimam que até 2025 a população de países que terão que importar alimentos poderá ultrapassar 1 bilhão. Dados relativos à carência de água são igualmente preocupantes: mais de meio bilhão de pessoas já vivem em regiões com tendências à seca crônica, sendo que 1,1 bilhão não têm acesso à água potável de qualidade (1/6 da população mundial). As previsões da ONU apontam que, em 2050, a população mundial será 9,3 bilhão aproximadamente, e que entre 2 e 7 bilhões de pessoas não terão acesso à água de qualidade (*Informe sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos*, 2002). E as perspectivas, a médio prazo, são de que 2/3 da humanidade irá passar sede em menos de 30 anos.

Dados de geração de resíduos sólidos também são relevantes de ser apontados: diariamente produz-se 2 milhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares no mundo, 730 milhões de toneladas ao ano (*Desafios do Lixo*. Documentário TV Cultura. São Paulo, 2001). A contribuição de alguns países na produção mundial deste tipo de resíduos chama a atenção: só os Estados Unidos, por exemplo, gera 230 milhões

de toneladas ao ano, o que representa 31% do total de resíduos domiciliares gerados no mundo. Somados aos do Canadá e países ocidentais da Europa atinge-se 56% do total mundial. A América Latina produz mais de 100 milhões de toneladas de resíduos domiciliares anualmente, cerca de 13% do total mundial. Nos países do norte do hemisfério, a média de geração de resíduos por habitante é bastante superior a de países do sul: o Canadá chega a produzir 1,9 kg por pessoa/dia, os Estados Unidos, 1,5 kg/dia, já na Índia este valor desce para 0,4 g/dia e no Brasil a média é de 0,7 kg/dia. Em alguns segmentos sociais mais pobres, com poder aquisitivo mínimo, este número pode baixar para 0,3 g/dia ou até menos. Em geral, nos países mais pobres, a média oscila entre 0,4 e 0,9 g/dia por habitante (OMS, 1995). Além disso, nas grandes cidades do mundo freqüentemente os detritos viajam centenas de quilômetros para serem depositados em aterros — em Toronto, os caminhões de lixo percorrem 800 km até seu destino final! Por trás destes números, o que está em questão é um processo contínuo de degradação ambiental — a deposição em aterros, incineração ou mesmo a reciclagem de materiais provocam, em maior ou menor grau, impacto ambiental. Destaque-se que o fator energia é o de maior peso na composição da pegada ecológica (WWF, 2002).

A Ecologia Industrial formula seus conceitos e propostas segundo a idéia de que “todas as atividades humanas têm uma base material”. Portanto, é fundamental que todos os setores da sociedade compreendam a extensão desta afirmação para que possam, juntos, desenhar caminhos e possibilidades de se avançar na construção de um novo paradigma de produção e distribuição de bens e serviços que seja efetivamente sustentável do ponto de vista ambiental, econômico, social, político, cultural e ético.



A dimensão social na construção de um novo paradigma de sociedade

Apesar da ênfase dada pela Ecologia Industrial à dimensão econômica e ambiental, como base para a transformação do sistema produtivo em sua ampla acepção, valorizar a dimensão social é imprescindível quando se pretende discutir caminhos alternativos ao atual paradigma de desenvolvimento das sociedades.

O sistema econômico hegemônico favorece o crescimento e o consumo em detrimento da equidade social e da erradicação da pobreza,

aprofunda a desigualdade de renda entre ricos e pobres. Os segmentos que estão nos extremos da distribuição de renda são os maiores responsáveis pela degradação do ambiente — os de mais alta renda devido aos seus altos padrões de consumo (energia, matérias-primas e bens manufaturados) e os de mais baixa renda porque recorrem a práticas predatórias (corte de árvores, plantio de alimentos, etc.) para garantir sua sobrevivência a cada dia (Postel, 1994).

O *Relatório de Desenvolvimento Humano* de 2004 aponta que 1,1 bilhão de pessoas vivem hoje no mundo com menos de U\$ 1 por dia, sendo que as maiores concentrações de populações nesta condição situam-se na África (331 milhões), Ásia (693 milhões), seguidas de América Latina e Caribe (56 milhões) e Europa Central e Leste (21 milhões).

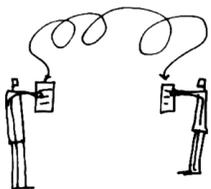
Os dados de população sub-alimentada são igualmente alarmantes: 831 milhões de seres humanos. A pobreza é frequentemente a causa que está por trás da fome e não a falta de alimentos, segundo Amartya Sen. Em muitos países periféricos às economias centrais, tem-se excedentes de alimentos convivendo com a fome, ou seja, é a pobreza generalizada que impede o acesso das pessoas ao alimento, à terra, e a outros insumos necessários à produção de alimentos.

Atualmente 20% da população mundial estão em países desen-



volvidos e são responsáveis por 85% do consumo individual do planeta, sendo que os 20% mais pobres respondem por 1,3 % do consumo individual. Uma criança norte-americana, por exemplo, terá o impacto equivalente a 30 crianças nascidas em países “em desenvolvimento” ou, melhor dizendo, periféricos às economias “centrais”, chamadas de desenvolvidas.

Assim, a Ecologia Industrial é um conceito de extrema relevância para orientar mudanças no mundo, mas para tal é preciso contemplar a questão da participação de toda a sociedade na definição do que produzir e para que. A viabilidade econômica deverá vir associada a viabilidade da vida em sociedade de forma ética e digna. Portanto, melhorar padrões de produção com critérios de eficiência econômica e sustentabilidade ambiental, não é suficiente. É preciso promover uma inversão de critérios e priorizar a produção de bens e serviços com critérios sociais e ambientais. Para tal a sociedade deverá ser envolvida numa discussão aberta, ampla e democrática sobre que bens são necessários para uma vida socialmente justa e saudável — todos terão acesso a bens e serviços essenciais — e ambientalmente sustentável — os recursos naturais consumidos não comprometerá a vida das atuais e futuras gerações.



A contribuição do Brasil à Ecologia Industrial

No Brasil avançam as práticas e discussões sobre a “produção mais limpa”, o que significa dizer que ainda não se está num estágio avançado de debate sobre mudanças sistêmicas no modo de produzir bens e serviços. Ainda assim, o setor empresarial tem demonstrado interesse e desenvolvido iniciativas setoriais que podem significar um primeiro passo rumo a mudanças mais estruturais e integrais, como propõe a Ecologia Industrial.

O país tem um Centro Nacional de Tecnologias Limpas, com diversas seções regionais que atuam na sensibilização do empresariado para a adoção de métodos e práticas de redução do desperdício no processo produtivo. Os quatro casos apresentados nesta publicação atestam este esforço inicial. Contudo, apesar dos resultados relevantes no sentido do reaproveitamento de resíduos e na redução do consumo de energia e água, ainda há muito por avançar na perspectiva da implantação de uma das metas centrais da EI, os eco-parques-industriais.

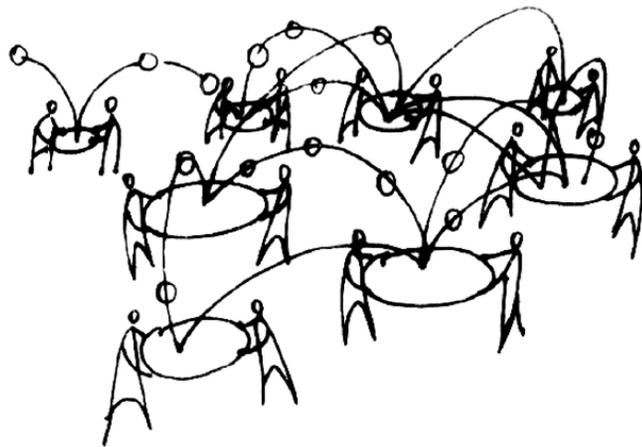
Mas, mais importante ainda, na perspectiva abordada acima é abrir um debate e consulta junto à sociedade para definição coletiva quanto à pauta de bens socialmente necessários e ambientalmente susten-

táveis. Neste sentido, o Estado tem um papel a cumprir na definição de um marco de leis e políticas que impulsionem o setor empresarial a disponibilizar informações à sociedade que lhe permita estabelecer uma relação mais ética e conseqüente com os produtos comprados. Por exemplo, se as pessoas fossem devidamente informadas quanto aos impactos ambientais produzidos quando se escolhe um tipo ou outro de material para produzir um bem, será que isso não poderia alterar o comportamento das mesmas? Nesta ótica, o estado pode criar um marco legal que exija a disponibilização de informações-chave para o cidadão poder exigir mudanças no sistema industrial.

E à sociedade cabe, acelerar seu processo de discussão, conscientização e pressão junto ao setor empresarial e ao Estado na perspectiva da construção de um novo paradigma de produção e consumo que atenda às necessidades básicas de todas as populações, bem como o acesso à cultura, informação, lazer e educação.

Uma vida digna de se viver não se constrói apenas em bases materiais, mas sim sob valores e princípios que garantam a vida em patamares de humanidade e saúde coletivos.

Elisabeth Grimberg
Instituto Polis
Setembro 2005



Introdução

Ecologia Industrial, um debate urgente

Muitos empresários tendem a se indispor com os apelos dos grupos ecológicos internacionais. A reação sempre vem com justificado ressentimento: “Os países ricos destruíram seu ecossistema, mas afirmaram sua posição com uma indústria forte, agora querem que nós sejamos responsáveis pela preservação do que sobrou no planeta e não nos industrializemos?” O desenvolvimento é condição para a melhoria das condições de vida nas sociedades atuais, obrigando-nos à pergunta: Há maneiras de se pensar conjuntamente industrialização e desenvolvimento, preservação do ecossistema ou estas noções são de fato excludentes?

A noção de Ecologia Industrial parece vir de encontro a esta inquietação. Embora ainda muito incipiente no meio acadêmico brasileiro e ainda menos trivial nas mídias em geral, vem consolidando uma corrente de envergadura.

As noções de sistema industrial e ecologia começam a já não ser mais tratadas de maneira estanque nos tempos atuais, uma não pode ser tratada independentemente da outra. Esta publicação vai ao encontro deste tipo de preocupação. A questão proposta pelos autores é de integrar as noções de ecologia e de sistema industrial em uma dimensão ampla: o sistema industrial englobando o conjunto das atividades produtivas nas sociedades atuais e estas atividades se desenvolvendo em um meio físico limitado com uma biosfera limitada que é a nossa. Trata-se de buscar formas de utilização conjunta de recursos, de reciclagem de resíduos, de reutilização de insumos. Tudo se fazendo através da construção de redes (além das fronteiras dos “clusters”) que busquem uma economia dos recursos naturais combinada com um melhor aproveitamento dos insumos e também dos dejetos industriais. O interesse disso é a preservação do ecossistema, ao mesmo tempo em que uma otimização do processo industrial em busca de um desenvolvimento sustentável.

Esta perspectiva, portanto, é de grande interesse para países em vias de desenvolvimento como é o caso do Brasil. Países que viveram um processo de industrialização tardio como o nosso e que têm ainda um patrimônio ecológico — patrimônio há muito esgotado em países industrializados. A preservação ecológica no entanto não implica em estagnação do processo de desenvolvimento econômico, significa construir bases de uma política industrial economicamente viável, mas ecologicamente sustentável. Não se trata de evitar o desenvolvimento. O cerne da questão é como buscar um desenvolvimento que harmonize as atividades de um sistema industrial com eficiência e tenha custos menores para o meio ambiente.

Sabemos que o mundo hoje é capaz de produzir em 2 semanas tudo o que demorava um ano para ser produzido em 1990. Como nos afirmaria Susan George no seu *Relatório Lugano*, “A produção econômica (ou melhor a transprodução, termo que comporta o sentido mais dinâmico do processo que envolve a tomada de recursos, sua transformação e as sobras) dobra aproximadamente a cada 25 ou 30 anos.”¹

¹ GEORGE, Susan. “O Relatório Lugano”, Ed. Boitempo 2002, Campinas, SP.

No limiar do século XXI temos portanto o desafio de buscar o desenvolvimento quando os limites biosféricos estão já sob forte ameaça, determinada pelo ritmo intenso da expansão da atividade industrial. Esta questão merece ser enfatizada: não se trata mais de discutir simplesmente os efeitos da poluição sobre o ecossistema. Trata-se também de se confrontar com a finitude iminente de muitos recursos naturais que antes pareciam infinitos. Quem seria capaz de imaginar a alguns anos que o Canadá constatasse o desaparecimento do salmão em sua costa? Isso certamente não surpreendeu a muitos estudiosos que já se preocupavam com o abuso da pesca industrial, mas deixou de mãos atadas as empresas que por muito tempo insistiram na maleabilidade das regras de exploração pesqueira.

A Ecologia Industrial se propõe também como disciplina acadêmica: não adianta pensar que todos se dão conta da finitude dos recursos naturais, o debate precisa começar cedo nas escolas. Fala-se em esgotamento das fontes de petróleo em 50 anos. A busca por usos econômicos de energia passa também por como se tem feito uso desta energia. O que seria possível compartilhar em termos de gasto industrial de um mesmo insumo ou fonte energética? Estes assuntos se mostram cada vez mais urgentes e devem ser levados em conta

pelos governos e empresários a fim de que se tenha uma estratégia de política industrial que permita que todos ganhem — ou ninguém continuará ganhando por muito tempo.

Os autores propõem aqui uma verdadeira agenda para que a Ecologia Industrial possa ser um instrumento a mais para o nosso desenvolvimento econômico, a ser levada em conta antes que seja tarde...

Eunice de Andrade Stenger

Laboratoire Georges Friedman

(centrado no estudo de Relações Industriais)

Université de Paris I / Panthéon / Sorbonne

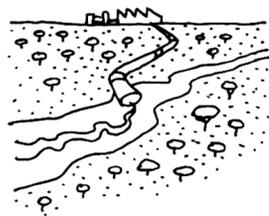




Ecologia Industrial em poucas palavras

Existe hoje uma percepção cada vez maior de que a abordagem concentrada em processos industriais de setores específicos da economia não é adequada para lidar com muitas das questões ambientais com que nos deparamos. Contudo, em muitos casos, a origem dos problemas ambientais globais — tais como as mudanças climáticas, o esvaziamento da camada de ozônio, a perda de biodiversidade e habitat ou a escassez e a poluição da água — pode ser atribuída à desmedida expansão mundial do sistema industrial.

Além do mais, os governos de muitos países frequentemente adotam enfoques setoriais e compartimentalizados para o meio ambiente e o desenvolvimento. Temos um ótimo exemplo disto na clássica



estratégia *end-of-pipe*, que consiste no controle de efluentes ou da fase final dos processos como medida de proteção ambiental. Mesmo tendo se mostrado bastante útil no combate à poluição, o modelo *end-of-pipe* nada faz quanto ao problema crucial, que é achar formas de fazer um uso mais eficiente de recursos limitados num contexto de aumento da população e crescentes aspirações econômicas.

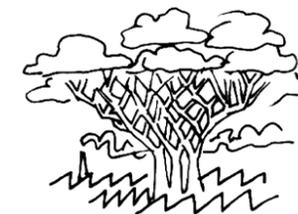
Portanto, assistimos agora ao surgimento do conceito de Ecologia Industrial, num momento em que, cada vez mais, os enfoques tradicionais passam a ser considerados insuficientes para resolver atuais problemas ambientais ou dar resposta à questão do desenvolvimento sustentável. Mas antes de respondermos à pergunta em questão — “O que é Ecologia Industrial?” —, descreveremos resumidamente como se deu a evolução desta área.

Costuma-se associar os princípios da Ecologia Industrial ao ensaio “Estratégias para fabricação” ou, para mencionarmos o título original, “Fabricação — A perspectiva do ecossistema industrial”, escrito por Robert Frosch e Nicholas Gallopoulos para uma edição especial da *Scientific American* intitulada “Managing Planet Earth”¹ (Gerenciamento do Planeta Terra).

Embora esse artigo seja por certo a fonte do atual avanço da Eco-

logia Industrial, as idéias que ele continha não eram exatamente novas. Como antecedentes, podemos mencionar especialmente o estudo “L’Écosystème Belgique. Essai d’écologie industrielle” (O ecossistema Belga. Ensaio de Ecologia Industrial), realizado no início da década de 80 pelo *Centre de Recherche et d’Information Socio-Politique (CRISP)* na Bélgica. Outra abordagem precursora nessa área foi feita no Japão, nos anos 70, com um Grupo de Trabalho Indústria-Ecologia organizado pelo Ministério de Comércio Internacional e Indústria. Também achamos os conceitos inerentes à Ecologia Industrial nas obras de diversos autores, como, por exemplo, Ayres, Cloud, Commoner, Hall, Nemerow e Odum.²

No entanto, o ano de 1989 foi um momento particularmente propício para a apresentação do artigo de Frosch e Gallopoulos, uma vez que a década que então se encerrava fora marcada pelo acidente na indústria química da Union Carbide em Bhopal (Índia) e o incêndio do depósito em Schweizerhalle (Suíça) que poluiu o rio Reno. Em substituição a idéias que previam limitações ao desenvolvimento econômico industrial, decorrente da disponibilidade de recursos ou insumos, surgiu a percepção de que os produtos finais colocavam um problema muito maior. O relatório da Comissão Mundial sobre



Meio Ambiente e Desenvolvimento (Nosso Futuro Comum) fora publicado em 1987 e, nos preparativos para a Cúpula da Terra no Rio, que aconteceria em 1992, todo mundo se concentrava na questão do desenvolvimento sustentável.

Qual a diferença entre a Ecologia Industrial e as abordagens tradicionais que mencionamos no início? A premissa básica da Ecologia Industrial é que as atividades industriais não devem ser consideradas de maneira isolada do mundo como um todo, mas sim como um *ecossistema industrial* que funciona dentro do ecossistema ecológico natural, ou seja, da Biosfera. Assim como o ecossistema natural, o sistema industrial consiste fundamentalmente em fluxos de materiais, energia e informação, além de depender de recursos e serviços fornecidos pela Biosfera. É importante ressaltar logo no início que, no contexto da Ecologia Industrial, a palavra “industrial” alude a todas as atividades humanas que têm lugar na moderna sociedade tecnológica. Daí que turismo, habitação, serviços de saúde, transporte e agricultura também fazem parte do sistema industrial.

A Ecologia Industrial tem por base o “metabolismo industrial”, uma abordagem analítica — basicamente uma aplicação de princípios de equilíbrio de materiais — que procura compreender a circulação

(e os estoques) de materiais e os fluxos de energia que têm a ver com a atividade humana, partindo da extração de materiais e chegando à sua inevitável reintegração aos ciclos bioenergéticos³. Mas este novo enfoque vai além. Após tentar compreender como funciona o sistema industrial, isto é, de que forma ele é regulado e como interage com a Biosfera, a Ecologia Industrial se vale do que já se conhece sobre ecossistemas naturais para determinar de que maneira aquele sistema pode ser reestruturado para torná-lo compatível com o funcionamento desses ecossistemas.⁴

Logo, a Ecologia Industrial combina um rigoroso marco conceitual (o da ecologia científica) com uma abordagem prática da sustentabilidade. Ela apresenta um caminho voltado para fornecer soluções concretas que permitam colocar em prática o conceito de desenvolvimento sustentável de maneira economicamente viável.

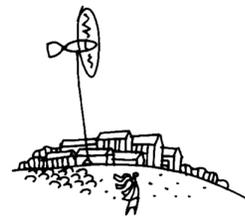
Em geral, todos os autores admitem que há três elementos essenciais à perspectiva da Ecologia Industrial:

- a) Ela é uma visão sistêmica, abrangente e integrada de todos os componentes da economia industrial e sua relação com a Biosfera.
- b) Ela ressalta o fundamento biofísico das atividades humanas, isto é, os complexos padrões de fluxos de materiais e energia que existem

tanto dentro quanto fora do sistema industrial. Isto contrasta totalmente com os enfoques atuais que tendem a considerar a economia em termos de unidades monetárias abstratas.

c) Para ela, a dinâmica tecnológica — a evolução no longo prazo de conjuntos de tecnologias-chave — é um elemento essencial mas não único para uma transição do insustentável sistema industrial da atualidade para um *ecossistema industrial* viável.

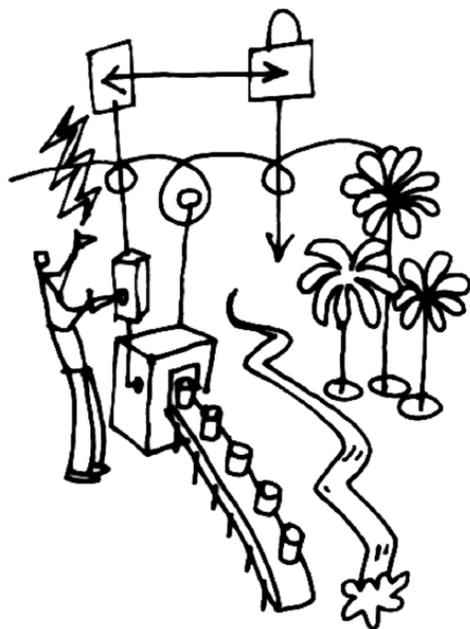
Resumindo, a Ecologia Industrial se propõe a ver o sistema industrial como um todo, não se limitando a lidar com assuntos de poluição e meio ambiente, já que considera também todo o leque de problemas envolvidos na administração de empresas, indo das tecnologias, economias de processos, inter-relações entre negócios e financiamento até o conjunto das políticas governamentais. Com isso, ela oferece um marco conceitual e uma ferramenta valiosa para o planejamento do desenvolvimento econômico, sobretudo em nível regional⁵, além de propor meios de otimização do uso de recursos escassos e para a proteção do meio ambiente. Por consequência, a Ecologia Industrial tem especial importância no contexto de países em desenvolvimento, onde populações em crescimento e com aspirações



econômicas cada vez maiores precisam utilizar recursos limitados da melhor maneira possível.⁶

Ao fim dessa primeira década de Ecologia Industrial, vemos hoje o quanto a área tem amadurecido e conquistado reconhecimento no mundo dos negócios, em círculos acadêmicos e nos governos. Podemos assinalar, por exemplo, o artigo pioneiro “Ecologia Industrial: Uma nova agenda ambiental para a indústria” escrito por Hardin Tibbs e publicado pela consultoria de negócios Arthur D. Little, ou a publicação, em 1995, do primeiro livro de texto sobre Ecologia Industrial, escrito por Graedel e Allenby (ambos trabalhando na AT&T à época). Em 1997, vimos o lançamento do *Journal of Industrial Ecology* pela MIT Press e, finalmente, no início de 2001, foi criada uma *Sociedade Internacional de Ecologia Industrial*.⁷

Hoje, já após o 10º aniversário da *Cúpula da Terra* no Rio, o momento é especialmente adequado para analisarmos de que forma a Ecologia Industrial pode contribuir para a evolução no longo prazo do sistema industrial. Neste *Caderno de Proposições*, apresentamos uma série de propostas com base em reflexões mais recentes.



Reestruturação do sistema industrial

O principal objetivo da Ecologia Industrial é reorganizar o sistema industrial (que inclui todas as facetas da atividade humana) para fazê-lo evoluir rumo a um tipo de funcionamento que seja *compatível com a Biosfera e sustentável no longo prazo*. A estratégia que visa a implementar a Ecologia Industrial é chamada de “eco-reestruturação” e pode ser descrita em função de quatro elementos principais:

1. Otimização do uso de recursos

A otimização do uso de materiais e energia em qualquer atividade industrial começa pela análise dos processos de produção para eliminar perdas desnecessárias. Isto é feito por cada empresa em

sua própria atividade e é o que se chama de *prevenção da poluição* ou *produção mais limpa*. Mesmo que tenha havido consideráveis avanços nessa área nos últimos dez a quinze anos, ainda há espaço para melhoras, especialmente nos países de industrialização recente, nos quais se concentrará a base manufatureira mais importante no futuro.

Assim que começamos a ponderar a analogia biológica subjacente à Ecologia Industrial, percebemos que há outros aspectos da otimização de recursos que não são levados em consideração pelas abordagens antes mencionadas. Em ecossistemas naturais, algumas espécies se alimentam dos resíduos de outras, e com isso contribuem para a criação de uma “rede alimentar”. Portanto, a Ecologia Industrial sugere a idéia de uma “cadeia alimentar industrial” em que as companhias estão ligadas em algum tipo de rede para explorar recursos não-utilizados ou subprodutos, aumentando assim o aproveitamento dos recursos.

No início da década de 90 nasceu um importante conceito que favorece a cooperação entre empresas que desejam maximizar o uso de recursos mediante a mútua recuperação de seus subprodutos: o “parque eco-industrial” (PEI). O PEI vem mostrando ser uma im-



portante ferramenta do enfoque da Ecologia Industrial e já existem cerca de 50 projetos desse tipo em andamento, principalmente na América do Norte, na Europa Ocidental e na Ásia⁸. Entretanto, esta idéia também pode ser aplicada em escala regional, com a criação de “redes eco-industriais”.

Para que tipo de companhia seria vantajoso estar localizada num PEI? Aqui, mais uma vez a analogia biológica serve a um fim útil. Existe em biologia o conceito de biocenoese, referido aos padrões de associação característicos de certas espécies de organismos em ecossistemas. E, da mesma forma que em ecossistemas naturais, há certas espécies cruciais que podem participar de uma “biocenoese industrial”. Por exemplo, é óbvio que uma usina de geração elétrica é ideal para esse processo, em razão da dimensão dos fluxos de materiais envolvidos e da enorme quantidade de energia desperdiçada em forma de calor.

Embora já existam há muito tempo alguns exemplos de biocenoese industrial parcial e espontânea, a Ecologia Industrial está hoje diante do desafio de concentrar esforços de maneira mais explícita e sistemática no desenvolvimento desse tipo de complexo industrial⁹. Para isto é preciso realizar estudos de campo em diversos setores

industriais a fim de mapear fluxos de recursos e determinar de que maneira outras indústrias podem utilizar os subprodutos, procurando interpretar o “metabolismo” de cada setor.

2. Fechamento de ciclos de materiais e minimização de emissões



Nos ecossistemas naturais todos os materiais fluem ciclicamente em uma espécie de “circuito fechado”. No caso de muitos nutrientes, isto se deve ao fato de bactérias, fungos e pequenos invertebrados decompor matéria morta ou produtos residuais em compostos químicos mais simples que podem ser reutilizados pelas plantas. As empresas que desempenham esta função no ecossistema industrial costumam ser chamadas de “recicladoras”. Infelizmente, enquanto ecossistemas naturais são muito eficientes no fechamento do circuito, ou no ciclo de materiais, o ecossistema industrial está longe dessa perfeição. Apenas uma pequena parte do resíduo é decomposto nos seus *nutrientes tecnológicos* para ser reintroduzida no sistema; a maior parte acaba sendo “perdida no sistema industrial” na criação de lixo durante a fabricação de produtos, no lixo em que se transforma um produto ao concluir sua vida útil e na forma

de produtos projetados para serem total ou parcialmente dispersos no uso. Atualmente, a perda de materiais decorrente de padrões de consumo é muito maior do que aquela ocorrida durante os processos de fabricação.

Fechar ciclos de materiais dentro do ecossistema industrial significa, portanto, cuidar de todo o ciclo de vida do produto. É necessário tornar a indústria de reciclagem mais eficiente, tanto em soluções tecnológicas quanto em termos de logística. Ocorre que, como veremos a seguir, o fechamento do ciclo de materiais em ecossistemas naturais ou industriais requer energia. Enquanto continuarmos a usar combustíveis fósseis como fonte de energia no ecossistema industrial, a reciclagem também irá resultar em mais resíduo proveniente do processo de combustão. É por isso que a energia envolvida na recuperação de um material tem de ser considerada na decisão de uma estratégia que vise a fechar o ciclo. No caso da recuperação de alumínio da sucata, por exemplo, a quantidade de energia necessária para a reciclagem é muito menor que a consumida no processo de extração e purificação desse metal a partir da bauxita. O impacto ambiental causado pela reciclagem é apenas um décimo do que resulta da produção de alumínio novo.

Mesmo que seja possível cogitar o fechamento de ciclos de materiais para as fontes e acima, certos materiais são projetados para serem total ou parcialmente dispersos durante seu uso. Por exemplo, produtos farmacêuticos, fertilizantes, pesticidas, detergentes, solventes, etc. Obviamente, esses materiais não podem ser reciclados após o uso e sempre implicarão uma perda de recursos. É um difícil desafio achar formas de minimizar a dispersão desse tipo de produto e, em alguns casos, talvez se trate de repensar o serviço requerido.

Onde já não se pode admitir fluxos abertos é nos casos em que o material em questão é tóxico ou perigoso, e em especial quando é persistente e bioacumulável. Quer o material se perca devido à ineficiência da reciclagem ou à dispersão durante o uso, motivos de sustentabilidade impõem que sua utilização no futuro seja seriamente questionada, procurando-se alternativas que o substituam.

3. Desmaterialização das atividades



Além de criar fluxos cíclicos de materiais, um dos objetivos importantes da Ecologia Industrial é *minimizar o fluxo total de matéria e energia* utilizado para fornecer serviços equivalentes. Com frequência,

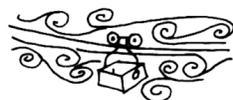
o progresso tecnológico permite obter mais proveito de uma menor quantidade de matéria, quer produzindo objetos mais leves ou substituindo um material por outro (por exemplo, uns poucos quilos de fibra óptica podem veicular um maior volume de telecomunicações que uma tonelada de cabos de cobre). Todavia, a *desmaterialização* não é tão fácil como pode parecer: produtos menos volumosos podem ter menor durabilidade e acabar resultando em consumo de mais recursos e gerando mais lixo. Por outro lado, a diminuição do uso de materiais não vale apenas para bens de consumo, mas também para a infra-estrutura pesada do sistema industrial, como é o caso de edifícios, estradas e redes de transporte.¹⁰

Atualmente estão em debate duas estratégias: a *desmaterialização relativa*, que procura obter mais serviços e bens a partir de uma determinada quantidade de matéria, e a *desmaterialização absoluta*, cujo objetivo é reduzir o fluxo total de matéria que circula no sistema industrial. Além disto, recentemente tem surgido o interesse na diminuição do uso de materiais no contexto da assim chamada “nova economia” ou “economia baseada na Internet”, afirmando-se muitas vezes que o desenvolvimento das tecnologias da informação contribuirá para a diminuição do uso de materiais na economia. Porém, isto

é apenas conjectura e por enquanto devemos reconhecer que não sabemos como as novas tecnologias da informação irão influir no consumo de recursos.¹¹

Muito provavelmente, uma das melhores maneiras de se “desmaterializar” a economia é ressaltar a utilidade que o objeto ou serviço proporciona, isto é, vender o *uso do produto* mais do que o produto em si. Por muitos anos, o nosso sistema econômico tem sido organizado com o propósito de maximizar a produção. No contexto da Ecologia Industrial, o objetivo é priorizar o uso de modo a evoluir para uma sociedade realmente orientada à utilidade prática. Isto envolve aspectos como a durabilidade (extensão da vida útil do produto), a opção pelo aluguel em lugar da aquisição e vendas que focalizem o uso do produto em vez do produto em si.¹²

4. Redução e eliminação da dependência de fontes não-renováveis de energia

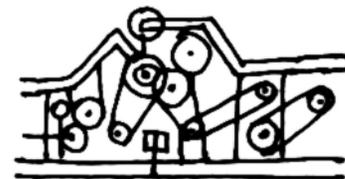


Embora possamos nos esforçar para fechar ciclos de materiais no ecossistema industrial, não há como fazer isso com a energia. E, ainda por cima, é preciso consumir energia para recuperar materiais e conseguir fechar o ciclo. Isto faz da energia um fator de extrema impor-

tância na eco-reestruturação do sistema industrial. Uma abordagem positiva consiste em aumentar a eficiência energética com avanços como a co-geração e o aproveitamento em cascata.

No entanto, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo ou gás natural) são essenciais para movimentar os motores das economias industriais. A queima de combustíveis fósseis é basicamente dissipativa e está na origem de muitos problemas ambientais, como o agravamento do efeito estufa, a poluição do ar, os derrames de petróleo, a chuva ácida e outros. Portanto, muito mais importante para a eco-reestruturação é que as medidas a tomar incluam uma mudança no modo pelo qual obtemos energia, para torná-lo mais compatível com as metas da Ecologia Industrial. Numa primeira fase podemos tentar diminuir os danos causados pelo consumo de combustíveis fósseis, recuperando o gás carbônico (dióxido de carbono) ou *descarbonizando* a provisão de energia mediante a substituição do carvão e do petróleo pelo gás natural (e depois, talvez, por hidrogênio)¹³. Entretanto, é evidente que essas são apenas soluções temporárias e que é preciso iniciar rapidamente a troca dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia.

Com estes quatro elementos temos condições de propor providências concretas que resultem numa evolução do sistema industrial no longo prazo. É muito importante que estas questões sejam enfrentadas neste momento, especialmente nos países em desenvolvimento. Dado que uma proporção cada vez maior das manufaturas para o mercado global está sendo produzida nesses países, este é o momento certo para se influenciar a escolha do rumo de desenvolvimento industrial que eles irão adotar. Por exemplo, a análise de fluxos de recursos num estágio precoce de desenvolvimento pode ter como resultado um plano baseado em recursos para desenvolver uma região ou um país, criando-se um sistema industrial capaz de usar esses meios com maior eficiência. Por outro lado, com o uso cada vez mais freqüente de áreas industriais como instrumento de desenvolvimento econômico em muitos países asiáticos, apresenta-se uma excelente oportunidade para introduzir o conceito de parques eco-industriais (PEIS) que possam atender às exigências de otimização de recursos, fechamento do ciclo de materiais e eficiência energética.

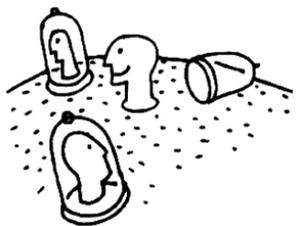


Abordagem e estratégia

Duas questões importantes: como apresentar aos responsáveis pela tomada de decisões as idéias que estão por trás da eco-reestruturação; como ajudar as pequenas e médias indústrias a aproveitarem as possibilidades que oferece a Ecologia Industrial. Para isto é preciso dispor de equipes de especialistas técnicos que também possam lidar com as implicações mais amplas da Ecologia Industrial. De certa forma, apelando mais uma vez para a analogia biológica, é preciso uma *comunidade de especialistas que possam trabalhar de maneira interdependente no ecossistema industrial*. A necessidade de especialistas para trabalharem em Ecologia Industrial aplicada levou o ICAST a criar neste ano um programa dessa área, denominado *Práxis de Ecologia Industrial*.

A evolução do sistema industrial não pode ocorrer sem sustentação, a partir do nada. Nós podemos apontar cinco áreas nas quais há necessidade de apoio para a agenda da Ecologia Industrial avançar: pesquisa, educação, comunicação, marco legal e de políticas, setor financeiro e empresarial.

No campo da Ecologia Industrial, podemos mencionar diversas

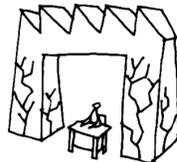


áreas de pesquisa que provavelmente terão considerável influência na eco-reestruturação. Entretanto, convém lembrar que a Ecologia Industrial continua a ser um tema de estudo apenas marginal no nível universitário. É importante que isto mude e a Ecologia Industrial se torne um assunto de estudo digno de consideração. Uma das áreas de pesquisa prioritárias refere-se à própria validade da metáfora da Ecologia Industrial¹⁴. Se quisermos buscar nos ecossistemas naturais a inspiração para reorganizar os ecossistema industrial, teremos de estar certos de que nossas idéias estão embasadas numa visão realista desses ecossistemas e da Biosfera em geral. Também não devemos esquecer que os muitos anos de experiência já nos mostraram como nosso ecossistema industrial interage com os ecossistemas naturais, sabemos que essas interações são geralmente negativas e temos de aprender com elas.

A Ecologia Industrial precisa também de uma atitude proativa da nossa parte com relação ao sistema industrial, isto é, não se trata apenas de lidar com o gerenciamento do resíduo. Para se otimizar o uso de recursos, fechar ciclos e diminuir o consumo de materiais (desmaterializar) é preciso pesquisar a função de processamento de material no sistema industrial — começando pela criação de novos

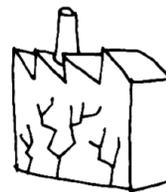
materiais (por exemplo com Química Verde), o projeto de novos produtos (*Design for Environment*) e melhores tecnologias para a recuperação de matérias-primas — para torná-lo mais eficiente. Também é muito importante pesquisar como a energia será fornecida e utilizada para alimentar esse sistema industrial — um assunto que muitas vezes não recebe a devida atenção na pauta da Ecologia Industrial. Por fim, não deveríamos tentar “reinventar a roda” e não há necessidade de pesquisa sobre a contribuição das ferramentas existentes para as metas da Ecologia Industrial.

Para que se consiga convencer os diversos setores da sociedade quanto à utilidade do enfoque da Ecologia Industrial, criando-se um ambiente político e legal que permita o avanço desse processo, é preciso que a pesquisa identifique casos concretos de aplicação desse enfoque para compreender como eles funcionam e que benefícios eles têm trazido. Também se deve reconhecer que a estratégia *end-of-pipe* produziu efeitos muito duradouros na sociedade, sobretudo em termos de políticas e leis, sendo preciso que a pesquisa indique tanto as modificações necessárias na legislação existente quanto as novas políticas e leis que têm de ser elaboradas para viabilizar a efetiva aplicação de uma abordagem de Ecologia Industrial.



É claro que a evolução do sistema industrial demanda uma sociedade “esclarecida em Ecologia Industrial”, capaz de compreender o que esse enfoque está tentando conseguir e de contribuir para seu avanço. Para isto, duas mudanças fundamentais são necessárias no sistema educacional. Em primeiro lugar, os alunos têm de ser reinseridos no mundo natural em que vivem, mediante a compreensão de conceitos de ecologia científica. Depois, os estudantes de nível terciário precisam ser conscientizados de que o enfoque reducionista na ciência e na engenharia não vai ser de muita utilidade para lidar com uma abordagem de ecossistema industrial. É preciso contar com gente que trabalhe na indústria, esteja familiarizada com uma abordagem de sistemas e possa lidar com sistemas complexos. Para darmos uma breve descrição do problema, podemos recorrer ao artigo de Frosch e Gallopoulos:

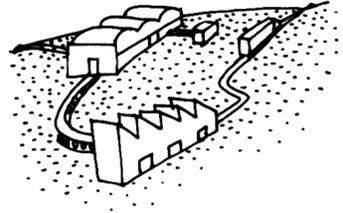
Os conceitos de Ecologia Industrial e otimização de sistemas devem ser ensinados com mais amplitude. A atual educação tecnológica e de engenharia omite totalmente essas questões ou ensina-as de forma tão limitada que elas quase não influenciam os enfoques adotados para os problemas ambientais relacionados à indústria manufatureira.



Entretanto, nós deveríamos acrescentar outras áreas — como, por exemplo, economia, administração de empresas e ciências políticas — a esta lista, já que é necessário inculcar na sociedade de hoje a noção de que todas as atividades humanas têm uma base material, e não apenas uma base monetária ou financeira.

Além disso, é por meio da comunicação que podemos passar para o conjunto da sociedade as idéias que sustentam a Ecologia Industrial e a eco-reestruturação. Se o que se pretende é que essas idéias contribuam para uma forma de desenvolvimento sustentável, é fundamental que elas ganhem a aceitação de todos os setores da sociedade.

Nos últimos seis anos, o *chantier* (mutirão) da Ecologia Industrial tem conseguido difundir suas idéias pelo mundo inteiro. Seminários e conferências — em Kalundborg (Dinamarca) em junho de 1996, Ahmedabad (Índia) em fevereiro de 1999, Troyes (França) em setembro de 1999, Argel (Argélia) em novembro de 2000 e mais recentemente em Manila (Filipinas) em abril de 2001 — foram divulgando gradativamente o conceito de Ecologia Industrial em diferentes setores da sociedade (indústria, negócios, governos, âmbitos acadêmicos e ONGs). Existe hoje uma rede razoavelmente ampla, e, depois do seminário de Manila, foi oficialmente criada uma Rede



Asiática de EI, por meio da qual haverá troca de experiências na área da Ecologia Industrial.

Há uma necessidade específica de informação sobre metabolismo industrial e fluxos de recursos que tenha como alvo os formuladores de políticas e os governos locais, a fim de que eles possam contribuir para o desenvolvimento sustentável implantando projetos locais da Agenda 21. Muitos industriais — especialmente nos países em desenvolvimento — percebem que a Ecologia Industrial pode ser muito importante para o futuro de suas empresas, ao ajudá-los a fazer um uso mais eficiente dos recursos (o que também pode tornar seus negócios mais lucrativos). Eles precisam receber mais informação além da que está ao alcance deles em qualquer apresentação geral sobre Ecologia Industrial. Portanto, é muito necessária a realização de oficinas de treinamento técnico que forneçam a esses empresários as ferramentas de que precisam para atender aos quatro pontos de eco-reestruturação já citados neste texto.

Como já dissemos, as políticas relativas ao meio ambiente e ao desenvolvimento têm de mudar, acompanhando a evolução do sistema industrial. A Ecologia Industrial e os conceitos que a respaldam podem nos servir como base para repensar como lidaremos com o meio

ambiente e o desenvolvimento ao formular políticas e criar o correspondente marco legal. Lembremos também que, na atualidade, em muitos casos o financiamento de empreendimentos industriais prevê prazos muito curtos para o retorno do investimento. Isto pode ser um grande empecilho à Ecologia Industrial, uma vez que ela se baseia mais no desenvolvimento de longo prazo do que em lucros rápidos.

A Ecologia Industrial coloca à nossa disposição uma valiosa metodologia para iniciarmos a mudança por meio da eco-reestruturação do sistema industrial. Mas não devemos pensar que não precisaremos de mais nada para chegar a uma forma de desenvolvimento sustentável. Se o *desenvolvimento autêntico* pode ser concebido como uma conjunção de seis fatores — econômico, ambiental, social, político, cultural e ético¹⁵ —, a Ecologia Industrial focaliza diretamente apenas os dois primeiros. Todavia, isto significa que se deve considerar a reestruturação do sistema mediante um enfoque de Ecologia Industrial no contexto de uma abordagem de desenvolvimento sustentável em geral, em que seja plenamente reconhecida a decisiva importância dos aspectos sociais, políticos, culturais e éticos.



Referências bibliográficas

[1] Robert A. Frosch e Nicholas E. Gallopoulos, *Strategies for Manufacturing*, Scientific American, vol. 261, n. 3, setembro de 1989, p. 94-102.

Veja também: Robert A. Frosch e Nicholas E. Gallopoulos, *Towards an Industrial Ecology*. In: A.D. Bradshaw et al. (eds.): *The Treatment and Handling of Wastes*, Chapman & Hall, Londres, 1992, p. 269-292.

[2] Para detalhes sobre antecedentes históricos da Ecologia Industrial, veja-se: Suren Erkman, *Industrial Ecology: A Historical View*, Journal of Cleaner Production, vol. 5, n. 1-2, 1997, p. 1-10.

[3] Sobre metabolismo industrial, veja-se:

Robert U. Ayres e Udo E. Simonis (eds.), *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, Tóquio, Nova York, United Nations University Press, 1994.

Peter Baccini e Paul Brunner, *Metabolism of the Anthroposphere*, Springer Verlag, Berlim, 1991.

Albert Adriaanse et alia, *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*, Washington, DC, World Resources Institute, 1997.

Emily Matthews et alia, *The Weight of Nations. Material Outflows from Industrial Economies*, Washington, DC, World Resources Institute, 2000.

Principal fonte sobre metabolismo industrial na Internet: www.conaccount.net

[4] Sobre o conceito de Ecologia Industrial, veja-se:

Braden R. Allenby e William E. Cooper, *Understanding Industrial Ecology from a Biological Systems Perspective*, Total Quality Environmental Management, vol. 3, No 3, Primavera (2o trimestre) de 1994, p. 343-354.

Thomas E. Graedel, *On the Concept of Industrial Ecology*, Palo Alto, CA, Annual Review of Energy and the Environment, vol. 21, 1996, p. 69-98.

Braden R. Allenby, *Earth Systems Engineering: The Role of Industrial Ecology in an Engineered World*, Journal of Industrial Ecology, vol. 2, n. 3, 1998, p. 73-93.

Robert U. Ayres e Leslie W. Ayres, *Industrial Ecology: Towards Closing the Materials Cycle*, Cheltenham, Reino Unido, Edward Elgar, 1996.

Atas do *Simpósio de Helsinque sobre Ecologia Industrial e Fluxos de Materiais* (agosto de 2000), disponíveis na Internet: www.jyu.fi/helsie

[5] Sobre Ecologia Industrial como ferramenta para o planejamento regional, veja-se:

William Stigliani e Stefan Anderberg, *Industrial Metabolism at the Regional Level: The Rhine Basin*, In: *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, editado por R. U. Ayres e U. E. Simonis. Tóquio, United Nations University Press, 1994.

Peter Baccini e Hans-Peter Bader, *Regionaler Stoffhaushalt*, Heidelberg/Berlim, 1996

Annica Lindqvist-Östblom, *Flow-oriented studies for environmental management by local authorities — experiences from a regional substance flow analysis*, Tese n. 825, maio de 2000. [Universidade de Linköping, Técnica e Gerenciamento Ambiental, Departamento de Física e Tecnologia da Medição, Suécia]

Fredrik Burström, *Environment and Municipalities — Towards a Theory on Municipal Environmental Management*, Instituto Tecnológico Real, Divisão de Ecologia Industrial, Estocolmo, setembro de 2000.

[6] Suren Erkman e Ramesh Ramaswamy, *Industrial Ecology as a Tool for Development Planning: Case Studies in India*, Nova Delhi, Sterling Publishers, 2001 (a ser lançado).

[7] Hardin Tibbs, *Industrial Ecology: A New Environmental Agenda for Industry*, Arthur D. Little Inc., 1991.

Thomas E. Graedel e Braden R. Allenby, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.

Journal of Industrial Ecology (MIT Press): <http://mitpress.mit.edu/JIE>

International Society for Industrial Ecology: www.yale.edu/is4ie

[8] Sobre parques e redes eco-industriais, veja-se:

Raymond P. Côté et al., *Designing and Operating Industrial Parks as Ecosystems*, Relatório do projeto “The Industrial Park as an Ecosystem” (O parque industrial como ecossistema), Universidade de Dalhousie, Escola de Estudos Ambientais e de Recursos, agosto de 1994.

Ver os sites: www.mgmt.dal.ca/sres/research/Ecogroup.htm
www.dal.ca/eco-burnside

Ernest A. Lowe, Stephen A. Moran e Douglas B. Holmes, *Fieldbook for the Development of Eco-Industrial Parks*, Relatório preparado para o Escritório de Política, Planejamento e Avaliação da Agência de Proteção Ambiental dos EUA, Washington, DC, 1996. [Preparado por Indigo Development: www.indigodev.com]

Ed Cohen-Rosenthal et al., *Designing Eco-industrial Parks. The North American Experience*, In: *Proceedings of the 1st European Conference on Industrial Ecology*, Barcelona (Espanha), fevereiro de 1997, p. 35-48.

Site do “Eco-Industrial Development Program” (Programa de desenvolvimento eco-industrial), Cornell Centre for the Environment: www.cfe.cornell.edu/wei

President’s Council on Sustainable Development (PCSD): *Eco-Industrial Park Workshop* (Outubro de 1996, Cape Charles, Virgínia), fevereiro de 1997. Atas: www.whitehouse.gov/pcsd/Publications/Eco_Workshop.html

Erich J. Schwartz, *Industrial Recycling-Network. A Model to Integrate Ecological Aspects in a Production Economy*, Monografia, Instituto de Gerenciamento da Inovação, Universidade Karl-Franzens, Graz, Áustria, abril de 1995, 24 páginas.

[9] Nelson L. Nemerow, *Zero Pollution for Industry. Waste Minimization Through Industrial Complexes*, Nova York, John Wiley & Sons, 1995.

[10] Sobre a diminuição do uso de materiais, veja-se:

Robert Herman, Siamak A. Ardekani e Jesse H. Ausubel, *Dematerialization*, In: Jesse H. Ausubel e Hedy E. Sladovich (eds.): *Technology and Environment*, Washington, DC, National Academy Press, 1989, p. 50-69.

Oliviero Bernardini e Riccardo Galli, *Dematerialization: Long-Term Trends in the Intensity of use of Materials and Energy*, Futures, maio de 1993, p. 431-448.

Cutler J. Cleveland e Matthias Ruth, *Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use*, Journal of Industrial Ecology, vol. 2, n. 3, 1998, p. 15-50.

Ernst von Weizsäcker, Amory B. Lovins, L. Hunter Lovins, *Factor Four. Doubling Wealth, Halving Resource Use*, Londres, Earthscan Publications Ltd, 1997.

Friedrich Schmidt-Bleek, *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Das Maß für ökologisches Wirtschaften*, Berlim, Birkhäuser, 1994.

Mathis Wackernagel e William Rees, *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*, Filadélfia, PA, New Society Publishers, 1996.

[11] Sobre fluxos de materiais e a economia da Internet, veja-se:
Peter Huber e Mark P. Mills, *Dig more coal — the PCs are coming*, Forbes, 31 de maio de 1999. [<http://forbes.com/forbes/99/0531/6311070a.htm>]

Ryan Kim, *E-biz's hard drive. Online delivery trucks add to San Francisco street congestion*, San Francisco Examiner, 21 de junho de 2000, pág.1.

Ver também a página de Internet da “Network for Energy, Environment, Efficiency, and the Information Economy” (Rede de energia, meio ambiente, eficiência e economia da informação), (Berkeley): <http://n4e.lbl.gov/>

Gerhard Knolmayer e Ted Scheidegger, “Bring the Fiber to the Power” *Nebeneffekte der New Economy*, Neue Zürcher Zeitung, sexta-feira 20 de abril de 2001, página 78. [[http://archiv.nzz.ch/books/nzzmonat/0/\\$7C10A\\$T.html](http://archiv.nzz.ch/books/nzzmonat/0/$7C10A$T.html)]

[12] Walter R. Stahel e Tim Jackson, *Optimal Utilisation and Durability — Towards a New Definition of the Service Economy*, In: T. Jackson (ed.): *Clean Production Strategies*, Boca Raton, Flórida: Lewis Publishers, 1993, p. 261-291.

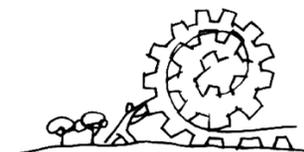
[13] Sobre a redução do consumo de carbono, veja-se:
Nebojsa Nakicenovic, *Freeing Energy from Carbon*, In: Jesse H. Ausubel e H. Dale Langford (eds.): *Technological Trajectories and the Human Environment*. Washington, DC, National Academy Press, 1997, p. 74-88.

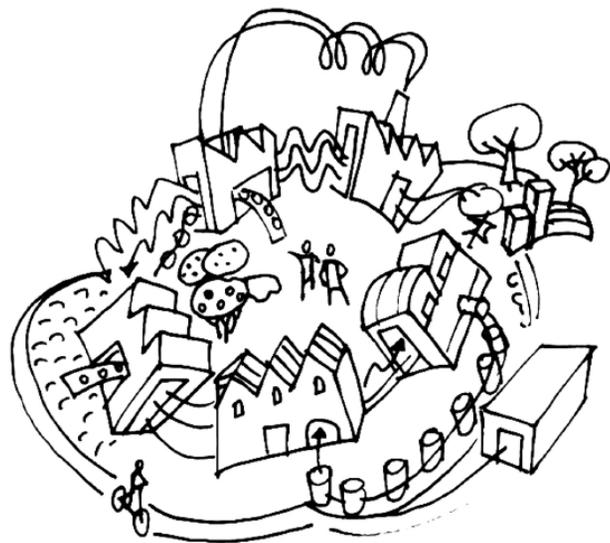
Robert Socolow (ed.), *Fuels, Decarbonisation and Carbon Sequestration: Report of a Workshop*. Princeton, NJ, The Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, PU/CEES Relatório n. 302, setembro de 1997.

[Disponível na Internet: www.princeton.edu:80/~ceesdoe/]

[14] Pode-se ver um panorama geral da Ecologia Industrial em:
Suren Erkman, *Vers une écologie industrielle*, Paris, Editions Charles Léopold Mayer, 1998. [Disponível no site: www.icast.org]

[15] Denis Goulet, *Authentic Development: Is it Sustainable?*, Thaddeus C. Trzyna (ed.): *A Sustainable World*, ICEPP, Sacramento, 1995.





Propostas para uma agenda de Ecologia Industrial

Mecanismos de implementação

» Para a implementação de um enfoque de Ecologia Industrial nossas atividades industriais devem passar por consideráveis modificações — isto é — devem ser *eco-reestruturadas*. A estratégia consta de 4 elementos principais:

1. *Otimização do uso de recursos*

Quer entendamos que os limites ao crescimento se encontram no lado da entrada, quer no lado da saída, o ecossistema industrial precisa otimizar o uso de recursos se pretende aumentar a sua capacidade de sustentar o desenvolvimento humano em escala mundial.

2. *Fechamento de ciclos de materiais e minimização de emissões (especialmente de materiais tóxicos)*

A perda de materiais decorrente dos padrões de consumo humano é hoje, em muitos casos, maior do que no processo de fabricação em si. Deve-se projetar novos produtos que minimizem a dispersão de materiais, tanto durante a fabricação como na sua utilização, em especial quando se trate de materiais com possíveis efeitos prejudiciais. A recuperação de materiais ao fim da vida útil dos produtos deve permitir a sua reutilização em aplicações de alto valor.

3. *Desmaterialização das atividades*

Minimizar a quantidade total de recursos necessária para conseguir serviços equivalentes é um objetivo importante na Ecologia Industrial. Aqui devemos distinguir a desmaterialização relativa — a obtenção de mais serviços e bens a partir de uma determinada quantidade de matéria — da desmaterialização absoluta — a redução da necessidade de recursos no sistema industrial como um todo.

4. *Redução e eliminação da dependência de fontes não-renováveis de energia*

Na atualidade, o desenvolvimento industrial baseia-se quase exclusivamente em combustíveis fósseis não-renováveis (carvão, petró-

leo e gás natural). Eles nos fornecem a energia de que precisamos, mas seu uso é totalmente dissipativo. Os produtos da combustão dão origem a problemas bem conhecidos, como a chuva ácida ou o agravamento do efeito estufa. Logo, devemos agir rapidamente visando a reduzir e eliminar a nossa necessidade de combustíveis fósseis, melhorando a eficiência energética e adotando fontes de energia renováveis.

» Os conceitos e princípios da Ecologia Industrial devem ser aplicados ao planejar o desenvolvimento, especialmente nos países em desenvolvimento onde os recursos podem escassear.

Um dos objetivos de um plano baseado em recursos para um país em desenvolvimento é garantir a otimização do fluxo total de recursos (e em especial de materiais escassos ou perigosos). Pode-se conseguir a otimização selecionando indústrias ou incentivando o fechamento de ciclos de materiais.

» Para começar a implementar a Ecologia Industrial é preciso combinar o conhecimento — geralmente muito específico — de diversos especialistas técnicos, formando equipes que possam lidar com a

perspectiva sistêmica bem mais ampla que é própria desse enfoque. Dentro de um ecossistema, diferentes espécies desempenham distintas funções que, em conjunto, dão ao sistema condições de aumentar a sua capacidade de sustentar a vida. Por sua vez, o ecossistema industrial também precisa do concurso de diversos participantes que possam contribuir, com seus conhecimentos específicos, para a implementação da Ecologia Industrial na esfera industrial das atividades humanas. Um primeiro passo nessa direção é a recente criação de uma rede de especialistas desse tipo (Práxis de EI).



Pesquisa

- » A consolidação da Ecologia Industrial como tema de estudo digno de consideração no âmbito acadêmico é de suma importância para o futuro da área.

Para a Ecologia Industrial se desenvolver como um campo de estudo formalmente aceito, é preciso que a pesquisa na área seja reconhecida com a concessão de títulos de mestrado e doutorado,

a existência de cargos com titularidade em universidades e o acesso a financiamento.

- » Uma área de pesquisa prioritária em Ecologia Industrial é a análise mais aprofundada da validade da metáfora em que ela se baseia. O que a ecologia científica pode nos dizer a respeito do projeto e do gerenciamento do sistema industrial e sua interação com a Biosfera?
- » Do ponto de vista tecnológico, há necessidade de pesquisa básica sobre a implementação de um enfoque de Ecologia Industrial. Ecologia Industrial nada mais é senão gerenciamento do resíduo! O enfoque necessita de pesquisa sobre a função de processamento de material do ecossistema industrial — começando com a criação de novos materiais (por exemplo, com a Química Verde), incluindo o projeto de novos produtos (Design for Environment) e sua fabricação e, finalmente, a tecnologia para a recuperação de matérias-primas e o fechamento dos ciclos de materiais.

» São necessários estudos básicos que analisem de que forma as atuais políticas e regulamentações podem estar obstaculizando o desenvolvimento da Ecologia Industrial.

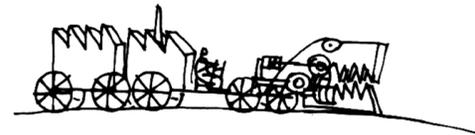
A abordagem *end-of-pipe* resultou em uma mentalidade centrada nesse enfoque. Por conseqüência, foram criadas políticas e leis que visam a otimizar a proteção ambiental segundo essa linha de enfrentamento do problema. A Ecologia Industrial requer uma radical revisão de regulamentações e políticas que talvez sejam contraproducentes dentro dessa nova perspectiva.

» É premente a necessidade de pesquisas que identifiquem casos concretos em que a Ecologia Industrial já esteja sendo praticada, monitorando e avaliando seus resultados.

Para que a utilidade prática da Ecologia Industrial fique efetivamente demonstrada, é preciso apresentar outros exemplos além de Kalundborg e sua simbiose industrial.

» É necessário buscar os pontos de contato entre a Ecologia Industrial e os métodos já existentes — tais como produção mais limpa, eco-eficiência, sistemas de gerenciamento ambiental — usados pelas em-

presas dentro de suas estratégias de desenvolvimento sustentável. A Ecologia Industrial é uma evolução lógica da atual tendência das empresas, mais do que uma “Nova Revolução Industrial”, sendo importante estudar como se pode usar as ferramentas existentes em nível de sistema.



Educação

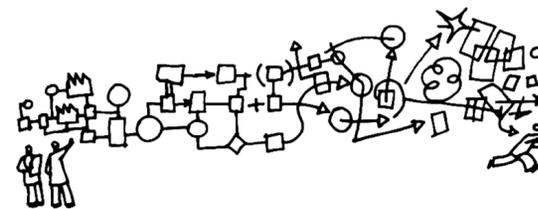
» Os currículos universitários das carreiras de economia, administração de empresas e ciências políticas deveriam incluir uma introdução básica ao conceito de Ecologia Industrial.

Se nosso propósito é superar a generalizada tendência — especialmente comum no setor empresarial — a subestimar a importância dos materiais, precisamos fazer com que a idéia de que todas as atividades humanas têm uma base material seja compreendida e valorizada pela maioria das pessoas.

» A Ecologia Industrial deve passar a ser matéria exigível em todos os cursos científicos e de engenharia de nível terciário.

As idéias abraçadas pela Ecologia Industrial são essenciais para os estudantes de ciências e engenharia contribuírem com algo que não seja mentalidade *end-of-pipe* quando, no futuro, exercerem suas profissões na indústria.

- » Deveria haver um curso de introdução à ecologia científica como uma das matérias fundamentais no nível médio do ensino. Entendermos como funciona o mundo em que vivemos é tão importante quanto saber uma língua ou matemática!
- » Também é preciso fomentar a Ecologia Industrial mediante cursos de extensão. Para aqueles que já exercem suas profissões não ficarem à margem, é importante que tenham acesso a cursos de introdução à Ecologia Industrial. A EI não pode ser apenas para a “próxima geração”.

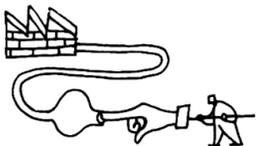


Comunicação

- » A Ecologia Industrial precisa ser difundida como uma abordagem importantíssima que visa a pôr em prática o desenvolvimento sustentável. Os esforços de conscientização (capacitação) do “Chantier de EI” nesses últimos seis anos têm de prosseguir sem descontinuidade de modo a atingir setores da sociedade em todos cantos do mundo. É preciso atrair parceiros para trabalharem com a FPH (Fondation Charles Léopold Mayer pour le Progrès de l’Homme, Paris) nessas futuras atividades.
- » Formuladores de políticas e administradores públicos devem receber informação sobre a importância do metabolismo industrial de sua área (região, país, cidade, etc.), mediante publicações especialmente voltadas para esse grupo. Se o desenvolvimento sustentável e a Agenda 21 vão ser realmente levados a sério, não se pode prescindir da sistemática preparação de fluxos de recursos locais e regionais. Isto só é possível com o apoio ativo das autoridades competentes.

- » Deve-se criar e apoiar decididamente seminários ou cursos intensivos de treinamento para ajudar os setores da economia a colocarem em prática a abordagem da Ecologia Industrial.

Muitos industriais percebem intuitivamente o valor do enfoque da Ecologia Industrial para seus negócios. Isto ocorre sobretudo em empresas pequenas, tanto de países industrializados como em desenvolvimento. Mas esses empresários precisam de meios para não ficar apenas no plano das idéias.



Marco de políticas

- » Cada país tem de reavaliar suas atuais políticas e leis ambientais e industriais para planejar seu desenvolvimento levando em consideração uma abordagem de Ecologia Industrial.

Políticas ambientais derivadas do conceito de imposição e controle e do enfoque *end-of-pipe* para o gerenciamento ambiental podem tolher o fluxo de materiais através do ecossistema industrial e impedir o fechamento dos ciclos. Por outro lado, há necessidade de novas leis e políticas capazes de fomentar uma abordagem de

Ecologia Industrial ou baseada em sistemas e, ao mesmo tempo, dando certeza à sociedade de que não irá ficar exposta a maiores riscos ambientais e sanitários.

- » Para ser eficiente, o desenvolvimento industrial em nível local, regional ou nacional deve incorporar uma abordagem sistêmica como a da Ecologia Industrial.

A política de desenvolvimento econômico deve estar embasada num conhecimento preciso dos fluxos de recursos dentro de uma área, de modo que o planejamento espacial e a escolha de indústrias e atividades residenciais e comerciais sejam organizados com o objetivo de se utilizar os recursos disponíveis da forma mais eficiente possível.

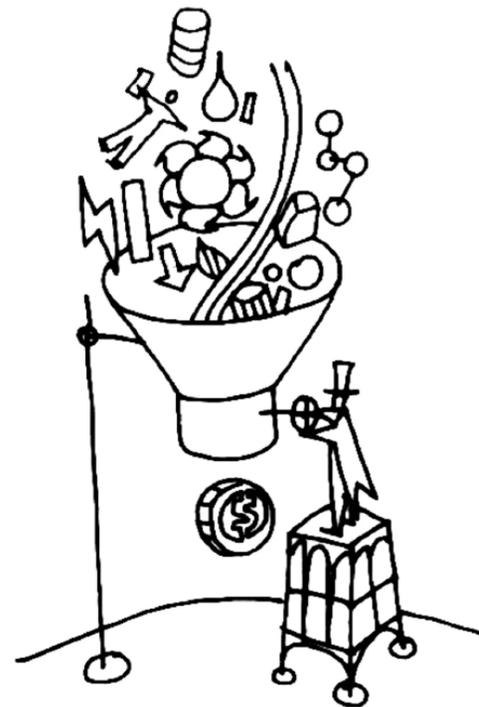
- » A responsabilidade dos governos quanto ao meio ambiente precisa ser reavaliada em termos das novas necessidades que resultam do enfoque sistêmico da Ecologia Industrial.

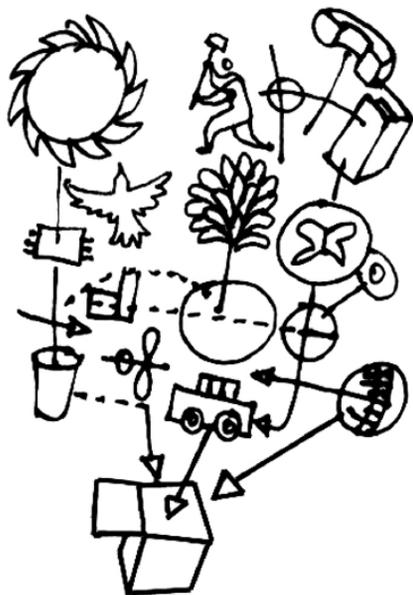
Os órgãos que lidam com a “proteção do meio ambiente” amadureceram no contexto de uma perspectiva dos anos 70, segundo a qual o setor industrial e a Biosfera eram vistos como coisas

separadas. Frequentemente, leis e responsabilidades são compartimentalizadas para tratar da poluição do ar, da água e do solo. Num enfoque sistêmico, a indústria tem de ser considerada parte integrante do ecossistema global e a proteção ambiental deve ser vista como produto da otimização de recursos e da sustentação desse ecossistema.

Financiamento

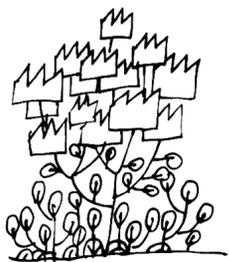
- » Se o objetivo é impulsionar uma abordagem de Ecologia Industrial, o financiamento de atividades industriais deve ser avaliado com uma perspectiva de mais longo prazo. A atual exigência de as atividades industriais gerarem máxima lucratividade no prazo mais curto — isto é, “aumento de valor para o acionista” — é incompatível com um enfoque de Ecologia Industrial, que requer uma visão de mais longo prazo. O equilíbrio entre o desejo de rápido retorno e a sustentabilidade é um grande desafio ao qual as empresas e o setor financeiro não podem se furtrar.





Experiências Brasileiras

Assim como ocorre em todo o planeta, são poucos os exemplos de EI no Brasil, ainda basicamente restritos ao campo propositivo. As iniciativas brasileiras nesse sentido são exemplos de uma Ecologia Industrial parcial, ou seja, as trocas de recursos e a retroalimentação do sistema não ocorrem integralmente, tanto no que diz respeito ao seu fluxo de energia, quanto ao aproveitamento de resíduos ou ao reaproveitamento de materiais. Ainda assim, vale incluí-las neste *Caderno*, como possibilidades de ação nesse campo.



MUAIs (Mini Usinas de Álcool Integradas)

O exemplo de EI das Mini Usinas, propõe uma integração (ecosistema industrial parcial) entre diversas usinas produtoras de álcool com outras atividades industriais e agrícolas no estado de São Paulo. A interação ocorre na horticultura e fruticultura, na produção de ração contendo levedura seca, na criação de gado e na produção de energia elétrica.

Os professores Geraldo Lombardi e Romeu Corsini, da Escola de Engenharia de São Carlos (EEESC) da Universidade de São Paulo (USP) são os responsáveis pela concepção da rede de Mini-usinas de Álcool Integradas (muai), um projeto inédito, tanto no Brasil quanto no mundo.

Nessa experiência, a tradicional lavoura de cana de açúcar é associada ao sorgo sacarino (uma planta da mesma família das gramíneas), o que permite elevar de 8 para até 12 meses o tempo anual de funcionamento de uma mini usina.

O vinhoto, resultante da produção de álcool, biodigerido, transforma-se em fertilizante e gás. Pontas da cana e do sorgo, chamadas de ponteiros, normalmente descartados, passam a ser utilizados na alimentação do gado. Bagaço, palha seca, e resíduos orgânicos pro-

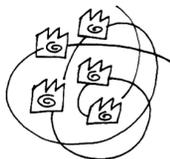
duzidos pelo gado, são queimados, assim como o biogás, e utilizados na produção de energia elétrica. Da levedura, parte é utilizada na produção de ração animal e parte é transformada em outros elementos, utilizados em produtos alimentícios.

A EI amplia as possibilidades de utilização dos recursos, buscando maximizar a retroalimentação do sistema. Assim, com essa integração, em vez de serem produzidos apenas 40.000 litros de álcool por dia, permite-se também a produção de 3.630 toneladas por ano de produtos agrícolas relacionados ao sorgo e 1.130 toneladas de levedura desidratada. Além disso, o vinhoto, biodigerido transforma-se em biogás e biofertilizante, e 2800 cabeças de gado são alimentadas com os ponteiros da cana e do sorgo, ou com a levedura, adicionados a outros aditivos protéicos.

Referências

- FAPESP. *Ganhos ambientais e energéticos — Projeto inovador de miniusinas propõe a integração total em torno da produção do álcool*. Revista Pesquisa Fapesp, Edição 76, 06/2002, p. 78.
- FAPESP. *Riqueza nas sobras da usina — Itai e Copersucar desenvolvem produtos alimentares de resíduos da produção de álcool*. Revista Pesquisa Fapesp, Edição 76, 06/2002, p. 80.

GIANNETTI, Biagio Fernando, ALMEIDA, Cecília Maria Vilas Bôas e BOUER, Edson. *Ecologia Industrial—Experiências no Brasil*. Sessão de treinamento em Ecologia Industrial da Mesa Redonda Paulista de Produção + Limpa e a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 21 de setembro de 2004.



Indústrias de Carvão e Curtumes

Conhecidas como duas das atividades industriais mais poluidoras, este exemplo de EI propõe a interação entre mineradoras e indústrias de produção de couro no sul do país. A experiência — restrita ainda ao campo acadêmico e propositivo — abrange municípios e regiões próximas de Criciúma, no sul de Santa Catarina, e Santa Terezinha, Chico Lorna, Leão, Urui, Capane e Candiota, no estado do Rio Grande do Sul — onde estão localizadas as atividades mineradoras e aproximadamente 89% das reservas nacionais de carvão — e a região do Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul — onde estão localizados os curtumes e aproximadamente 60% da produção nacional de couros.

A produção de carvão mineral é uma grande emissora de resíduos

ricos em sulfeto, e gera líquidos ácidos, como consequência de processos de oxidação no solo. Portanto, o desafio aqui consiste na descoberta de uma maneira de controlar a taxa de oxidação dos sulfetos ou em achar uma maneira de utilizá-los em algum processo produtivo.

Por outro lado, os curtumes utilizam cromo na produção do couro, gerando resíduos sólidos e efluentes líquidos contendo sais de cromo.

Diversos estudos apontam a possibilidade de interação destas duas atividades industriais, transformando os resíduos da mineração em insumo, de menor custo que os convencionais, para o tratamento dos efluentes da produção de couro. Nesse sentido, a mineradora arcaria individualmente com os custos de remoção e combate a drenagem ácida, e o curtume, por sua vez, assumiria os custos de aquisição e transporte dos insumos necessários para a retirada do cromo de seus efluentes, numa ação conjunta, compartilhando responsabilidades e despesas, resultando na redução de custos para ambos os lados, na redução de resíduos e poluentes, e na diminuição de demanda por recursos naturais.

Outras possibilidades de interação para esta região e para as atividades dos curtumes poderiam ser articuladas, por exemplo, com

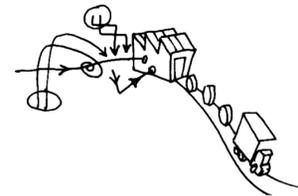
a indústria da cal, cujo resíduo pode ser utilizado no tratamento e neutralização de substâncias ácidas, ou para precipitar metais contidos em efluentes líquidos. Ou com a agricultura e a indústria de madeiras. Resíduos agrícolas da produção de arroz e madeira também poderiam ser utilizados no tratamento de efluentes da produção de couro.

O Brasil não é dependente do carvão como fonte de energia e possui possibilidades reais de utilizar amplamente fontes de energia alternativas e renováveis, como a eólica, a solar e a de biomassa. Vale destacar que a estratégia que visa a implementação da ecologia industrial enfatiza a necessidade de interrompermos a utilização de fontes de energia não renováveis, e o carvão mineral obtido da atividade mineradora e utilizado como energia é um recurso não renovável e altamente poluente.

Referências

GIANNETTI, Biagio Fernando, ALMEIDA, Cecília Maria Vilas Bôas e BOUER, Edson. *Ecologia Industrial — Experiências no Brasil*. Sessão de treinamento em Ecologia Industrial da Mesa Redonda Paulista de Produção + Limpa e a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 21 de setembro de 2004.

GIANNETTI, Biagio Fernando, BONILLA, Silvia Helena e ALMEIDA, Cecília Maria Vilas Bôas. *Developing eco-technologies: A possibility to minimize environmental impact in Southern Brazil*. *Journal of Cleaner Production*. vol. 12, 2004, p. 361.



Indústria Microeletrônica e de Galvanoplastia

O exemplo de EI na indústria microeletrônica sugere uma interação (ecossistema industrial parcial) entre indústrias dessa área e outras de galvanoplastia na cidade de São Paulo, com diferentes aportes tecnológicos. Essa interação ocorre em relação ao consumo de água, mas também poderia ser construída para ocorrer em relação a resíduos do processo produtivo. Internamente e individualmente algumas indústrias do ramo desenvolvem atualmente programas de Prevenção a Poluição (P2), incluindo a incorporação de Tecnologias Mais Limpas, que incluem o objetivo de minimização do uso da água e de outros impactos ambientais.

Pelas características produtivas, essas indústrias apresentam a

particularidade de consumirem grande quantidade de dois tipos água: a comum e a água deionizada (água DI), esta última utilizada na preparação de soluções, e para lavagem de peças e componentes. Grande parte da água, mais especificamente a água DI, é utilizada para a lavagem e preparação de lâminas que são usadas na fabricação dos componentes. Como resultado do uso da água no processo produtivo e em outras atividades industriais, ocorre a sua contaminação por soluções ácidas, metais, produtos orgânicos, entre outros. No entanto, a aplicação de conceitos de ecologia industrial por essas indústrias de microeletrônica e galvanoplastia de São Paulo permite que grande parte da água utilizada seja passível de reutilização ou de utilização em outras atividades, diminuindo seu consumo e levando conseqüentemente ao uso mais racional desse recurso.

Referências

GAMEIRO, Janaina e SILVA, Maria Lúcia Pereira da (orientadora). *Desenvolvimento de tecnologias mais limpas aplicadas à microeletrônica*. Dissertação de Mestrado, USP, Escola Politécnica, São Paulo: agosto, 2002, 171 p.



Indústria Química — o que poderia ser feito

Apesar de ainda não haver uma proposta formalizada de EI na área da indústria química, destaca-se a necessidade de abordar este aspecto, já que o Brasil possui atualmente uma das dez maiores indústrias químicas do mundo, o que representa enormes problemas ambientais e de saúde. É amplamente sabido que a indústria química é a maior responsável pela dispersão de substâncias tóxicas no meio ambiente, o que torna cada vez mais evidente que controlar o problema pelo gerenciamento de riscos (controlar os poluentes) não é suficiente.

Atualmente, um dos instrumentos que podem auxiliar a indústria química na incorporação do conceito de Ecologia Industrial é a chamada *Química Verde*, que propõe a utilização de técnicas alternativas para a redução dos impactos ambientais causados por processos da indústria química. Pela adoção de uma análise sistêmica de processos e produtos, a *Química Verde* pode auxiliar como um dos instrumentos para a construção de um ecossistema industrial em direção a EI. Dentre as ferramentas que podem auxiliar no desenvolvimento da *Química Verde* e da Ecologia Industrial aplicada à indústria

química, estão a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do produto e o Projeto para o Ambiente (PPA).

A primeira (ACV) permite identificar fontes de geração de resíduos e poluentes e conseqüentemente conhecer detalhadamente as etapas de um processo industrial, passando pela fabricação, uso e descarte de um produto, e de suas interações com o meio ambiente. E pelo PPA, examina-se a Avaliação do Ciclo de Vida e pode-se fazer alterações no projeto do processo industrial ou do produto, de maneira a minimizar seus impactos ambientais.

Pela ótica da Ecologia Industrial, o PPA deve contemplar, além da própria prevenção da poluição, a utilização de subprodutos e resíduos por outros processos e indústrias. Portanto, o PPA para a indústria química, com base nos preceitos da Ecologia Industrial, pode, além de melhorar processos, tecnologias e produtos, interligar outros processos industriais a serem pesquisados e propostos no sentido de fazer com que resíduos se transformem em subprodutos e produtos para outras atividades.

Porém, controlar o problema da poluição química não é suficiente. Além da incorporação de conceitos de Ecologia Industrial e da integração entre indústrias, devemos eliminar a produção, o uso e o

descarte de substâncias tóxicas ao ambiente e conseqüentemente à saúde humana.

Atualmente, há reais possibilidades de se eliminar muitas destas substâncias, substituindo-as por alternativas não tóxicas. E, nos casos em que ainda não haja alternativas conhecidas e disponíveis devemos — governo, indústria e sociedade civil — promover planos de pesquisa e desenvolvimento de substâncias alternativas. É evidente também a responsabilidade da academia no sentido de comprometer-se com a formação de profissionais sensibilizados e com embasamento sobre questões ambientais, apropriados de conceitos como *Produção Mais Limpa*, *Química Verde*, e *Ecologia Industrial*, e preocupados com o desenvolvimento de substâncias químicas não tóxicas.

Referências

- ALMEIDA, Cecília Maria Vilas Bôas, GIANNETTI, Biagio Fernando. *A Indústria Química no contexto da Ecologia Industrial*. Revista de graduação de engenharia química. São Paulo, v.11, n.Jan-Jun, 2003, p.1-13.
- BUTCHER, John e COSTNER, Pat. *Substâncias Químicas Tóxicas na Poeira de Lares e de Ambientes de Trabalho no Brasil como um indicador de exposição química em residências e escritórios*. Greenpeace Brasil — Relatório, Junho 2004, 51 p.

Conclusões e sugestões

A efetiva aplicação do conceito de Ecologia Industrial pressupõe uma ampla rede de interligações entre diversos setores do processo industrial. A partir dos exemplos mencionados pode-se concluir que apesar de ocorrerem alguns trabalhos que apontam possíveis interligações, a sociedade e a indústria brasileira ainda têm um longo percurso a trilhar no sentido da plena incorporação e apropriação do conceito de Ecologia Industrial.

Portanto, é necessário que nossa sociedade incorpore a agenda proposta pelos autores deste *Caderno* para que a ecologia industrial possa ser mais um instrumento na construção do desenvolvimento sustentável no Brasil.

