

# A ecologia industrial dentro do contexto empresarial

O objetivo da ecologia industrial dentro de um contexto globalizado é estabelecer o total uso/reuso de reservas, para que o sistema não descarte nenhum resíduo, ou seja, que haja a emissão-zero

Biagio F. Giannetti, Cecilia M.V.B. Almeida e Silvia H. Bonilla

**H**oje é clara a percepção do poder da sociedade moderna em alterar o ambiente econômico, social e da natureza. As rápidas mudanças do último século resultaram em algumas surpresas desagradáveis, como o poder destrutivo e insustentável dos sistemas de produção e consumo. A relação humanidade/ambiente mudou radicalmente com a invenção das máquinas que multiplicaram a capacidade do homem de alterar o ambiente. A Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, e a utilização de combustíveis fósseis em larga escala trouxeram uma série de conseqüências, que podem ser descritas como o resultado de um processo de crescimento descontrolado capaz de, eventualmente, destruir a biosfera:

- efeito estufa;
- destruição da camada de ozônio;
- acidificação do solo e de águas superficiais;
- dissipação de substâncias tóxicas no ambiente;
- acúmulo de substâncias não-biodegradáveis no ambiente;
- acúmulo de lixo radioativo;
- diminuição da área de florestas tropicais e da biodiversidade, etc.

Desde o início da história da humanidade, os resíduos ou materiais excedentes de cada processo eram simplesmente descartados. O ambiente se encarregava de absorver os resíduos descartados pelo homem e a produção, por mais primitiva que fosse, era sempre constituída por um sistema aberto com fluxo linear de materiais. Lidar com resíduos provenientes da produção de bens e serviços era considerado antieconômico, pois havia espaço suficiente para descartar o pequeno volume de resíduos e não existia limitação para matérias-primas.

Com o aumento da população mundial, o descarte dos resíduos se tornou cada vez mais problemático e, atualmente, diversos setores da sociedade têm tomado consciência da pressão que o acúmulo de resíduos – além das substâncias tóxicas dissipadas no ambiente – pode exercer sobre o meio ambiente e, conseqüente-





mente, sobre a saúde e a qualidade de vida dos indivíduos.

As práticas de remediação e de tratamento mostraram-se insuficientes para lidar com o problema ambiental. Nas últimas décadas, conceitos foram desenvolvidos como resposta a pressões exercidas tanto pelo próprio meio ambiente como pela sociedade.

O meio tradicional de combate à poluição é o emprego de sistemas de final de tubo (end of pipe), ou seja, o tratamento de resíduos e efluentes. Nesse tipo de abordagem, o tratamento e o controle dos poluentes ocorrem depois que esses são gerados. Esse tipo de ação (comando e controle) traz implícita a idéia de que a quantidade de matéria-prima e de energia do planeta é ilimitada e que o ambiente apresenta capacidade também ilimitada de absorver resíduos, sejam eles tratados ou não (Figura 1).

Um segundo passo no controle de emissões e resíduos foi o Programa de Prevenção à Poluição, lançado pela Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA), dos Estados Unidos, visando reduzir a poluição por meio de es-

### Produção Mais Limpa e Desenvolvimento Sustentável

De 21 a 23 de novembro, na Universidade Paulista, no Campus Indianópolis, à Rua Dr. Baccelar, 1212, Vila Clementino, São Paulo, será realizado o 1st International Workshop: Advances in Cleaner Production, um fórum multi e interdisciplinar de troca de informações e resultados de pesquisa sobre tecnologias, conceitos e políticas baseadas em Produção Mais Limpa, projetadas para auxiliar a almejada mudança para uma sociedade sustentável. O Workshop está vinculado a vários eventos que abordam questões e experiências regionais e brasileiras, como a IV Semana Paulista de Produção Mais Limpa e a IV Conferência Paulista de Produção Mais Limpa.

Essas iniciativas visam encorajar a inovação industrial, a melhoria de produtos atuais, além da implementação de novos processos, produtos e serviços mais limpos. As iniciativas ambicionam estimular o desenvolvimento e a implementação de políticas governamentais e também programas educacionais orientados à Produção Mais Limpa e ao Desenvolvimento Sustentável. Produção Mais Limpa é um conceito que vai além do simples controle da poluição. Envolve pesquisa e desenvolvimento de novos processos, materiais e produtos que resultem em maior eficiência no uso de recursos e energia. Prevenção é a primeira abordagem dos governos e das corporações comprometidas com o desenvolvimento sustentável. Para isso é necessário assegurar estratégias ambientalmente amigáveis e economicamente robustas de produção e de serviços. Mais informações [www.advancesincleanerproduction.net/](http://www.advancesincleanerproduction.net/)

forços cooperativos entre indústrias e agências governamentais, com base na troca de informações e na oferta de incentivos. Quase ao mesmo tempo, em 1989, a expressão Produção Mais Limpa foi lançada pela United Nations Environment Program (Unep)

e pela Division of Technology, Industry and Environment (DTIE): “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental a processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência de produção e reduzir os riscos para o ser humano e o ambiente”.

A Produção Mais Limpa tem como objetivo melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das empresas enquanto protege o ambiente, o consumidor e o trabalhador. É um conceito de melhoria contínua que tem por consequência tornar o processo produtivo cada vez menos agressivo ao homem e o meio ambiente. O principal ponto desse conceito é a necessidade de desenvolver mais e mais os processos de produção, passo a passo, com a análise contínua do processo, melhorando e otimizando o processo antigo e/ou implementando total ou parcialmente novos processos. As práticas de Produção Mais Limpa consistem em otimizar processos isolados e em fazer com que materiais, como água e matérias-primas, circulem o máximo possível dentro do processo antes do descarte, resultando em melhor aproveitamento de matéria-prima e energia (Figura 2).

Outro conceito bastante utilizado atualmente é o da ecoeficiência, conceito utilizado pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) e fortemente associado ao impacto dos negócios no ambiente. Em termos simples, atinge-se

Figura 1 – Representação de uma empresa convencional em que tanto a capacidade de carga do ambiente como as quantidades de matéria-prima e de energia são consideradas ilimitadas

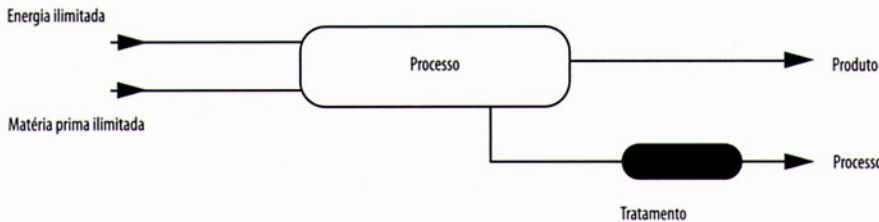
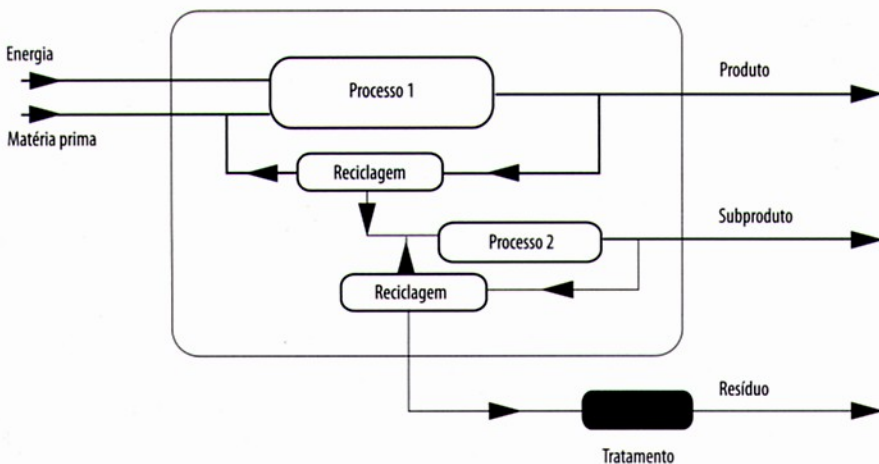
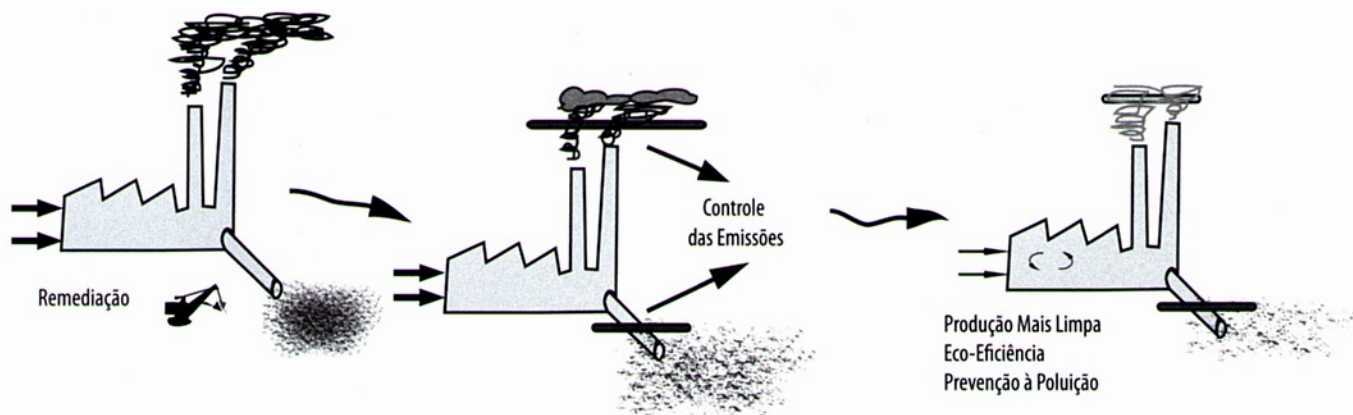


Figura 2 – Representação de uma empresa onde são aplicados conceitos de Produção Mais Limpa





**Figura 3 – Algumas respostas do sistema industrial aos problemas ambientais**



a ecoeficiência de “produzir mais com menos” pela eficiente utilização de reservas em processos econômicos.

O sistema industrial vem respondendo ao problema da poluição com soluções que vão desde o simples controle dos efluentes – passando por Programas de Prevenção à Poluição, Produção Mais Limpa e Ecoeficiência. A Figura 3 mostra de forma simplificada, as várias transformações pelas quais o modo de tratar materiais, energia e resíduos vem passando nas últimas décadas.

O enfoque preventivo mostrou que se pode obter benefício econômico e, ao mesmo tempo, minimizar a poluição e as práticas de Produção Mais Limpa, ecoeficiência e prevenção à poluição já se acham disseminadas por várias empresas.

### Ecologia industrial

A idéia de otimizar processos, categorizar todas as operações de uma indústria e acompanhar todos os passos de fabricação de um produto acaba, inevitavelmente, levando a um conhecimento profundo do sistema, permitindo, principalmente, o planejamento de ações de longo prazo. Por outro lado, esse conhecimento detalhado do sistema leva à análise das interações do produtor com outras empresas, sejam elas fornecedores, consumidores de subprodutos ou consumidores finais.

Nesse contexto, a analogia entre sistemas industriais e ecossistemas vem ganhando força e levando a considerações sobre as interações do sistema com o meio ambiente. A analogia com os ecossistemas permite um passo além: fechar os ciclos de materiais e energia com a formação de uma ecorrede (Figura 4) que imita os ciclos biológicos fechados. A ecologia industrial propõe, portanto, fechar os ciclos, considerando que o sistema industrial não apenas interage com o ambiente, mas que é parte dele e dele depende.

Nesse sentido, o sistema industrial será planejado e deverá operar como um sistema biológico dependente do sistema natural. Na ecologia industrial o objeto de estudo é a inter-relação entre empresas, entre seus produtos e processos em escala local, regional e global. Mas,

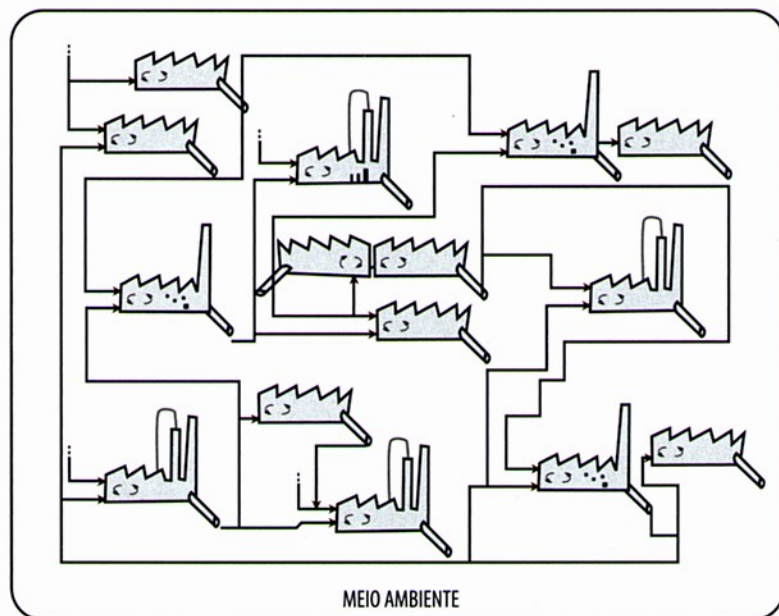
mais importante, é o estudo das interações entre os sistemas industrial e ecológico e, conseqüentemente, os efeitos ambientais que estas empresas causam tanto nos componentes bióticos como nos abióticos da ecosfera.

Sob a ótica da ecologia industrial, o sistema industrial pode ser descrito como:

- Um conjunto de elementos (empresas, fábricas onde são produzidos bens com suporte de serviços e informações);
- Um conjunto interligado a outros conjuntos pela transferência de material, serviços e informação;
- Um conjunto que interage com o ambiente físico e social em que está inserido.

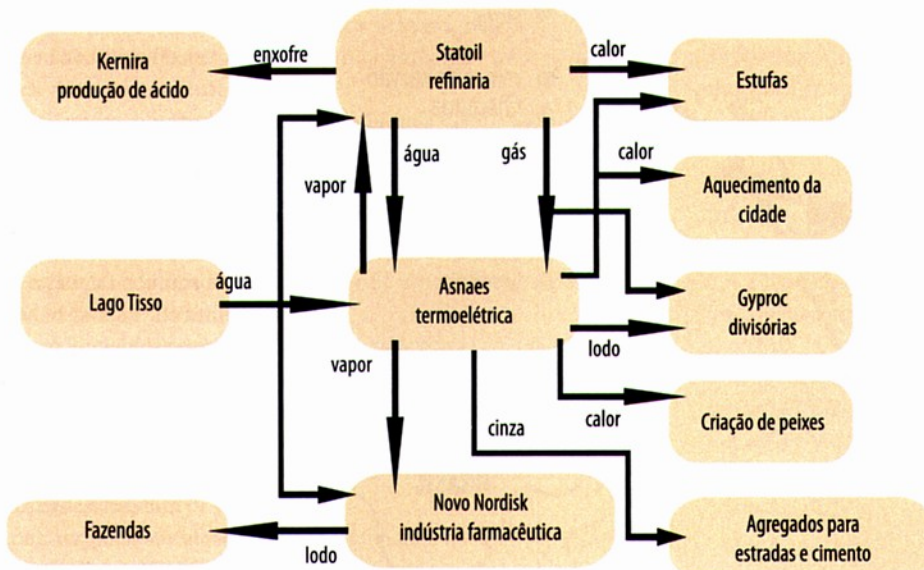
A observação do sistema como um todo permite visualizar as

**Figura 4 – Representação de uma ecorrede, mostrando a otimização dos fluxos de materiais/energia devido à formação da rede. Os fluxos de produto não estão representados, somente aqueles que caracterizam uma ecorrede**





**Figura 5 – A elevada integração do parque industrial de Kalundborg, na Dinamarca**



indústrias como um elemento do sistema e seu relacionamento com outros elementos dentro de um conjunto maior. Dessa forma, o sistema global, que é resultado de várias contribuições menores causará, como um todo, menor impacto ambiental do que aquele causado pela soma dos impactos das unidades individuais. O objetivo da ecologia industrial neste contexto é estabelecer o total uso/reuso de reservas, para que o sistema não descarte nenhum resíduo, ou seja, emissão-zero.

O exemplo clássico e mais conhecido da ecologia industrial é o parque industrial de Kalundborg, na Dinamarca. As empresas que compõem o parque são altamente integradas (Figura 5), utilizando resíduos umas das outras como fonte de energia e de matéria-prima.

Os participantes vão desde grandes empresas, como a Asnæs-værket e a Refinaria Statoil – as maiores do país. A Novo Nordisk é uma indústria de biotecnologia com 45% do mercado mundial de insulina e 50% do de enzimas. Já a Gyproc, fabricante de divisórias, é uma empresa de porte médio que emprega 175 trabalhadores. Além da interação entre empresas, o reaproveitamento de material e energia também favorece a sociedade local. O iodo gerado no tratamento de efluentes é utilizado como fertilizante pelas fazendas das vizinhanças e na criação de peixes; as cinzas geradas pela termoelétrica entram na pavimentação de estradas; e os fluxos de calor são utilizados para manutenção de estufas e para o aquecimento da cidade.

Como resultados mais significativos dessa cooperação, temos: redução do consumo de energia; redução das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de enxofre (SO<sub>2</sub>); redução do volume de efluentes líquidos; e reaproveita-

mento de resíduos tradicionais, como enxofre, cinzas e iodo. Entretanto, a contribuição mais importante de Kalundborg é a demonstração de que esse tipo de arranjo pode ser aplicado também a outros setores, com resultados igualmente benéficos, tanto para as empresas como para o ambiente.

No Brasil, há grandes oportunidades para a aplicação da ecologia industrial. Pode-se citar como exemplo a indústria de mineração que gera grande quantidade de resíduos. Na mineração do carvão, os resíduos são acumulados nas vizinhanças das minas, formando verdadeiras montanhas artificiais. Esse grande volume de resíduos ainda pode conter grande quantidade de enxofre e o dano ambiental deve-se, em grande parte, à drenagem ácida, já que os resíduos descartados continuam nocivos por centenas de anos, após o término da vida econômica da mina.

Outra fonte geradora de grande quantidade de resíduos é os curtumes, que utilizam cromo para transformar peles em couro. O couro curtido com cromo é utilizado na manufatura de produtos para vestuário, calçados, luvas, móveis, estofamentos de automóveis e vários outros produtos de uso pessoal. Os processos para manufatura do couro geram resíduos sólidos e líquidos que contêm sais de cromo. Estes, quando descartados – principalmente no solo e na água – constituem elemento de risco para o meio ambiente. A utilização de resíduos de mineração para tratar efluentes de curtume (Figura 7) pode atenuar a drenagem ácida por descarte de sulfetos minerais, enquanto auxilia na remoção do cromo de efluentes de curtume.

Essa proposta requer uma ação integrada do setor industrial em relação ao meio ambiente, ao contrário do que é feito atualmente,

**Figura 7 – O uso de resíduos de mineração no tratamento de efluentes de curtumes**

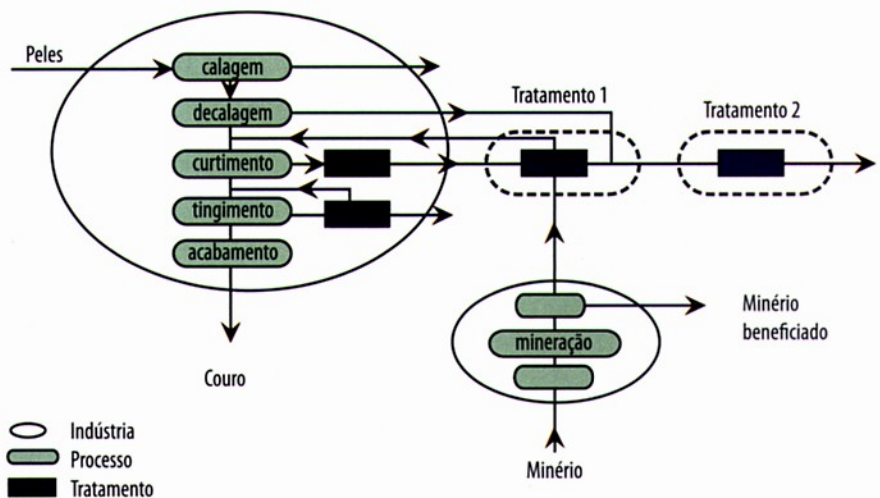
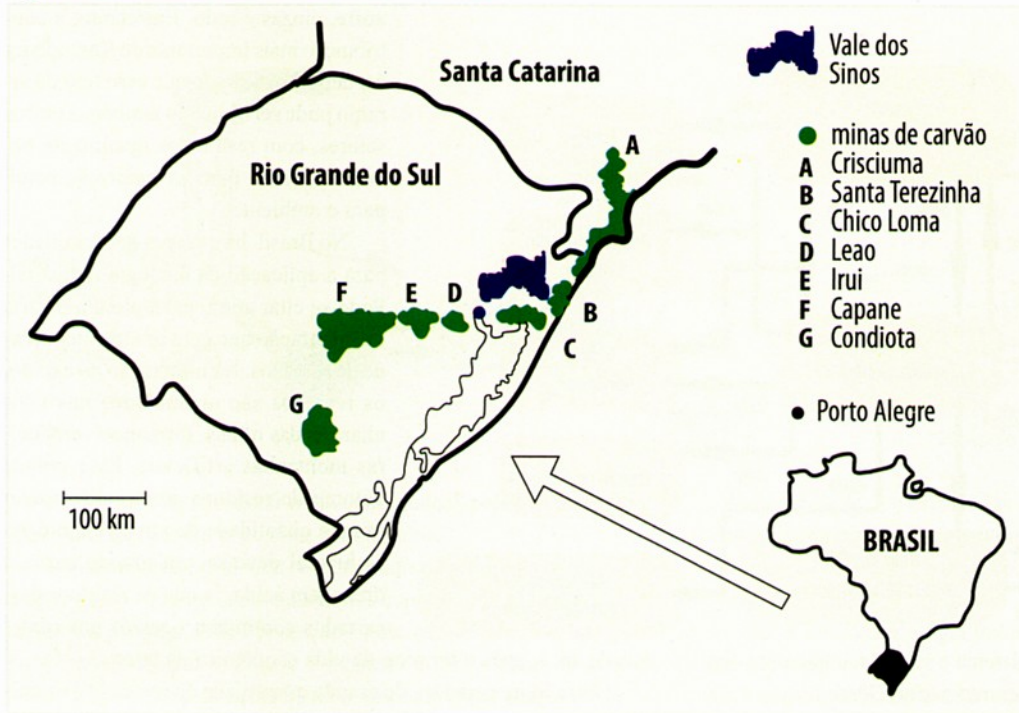




Figura 8 – Reservas de carvão no sul do Brasil



dos curtumes contribuiria, simultaneamente, para diminuir a drenagem ácida da mineração e para a remover o cromo dos efluentes dos curtumes.

O exemplo mineração/curtume é apenas uma de muitas alternativas. Na mesma região, o uso de resíduos da agricultura para tratar efluentes de curtumes também se mostra viável. Para isso, são necessários estudos com resíduos agrícolas locais. Leve-se em conta que o Rio Grande do Sul produz 45% de todo o arroz nacional e aproximadamente 130 milhões de metros cúbicos de madeira por ano. As combinações agricultura/curtume ou madeireiras/curtume constituem, também, possibilidades para a implemen-

tação da ecologia industrial na região. A interação entre empresas leva ao compartilhamento de despesas. Por exemplo, (a) a mineração, se isolada, arcaria com o custo da remoção e do combate à drenagem ácida; (b) a indústria de curtume arcaria totalmente com o custo de aquisição e transporte de insumos para retirada do cromo; (c) no caso da aplicação da ecologia indus-

com cada empresa procurando reduzir os efeitos danosos de processos de forma isolada. Uma condição favorável para esta aplicação de ecologia industrial é encontrada na região Sul do Brasil. As reservas de carvão brasileiras estão localizadas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (Figura 8). O Paraná também possui alguns depósitos carboníferos menores.

Por outro lado, aproximadamente 60% do couro processado no Brasil provém de várias manufaturas e curtumes com sede no Vale dos Sinos. Dessa forma, seria razoável propor que a cooperação mineração/curtume poderia resultar na implementação de uma ecotecnologia na fronteira entre esses dois setores industriais.

As duas atividades (mineração e curtume), desconectadas no momento, poderiam promover uma interação, que resultaria num primeiro passo para a implementação da ecologia industrial na região. A utilização dos resíduos da mineração para tratar efluentes

**ISO 14064 e 14065**

Dois normas internacionais foram desenvolvidas para normalizar os efeitos dos gases do efeito estufa (GEEs): a ISO 14064 e a ISO 14065. A primeira estabelece normas para quantificação, monitoramento e verificação/validação das suas emissões e a segunda trata dos requerimentos para organizações validadoras e verificadoras de seus projetos e inventários. A norma ISO 14064 objetiva estabelecer procedimentos para a redução dos GEEs, notadamente para: promover a consistência, transparência e credibilidade da quantificação, monitoramento, relatórios e verificação de GEEs; permitir a identificação e gerenciamento de responsabilidades, recursos e riscos relacionados com estes gases; facilitar o comércio de créditos de GEEs; e apoiar projetos, desenvolvimentos e implementações de programas de GEEs comparáveis e consistentes.

A ISO 14064 compreende três partes. A primeira, focada na especificação e orientação para a quantificação e a elaboração de inventários de emissões de GEEs por parte de instituições ou corporações; a segunda, no estabelecimento das regras para projetos, notadamente quanto à quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissão ou melhoria da remoção de GEEs; e, a terceira e última, na regulação dos aspectos de validação e certificação de projetos ou instituições.

**Ecologia Industrial**

Esta publicação, de autoria de Biagio F. Giannetti e Cecília M. V. B. Almeida sobre ecologia industrial enfatiza as soluções em vez de apresentar os problemas relacionados ao meio ambiente. Outra preocupação foi não dissociar a prática da teoria. Por esse motivo, freqüentemente são encontrados exemplos de aplicações dos conceitos apresentados e, quando possível, relacionados exemplos brasileiros. <http://www.blucher.com.br/livros.asp?Codlivro=03705#Conteudo>





trial, ambas dividiriam parte dos custos envolvidos em (a) e (b).

Como benefício ambiental, temos a redução de resíduos e de poluentes. Pode-se considerar que o benefício mais importante é a diminuição da demanda por recursos naturais, pela reutilização de resíduos. Esses benefícios estariam contribuindo para se atingir o desenvolvimento sustentável.

Uma grande inovação da ecologia industrial é introduzir, por meio da visão holística do sistema, o conceito de cooperação entre empresas de diversos setores. Essa cooperação implica na participação de várias áreas do conhecimento. Essa análise não se limita à empresa, ou a um determinado setor, mas a uma rede de empresas localizadas em uma determinada região e para as quais um espaço físico pode ser delimitado.

A ecologia industrial é um novo conceito que surge para lidar com os problemas ambientais. Com base numa analogia que associa sistemas industriais com ecossistemas, ela considera que todos os resíduos/materiais devem ser continuamente reciclados dentro do sistema e, somente a energia solar ilimitada seria utilizada de forma dissipativa.

A utilização da analogia traz à tona uma questão sobre o papel do ser humano na Terra, ou seja, seu posicionamento perante a natureza. Juntamente com a capacidade de conceituar/verbalizar e de modificar/controlar/dominar o ambiente, a habilidade de desenvolver tecnologias gerou a sensação de que a existência humana é “ex-

cepcional”, podendo ser considerada à parte da natureza. Pela analogia do sistema industrial com os ecossistemas, a ecologia industrial resgata a idéia de que a antroposfera é parte da biosfera e que somente pode existir em equilíbrio dinâmico com as outras partes do sistema, a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera. Os seus princípios fornecem uma base para o desenvolvimento de um sistema industrial que vise a sustentabilidade ambiental. □

#### BIBLIOGRAFIA

Para saber mais:

B.F. Giannetti e C.M.V.B. de Almeida, “Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações”, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2006.

B.R. Allenby, “Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation”, Prentice Hall, Nova Jersey, 1999.

E.A. Lowe, J.L. Warren e S.R. Moran, “Discovering Industrial Ecology: An Executive Briefing and Sourcebook”. Batelle Press, Columbus, 1997.

Biagio F. Giannetti, Cecília M.V.B. Almeida e Sílvia H. Bonilla são da Universidade Paulista, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, na Linha de Pesquisa em Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial — biatgian@unip.br

## SOLUÇÕES ECOLÓGICAMENTE CORRETAS PARA SUA EMPRESA



- Aquecimento solar, água quente para banho e para produção, da maneira mais econômica.
- Reciclagem de água, trata e recicla efluentes de indústria
- Lavadora de peças

Revenda autorizada



Tel.: (11) 48124487 • farias@munodoazul.net  
www.munodoazulpiscinas.com.br



munodo azul