



Revista Design em Foco

ISSN: 1807-3778

designemfoco@uneb.br

Universidade do Estado da Bahia

Brasil

Teixeira, Marcelo Geraldo; César, Sandro Fábio

Ecologia industrial e eco-design: requisitos para a determinação de materiais ecologicamente corretos

Revista Design em Foco, vol. II, núm. 1, janeiro-junho, 2005, pp. 51-60

Universidade do Estado da Bahia

Bahia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66120105>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Sobre os autores:**Marcelo Geraldo Teixeira**

Mestre em Tecnologias Limpas e Gerenciamento Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Especialista em Design de Produto pela Universidade do Estado da Bahia (UNEBA) e em Computação Gráfica pela Universidade Salvador (Unifacs). Designer industrial formado pela Universidade do Estado da Bahia (UNEBA).

Sandro Fábio César

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Arquitetura pela Universidade de São Paulo (USP). Especialista em Comunicação Visual na Arquitetura e em Biodeterioração e Preservação de Madeiras pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Graduação em Arquitetura e Urbanismo (UEL). Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas da Universidade Federal da Bahia (UFBA-TECLIM).

Ecologia industrial e eco-design: requisitos para a determinação de materiais ecologicamente corretos

Industrial ecology and eco-design: requirements to determine ecologically correct materials

Resumo

Este artigo busca informar sobre as teorias da Ecologia Industrial, estratégia que busca a preservação do meio ambiente pela circulação de recursos e pela baixa interferência industrial nos meios naturais. Usa para isso os conceitos de eco-eficiência, circulação de matérias primas e também requisitos do Eco-Design, para a determinação de materiais de fabricação. Discute ainda, sobre reciclagem e biodegradação de materiais de pós-produção e de pós-consumo e exemplifica com o problema dos plásticos.

Abstract

This article aims in inform on theories of Industrial Ecology, a strategy that searches for an environmental preservation throughout the cycling of matters together with a low industrial interference in natural resources. It uses concepts of eco-efficiency, Life Cycle of Matters and Eco-Design requirements in order to determine materials for production. The article also discusses recycling and biodegradation of matters from post-production and post-consumption, taking as example the problem regarded to plastics.

Palavras-chave

Ecologia Industrial, Eco-Design, Materiais Ecológicos.

Keywords

Industrial Ecology, Eco-Design, Ecological Materials.

1. Introdução

Nos dias atuais, o assunto de preservação ambiental está se tornando de extrema importância. Grandes problemas tais como a destruição de reservas naturais, aquecimento global ou grandes questões sociais nos mostram o quanto a humanidade está fragilizada frente a estes fatos. A crescente necessidade de preservação ambiental tem levado ao uso de tecnologias que utilizam os recursos naturais de maneira mais econômica e menos destruidora, ao tempo em que, buscam-se soluções para a diminuição, ou mesmo eliminação de resíduos industriais. Assim, o foco na elaboração de produtos e serviços ecologicamente corretos e sustentáveis está se ampliando, assim como novas abordagens teóricas surgem para fundamentar corretamente essas tendências. Entre essas se destaca a Ecologia Industrial, cujos conceitos explicam a importância da aplicação de materiais e produtos ecológicos como meio de prevenção da poluição.

Este artigo descreve os fundamentos teóricos da Ecologia Industrial e alguns de seus conceitos que buscam metas de prevenção da

poluição, conservação do meio ambiente e melhoria dos problemas sociais e econômicos a eles relacionados.

2. O modelo atual de produção e consumo

Uma das principais causas da poluição e da degradação do meio ambiente vem do modelo atual de produção e consumo. Este se baseia na idéia de que o meio ambiente é um fornecedor de energia e recursos abundantes ou mesmo ilimitados, assim como é visto, também, como um receptor ilimitado de resíduos (MANAHAN, 1999). A Figura 1 representa o sistema aberto, onde se explora os recursos da natureza de maneira pouco eficiente, ao mesmo tempo em que se repõe no meio ambiente, resíduos e agentes poluentes.

Figura 1 – Modelo atual de produção e consumo e sua relação com o meio ambiente (TEIXEIRA, 2005 - adaptado de TIBBS, 1992).



Esse modelo, que entende a geração de resíduos como fato inevitável, inerente ao processo produtivo e ao consumo, procura ao mesmo tempo remediar tais problemas através de ações e tecnologias de controle da poluição. Essas tecnologias, no entanto, não a evitam, pois atuam depois da sua geração. São, portanto, conhecidas como Tecnologias Fim-de-Tubo, chamadas assim por assumirem como inevitável a geração de resíduos, para depois buscar um destino ambientalmente seguro; seu propósito é remediar os prejuízos ambientais do atual sistema produtivo. Tais tecnologias, no entanto, não são eficientes tanto quanto necessárias; o simples fato de agir depois da geração de resíduos implica em grandes esforços financeiros e soluções pouco eficientes de remediação. O tratamento destes resíduos absorve novos recursos e energia, gerando novos resíduos que também precisam de tratamento. Quando há falhas, há também contaminação crônica ou aguda, resultando em desastres ambientais. Além disso, com o aumento do consumo, há o aumento de resíduo o que pressiona as tecnologias Fim-de-Tubo aos seus limites de operação (TEIXEIRA, 2005).

3. Ecologia Industrial

O conceito tradicional de ecologia a define como a ciência que estuda as relações entre os seres vivos e o meio ambiente em que vivem. Num ambiente em equilíbrio, cuja relação é uma seqüência de seres vivos, uns se alimentando dos outros sucessivamente num ciclo fechado, não há resíduos. A Figura 2 mostra essa relação entre os componentes de um ecossistema: a terra e o sol fornecem insumos

Figura 2 – Modelo natural de produção e consumo em ciclo fechado de nutrientes (TEIXEIRA, 2005).



inorgânicos e energia, as plantas ou produtores transformam estes insumos em nutrientes orgânicos que irão prover toda a cadeia alimentar entre herbívoros e carnívoros; os restos, excrementos e despojos são reciclados pelos decompositores, não havendo, assim, lixo nem degradação do meio ambiente.

É exatamente esse modelo natural de produção e reaproveitamento de recursos, que serve de base conceitual para a Ecologia Industrial. Neste modelo, a preservação do meio ambiente, depende da menor interferência possível, ou seja, retirar o mínimo possível de recursos naturais e repor o mínimo ou mesmo nenhum resíduo. Para tanto, deve-se elevar ao máximo das possibilidades, o uso dos recursos materiais e energéticos disponíveis dentro dos ciclos de produção e consumo. Para tal, a Ecologia Industrial usa dos conceitos da eco-eficiência e da circulação de recursos para atingir um equilíbrio de massa e de energia nos meios produtivos e de consumo, capazes de atingir as metas de redução da demanda por recursos naturais e também, da redução de resíduos. Kiperstok explica que:

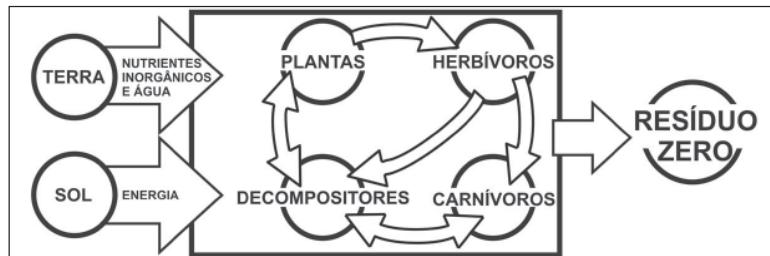
[...] os caminhos para a não geração de resíduos são vários: devemos repensar as matérias primas que utilizamos e rever os processos de fabricação, discutindo porque estes geram perdas de material e energia, e considerando se algumas dessas perdas, devidamente processadas, não seriam insumos para outros processos [...] Todas essas ações resultariam na Preservação da Poluição [...] (KIPERSTOK, 2002, p. 34).

O menos é mais. Assim pode ser entendido o conceito de eco-eficiência, caminho para se produzir mais, melhor, com menor consumo de materiais, principalmente os naturais, água e energia. O ICME - *International Council on Metals and the Environment* (2001) define eco-eficiência como a maximização dos benefícios econômicos e ambientais enquanto reduz os custos tanto econômicos quanto ambientais simultaneamente. A Ecologia Industrial atinge esse conceito a partir de outro conceito, o da circulação de recursos materiais e energéticos. Tudo parte da idéia do uso de matérias primas e energia em ciclos fechados entre indústrias, assim como se compatibiliza com a natureza quando não for possível a eliminação de resíduos, possibilitando aos meios naturais o processamento de tais resíduos. Segundo Kiperstok e Marinho:

[...] A lógica de processamento interno de materiais e energia, com a recuperação de valores incorporados a elementos que seriam rejeitos de alguns processos, por sua utilização como alimentação de outros, é que leva à associação com a ecologia. O modelo ideal de referência seriam os sistemas naturais, fechados, nos quais não cabem os conceitos de resíduos e matéria prima. Não sendo possível repeti-los, procurar-se-ia aproximar-se deles o mais possível, reduzindo as pressões externas [...] (KIPERSTOK e MARINHO, 2001, p. 272).

O conceito de circulação de recursos é ilustrado na Figura 3. Desta maneira, segundo a Ecologia Industrial, o que é considerado resíduo em um processo produtivo é aproveitado como insumo em outro processo, formando, assim, um circuito fechado de aproveitamento de insumos e fazendo com que a quantidade de matéria que transita

Figura 3 – Conceito da circulação de recursos materiais e sua relação com o meio ambiente (TEIXEIRA, 2005).



4. Eco-design e o ciclo de vida material de produtos

O Eco-design é usado pela Ecologia Industrial como ferramenta para operacionalizar as matérias primas, com as quais são construídos os produtos e demais bens de consumo no ciclo fechado de material. O Eco-Design, conhecido também como DfE (**Design for Environment** ou Projeto para o Ambiente), é uma especialização do design que leva em consideração requisitos ambientais em todo ciclo de vida dos produtos além dos requisitos tradicionais como os requisitos ergonômicos, por exemplo. Assim o projeto orientado ao ambiente deve permitir produtos que devem poluir menos, usar menos recursos naturais, menos energia, e ainda devem ser de fácil aquisição, buscando respeitar culturas locais. Tais produtos devem manter estas características em todo seu ciclo de vida, desde o momento em que é obtida a matéria prima de fabricação até seu descarte final.

Um projeto de Design que leva em conta o ciclo de vida de produtos em uma análise mais completa, que envolve todas as etapas de produção, iniciando pelo projeto à produção propriamente dita; incluindo fatores que não estão ligados diretamente no processo produtivo como o transporte, armazenagem e terminando no uso, reuso, reciclagem e descarte deste produto; análise de todo o conjunto de acontecimentos e toda a infra-estrutura associada que determina um produto, tem-se o conceito de **Life Design Cycle** (projeto do ciclo de vida), ou seja, a inclusão no design do produto, o projeto do seu ciclo de vida, adequando-o aos aspectos ambientais todo o seu ciclo de vida desde seu berço ao túmulo, já que

[...] o objetivo do **Life Cycle Design** é de reduzir a carga ambiental associada a todo o ciclo de vida de um produto. Em outras palavras, a intenção é criar uma idéia sistêmica de produto, em que inputs de materiais e de energia bem como o impacto de todas as emissões e refugos sejam reduzidos ao mínimo possível, seja em termos quantitativos ou qualitativos, ponderando assim a nocividades de seus efeitos (MANZINI, 2002, p. 99).

A importância da escolha de materiais para fabricação de produtos que atendam tais metas torna-se, então muito importante. A idéia é que tais materiais sejam eco-eficientes em todo o ciclo de vida de um produto (MANZINI, 2002), se caracterizando por ter impacto mínimo no ambiente e maximizar seu desempenho quanto aos requisitos de design (FUAD-LUKE, 2002). Abaixo se lista os

requisitos ambientais sugeridos pelo Eco-Design para determinação de materiais eco-eficientes referenciando os seguintes autores: Ramos e Sell (2002); Manzini (2002); Kiperstok (2002); Fuad-Luke (2002):

- Usar materiais abundantes e sem restrição de uso
- Reduzir energia na fabricação
- Usar materiais reciclados e recicláveis;
- Usar materiais abundantes e compatíveis entre si;
- Usar materiais que provenham de refugos de processos produtivos;
- Evitar material que produza emissões, resíduos ou efluentes tóxicos;
- Usar tecnologias e processos produtivos de baixo impacto e eco-eficientes
- Agregar valor estético aos materiais reciclados
- Possibilitar o uso como matéria prima para outros processos produtivos

Um material deixa de ser resíduo, pela sua valorização como matéria-prima para a obtenção de novos produtos. Neste caso, o resíduo passa a ser tratado como subproduto do processo produtivo (VALLE, 1995 apud SAVASTRANO Jr, 2000). Do ponto de vista do produtor, esta pode ser uma excelente oportunidade de negócio, pois estará produzindo produtos a custos muito mais baixos, já que estará utilizando como matéria prima algo que era visto como material descartável.

Os materiais podem ser ecoeficientes se reincorporados aos processos industriais ou retornando aos processos naturais no momento do descarte final, concordando com Barbosa e Tramontano (2004). Assim, um material eco-eficiente encaixa-se no conceito da circulação de recursos e do ciclo de vida, principalmente se este material for subproduto de um processo produtivo que se torna matéria prima para outro processo.

Pode-se classificar os materiais tanto quanto a disponibilidade na natureza; quanto à possibilidade de sua reintegração destes materiais nos processos produtivos e nos processos naturais. A Tabela 1 mostra esta classificação e fornece os respectivos exemplos.

Tabela 1 – Classificação dos materiais quanto a possibilidade de reintegração.

ORIGEM / DESTINO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
MATERIAL ÚNICO OU UNIFORME	Materiais puros, sem misturas com outros materiais, que permitem fácil recuperação e reciclagem;	Alumínio, vidro, PET, aço;
MATERIAL RESIDUAL	Originários de resíduos industriais e de pós-uso dos consumidores;	Papel, plásticos metal, madeira;
MATERIAL ATÓXICO OU NÃO PERIGOSO	Que não são capazes de promover perda de saúde aos seres vivos;	Papel, plásticos, aço inox;
MATERIAL BIODEGRADÁVEL	São degradados por agentes biológicos e facilmente reintegrados à natureza;	Materiais de origem vegetal e animal
MATERIAL RECICLÁVEL	São processados para um novo ciclo produtivo diferente do original;	Materiais, vidro, madeira;
MATERIAL RECUPERADO	São processados para um novo ciclo produtivo igual ao original;	PET, vidro, alumínio, aço;
MATERIAL ABUNDANTE	Usados em grande quantidade devido a grande disponibilidade;	Minerais e vegetais
MATERIAL RENOVÁVEL	São sempre disponíveis porque são sintetizados por processos naturais;	Materiais vegetais e animais (ex. couro)
MATERIAL DE FONTES SUSTENTÁVEIS	Gerados a partir de gerenciamento eco-eficiente	Madeira de floresta plantada;

5. Materiais recicláveis *versus* materiais biodegradáveis na visão da Ecologia Industrial

O discurso por materiais ecologicamente corretos passa pela idéia, hoje cada vez mais disseminada de que, para ser eco-eficiente as matérias primas devem ser biodegradáveis. A biodegradação pode ser entendida como a propriedade de um material perder massa pela ação de agentes biológicos tais como fungos e insetos, que digerem e transformam a massa em outros componentes orgânicos que são reintegrados na natureza. Apesar da bibliografia estudada considerar a propriedade de biodegradação como compatível com o meio ambiente, como mostram Forlin e Farias (2002), Ozaki (2004), Barbosa e Tramontano (2004), deve-se considerar que, primeiramente o fato de ser biodegradável não torna um material completamente eco-eficiente, já que tal característica não garante a redução de resíduos, que é uma das metas propostas pela Ecologia Industrial. Além disso, a compreensão equivocada da biodegradação pode promover a cultura do descartável, que também colide com os princípios da Ecologia Industrial.

Assim, os produtos gerados por essa tecnologia, ao serem descartados, poderão aumentar o volume do lixo orgânico disposto sem controle no ambiente favorecendo o aparecimento de agentes patogênicos. Visto que há um limite prático na velocidade de reintegração natural, essa prática possibilita impactos ambientais negativos, como pode ser visto nos lixões e aterros sanitários, locais onde grande parte da massa de resíduos ali depositados são de biodegradáveis.

Além disso, do ponto de vista da Ecologia Industrial, o fato de ser biodegradável significa a perda de material para o meio-ambiente, quebrando o ciclo de reaproveitamento de material. O SPMP - *Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques* (2004), considera a biodegradação de plásticos como “desperdício de um material nobre”, impossibilitando a recuperação de insumos pela cadeia produtiva, levando assim, ao consumo de novos insumos virgens, apesar da sua aplicação ser interessante em produtos putrescíveis, tal como fraldas descartáveis ou produtos higiênicos, “locais onde a aplicação é justificada e necessária” (SPMP - 2004).

Portanto, pode-se considerar como uma possibilidade menos eco-eficiente que a circulação de recursos o aproveitamento energético pela proposta de incineração do material ou de uso destes na forma de adubo, considerando a capacidade de biodegradação ou compostagem, pois em processos tais ocorre a quebra dos ciclos fechados e perda de material, além de não garantir a redução da produção de resíduos.

A possibilidade de recuperação ou de reciclagem de matéria prima pós-industrial ou pós-consumo é, então, uma maneira mais eco-eficiente, segundo os conceitos da Ecologia Industrial, de garantir o ciclo fechado de uso de insumos proposto pelo conceito da circulação de recursos. Assim, melhor que ser biodegradável, é ser capaz de possibilitar a recuperação ou reciclagem de matéria prima. De maneira prática pode-se organizar as estratégias de reintegração de

produtos e de materiais da seguinte forma em ordem de eco-eficiência (TEIXEIRA, 2005):

- 1º **Reuso:** Estratégia que visa o reuso de produtos que foram descartados. Prevê produtos que possam ser recuperados, consertados, atualizados, revendidos e reusados. Conta para isso com a durabilidade: física, funcional, utilitária e estética, além do seu valor de mercado. Depende de uma logística reversa que permita sua devolução para o setor de recondicionamento (LEITE, 2003) e de revenda. Prevê o reuso na função original do produto ou em outras funções.
- 2º **Remanufatura:** Estratégia para recuperação das peças de produtos que não podem mais ser reusados. Prevê produtos que possam ser desmontados, ter peças de fácil identificação, separação, limpeza e reparação, para permitir o aproveitamento de peças em outros produtos na mesma função ou em funções diferentes da original. Conta para isso a possibilidade de desmontagem, modularidade, montagem.
- 3º **Recuperação:** ou Reciclagem Química. Estratégia que busca o retorno das matérias primas descartadas depois da produção ou depois do uso pelos consumidores finais. Neste caso, estes materiais são purificados para atingir a mesma qualidade do material virgem, permitindo que sejam usados nos mesmos processos produtivos originais. Tal estratégia permite aproveitamento total de matérias primas de grande consumo tal como o vidro, o PET, o aço, o alumínio.
- 4º **Reciclagem:** ou Reciclagem Mecânica. Estratégia que prevê a reutilização da matéria prima oriunda tanto de processos industriais considerada como resíduo (reciclagem pré-consumo ou pós-industrial), quanto àquela contida nos produtos finalizados e considerados no fim da vida útil, não sendo mais possível o seu reuso nem sua remanufatura (reciclagem pós-consumo). O material reciclado é então usado em processos e em produtos diferentes dos usados nos processos iniciais, já que há a possibilidade de perda de características que dificultam a reintegração destes materiais nestes processos iniciais.
- 5º **Recuperação energética:** Estratégia que busca o uso das matérias primas descartadas como combustível e assim recuperar a energia contida nestes materiais. Prevê a transformação em energia por processos de queima, termoquímico ou bioquímico, gerando calor, gás metano, energia elétrica ou fertilizantes. Para tal, se prevê produtos construídos com materiais não tóxicos, biodegradáveis, compostáveis (com a possibilidade do uso do composto orgânico como fertilizantes ou adubos) e energéticos, assim como também prevê projetos de fácil desmontagem. Deve-se atentar que em alguns destes processos há a possibilidade de emissão de gases e vapores nocivos ao meio ambiente.
- 6º **Biodegradação:** Estratégia que prevê a reintegração ao meio natural tanto do produto quanto do material de fabricação no final de sua vida útil. Portanto, é imperativa a característica de ser não poluente e não tóxico, biodegradáveis ou putrescíveis, assim como deve ter **volume mínimo**.

6. O exemplo dos plásticos

Do ponto de vista ambiental os plásticos são vistos geralmente como vilões (OLIVEIRA e CASTRO 2002) pois, segundo Barbosa e Tramontano (2004), a baixa durabilidade do uso, que incentiva o descarte e o lixo, leva o plástico a uma categoria não ecológica. Os resíduos de plástico são classificados pela NBR 10004 como Classe 2 ou 3, não tóxico. São “considerados substratos inertes, com índices de decomposição variáveis (quase desprezíveis) por elementos ambientais, como luz, umidade, calor e microrganismos” (FORLIN e FARIA 2002).

A maioria das resinas não é biodegradável ou não é reaproveitada, interferindo por muito tempo no meio ambiente pelo volume que se apresenta, deteriorando o aspecto de paisagens naturais, além de ser consideradas um dos principais agentes na ocupação de espaço em lixões e aterros sanitários. No entanto, as pesquisas atuais os vêem como uma alternativa de material eco-eficiente, pois tendo esses materiais a capacidade de poder sofrer processos de recuperação e de reciclagem, ou mesmo serem usados como combustíveis, isso os faz completamente eco-eficientes se associados com políticas e tecnologias que permitam tais processos. Segundo Ambientebrasil (2004), o uso de plástico reciclado economiza 70% de energia, durante quase a totalidade do seu ciclo de vida. O reaproveitamento pode ser também na forma de combustível (recuperação energética) como propõe Gorni (2004) mas, neste caso, há perda de matéria prima, quebrando o ciclo de circulação de material proposto pela Ecologia Industrial. Outras formas de reaproveitamento são a recuperação e a reciclagem.

7. Conclusão

A Ecologia Industrial está sendo considerada como uma das melhores alternativas para compatibilizar tanto os setores industriais, quanto o uso por consumidores finais aos processos naturais. Busca-se dar oportunidade à natureza para poder se recuperar dos abusos do consumo humano e também para o ser humano de melhorar sua relação com o meio ambiente sem deixar de ter lucro. O Eco-design sugere requisitos de projeto e escolha dos materiais que permitem operacionalizar a circulação de recursos materiais e assim reduzir tanto a demanda por recursos naturais como também a geração de resíduos, evitando impactos ambientais negativos. Adotando tais requisitos no projeto de produtos, o designer estará contribuindo para a construção de um futuro melhor, no qual a produção e consumo serão limitados pela capacidade do meio ambiente de fornecimento de recursos e absorção de resíduos, quando o uso sustentável dos recursos conduzirá a realização das necessidades humanas.

8. Referências

AMBIENTEBRASIL. **Reciclagem**. Disponível na internet: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acessado em outubro de 2004.

BARBOSA, Lara Leite. TRAMONTANO Marcelo. Responsabilidade social e ambiental como critérios para escolha de materiais construtivos. In **IV Workshop Brasileiro: Gestão do Processo de**

Projeto na Construção de Edifícios. UFRJ, Rio de Janeiro 2004. Disponível na internet: <<http://www.eesc.sc.usp.br/sap/projetar/files/A025.pdf>>. Acessado em dezembro de 2004.

FORLIN, Flávio J; FARIA, José de Assis F. **Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas.** 2002, Disponível na internet: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282002000100006&lng=en&nrm=iso>. Acessado em dezembro de 2004.

FUAD-LUKE, Alastair. **Manual de diseño ecológico. Um catálogo completo de mobiliario y objetos para la casa y la oficina.** Palma de Mallorca: Editorial Cartago, 2002.

GORNI, Antonio Augusto. Aproveitamento de Plástico Pós-consumo na forma de combustível para alto-fornos e coqueiras. In **Plastshow 2004**, São Paulo. 2004. Disponível na internet: <http://www.gorni.eng.br/plastshow2004_gorni.pdf>. Acessado em dezembro de 2004.

ICME. International Council on Metals and the Environment. Eco-efficiency and Materials: Foundation Paper. In **By Five Winds International 2001**. Disponível na internet: <<http://www.icme.com>>. Acessado em janeiro de 2004.

KIPERSTOK, Asher et al. **Prevenção da Poluição.** Brasília: SENAI/DN, 2002.

KIPERSTOK, Asher; MARINHO Maerbal. Ecologia Industrial e Prevenção da Poluição: Uma Contribuição Ao Debate Regional. In **Bahia Análise & Dados, SEI, V.10, n°4, p271-279**. Março, 2001. Disponível na internet: <<http://www.teclim.ufba.br>>. Acessado em junho 2003.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa, Meio Ambiente e Competitividade.** São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MANAHAN, Stanley E. **Industrial Ecology, Environmental Chemistry and Hazardous Waste.** New York: Lewis Publishers, 1999.

MANZINI, Ezio. **Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. Os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Edusp, 2002.

OLIVEIRA, Thaís Mayra de; CASTRO, Protasio Ferreira e. Aproveitamento de Rejeito Plástico como Agregado em Concreto Asfáltico. In **Anais do V Congresso de Engenharia Civil**. Juiz de Fora, 2002. Disponível na internet: <<http://www.infohab.org.br>>. Acessado em dezembro de 2004.

OZAKI, Salete K. **Compósitos Biodegradáveis de Resíduos de Madeira-PVA Modificado por Anidrido Ftálico.** Tese de Doutorado. USP/EESC, São Carlos, 2004.

RAMOS, Jaime; SELL, Ingeborg. Estratégias para redução de impactos ambientais através do Design. In **Anais do 1º Congresso Internacional de Pesquisa em Design e 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design.** Brasília, UnB, 2002.

SAVASTANO Jr, Holmer. ***Materiais a base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo.*** Tese de Livre Docência. USP - Escola Politécnica, 2000.

SPMP - Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques. ***Plásticos biodegradáveis: por que fazê-los?*** França. Disponível na internet: <<http://www.plastivida.org.br>>. Acessado em dezembro de 2004.

TEIXEIRA, Marcelo Geraldo. ***Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira.*** Dissertação de mestrado. UFBA- Escola Politécnica. Salvador, 2005.

TIBBS, Hardin B. C. ***Industrial Ecology: An Environmental Agenda for Industry.*** Smar Communites Networks. 1992. Disponível na internet: <<http://www.sustainable.doe.gov/articles/indecol.shtml>>. Capturado em outubro de 2003.