

A Ecologia Industrial na Construção Civil: um estudo exploratório em uma Área de Proteção Ambiental

Autoria: Maria de Fátima Barbosa Góes, Rosana Muñoz, Manoel Duarte Neto

RESUMO

Durante muito tempo os recursos naturais foram utilizados como se fossem inesgotáveis. Atualmente, observa-se que os recursos são escassos e que as indústrias geram impactos ambientais irreversíveis. Sendo assim, torna-se imperativa uma mudança de concepção em relação ao meio ambiente. Diversos autores (Graedel, 1994; Ehrenfeld, 1997; Erkman, 1997; Kiperstok & Marinho, 2001; Ramos, 2001) têm proposto o modelo da Ecologia Industrial para orientar as indústrias na minimização dos seus impactos ambientais, criando condições favoráveis ao desenvolvimento sustentável.

Visando conhecer o que as empresas da indústria da construção civil vêm fazendo para reduzir o impacto ambiental de suas obras, este trabalho busca identificar as estratégias de Ecologia Industrial, baseadas em Ramos (2001) e Gertsakis *et al.* (1997), utilizadas por uma construtora através de um estudo de caso exploratório em um empreendimento – o Residencial Praia do Forte.

Observou-se que as estratégias utilizadas nesse empreendimento decorreram, mais do que de uma conscientização ambiental, da necessidade de atender a mecanismos normativos, pelo fato do mesmo estar localizado em uma Área de Proteção Ambiental.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, a visão de progresso vem se confundindo com um crescente domínio e transformação da natureza. Nesse modelo, os recursos naturais são utilizados como se fossem ilimitados. Resíduos gerados durante a produção e ao final da vida útil dos produtos são depositados em aterros, caracterizando um modelo linear de produção.

O primeiro alerta dos limites desse modelo foi a poluição do ar e da água, que levou à geração do conceito de controle ambiental, com o estabelecimento de rígida legislação limitando a liberação de poluentes e com a criação de Agências Ambientais.

Em decorrência da percepção sobre a incapacidade desse modelo de desenvolvimento e de preservação ambiental se perpetuar e até mesmo garantir a sobrevivência da espécie humana surge a visão de desenvolvimento sustentável.

A preservação da natureza exigirá uma revisão mais ampla dos processos produtivos e do consumo. Isso implica em uma reformulação radical do conceito de impacto ambiental das atividades humanas, que passa também a incorporar todos os rebatimentos das atividades de produção e de consumo, desde a extração da matéria-prima, os processos industriais, o transporte e o destino dos resíduos de produção e também o do produto após a sua utilização.

A preocupação com o meio ambiente perpassa todos os setores da economia e o consciente coletivo da sociedade. Assim sendo, diversos teóricos (Graedel, 1994; Ehrenfeld, 1997; Erkman, 1997; Kiperstok & Marinho, 2001; Ramos, 2001) têm desenvolvido abordagens que visam a redução do impacto ambiental, entre as quais destacam-se a Produção Mais Limpa e a Ecologia Industrial.

A Ecologia Industrial, assim como a Produção Mais Limpa, visa prevenir a poluição, reduzindo a demanda por matérias-primas, água e energia e a liberação de resíduos para a natureza. Enfatiza a integração de processos ou indústrias, de forma que resíduos ou subprodutos de um processo possam servir de matérias-primas de outro. Difere, nesse ponto, da Produção Mais Limpa, que prioriza os esforços dentro de cada processo, isoladamente,

colocando a reciclagem externa entre as últimas opções a considerar (Kiperstok & Marinho, 2001).

Em termos gerais, a idéia da Ecologia Industrial é definir como seria possível reorganizar as cadeias produtivas de tal maneira que se aproximassem do ecossistema natural (Graedel, 1994). Para isso, foram desenvolvidas estratégias que buscam equilibrar a circulação de materiais e energia ao longo dos processos produtivos, de forma a fechar o máximo possível o ciclo integrado pelas atividades de produção, distribuição, consumo e destinação de resíduos. Estas estratégias podem ser aplicadas aos mais diversos sistemas produtivos, inclusive à indústria da construção civil, responsável por cerca de 40% dos resíduos gerados na economia (John, 2001).

Nesse contexto, tendo em vista desvelar o que a construção civil vem fazendo em relação à redução do impacto de suas atividades, este artigo busca identificar que estratégias da Ecologia Industrial são utilizadas em empresas do subsetor de edificações, na Bahia, para a prevenção e redução do impacto ambiental.

Visando alcançar o objetivo proposto, realizou-se um estudo de caso de caráter exploratório em uma obra, atualmente em execução, no município de Mata de São João - Bahia: o empreendimento Residencial Praia do Forte, da Construtora Santa Helena. O objeto de estudo foi escolhido após um levantamento informal com o SINDUSCON-BA (Sindicato da Construção Civil da Bahia), no qual esta construtora foi citada como a única, no presente momento, a adotar medidas de redução de impacto ambiental. A escolha do Residencial Praia do Forte, mais especificamente, deve-se ao fato de que este é o único empreendimento da construtora que vem adotando estas medidas.

Por ser o tema pesquisado pouco difundido, tanto na teoria quanto na prática administrativa, a pesquisa exploratória revela-se adequada para produzir uma visão preliminar da realidade baiana.

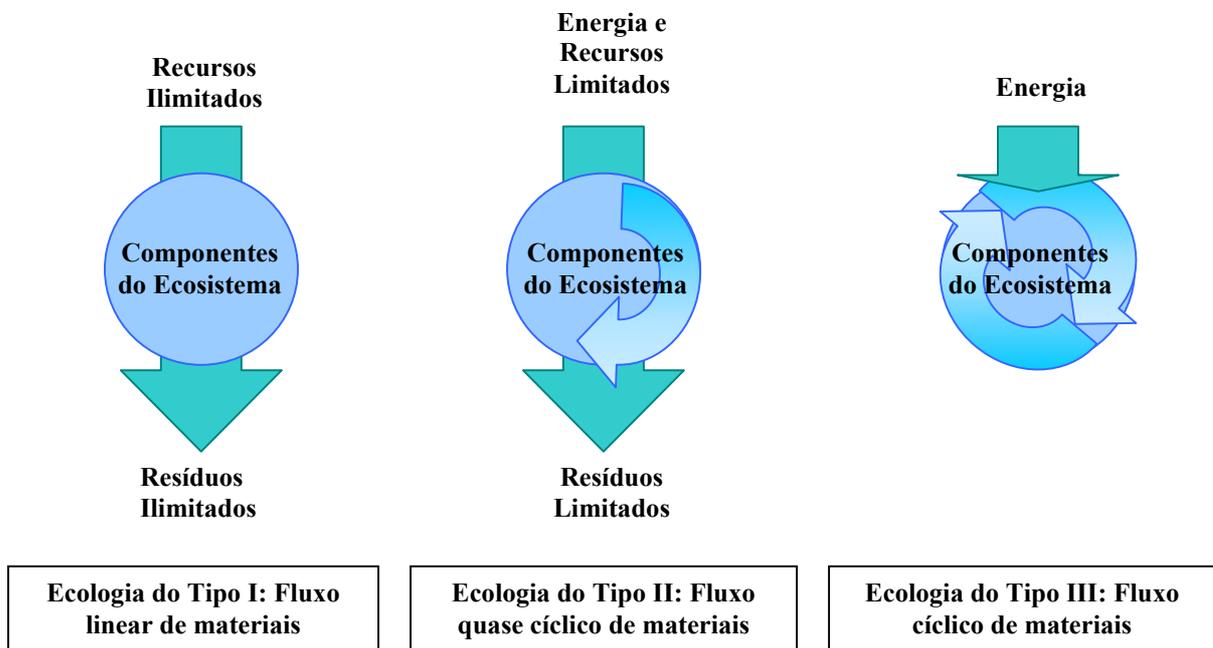
A realização deste estudo exploratório compreendeu primeiramente a revisão da literatura sobre Ecologia Industrial e Ecoprojeto, apresentada na seção a seguir; posteriormente, a pesquisa de campo que propiciou a coleta de dados através de entrevistas semi-estruturadas com representantes da empresa; e, por fim, a análise e interpretação dos resultados obtidos.

ECOLOGIA INDUSTRIAL

A difusão do termo Ecologia Industrial (Industrial Ecology), mesmo nos países desenvolvidos, vem ocorrendo somente desde os anos noventa, embora este conceito viesse se manifestando esporadicamente por algumas décadas. No final de 1989, um artigo de Robert Frosch e Nicholas Gallopoulos publicado na *Scientific American* teve um papel catalítico, especialmente entre as pessoas na área da produção industrial, levando diversos outros autores a difundir o conceito em círculos acadêmicos e de negócios (Erkman, 1997).

O objetivo maior da Ecologia Industrial é reorganizar o sistema industrial de modo que o mesmo funcione de forma similar ao ecossistema natural. Isto é considerado necessário porque o sistema industrial, como organizado até os dias atuais, não é sustentável no longo prazo, já que os fluxos estão todos em um único sentido: dos recursos naturais aos resíduos finais, caracterizando a ecologia do tipo I (ver Figura 1). No ecossistema biológico, por outro lado, os fluxos são “quase completamente cíclicos quando escalas de tempo suficientemente longas são consideradas” e, sendo assim, o resíduo de um elemento do sistema é recurso para outro, caracterizando a ecologia do tipo III (Graedel, 1994, p. 24).

Figura 1: Tipos de Ecologia Industrial



Fonte: adaptado de Graedel, 1994.

A Ecologia Industrial representa um caminho que busca operacionalizar o conceito do desenvolvimento sustentável em uma maneira economicamente viável. Isto porque a Ecologia Industrial fornece às empresas formas mais eficientes e, conseqüentemente, mais lucrativas de explorar seus recursos e produtos, incluindo seus resíduos (Erkman, 1997).

Porter & van der Linde (1995) mencionam diversos exemplos de inovações que não somente reduzem ou eliminam custos ambientais, mas também aumentam a competitividade. Nestes casos, companhias tentando cumprir o regulamento ambiental ou reduzir custos de eliminação de resíduos conseguiram melhorar a qualidade do produto, diminuir os custos de produção, reduzir o tempo ocioso e aumentar o rendimento do processo. Apesar destes exemplos, os autores indicam que *“um novo quadro de referência para pensar sobre a melhoria ambiental é urgentemente necessário”* (Op. Cit., p. 127). Em geral, empresas e reguladores ambientais agem como antagonistas, com estes últimos definindo padrões de regulação hostis à inovação e as primeiras lutando contra os padrões definidos porque é aparentemente demasiado custoso atender aos mesmos.

De acordo com Ehrenfeld (1997), a Ecologia Industrial pode ser vista como um paradigma emergente, sendo duas mudanças essenciais para a sua constituição: a percepção do homem como parte da natureza e a substituição do senso predominante de abundância por um senso de escassez. Este último apresenta-se como um desafio enorme, uma vez que a sociedade capitalista está evoluindo no sentido oposto, de adotar o consumismo cada vez mais. Por um lado, as empresas em geral desenvolvem estratégias de marketing focalizadas em produtos descartáveis ou de ciclo de vida curto. Por outro lado, os consumidores não são conscientes ainda do preço que pagam pelo custo da poluição e a maioria deles não percebe a extensão dos danos que o consumismo pode provocar.

No nível da empresa, a mudança mais importante é a cooperação absolutamente necessária entre companhias para produzir o comportamento sustentável e criar os fluxos cíclicos mencionados, tornando imperativa a necessidade de coordenação. Boons & Baas (1997) sugerem que as agências governamentais e as associações de negócios podem

desempenhar um papel catalisador no desenvolvimento de relações de cooperação entre as organizações responsáveis pelos processos que devem ser integrados, estimulando a implementação de iniciativas de Ecologia Industrial. Entretanto, um dos fatores que mais agravam o problema da coordenação é a globalização da economia, desde quando esta expande os limites de ecossistemas industriais, quer em termos geográficos ou das cadeias de produto/material, tornando muito mais complicado realizar uma abordagem integrada dentro de uma região onde cadeias completas estejam presentes, incluindo a fase de consumo.

Dadas as mudanças citadas, necessárias para o estabelecimento da Ecologia Industrial como um novo paradigma, foi desenvolvido um instrumental que visa enfrentar o desafio posto pela lógica consumista incentivada por algumas empresas: o Ecoprojeto.

De maneira objetiva, Ecoprojeto (do inglês *ecodesign*) ou projeto para o meio ambiente (do inglês *Design for Environment - DfE*) pode ser definido como o projeto de produtos – bens, principalmente, mas também serviços, incluindo seus processos de produção – que incorpora considerações ambientais, visando minimizar o impacto sobre o meio ambiente durante todo o seu ciclo de vida¹, ao mesmo tempo em que prossegue buscando maximizar os benefícios para a empresa e seus clientes. Uma tentativa de melhorar o desempenho ambiental de um produto só será implementada se a mudança reduzir o custo total ou agregar um valor pelo qual os consumidores estejam dispostos a pagar.

Neste ponto, cumpre ressaltar o papel central do projeto de produtos em relação à Ecologia Industrial e ao desenvolvimento sustentável, já que o mesmo guia o fluxo de materiais entrando e saindo do meio ambiente, revela a importância econômica e social destes materiais, e influencia a forma como os produtos serão produzidos e consumidos. De fato, pode-se considerar que o Ecoprojeto é o coração da Ecologia Industrial. A fase de projeto é um momento crítico, no qual são tomadas decisões relativas, por exemplo, ao impacto do produto sobre a segurança do trabalhador e do consumidor, aos riscos para a saúde humana e o meio ambiente, e às características dos resíduos gerados. Além disso, por serem a maioria dos custos ambientais de um produto determinada no seu projeto inicial, é nesta etapa que os esforços para minimizar os impactos ambientais de um produto ou processo serão mais efetivos. Sendo enorme a flexibilidade existente nesta fase, percebe-se aí uma oportunidade valiosa de aliar aos objetivos econômicos da empresa, os objetivos ambientais da sociedade (Anastas & Breen, 1997; Ehrenfeld, 1997; Charter & Tischner, 2001).

Para o desenvolvimento do projeto de um produto com melhor desempenho ambiental, faz-se necessário o estabelecimento de estratégias que, segundo Ramos (2001) e o Centro para Projeto do *Royal Melbourne Institute of Technology* (Gertsakis *et al.*, 1997), podem ser divididas em duas categorias básicas: a) as estratégias de redução do consumo de recursos e da geração de resíduos – reduzindo o consumo de matérias-primas ou de energia ao longo do ciclo de vida do produto, ou ainda, reduzindo os resíduos e as emissões; b) as estratégias de extensão da vida útil do produto – aumentando a sua durabilidade ou facilitando a sua reutilização, remanufatura ou reciclagem.

Entre as estratégias de redução, encontram-se (Gertsakis *et al.*, 1997; Ramos, 2001):

1. Projetar para conservação de recursos

Inclui a simplificação da forma do produto, que pode ser obtida pela redução do número de componentes necessários e pela redução ou eliminação de características simplesmente decorativas; o agrupamento de funções, concebendo-se produtos versáteis e multifuncionais que reduzem o uso de materiais e de espaço físico; a diminuição do peso, volume e tamanho, que reduz, além do custo de produção, o custo de transporte e a quantidade de material no fim da vida do produto; o uso de materiais reciclados e recicláveis no produto, como aço, alumínio, papel, plásticos, borracha e vidro, que podem conservar recursos e energia; o uso de recursos renováveis, que incluem materiais produzidos de modo sustentável, a partir de fontes animais ou vegetais; a utilização de subprodutos de outros

processos, que ajuda a fechar ciclos de materiais; e o uso eficiente da água, que deve ser recuperada e reutilizada na produção e fazer parte da fase de consumo do produto da maneira mais eficiente possível.

2. Projetar para eficiência energética

As estratégias para o uso eficiente da energia compreendem reduzir o seu consumo dentro dos processos produtivos, o que já vem sendo feito pelos fabricantes há algum tempo, já que os custos energéticos afetam diretamente a competitividade da empresa no mercado; planejar para futuros desenvolvimentos que aumentem a eficiência energética, mesmo que no presente o produto sendo desenvolvido ainda não permita esta melhoria; reduzir o seu consumo na fase de uso do produto, sendo a legislação e a postura do consumidor os maiores estímulos para isto; usar fontes de energia renováveis e não poluentes, como o sol, a água e o vento, permitindo além da obtenção de ganhos ambientais, ganhos econômicos a longo prazo; reduzir a energia e a poluição no transporte, dando preferência a recursos locais, escolhendo sistemas de transporte eficientes, reduzindo o tamanho e o peso do produto, tornando-o empilhável, ou ainda, desmontável para o transporte e estocagem, e garantindo que a embalagem de transporte seja reutilizável e/ou reciclável.

3. Projetar para redução de impactos dos materiais

Esta estratégia envolve especificar materiais que não apresentem emissões tóxicas ou perigosas ao longo do seu ciclo de vida, evitando problemas para os seres humanos e o ambiente como envenenamento, câncer ou mutações genéticas, entre outros; evitar substâncias que agriam a camada de ozônio, como os CFCs (clorofluorcarbonos), substituindo-os por substâncias não prejudiciais à camada, como os hidrocarbonetos; evitar ou minimizar a produção de gases do efeito estufa, que incluem o dióxido de carbono e o monóxido de carbono, entre outros compostos orgânicos.

4. Projetar para prevenção da poluição

Esta estratégia relaciona-se à “produção mais limpa”, que abrange uma variedade de abordagens para aumentar a eficiência da produção e reduzir o risco aos seres humanos e ao ambiente. Basicamente, projetar para evitar a poluição é uma tentativa de reduzir impactos ambientais durante o estágio de produção do ciclo de vida do produto, por meio da melhoria das práticas de operação e do controle de processos; da eliminação dos desperdícios do processo através de modificações na produção e substituição de materiais; da redução do consumo de energia; da minimização da variedade dos materiais e da seleção de materiais e processos de baixo-impacto; da concentração e separação de materiais (incluindo a água) para reusar no processo ou como um subproduto, ao invés de misturá-los e diluí-los para eliminação como resíduo; de mudanças nas técnicas de produção incluindo a simplificação da montagem, automatização de processos e introdução de nova tecnologia onde apropriado; e da monitoração ambiental contínua e gerência ambiental sistematizada.

Entre as estratégias de extensão, pode-se listar (Gertsakis *et al.*, 1997; Ramos, 2001):

1. Projetar para durabilidade

A vida útil do produto pode ser prolongada, se no projeto forem identificados e eliminados pontos fracos potenciais, for considerado o seu eventual uso incorreto, for prevista a facilidade na manutenção e na substituição de peças e componentes e forem permitidos melhoramentos futuros (*up-grades*), por exemplo, através de sistemas modulares que permitam a substituição e atualização de componentes internos tecnologicamente defasados. Também o *design* durável é uma estratégia para bens de consumo que implica em evitar formas e acabamentos que saem da moda rapidamente.

2. Projetar para reuso

O reuso do produto, estratégia de menor impacto ambiental se comparada com a remanufatura e a reciclagem, pode acontecer na mesma função ou em outras funções. Para ser eficaz, é preciso determinar qual o custo econômico e ambiental maior: se o do transporte do

produto após seu uso e preparação para a reutilização, ou o do descarte do mesmo. De qualquer forma, para esta estratégia é necessário garantir que o produto seja resistente o suficiente para suportar a coleta, o manuseio, a lavagem (se preciso) e o reuso ou reenchimento repetidos.

3. Projetar para remanufatura

Esta estratégia prevê a coleta dos produtos usados, a desmontagem até o nível das peças e/ou componentes, o teste, a manutenção ou substituição das partes danificadas e a remontagem do produto para que este continue desempenhando a mesma ou uma nova função. Para isto, é preciso facilitar a desmontagem e reduzir seus custos, através da minimização do número de componentes; da diminuição dos passos necessários para separá-los; do projeto do produto como uma série de blocos ou módulos, entre outras opções.

4. Projetar para reciclagem

A estratégia de projetar para reciclagem exige também a desmontagem dos produtos antes que os seus materiais componentes sejam processados, implicando no consumo de energia e de recursos naturais. Estes processos geram custos ambientais geralmente maiores do que os do reuso do produto ou de suas partes, porém menores do que os da produção dos materiais a partir de matérias-primas virgens. A reciclagem é considerada atraente por trazer vários outros benefícios, tais como: preservação de áreas de terra e cursos de água, diminuição da necessidade de espaço para aterros, incremento da renda de famílias carentes e redução da pressão sobre recursos naturais.

Portanto, é necessário: facilitar a desmontagem; desenvolver materiais capazes de passar várias vezes pela reciclagem sem perder suas propriedades; identificar diferentes materiais, através da aplicação de símbolos e códigos de identificação, para que seja evitada a mistura de materiais incompatíveis; agregar valor estético aos materiais reciclados.

5. Planejar final da vida útil dos materiais/produtos

Após terem sido consideradas todas as estratégias para ampliação da vida útil do produto, resta ainda considerar como agir no caso da impossibilidade de reaproveitamento. Uma das opções é utilizar materiais biodegradáveis em produtos de vida útil breve, já que o uso de materiais duráveis em produtos de ciclo de vida curto contribui para aumentar o problema do lixo. É importante também utilizar materiais que possam ser incinerados para a geração de energia sem que produzam emissões tóxicas durante a queima. Como última opção, o descarte do produto em um aterro sanitário pode ser a melhor saída quando os custos ambientais do reaproveitamento do produto superam os do descarte. Produtos que eventualmente contenham materiais tóxicos devem ser pelo menos rotulados com instruções para descontaminação e disposição final.

A tabela 1, a seguir, apresenta de forma esquemática as estratégias de redução e extensão propostas por Gertsakis *et al.* (1997) e Ramos (2001).

Tabela 1: Estratégias de Ecoprojeto

ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO	ESTRATÉGIAS DE EXTENSÃO
1. Projetar para conservação de recursos	1. Projetar para durabilidade
← Simplificar forma	← Facilitar manutenção
← Agrupar funções	← Facilitar substituição de partes
← Diminuir peso, volume e/ou tamanho	← Possibilitar <i>up-grades</i>
← Usar materiais reciclados e recicláveis	← Priorizar design durável
← Usar recursos renováveis	2. Projetar para reuso
← Usar subprodutos de outros processos	← Projetar produtos resistentes
← Usar a água eficientemente	← Usar processos de limpeza seguros
2. Projetar para eficiência energética	← Evitar rótulos de papel ou plástico
← Reduzir energia na fabricação	3. Projetar para remanufatura

← Reduzir energia no uso do produto	← Facilitar desmontagem
← Usar fontes de energia renovável	← Prever atualizações tecnológicas
← Reduzir a energia no transporte	4. Projetar para reciclagem
3. Projetar para redução de impactos dos materiais	← Facilitar desmontagem
← Evitar emissões tóxicas	← Desenvolver materiais resistentes
← Evitar agredir a camada de ozônio	← Identificar diferentes materiais
← Minimizar contribuição para efeito estufa	← Agregar valor estético
4. Projetar para prevenção da poluição	5. Planejar final da vida útil
← Eliminar desperdícios do processo	← Utilizar materiais biodegradáveis
← Mudar técnicas de produção	← Utilizar materiais incineráveis
← Implantar sistema de gestão ambiental	← Rotular produtos com materiais tóxicos

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Gertsakis *et al.* (1997) e Ramos (2001).

A partir da sistematização deste conjunto de estratégias, é possível chegar a duas conclusões. Primeiro, que existe uma certa sobreposição entre ações estratégicas para melhoria do desempenho ambiental, fato patentado pelo registro de algumas ações em mais de uma categoria, como é o caso de facilitar a desmontagem, importante tanto para a remanufatura quanto para a reciclagem. Esta sobreposição, por um lado, pode ser considerada positiva, na medida em que uma empresa, focando um determinado objetivo, consegue auferir ganhos extras, ambientais e/ou econômicos.

Porém, por outro lado, algumas das estratégias apresentadas podem revelar-se contraditórias sob certas circunstâncias, como, por exemplo, a utilização de materiais reciclados para projetar produtos resistentes e duráveis. Portanto, a segunda conclusão é que uma empresa, ao decidir adotar o Ecoprojeto não poderá empreender todas as ações listadas na Tabela 1. A chave para o sucesso é a seleção das estratégias mais apropriadas e efetivas para reduzir os impactos ambientais de cada produto específico.

Para identificar as estratégias mais apropriadas no caso das edificações, produtos da construção civil, faz-se necessária uma contextualização desta indústria e da sua relação com o meio ambiente.

A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE

Uma das indústrias que mais impactam o meio ambiente é a construção civil. Os impactos ocorrem nas fases de implantação da obra, execução dos serviços, confecção de artefatos, limpeza, entre outras. Adicionalmente, são gerados resíduos em toda a vida útil da construção, como por exemplo nas atividades de manutenção, reforma e demolição.

Segundo Cassa *et al.* (2001), alguns fatores contribuem para a geração do entulho:

- Projetos de arquitetura, estrutura, instalações, entre outros, com definições e detalhamentos insuficientes;
- Baixa qualidade dos materiais e componentes de construção disponíveis no mercado;
- Mão-de-obra pouco qualificada;
- Ausência de procedimentos operacionais e mecanismos de controle da execução e inspeção das construções.

A grande quantidade de resíduos da indústria da construção civil é proveniente das sobras e perdas de materiais de construção nos canteiros de obra, resultantes do desperdício durante o processo de execução de um serviço. São considerados resíduos os materiais resultantes da preparação e escavação de terrenos, e os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, tais como: tijolos, blocos, concreto em geral, argamassas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros, gesso, telhas, vidros, plásticos, tubulações e fiações elétricas (Loturco, 2002). Além disso, as atividades de produção de

matérias-primas, de canteiro, manutenção e demolição geram impactos ambientais, como ruído e poeira, entre outros.

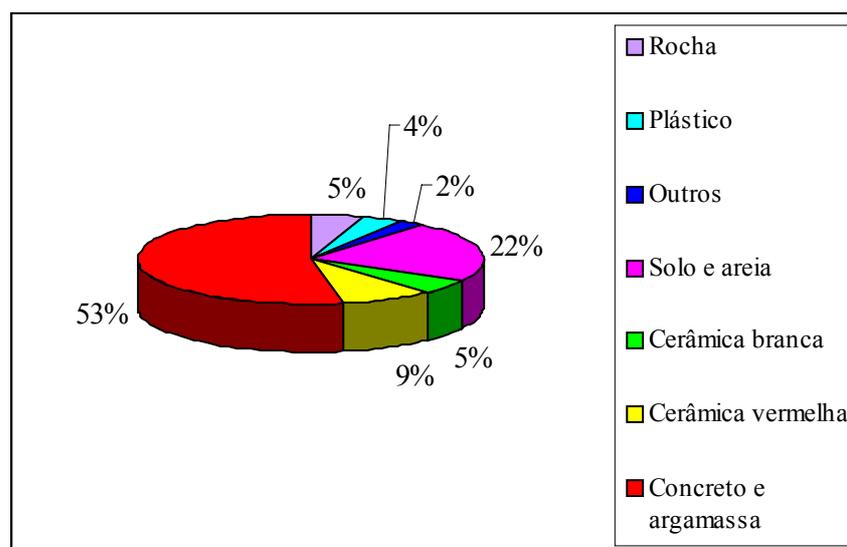
A fase de uso das edificações também gera significativo impacto ambiental. Os edifícios são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica do Brasil (Lamberts & Westphal, 2000). A sua utilização consome água, tanto em suporte às atividades desenvolvidas, quanto em limpeza. Adicionalmente, durante a vida útil de um edifício, as atividades de manutenção consomem recursos em volume aproximadamente igual aos despendidos na fase de produção (John, 1988).

Esse significativo impacto ambiental da construção civil tem levado diferentes países a adotar políticas ambientais específicas para o setor. No Brasil, o CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) instituiu a Resolução N.º 307, de 5 de Julho de 2002², que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Uma das principais diretrizes estabelecidas determina que os construtores deverão priorizar a não geração de resíduos e, posteriormente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final, nesta ordem.

Nesse contexto, algumas Prefeituras³ têm implantado usinas de reciclagem de entulho, buscando alternativas para a gestão dos resíduos. Segundo Carneiro *et al.* (2001), devidamente reciclado, o entulho apresenta propriedades físicas e químicas apropriadas para o seu emprego como material de construção. No entanto, vale ressaltar que o mesmo apresenta características peculiares em função dos parâmetros da região de origem, e, sendo assim, a possibilidade ou não de reciclá-lo, o processo de reciclagem e a aplicação do produto reciclado variam em função da sua composição.

Em Salvador, são coletadas 2.746 t/dia de entulho, o que representa cerca de 50% dos resíduos sólidos urbanos (Carneiro *et al.*, 2001). A caracterização do entulho, tanto em sua forma bruta, quanto na reciclada, constitui uma etapa imprescindível para estudos de alternativas que visem à gestão e à reciclagem desse resíduo. Na cidade, foi desenvolvido o Projeto Entulho Bom⁴, visando caracterizar o entulho e o agregado reciclado de Salvador⁵. Como resultado, foram obtidos os seguintes percentuais, dispostos no Gráfico 1, a seguir.

Gráfico 1 - Composição Média do Entulho de Salvador



Fonte: Carneiro *et al.*, 2001, p. 167.

O entulho de Salvador, apesar da sua heterogeneidade, apresenta, na sua composição, 94% de materiais com alto potencial para reciclagem na construção civil, constituindo, desta forma, uma fonte de matéria-prima passível de ser explorada. Sendo assim, após passar pelo processo de britagem, o entulho pode ser utilizado, na sua fração graúda, para a produção de camadas de pavimentos e concreto não-estrutural; e, na sua fração fina, para o uso em argamassas, tijolos e blocos. Ainda pode ser utilizado no nivelamento de terrenos, vias, estacionamentos, pátios e em projetos de drenagem.

Algumas ações no sentido de diminuir os desperdícios da construção civil têm sido adotadas pelas empresas. Programas de redução de perdas e gestão da qualidade, além da introdução de inovações tecnológicas, contribuem para reduzir a geração do entulho e permitem o seu gerenciamento adequado no canteiro. Com o intuito de identificar o que uma construtora baiana – razoavelmente reconhecida por desenvolver práticas ambientalmente corretas – tem feito em relação à redução do seu impacto ambiental, a seção a seguir apresenta um estudo de caso realizado em um empreendimento em construção pela mesma – o Residencial Praia do Forte.

ESTUDO DE CASO

O Residencial Praia do Forte, objeto deste estudo, está sendo construído pela Construtora Santa Helena⁶ na Praia do Forte, município de Mata de São João, Bahia, em uma Área de Proteção Ambiental (APA), e compreende a execução de 32 unidades residenciais de alto luxo, de aproximadamente 300 m².

Por estar localizado em uma Área de Proteção Ambiental, algumas ações específicas foram adotadas pela construtora, o que motivou o interesse de identificar que estratégias da Ecologia Industrial foram desenvolvidas na execução do empreendimento.

Para realizar esta pesquisa de campo, inicialmente, foram identificadas, a partir do referencial teórico, as estratégias da Ecologia Industrial e, posteriormente, elaborados os instrumentos de coleta de dados, tais como questionário semi-estruturado e roteiros de entrevistas que, devidamente preenchidos pelos responsáveis pelo empreendimento, proporcionaram a identificação de que estratégias a empresa estava adotando na prática.

Como resultado, foram montadas duas tabelas, a Tabela 2 – apresentando as estratégias de redução – e a Tabela 3 – apresentando as estratégias de extensão –, que são mostradas a seguir.

Tabela 2 - Estratégias de Redução da Ecologia Industrial, observadas no Residencial Praia do Forte em março de 2003.

Estratégias de Redução da Ecologia Industrial	Ações observadas na obra em relação às estratégias
1. Projetar para a conservação de recursos	<ul style="list-style-type: none"> - utilização de materiais que propiciam a redução de peso, volume e/ou tamanho das edificações, tais como blocos com furos centrais que permitem a passagem das tubulações elétricas e hidráulicas, de pequenos diâmetros, por dentro dos furos, evitando a quebra da alvenaria para colocação da tubulação e posterior recomposição; - uso de <i>shafts</i>⁷, que evitam a quebra da alvenaria pronta para passagem das tubulações verticais e a posterior recomposição; - simplificação dos projetos arquitetônicos com o objetivo de reduzir o consumo de materiais (as paredes são projetadas de forma a permitir a paginação dos blocos⁸, evitando a quebra dos mesmos); - alteração do pé direito⁹ no projeto arquitetônico, em função das dimensões dos materiais de vedação e revestimento, para evitar cortes e quebras de blocos e cerâmicas;

	<ul style="list-style-type: none"> - utilização de novas técnicas de aplicação de revestimento, como o gesso projetado (utilizado no revestimento interno¹⁰); - utilização de novos materiais, como a tinta texturizada (utilizada no revestimento externo, dispensando a massa corrida).
2. Projetar para a eficiência energética	<ul style="list-style-type: none"> - redução do consumo de energia no processo produtivo através da utilização de argamassa industrializada (dispensando o uso da betoneira); - desenvolvimento de projetos que visam a redução do consumo pós-ocupação (utilização de sensores de proximidade no <i>hall</i>); - redução do transporte de materiais através da paletização¹¹ das cargas.
3. Projetar para a redução de impactos dos materiais	<ul style="list-style-type: none"> - não foram observadas ações neste item.
4. Projetar para prevenção da poluição	<ul style="list-style-type: none"> - coleta seletiva e controle da retirada de entulho na obra¹²; - conscientização dos profissionais e população sobre preservação ambiental.

Fonte: elaboração dos autores a partir de Gertsakis *et al.* (1997) e Ramos (2001).

De acordo com a Tabela 2, pode-se observar que as ações desenvolvidas pela empresa visam a redução do consumo e do desperdício, não só de materiais, como também de tempo de execução dos serviços. A construtora buscou usar tecnologias –*shaft* e paginação de blocos –e materiais –blocos com dimensões intermediárias e furos centrais –que evitassem a quebra e posterior recomposição da alvenaria, com o objetivo de reduzir o consumo de materiais e a mão-de-obra, suprimindo a necessidade de alocar um pedreiro para recompor a alvenaria que foi cortada para a passagem da tubulação. Adicionalmente, modificações no projeto arquitetônico são feitas para buscar a adequação e redução de quebras que geram entulhos não aproveitados na obra. São também executadas ações em relação à diminuição do transporte de materiais, que não agrega valor ao empreendimento, e economia de energia durante a execução e no período pós-ocupação.

Não foram observadas ações em relação à redução de impactos dos materiais, uma vez que a empresa não utiliza materiais que possam comprometer a qualidade de vida, causando envenenamento ou prejudicando globalmente a natureza. Em relação a este tópico, duas considerações podem ser feitas. A primeira diz respeito ao transplante de árvores, pois, por se tratar de uma Área de Proteção Ambiental, foi exigido pelo órgão gestor da mesma, o Centro de Recursos Ambientais (CRA), que, no primeiro momento da limpeza do terreno, as árvores fossem transplantadas e não cortadas. Isto, apesar de ser uma imposição determinada em função da preservação de espécies nativas da Mata Atlântica, indiretamente, pode ser considerado como uma forma de redução deste tipo de impacto, ao contribuir para evitar o agravamento do efeito estufa. A segunda consideração diz respeito a uma prática que já vem sendo executada por todas as empresas de construção: a não utilização de reservatórios de fibrocimento, uma vez que, ao longo do tempo, os mesmos liberam o amianto, uma substância cancerígena. Hoje, são usados reservatórios de concreto armado e PVC, entre outros materiais.

No que se refere à prevenção da poluição, ações têm sido instituídas no sentido de diminuir o entulho e promover maior limpeza e melhor circulação no canteiro de obras. Estas medidas vêm sendo adotadas pela empresa para cumprimento do requisito da norma ISO 9002, na versão 2000, que trata do ambiente de trabalho e dispõe sobre a necessidade de melhores condições de circulação e de trabalho.

Cabe ressaltar, ainda, a observação de outras estratégias de redução, que envolvem o aspecto social. Estas ações referem-se à conscientização dos profissionais da empresa quanto à preservação ambiental através de aulas que, no início da obra, esclareceram o que é lixo, quanto tempo a natureza leva para absorver os materiais, a necessidade da coleta seletiva e o que pode ser desenvolvido em relação à preservação ambiental. Estes profissionais tinham

como objetivo tornarem-se agentes multiplicadores dos conhecimentos adquiridos para as famílias e a população da região.

Ações também foram desenvolvidas para aumentar a durabilidade do empreendimento, como mostra a Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Estratégias de Extensão da Ecologia Industrial, observadas no Residencial Praia do Forte em março de 2003.

Estratégias de Extensão da Ecologia Industrial	Ações observadas na obra em relação às estratégias
1. Projetar para a durabilidade	- desenvolvimento de projetos que facilitem a manutenção; - utilização do <i>shaft</i> , que permite a manutenção da tubulação hidráulica sem necessidade de quebra da alvenaria.
2. Projetar para reuso	- utilização de concretos com aditivos que permitem uma maior resistência, esbeltez e durabilidade.
3. Projetar para remanufatura	- não foram observadas ações neste item.
4. Projetar para reciclagem	- não foram observadas ações neste item.
5. Planejar final da vida útil	- não foram observadas ações neste item.

Fonte: elaboração dos autores a partir de Gertsakis *et al.* (1997) e Ramos (2001).

A Tabela 3 apresenta estratégias adotadas pela empresa em relação ao aumento da durabilidade do empreendimento e à facilidade de manutenção. Não foram observadas ações no que se refere a remanufatura e reciclagem do produto – o edifício –, uma vez que o mesmo possui características peculiares, tais como o tempo de vida útil muito longo e a não possibilidade de reciclagem. A remanufatura pode ser considerada análoga às possíveis reformas necessárias, mas a empresa não apresenta esta preocupação.

Diante do exposto, pode-se ressaltar as ações adotadas pela empresa para a redução do entulho: coleta seletiva, controle da retirada de entulho na obra, busca de alternativas construtivas para a redução da quebra de alvenaria –utilização de *shafts* para instalações, uso de blocos cerâmicos com furos centrais para passagem das tubulações verticais, paginação dos blocos. Essas ações ligadas ao processo produtivo, já que envolvem novas tecnologias construtivas e materiais, foram adotadas pela empresa para, em primeiro lugar, reduzir custos, e, em segundo lugar, melhorar a qualidade¹³ e a produtividade. São utilizadas em todas as obras e não visam o aspecto ambiental.

A empresa tem algumas preocupações em relação à coleta seletiva, no que se refere ao destino final do lixo, uma vez que não há um local específico para o envio dos resíduos¹⁴ e a disposição do entulho é feita em aterros, sem a realização de um aproveitamento. As dificuldades encontradas pela empresa no que se refere à reciclagem dos resíduos são: a falta de conhecimentos técnicos e incentivos; a ausência de difusão de metodologia para reciclagem e solução de problemas patológicos nas misturas dos materiais; a dificuldade de coleta; e as grandes distâncias, que, por conseqüência, geram altos custos de transporte.

As ações sociais de preservação do ambiente, descritas anteriormente, mostram uma preocupação ambiental da empresa, porém, em uma análise mais detalhada, observa-se que foram adotadas para atender as exigências normativas do CRA, por estar a obra localizada em uma APA. Foi observado que a construtora tem interesse em desenvolver um projeto de gestão ambiental, mas ainda não tem uma política formal neste sentido.

De forma geral, pode-se concluir que as ações relacionadas às estratégias de Ecoprojeto, realizadas pela empresa, foram movidas, prioritariamente, pela necessidade de

reduzir custos e, secundariamente, por pressões governamentais em função do ambiente específico do empreendimento. Este fato, possivelmente, deve-se ao desconhecimento por parte da empresa sobre a Ecologia Industrial e ao fato do CRA não exigir tecnologias voltadas para diminuir o impacto ambiental do sistema produtivo e ter exigências pontuais, com enfoque no meio ambiente físico e social.

CONCLUSÕES

Inicialmente, o desenvolvimento industrial passava ao largo das questões relacionadas aos impactos ambientais gerados. Posteriormente, a indústria começou a tratar o “problema do meio ambiente” através de um enfoque corretivo, isto é, lançando mão de tecnologias “paliativas” para minorar os impactos dos processos produtivos. Atualmente, tem-se buscado adotar uma abordagem preventiva, dentro de uma visão mais sistêmica da questão, visando operacionalizar o desenvolvimento sustentável de maneira economicamente viável, além de ambientalmente correta e socialmente justa.

É nesse contexto que surge a Ecologia Industrial, uma abordagem teórica que vem tendo uma maior difusão a partir dos anos 90 e trata da tentativa de reorganizar o sistema industrial tomando como modelo o funcionamento do ecossistema natural. Para isto, faz-se necessária uma mudança de paradigma, envolvendo alguns pontos importantes, em especial uma nova consciência de que os recursos naturais não podem continuar a ser desperdiçados e tratados como se fossem inesgotáveis.

Dentro da Ecologia Industrial, o Ecoprojeto representa um importante papel, por tornar possível o fechamento do fluxo de recursos e oferecer um quadro de referência para a melhoria do desempenho ambiental de produtos e processos. Sua implementação pode se dar através da utilização de estratégias de redução do consumo de recursos e da geração de resíduos, e de estratégias de extensão da vida útil do produto.

Com o objetivo de identificar as estratégias de Ecoprojeto adotadas na indústria da construção civil, foi elaborado um estudo de caso exploratório em um empreendimento do subsetor de edificações – o Residencial Praia do Forte – que revelou a utilização prioritária de estratégias de “projetar para a conservação de recursos”, as quais são apropriadas para reduzir os impactos ambientais do produto edificação. Quanto à motivação para adoção destas estratégias conclui-se que o principal motivo é a redução de custos e desperdícios, sabidamente expressivos nesta indústria.

Outras estratégias identificadas, em função de exigências do CRA, indicam uma nascente conscientização ambiental da empresa, porém sem uma preocupação com o reaproveitamento do entulho gerado. A lógica da construtora, assim como da maioria desta e de outras indústrias, é individual, buscando ótimos localizados, ao invés de coletiva, buscando um ótimo global. Portanto, nota-se a necessidade de um organismo que desempenhe um papel-chave no desenvolvimento de relações de cooperação entre as organizações envolvidas no sistema industrial. Este organismo articulador poderia ser o SINDUSCON, que, retomando o Projeto Entulho Bom e desenvolvendo outros estudos e atividades que visem fechar os ciclos deste sistema, poderia dar um passo significativo em direção à implantação da Ecologia Industrial na indústria da construção civil.

NOTAS

¹ O Ciclo de Vida do Produto (CVP) engloba todas as atividades que dizem respeito ao mesmo, incluindo desde a extração e processamento do material virgem até a reciclagem e disposição final, passando pela manufatura e pelo consumo (nota dos autores).

² Esta resolução entrou em vigor em 02 de Janeiro de 2003 e determina os prazos máximos de doze meses para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e de dezoito meses para que os mesmos cessem a disposição de resíduos em aterros domiciliares e em áreas de “bota fora” (disponível em <http://www.mma.gov.br>, em 28/03/2003).

³ Alguns exemplos estão nas cidades de Belo Horizonte, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Londrina e São Paulo, que já implantaram usinas de reciclagem de entulho (Carneiro *et al.*, 2001).

⁴ Este projeto foi realizado pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia e pela Caixa Econômica Federal, em parceria com a LIMPURB (Empresa de Limpeza Urbana do Salvador) e a Prefeitura Municipal do Salvador (nota dos autores).

⁵ Essa caracterização permitiu conhecer as propriedades do entulho e dos agregados reciclados produzidos, possibilitando a definição de padrões mais eficientes para coleta, transporte, disposição e reciclagem. Permitiu, ainda, identificar formas de utilização segura do material e determinar a viabilidade da reciclagem do entulho e da utilização de agregados reciclados, em substituição à matéria-prima convencional (nota dos autores).

⁶ A Santa Helena S.A. é uma organização baiana, de médio porte, que atua na indústria da construção civil e está voltada, sobretudo, para a incorporação imobiliária residencial e comercial. Fundada há 28 anos e com um faturamento médio anual entre 15 e 20 milhões de reais, a empresa já construiu e incorporou cerca de 299.385,27 m² de área, com edificações destinadas a um público de médio e alto padrão aquisitivo. Foi uma das três primeiras empresas baianas do subsetor de edificações a receber a certificação ISO 9002, em junho de 2000, entrando assim na era da Qualidade Total e passando a fazer parte de um grupo seletivo de empresas (nota dos autores).

⁷ O *shaft* é a interrupção da alvenaria para passagem de tubulações de grandes diâmetros com fechamento através de placas pré-moldadas, que permitem a fácil manutenção (nota dos autores).

⁸ São projetadas paredes que permitem a utilização de blocos sem necessidade de cortes. A empresa desenvolve, assim, as vistas das paredes de forma a identificar os locais em que serão utilizados o bloco inteiro, o meio-bloco e um quarto de bloco (nota dos autores).

⁹ Pé direito é a distância do piso ao teto (nota dos autores).

¹⁰ Não há necessidade de executar as três camadas de revestimento da construção tradicional: chapisco, emboço e reboco. Não há revestimento de massa, só o gesso projetado (nota dos autores).

¹¹ A paletização é o processo de acondicionamento de materiais em *pallets*, que são estrados usualmente em madeira, com dimensões padronizadas e normalizadas (nota dos autores).

¹² Compreende a apuração quantitativa do entulho e transporte, buscando a redução do desperdício. Este ponto atende a melhoria contínua prevista pela norma ISO 9002 (nota dos autores).

¹³ Para atender aos requisitos da ISO 9002 (nota dos autores).

¹⁴ A empresa afirma que, durante um pequeno período de tempo, os sacos de papelão de cimento eram enviados à empresa Eternit S/A que os utilizava, porém o alto grau de exigência em relação aos sacos, que deviam seguir perfeitamente limpos e não podiam ser molhados tornou inviável o envio dos mesmos (nota dos autores).

BIBLIOGRAFIA

- ANASTAS, P.; BREEN, J. Design for the Environment and Green Chemistry: the heart and soul of industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 5, No. 1-2, 1997. pp. 97-102.
- BOONS, F. A.; BAAS, L. W. Types of Industrial Ecology: the problem of coordination. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 5, No. 1-2, 1997. pp. 79-86.
- CARNEIRO, A. P.; QUADROS, B. E. C.; OLIVEIRA, A. M. V. DE; BRUM, I. A. S. DE; SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P. V.; COSTA, D. B. Características do entulho e do agregado reciclado. In: RECICLAGEM DE ENTULHO PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. 312 p.
- CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S. DE; CARNEIRO, A. P.; COSTA, D. B. Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na Região Metropolitana de Salvador. In: RECICLAGEM DE ENTULHO PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. 312 p.
- CHARTER, M.; TISCHNER, U. Sustainable Product Design. In: CHARTER, M.; TISCHNER, U. (org.). *Sustainable Solutions*. Reino Unido: Greenleaf Publishing, 2001.
- EHRENFELD, J. R. Industrial Ecology: a framework for product and process design. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 5, No. 1-2, 1997. pp. 87-95.
- ERKMAN, S. Industrial Ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 5, No. 1-2, 1997. pp. 1-10.
- GERTSAKIS, J.; LEWIS, H.; RYAN, C. *Introduction to EcoReDesign: improving the environmental performance of manufactured products*. Disponível em <http://www.cfd.rmit.edu.au/outcomes/Pubs4Sale.html>. Centre for Design at RMIT, 1997.
- GRAEDEL, T. Industrial Ecology: definition and implementation. In: SOCOLOW, R.; ANDREWS, C. BERKHOUT, F.; THOMAS, V. *Industrial Ecology and Global Change*. Cambridge University Press, 1994.
- INTERNATIONAL CONCIL FOR RESEARCH AND INOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB). *Agenda 21 para construção sustentável*. Tradução do Relatório CIB. São Paulo: CIB PCC USP, 2000. (Report Publication 237)
- JOHN, V. M. Custos de manutenção. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS ESCOLAS, POSTOS DE SAÚDE, PREFEITURA E PRÉDIO PÚBLICOS EM GERAL, 1988, Porto Alegre. *Anais ...* Porto Alegre, 1988. V. 1, p. 32-51.
- JOHN, V. M. Aproveitamento de Resíduos Sólidos como Materiais de Construção. In: RECICLAGEM DE ENTULHO PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. 312 p.
- KILBERT, C. Establishing principles and a model for sustainable construction. In: CIB TG 16 SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 1994, Tampa, Florida. *Proceedings ...* Tampa, Florida, 1994. p. 3-12
- KIPERSTOK, A.; MARINHO, M. Ecologia Industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. In: BAHIA ANÁLISE & DADOS, 2001, Salvador, SEI. V. 10, n. 4, p. 271-279.
- LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. Energy Efficiency in Buildings in Brazil. In: CONSTRUCTION AND ENVIROMENT: THEORY AND PRACTICE, 2000, São Paulo, *Anais ...* São Paulo: CIB PCC USP, 2001. 1 CD.
- LOTURCO, B. Construção Sustentável. In: REVISTA TÉCNICA. São Paulo: Editora PINI. Outubro, 2002, p. 36-42.
- PORTER, M.; van der LINDE, C. Green and Competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*, Sep-Oct 1995.

_____. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9, N.º 4, Fall 1995.

RAMOS, J. *Alternativas para o Projeto Ecológico de Produtos*. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2001.

RESOLUÇÃO Nº 307 DE 05 DE JULHO DE 2002. Disponível em <http://www.mma.gov.br>, 20/03/2003.

Van BERKEL, R.; WILLEMS, E.; LAFLEUR, M. “Development of an Industrial Ecology Toolbox for the Introduction of Industrial Ecology in Enterprises – I”. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 5, No. 1-2, 1997. pp. 11-25.