



CAPÍTULO I

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



Vanderley M. John

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ao longo da história da humanidade, a visão de progresso vem se confundindo com um crescente domínio e transformação da natureza. Nesse paradigma, os recursos naturais são vistos como ilimitados. Resíduos gerados durante a produção e ao final da vida útil dos produtos são depositados em aterros, caracterizando um modelo linear de produção. A preservação da natureza foi vista de forma geral como antagonista ao desenvolvimento. Neste contexto, a preservação da natureza significou a criação de parques, áreas especiais destinadas a preservação de amostras da natureza para as gerações futuras, evitando-se a extinção de espécies.

O primeiro alerta dos limites desse modelo foi a poluição do ar e da água, que levou à geração do conceito de **controle ambiental** da fase de produção industrial, com o estabelecimento de rígida legislação limitando a liberação de poluentes e com a criação de Agências Ambientais. Em grande medida, essa visão ainda está presente no movimento ambiental, algumas vezes denominado de preservacionista, e na ainda limitada consciência ambiental dos brasileiros. Preservação ambiental é, antes de tudo, preservação de espécies em extinção, de áreas de matas nativas e rios.

A visão de **desenvolvimento sustentável** surge como 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. O avanço do conhecimento sobre os efeitos de poluentes orgânicos biopersistentes, as catástrofes planetárias como a destruição da camada de ozônio por gases produzidos e liberados pelo homem e o conhecido efeito estufa demonstram que a preservação da natureza vai exigir uma reformulação mais ampla dos processos produtivos e de consumo. Isso implica uma reformulação radical da visão de impacto

ambiental das atividades humanas, que passa também a incorporar **todos os impactos 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. Além dos regulamentos que limitam a poluição do ar e da água e protegem vegetação e espécies naturais, é evidente a necessidade de uma análise crítica dos processos de produção e de consumo. Nesse sentido, a proteção ambiental deixa de ser uma preocupação de ambientalistas e funcionários de órgãos ambientais, para entrar no mundo dos negócios. A série de normas ISO 14000 é a parte mais visível de um movimento empresarial que envolve, pela primeira vez, organizações não-governamentais integradas por empresas.

A Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas (Rio 92) consolida através da AGENDA 21, a visão de que desenvolvimento sustentável não apenas demanda a preservação dos recursos naturais, de modo a garantir para às gerações futuras iguais condições de desenvolvimento — a equidade entre gerações — mas também uma maior equidade no acesso aos benefícios do desenvolvimento — a igualdade intrageração. Esse último postulado tem conseqüências sociais importantes.

A CONSTRUÇÃO CIVIL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil, que lhe dá suporte, passe por profundas transformações.

A cadeia produtiva da construção civil, também denominada *construbusiness*, apresenta importantes impactos ambientais em

todas as etapas do seu processo: extração de matérias primas, produção de materiais, construção, uso e demolição. Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deve colocar o aperfeiçoamento da construção civil como prioridade.

Esse grande impacto decorre de diferentes fatores, entre os quais, o enorme peso do macrocomplexo da construção civil na economia. No Brasil, o *construbusiness* corresponde a 14% da economia. Qualquer atividade humana necessita de um ambiente construído adequado para sua operação, e, os produtos da construção civil são sempre de grandes dimensões.

O macrocomplexo da construção civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. Estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (Sjöström, 1992). O setor consome, por exemplo, enormes quantidades de materiais com significativo conteúdo energético (**Tabela 1**), que necessitam ser transportados a grandes distâncias. Estima-se que cerca de 80% da energia utilizada na produção de um edifício é consumida na produção e transporte de materiais (Construction..., 1996).

TABELA 1- CONSUMO DE ENERGIA (GJ/ton) PARA A PRODUÇÃO DE DIFERENTES MATERIAIS NOS PAÍSES BAIXOS NO ANO DE 1990 (BASEADO EM CONSTRUCTION..., 1996)

MATERIAL	E	MATERIAL	E	MATERIAL	E	MATERIAL	E
Alumínio	250	Aço	30-60	Cal	3-5	Agregados	< 0,5
Plásticos	75	Vidro	12	Cerâmica	2-7	Cinza vol.	< 0,5
Cobre	> 100	Cimento	6	Madeira	0,1-5	Solo	< 0,5



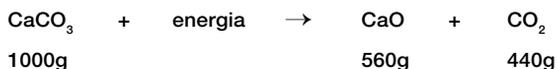
O consumo de agregados, na construção civil, também é muito grande (**Tabela 2**). Algumas reservas de matérias-primas estão, atualmente, bastante limitadas, a exemplo das reservas mundiais de cobre, com vida útil estimada em pouco mais de 60 anos (Construction..., 1996). Numa cidade como São Paulo, o esgotamento das reservas próximas da capital faz com que a areia natural já seja transportada de distâncias superiores a 100 km, implicando enorme consumo de energia e geração de poluição.

TABELA 2 - PRODUÇÃO ANUAL DE AGREGADOS EM DIVERSOS PAÍSES, NO ANO DE 1988, (CONSTRUCTION..., 1996) E ESTIMATIVA PARA O BRASIL.

PAÍS	Mton	Mton <i>per capita</i>
França	138	2,45
Japão	1,90	1,54
Coréia do Sul	46	1,07
Reino Unido	319	5,56
USA	1937	7,74
Brasil (concreto e argamassas)*	~ 200	~ 1,24

* Estimativa do autor, que considera a produção de cimento dos últimos anos em aproximadamente 36 Mton, uma proporção média cimento: agregados 1:5,5 e uma população de 160 milhões de habitantes. A esse valor devem ainda ser somados os agregados utilizados na construção de rodovias, entre outros.

As atividades de produção de matérias-primas, de canteiro e até mesmo de manutenção e demolição geram impactos ambientais, como resíduos, ruído, poeira, além dos poluentes industriais. A produção de cimento e cal, por exemplo, envolve a calcinação de calcário, lançando grande quantidade de CO₂ na atmosfera:



Isso significa que, para cada tonelada de cal virgem, são produzidos 785 kg de CO₂, ou mais de 590 kg de CO₂ para uma tonelada de cal hidratada. No Brasil, a indústria cimenteira é responsável por mais de 6% do CO₂ gerado (John, 2000). O CO₂ é o principal gás responsável pelo efeito estufa.

O macrocomplexo da indústria da construção civil é a principal geradora de resíduos da economia. Os resíduos produzidos nas atividades de construção, manutenção e demolição têm estimativa de geração muito variável (John, 2000). Os valores encontrados, na bibliografia internacional, variam de 163 a mais de 3000 kg/hab. ano. No entanto, os valores típicos encontram-se entre 400 e 500 kg/hab. ano, valor igual ou superior à massa de lixo urbano. Parte significativa desses resíduos são depositados ilegalmente, acumulam-se nas cidades, gerando custos e agravando problemas urbanos, como enchentes e tráfego (Pinto, 1999). A produção dos materiais que a construção consome também gera resíduos, como as escórias de alto forno e de aciaria, resíduos cerâmicos, etc. Pelo menos, parte desses resíduos já é reciclada pela construção civil. De maneira geral, estima-se que o *construbusiness* seja responsável por cerca de 40% dos resíduos gerados na economia.

A fase de uso dos edifícios e de outras construções também possui impacto ambiental significativo, especialmente se considerarmos o estoque de produtos da construção civil em uso. Os edifícios são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica no Brasil (Lamberts & Westphal, 2000). A sua operação consome água, tanto em suporte às atividades desenvolvidas quanto em limpeza. Atividades de manutenção e de demolição geram resíduos, poeira e ruído. 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). O interior de edifícios é, de maneira geral, sempre mais poluído que o ar exterior, tanto pela geração de poeiras e proliferação de micro-organismos quanto pela liberação de compostos orgânicos voláteis, nocivos à saúde dos usuários.

Esse significativo impacto ambiental da construção civil tem levado diferentes países a adotarem políticas ambientais específicas para o setor. Conseqüentemente, a agenda ambiental é prioridade em muitas regiões do mundo. A Civil Engineering Research Foundation (CERF), entidade dedicada a promover a modernização da construção civil dos Estados Unidos, realizou uma pesquisa entre 1500 construtores, projetistas e pesquisadores de todo o mundo (Bernstein, 1996), visando a detectar quais as tendências consideradas fundamentais para o futuro do setor. Nessa pesquisa, a “questão ambiental” foi considerada a segunda tendência mais importante para o futuro (**Figura 1**). Com base nesses resultados, a entidade definiu 38 propostas diferentes de pesquisa.

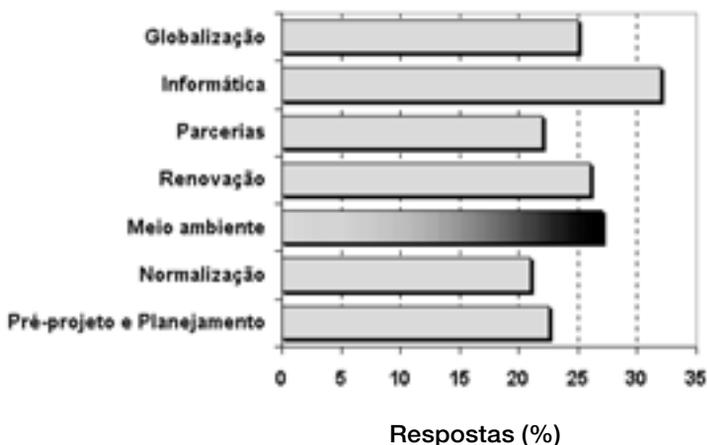


FIGURA 1
GRAU DE IMPACTO DE DIFERENTES TENDÊNCIAS NAS ATIVIDADES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (BERNSTEIN, 1996)

Essa tendência à regulamentação tem causado mobilização internacional do *construbusiness*. A European Construction Industry Federation possui, desde 1996, agenda específica para o tema (Construction..., 1996). O CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) colocou, entre suas prioridades de pesquisa e desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável. A entidade produziu a Agenda 21 para a construção civil, agora traduzida para o português pelo PCC USP.

De um modo geral, a redução do impacto ambiental da construção civil é tarefa complexa, sendo necessário agir em várias frentes de maneira combinada e simultânea (Kilbert, 1994):

1. Minimizar o consumo de recursos (conservar)
2. Maximizar a reutilização de recursos (reutilizar materiais e componentes)
3. Usar recursos renováveis ou recicláveis (renovar / reciclar)
4. Proteger o meio ambiente (proteção da natureza)
5. Criar um ambiente saudável e não tóxico (utilizar não tóxicos)
6. Buscar a qualidade na criação do ambiente construído (aumentar a qualidade)

Para a Agenda 21 do CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB, 2000), essas ações deverão considerar os seguintes aspectos: **(a)** organizacionais e de gestão; **(b)** design de componentes e de edifícios, incluindo aspectos relativos a reciclabilidade; **(c)** conservação de recursos naturais; **(d)** desenvolvimento urbano; **(e)** outros impactos ambientais relacionados a atividades do setor; **(f)** aspectos sociais, culturais e econômicos (CIB, 2000).

Essas diretrizes gerais devem se manifestar em preocupações técnicas específicas. Por exemplo, a durabilidade deixa de ser um aspecto importante apenas do ponto de vista econômico e passa

a significar o tempo em que as atividades que implicaram determinado impacto ambiental cumprem sua função social (Sjöström, 1996), minimizando o consumo de recursos, preservando a natureza e minimizando o impacto ambiental. O aumento da durabilidade vai exigir alterações no *design* e em procedimentos organizacionais e de gestão. É necessário perceber que o aumento da durabilidade, expresso em termos de vida útil, depende não apenas da taxa de degradação física de materiais e componentes — determinada pela interação entre os materiais selecionados e os macro e microclimas —, mas também da degradação social (John, 1987), que pode ser entendida como consequência de mudanças nas necessidades dos usuários com o decorrer do tempo. Essas mudanças são um reflexo cultural das transformações que a sociedade sofre, seja em termos de tecnologia ou de mudança de poder aquisitivo, e inclui aspectos de cunho eminentemente social, como o gosto ou a moda. A durabilidade, pois, deve ser controlada pela possibilidade de readequação às mudanças nas necessidades dos usuários (John; Kraayenbrink; Van Wamelen, 1996).

A seleção de materiais deixará de ser feita apenas com base em critérios estéticos, mecânicos e econômicos, mas estará condicionada a diferentes questões como contaminação do ar interno — considerando as taxas de ventilação ambiental —, durabilidade no ambiente a que os mesmos serão expostos, possíveis impactos ambientais da sua deposição e possibilidades de reciclagem. Esses critérios constituirão parte integrante das atividades diárias dos engenheiros e arquitetos.

○

RECICLAGEM E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os resíduos são subprodutos gerados pelos processos econômicos, que incluem atividades extrativistas, produção industrial

e de serviços, bem como do consumo, até mesmo de preservação ambiental, como a microsílica e a escória de sinterização de resíduos urbanos, ambos com emprego na construção civil.

O macrocomplexo da construção civil é o maior responsável pela reciclagem no Brasil e na maioria dos países. A quase totalidade das armaduras para reforço passivo de concreto e do cimento Portland, comercializados no Brasil, contém elevado teor de resíduos, com grandes benefícios ambientais para a sociedade.

VANTAGENS AMBIENTAIS DA RECICLAGEM

As possibilidades de redução dos resíduos gerados nos diferentes processos produtivos apresentam limites técnicos objetivos. Os resíduos, portanto, sempre existirão. A política de proteção ambiental hoje vigente é voltada quase que exclusivamente para a deposição controlada desses resíduos. Essa política apresenta limites diversos. Um óbvio limite é que os aterros controlados constituem desperdício, por tempo indefinido, de um recurso limitado, o solo, além de concentrarem enormes quantidades de resíduos perigosos e sempre estarem sujeitos a acidentes de graves conseqüências. Para controlar o risco de acidentes, a normalização desses aterros tem recebido aperfeiçoamentos constantes, os quais têm elevado o preço desses serviços a valores muitas vezes insuportáveis. Na grande São Paulo, esses valores facilmente ultrapassam a US\$ 100/ton. Esses custos representam um fator de limitação para qualquer política, por várias razões, dentre as quais se destaca o fato de tornar as empresas geradoras de resíduos “inimigas” dessas políticas.

A reciclagem, por outro lado, é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa numa fonte de faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição. Uma grande siderúrgica, por exemplo, produz mais de 1 milhão

de toneladas de escória de alto forno por ano. A reciclagem desse material na indústria cimenteira, entre outras, mesmo se comercializado a baixo preço, é um excelente negócio, pois elimina as despesas com o gerenciamento e deposição do resíduo.

Se, na ponta geradora do resíduo, a reciclagem significa redução de custos e até mesmo novas oportunidades de negócios, na outra ponta do processo, a cadeia produtiva que recicla reduz o volume de extração de matérias-primas, preservando recursos naturais limitados.

A incorporação de resíduos na produção de materiais também pode reduzir o consumo de energia, não apenas pelo fato de esses produtos freqüentemente incorporarem grandes quantidades de energia, mas, também, porque podem-se reduzir as distâncias de transporte de matérias-primas. No caso das escórias e pozolanas, é esse nível de energia que permite produção de cimentos sem a calcinação da matéria prima, permitindo uma redução de consumo energético de até 80% (John, 1995a). Finalmente, a incorporação de resíduos no processo produtivo, muitas vezes, permite a redução da poluição gerada. Por exemplo, a incorporação de escórias e pozolanas reduz substancialmente a produção de CO₂ no processo de produção do cimento. A **Tabela 3** resume o impacto ambiental da reciclagem em alguns materiais de construção civil.

Finalmente, a incorporação de resíduos permite muitas vezes a produção de materiais com melhores características técnicas, como é o caso da adição de microsilica, que viabiliza concretos de alta resistência mecânica, e da escória de alto forno, que melhora o desempenho do concreto frente à corrosão por cloretos.

O incentivo à reciclagem deve ser, então, uma parte importante de qualquer política ambiental. (Proposal to European Community Brite Euram Program, ENBRI, 1994; John, 2000).

TABELA 3 - REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL (EM %) DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA PRODUÇÃO DE ALGUNS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (A PARTIR DE UDAETA & KANAYAMA, 1997)

IMPACTO AMBIENTAL	AÇO	VIDRO	CIMENTO ¹
Consumo de Energia	74	6	40
Consumo de Matéria Prima	90	54	50
Consumo de Água	40	50	—
Poluentes Atmosféricos	86	22	< 50 ²
Poluição Aquática	76		—
Resíduos em Geral	105	54	
Resíduos Minerais	97	79	

¹ Substituição por 50% de escória de alto forno

² Produção de CO₂

RISCOS DA RECICLAGEM

A reciclagem de resíduos apresenta, também, dois tipos de risco. O primeiro é o risco associado a qualquer inovação tecnológica na construção civil, pois a natureza empírica do conhecimento e a falta de tradição em inovação tecnológica, aliadas à longa durabilidade requerida, têm significado desempenho inadequado de muitas novas tecnologias introduzidas no mercado (John, 1995b). A esse problema soma-se o risco inerente à própria reciclagem, pois muitos resíduos são considerados perigosos, pois possuem elevadas concentrações de espécies químicas perigosas (John, 2000).

RECICLAGEM PRIMÁRIA VERSUS SECUNDÁRIA

As possibilidades de reciclagem de resíduos, dentro do próprio processo responsável por sua geração, são limitadas ou, muitas vezes, de alto custo. Assim, a reciclagem secundária dos resíduos é alternativa que deve ainda ser explorada.

A reciclagem primária, definida como a reciclagem do resíduo dentro do mesmo processo que o originou, é muito comum e possui grande importância na produção do aço e do vidro, embora seja, muitas vezes, técnica ou economicamente inviável (All..., 1993). Dificuldades com a pureza, a necessidade de controle estreito da uniformidade das matérias-primas e a concentração de plantas industriais em determinadas regiões, tornando necessário o transporte de resíduos a longas distâncias, são fatores que diminuem a competitividade da reciclagem primária.

Já a reciclagem secundária, definida como a reciclagem de um resíduo em outro processo produtivo, diverso daquele que o originou, apresenta inúmeras possibilidades, particularmente no macrocomplexo da construção civil.

Como já foi dito, a construção civil utiliza grandes volumes de diferentes materiais. Diferentemente de outras indústrias, os materiais utilizados, em sua maioria, são de composição e produção simples — especialmente os componentes que fazem uso do cimento Portland —, toleram variabilidade razoável e exigem baixas resistências mecânicas. Finalmente, atividades de produção relacionadas ao macrocomplexo estão presentes em todas as regiões de qualquer país.

Muitos dos produtos da construção civil estarão protegidos do contato direto com as intempéries. Este aspecto pode ser interessante ao encapsulamento de resíduos industriais perigosos. Muita pesquisa tem sido feita nesse sentido, infelizmente sem se

atentar para eventuais problemas de saúde dos trabalhadores e dos usuários das construções.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS E MULTIDISCIPLINARIDADE

John (2000) apresenta uma proposta de metodologia para pesquisa e desenvolvimento de reciclagem de resíduos com materiais de construção civil.

Resumidamente, a reciclagem de resíduos como material de construção envolve:

1. a caracterização física e química e da microestrutura do resíduo, incluindo o seu risco ambiental;
2. a busca de possíveis aplicações dentro da construção civil, considerando as características do resíduo;
3. o desenvolvimento de diferentes aplicações, incluindo seu processo de produção, com base em ciência dos materiais;
4. a análise de desempenho frente às diferentes necessidades dos usuários para cada aplicação específica;
5. a análise do risco ambiental do novo produto, incluindo contaminação do lençol frático, do ar interno e dos trabalhadores;
6. a análise do impacto ambiental do novo produto, numa abordagem “do berço à sepultura”, como está sendo chamada, que necessariamente deve envolver avaliação de riscos à saúde dos trabalhadores e dos usuários;
7. a análise da viabilidade econômica;
8. a transferência da tecnologia.

O desenvolvimento dessas atividades exige a capacidade de integração de conhecimentos vinculados a diferentes especializações, num trabalho multidisciplinar típico, com profissionais de áreas tão diversas como Ciências da Vida (Medicina, Biologia), Química, Marketing e Engenharia de Materiais. Todas elas são igualmente

importantes na viabilização de uma reciclagem. A **Tabela 4** apresenta algumas das atividades envolvidas em cada etapa do processo.

TABELA 4 - CONHECIMENTOS ENVOLVIDOS EM UM ESTUDO DE RECICLAGEM. NA ÚLTIMA LINHA, ESTÃO DESTACADOS OS CONHECIMENTOS TÍPICOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

	MATERIAIS	FINANÇAS	QUÍMICA	CIÊNCIAS DA VIDA	MARKETING	PRODUÇÃO	AMBIENTAL	PRODUTOR DO RESÍDUO
CARACTERIZAÇÃO	●		●	●		●		●
SELEÇÃO DE APLICAÇÕES	●	●		●	●	●	●	●
DESENVOLVIMENTO	●	●			●	●	●	●
DESEMPENHO	●	●	●	●		●	●	
IMPACTO AMBIENTAL	●	●	●	●		●	●	●
ATIVIDADES TÍPICAS DA ENGENHARIA CIVIL	●					●	●	●

É recomendável que participe do processo um especialista da indústria que produz o resíduo, pois somente esse profissional pode trazer informações sobre a exata composição do resíduo, amplitude da variabilidade de sua composição química e até mesmo julgar a possibilidade de alteração de algum aspecto do processo produtivo gerador do resíduo, de forma a tornar a reciclagem mais competitiva.

A integração dos conhecimentos e do universo da construção civil com os conhecimentos da área das Ciências da Vida é indispensável quando se investiga a reciclagem ou encapsulamento de resíduos potencialmente nocivos. Apesar desta importância até o momento não existe metodologia satisfatória disponível.

A integração de conceitos de marketing e finanças talvez seja a menos compreendida entre os pesquisadores, mas, nem por isso, deixa de ser uma das mais importantes. Qualquer produto, contendo resíduos ou não, precisa ser adequado ao mercado. Num setor conservador como a construção civil, com pouca experiência em inovação tecnológica, a introdução de um novo produto no mercado necessita ser realizada de acordo com um plano previamente estudado e definido.

A viabilidade financeira é certamente fundamental em todas as etapas, e deve ser avaliada em função do valor de mercado do produto, dos custos do processo de reciclagem e do custo da disposição em aterro. Uma metodologia específica precisa ser desenvolvida. A importância desse aspecto é facilmente percebida pela verificação que muitos produtos, tecnicamente viáveis e plenamente desenvolvidos, nunca chegam ao mercado.

Esta abordagem multidisciplinar, necessária ao desenvolvimento do processo de reciclagem, vai requerer habilidades adicionais dos engenheiros civis envolvidos no processo.

A complexidade e a multiplicidade de pessoas e aspectos envolvidos no projeto exigem o desenvolvimento de uma abordagem sistêmica, em que o impacto de cada decisão ou resultado experimental seja avaliado simultaneamente em todas as demais atividades que estão sendo desenvolvidas.

São também necessários o reconhecimento da importância das demais disciplinas e uma compreensão mínima ou entendimento da linguagem de cada uma delas, o que exige um nível mínimo de conhecimento técnico sobre cada uma. Este nível de conhecimento somente poderá ser obtido a partir de uma formação holística do profissional.



CONCLUSÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável está criando profundas raízes na sociedade e, certamente, deverá atingir as atividades do macrocomplexo da construção civil, da extração de matérias primas, da produção de materiais de construção, estendendo-se do canteiro às etapas de operação / manutenção e demolição. A partir desse conceito, a reciclagem de resíduos de outras indústrias é uma tendência que deverá ser aprofundada no setor. O desenvolvimento de produtos contendo resíduos, alguns deles perigosos, é atividade multidisciplinar. Os engenheiros civis deverão estar preparados para o desenvolvimento dessas atividades e utilização dos resíduos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALL that remains: a survey of waste and the environment. *The Economist*, n.29, May 1993.

BERNSTEIN, H. Bridging the globe: creating an international climate and challenges of sustainable design and construction. *Industry and environment*, Paris, v. 29, n.2, p. 19-21, abr./jun. 1996 .

CONSTRUCTION and the environment: fact and figures. *Industry and environment*, Paris, v. 29, n.2, p.2-8, abr./jun. 1996.

INTERNATIONAL CONCIL FOR RESEACH 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. *Avaliação da vida útil de materiais, componentes e edifícios*. 1987. 130f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

JOHN, V. M. *Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio*. 1995. 200f. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995a.



JOHN, V. M. Custos de manutenção. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS ESCOLAS, POSTOS DE SAÚDE, PREFEITURA E PRÉDIOS PÚBLICOS EM GERAL, 1988, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 1988. v.1, p 32-51.

JOHN, V. M. Novas tecnologias para a construção habitacional. In: SIMPÓSIO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2., 1995, Bauru. *Anais...* Bauru, 1995b. p.108-113.

JOHN, V. M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. 2000. 120f. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JOHN, V. M.; KRAAYENBRINK, E. A.; VAN WAMELEN, J. Upgradeability: and added dimension to performance evaluation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM APPLICATIONS OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDING, 1996, Tel Aviv. *Proceedings...* Tel Aviv: CIB, 1996.

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.

LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. Energy Efficiency in Buildings in Brazil. In: CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT: THEORY AND PRACTICE, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: CIB PCC USP, 2000. 1 CD.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PROPOSAL TO EUROPEAN COMMUNITY BRITISH EURAM PROGRAM (ENBRI). *Development of a framework for environmental assessment of building materials and components*. [s. l.], 1994. Texto mimeografado.

SJÖSTRÖM, C. Durability and sustainable use of building materials. In: LLEWELLYN, J. W.; DAVIES, H. (Ed.). *Sustainable use of materials*. London: BRE/RILEM, 1992.

UDAETA, M. E. M.; KANAYAMA, P. H. A conservação de energia elétrica a partir da reciclagem de lixo. In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS, 1997, Vitória. *Anais...* Vitória: ABM, 1997. p. 215-232.



Vanderley M. John - Eng. Civil, M. Eng. (NORIE-UFRGS, 1987), Dr. Eng. (PCC/USP, 1995), Livre Docente (PCC USP, 2000), Professor Associado PCC USP
Para a realização do trabalho apresentado neste capítulo o autor contou com o financiamento da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) através do programa HABITARE e da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

