

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

JOSÉ GOLDEMBERG

COORDENADOR

5

O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil

VAHAN AGOPYAN
VANDERLEY M. JOHN

Blucher

de terra cotta: seção

Ardase: FOL-TEAD.
Classe N14 - 64% foras.

Plancha de Sapr.
Seção 12/16

Isolante térmico

Ardase FOL-TEAD.
Classe N14 - 64% foras.

Blanc.

Acc's
Garage.

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil

Blucher

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

JOSÉ GOLDEMBERG

Coordenador

O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil

VOLUME 5

VAHAN AGOPYAN
VANDERLEY M. JOHN

O desafio da sustentabilidade na construção civil

© 2011 Vahan Agopyan

Vanderley M. John

1ª reimpressão – 2012

Editora Edgard Blücher Ltda.



Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-012 – São Paulo – SP – Brasil
Tel 55 11 3078-5366
editora@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

FICHA CATALOGRÁFICA

Agopyan, Vahan

O desafio da sustentabilidade na construção
civil: volume 5 / Vahan Agopyan, Vanderley M. John;
José Goldemberg, coordenador. – São Paulo: Blucher,
2011.

(Série Sustentabilidade)

ISBN 978-85-212-0610-1

1. Construção civil 2. Desenvolvimento
sustentável 3. Habitação 4. Habitação – Aspectos
ambientais 5. Meio ambiente 6. Política habitacional
I. John, Vanderley M. II. Agopyan, Vahan.
III. Goldemberg, José. IV. Título.

11-07332

CDD-620

Índices para catálogo sistemático:

1. Construção civil e desenvolvimento sustentável:
Engenharia civil 620

Apresentação

Prof. José Goldemberg

Coordenador

O conceito de desenvolvimento sustentável formulado pela Comissão Brundtland tem origem na década de 1970, no século passado, que se caracterizou por um grande pessimismo sobre o futuro da civilização como a conhecemos. Nessa época, o Clube de Roma – principalmente por meio do livro *The limits to growth* [*Os limites do crescimento*] – analisou as consequências do rápido crescimento da população mundial sobre os recursos naturais finitos, como havia sido feito em 1798, por Thomas Malthus, em relação à produção de alimentos. O argumento é o de que a população mundial, a industrialização, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais aumentavam exponencialmente, enquanto a disponibilidade dos recursos aumentaria linearmente. As previsões do Clube de Roma pareciam ser confirmadas com a “crise do petróleo de 1973”, em que o custo do produto aumentou cinco vezes, lançando o mundo em uma enorme crise financeira. Só mudanças drásticas no estilo de vida da população permitiriam evitar um colapso da civilização, segundo essas previsões.

A reação a essa visão pessimista veio da Organização das Nações Unidas que, em 1983, criou uma Comissão presidida pela Primeira Ministra da Noruega, Gro Brundtland, para analisar o problema. A solução proposta por essa Comissão em seu relatório final, datado de 1987, foi a de recomendar um padrão de uso de recursos naturais que atendessem às atuais necessidades da humanidade, preservando o meio ambien-

te, de modo que as futuras gerações poderiam também atender suas necessidades. Essa é uma visão mais otimista que a visão do Clube de Roma e foi entusiasticamente recebida.

Como consequência, a Convenção do Clima, a Convenção da Biodiversidade e a Agenda 21 foram adotadas no Rio de Janeiro, em 1992, com recomendações abrangentes sobre o novo tipo de desenvolvimento sustentável. A Agenda 21, em particular, teve uma enorme influência no mundo em todas as áreas, reforçando o movimento ambientalista.

Nesse panorama histórico e em ressonância com o momento que atravessamos, a Editora Blucher, em 2009, convidou pesquisadores nacionais para preparar análises do impacto do conceito de desenvolvimento sustentável no Brasil, e idealizou a *Série Sustentabilidade*, assim distribuída:

1. **População e Ambiente: desafios à sustentabilidade**
Daniel Joseph Hogan/Eduardo Marandola Jr./Ricardo Ojima
2. **Segurança e Alimento**
Bernadette D. G. M. Franco/Silvia M. Franciscato Cozzolino
3. **Espécies e Ecossistemas**
Fábio Olmos
4. **Energia e Desenvolvimento Sustentável**
José Goldemberg
5. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**
Vahan Agopyan/Vanderley M. John
6. **Metrópoles e o Desafio Urbano Frente ao Meio Ambiente**
Marcelo de Andrade Roméro/Gilda Collet Bruna
7. **Sustentabilidade dos Oceanos**
Sônia Maria Flores Giancesella/Flávia Marisa Prado Saldanha-Corrêa
8. **Espaço**
José Carlos Neves Epiphânio/Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo/Luiz Augusto Toledo Machado
9. **Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para a humanidade**
Jefferson Cardia Simões/Carlos Alberto Eiras Garcia/Heitor Evangelista/Lúcia de Siqueira Campos/Maurício Magalhães Mata/Ulisses Franz Bremer
10. **Energia Nuclear e Sustentabilidade**
Leonam dos Santos Guimarães/João Roberto Loureiro de Mattos

O objetivo da *Série Sustentabilidade* é analisar o que está sendo feito para evitar um crescimento populacional sem controle e uma industrialização predatória, em que a ênfase seja apenas o crescimento econômico, bem como o que pode ser feito para reduzir a poluição e os impactos ambientais em geral, aumentar a produção de alimentos sem destruir as florestas e evitar a exaustão dos recursos naturais por meio do uso de fontes de energia de outros produtos renováveis.

Este é um dos volumes da *Série Sustentabilidade*, resultado de esforços de uma equipe de renomados pesquisadores professores.

Referências bibliográficas

MATTHEWS, Donella H. et al. *The limits to growth*. New York: Universe Books, 1972.

WCED. *Our common future*. Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press, 1987.

Prefácio

*Vahan Agopyan
Vanderley M. John*

O setor da construção é essencial para atender necessidades e anseios da sociedade, ao proporcionar abrigo, conforto e qualidade de vida para indivíduos, famílias e comunidades, estimular o crescimento e produzir riquezas para comunidades, empresas e governos.

O setor é responsável pela implantação de infraestrutura de base como geração de energia, saneamento **básico, comunicações, transporte** e espaços urbanos, além da execução de edifícios públicos e privados, com o objetivo de prover moradia, trabalho, educação, saúde e lazer em nível de cidade, estado e nação.

Ao mesmo tempo, o setor também é responsável por uma parcela significativa do consumo de recursos naturais, incluindo energia e água, além de ser um dos maiores responsáveis pela geração de resíduos sólidos e pela emissão de gases de efeito estufa.

Além disso, a construção tem, em grande parte dos casos, um ciclo de vida bastante longo, de ao menos 30 a 50 anos, o que torna complexas as análises dos seus impactos positivos e negativos, no sentido de escolher a melhor estratégia para conceituação, projeto, materiais e tecnologias que devem estar presentes nos espaços construídos, de forma a proporcionar melhor qualidade do ambiente no que tange aos anseios dos usuários e da comunidade e, ao mesmo tempo, atender aos requisitos de confiabilidade, eficiência e racionalidade no uso de recur-

tos naturais que são limitados, a durabilidade esperada e a flexibilidade de usos ou adaptações às demandas futuras.

Ao ler este livro, entendo que este texto não tem a pretensão de encerrar o assunto, mas sim de abrir dimensões e fronteiras com o objetivo de inserir inovações e novas oportunidades para o setor da construção, que deve migrar nos próximos anos a um novo patamar de qualidade, que considera os limites naturais do planeta, as consequências das mudanças climáticas, as questões sociais ainda não resolvidas e os impactos gerados pelo lixo e por resíduos e emissões de poluentes e gases de efeito estufa.

Finalmente, vale ressaltar o aspecto da análise sistêmica que está presente ao longo dos vários capítulos do livro, importante para se otimizar o ambiente construído do ponto de vista social, econômico e ambiental, por meio de soluções que integram materiais, tecnologias passivas e ativas, e ações de conscientização a usuários e investidores para demandarem mais eficiência e qualidade do ambiente construído.

Marcelo Takaoka

Presidente do
CBCS – Conselho Brasileiro
de Construção Sustentável

Conteúdo

- 1** Construção e desenvolvimento sustentável, 13
 - 1.1 Apresentação do tema, 13
 - 1.2 A sociedade e a sustentabilidade, 19
 - 1.3 Oportunidades para a inovação, 21
 - 1.4 A necessidade de visão sistêmica, 23

- 2** Construção e sustentabilidade – Um breve histórico, 27
 - 2.1 Contexto, 27
 - 2.2 A realidade brasileira atual, 34

- 3** A contribuição da construção para as mudanças climáticas, 39
 - 3.1 Fundamentos, 39
 - 3.2 Emissões de CO₂ da construção civil, 42
 - 3.2.1 Produção de materiais de construção, 43
 - 3.2.2 Uso dos edifícios, 47
 - 3.2.3 Transporte de materiais e resíduos, 49
 - 3.2.4 Outros, 50
 - 3.3 Impacto e adaptação do ambiente cosntruído, 50
 - 3.4 Conclusões, 52

- 4** Cadeia produtiva de materiais e de componentes e a sustentabilidade, 57
 - 4.1 Introdução – o fluxo de materiais, 57
 - 4.2 A intensidade de consumo dos materiais da construção, 59
 - 4.3 Impactos ambientais de materiais, 61
 - 4.4 Impactos ao longo do uso, 63
 - 4.5 Impactos sociais dos produtos, 66
 - 4.6 Seleção de produtos: os equívocos mais comuns, 68
 - 4.7 Exemplos de novos materiais para a construção sustentável, 73
 - 4.8 O desafio dos resíduos da construção, 74

- 5** Durabilidade e construção sustentável, 85
 - 5.1 Introdução, 85
 - 5.2 A inevitável degradação dos materiais, 86
 - 5.3 Benefícios potenciais do aumento da vida útil, 89
 - 5.3.1 Ambientais, 89
 - 5.3.2 Econômicos, 89
 - 5.3.3 Sociais, 90
 - 5.4 Avaliação de impactos ambientais e o planejamento da vida útil, 91
 - 5.5 A durabilidade de soluções inovadoras, 92
 - 5.6 Comentários finais, 95

- 6** Informalidade e a sustentabilidade social e empresarial, 99
 - 6.1 Introdução, 99
 - 6.2 Recursos humanos, 102
 - 6.3 Usuários e clientes, 108
 - 6.4 Informalidade, 111

- 7** Outras ações e considerações finais, 123
 - 7.1 Água e construção sustentável, 124
 - 7.2 Energia, 128
 - 7.3 Certificação de produtos e empreendimentos, 131
 - 7.4 Considerações finais, 137

1 Construção e desenvolvimento sustentável

1.1 Apresentação do tema

Neste livro, o conceito de **sustentabilidade** é entendido no seu sentido amplo, conciliando aspectos ambientais com os econômicos e os sociais, item que inclui aspectos culturais. É necessário reconhecer que os aspectos ambientais (*green*) têm, neste momento, uma maior repercussão, tanto na mídia quanto em estratégias de marketing, fato bastante preocupante em um país com problemas sociais e econômicos como o Brasil. O tripé ambiente–economia–sociedade deve ser considerado de uma maneira integrada, pois, do contrário, não teremos um desenvolvimento sustentável: o desafio é fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para esta e para as futuras gerações.

A cadeia produtiva da Construção Civil é responsável pela transformação do ambiente natural no ambiente construído, que precisa ser permanentemente atualizado e mantido. Todas as atividades humanas dependem de um ambiente construído, cujo tamanho é dado pela escala humana e pelo planeta e não pode ser miniaturizado, embora em muitos casos esteja sendo diminuída a quantidade de espaço disponível, para alguns extratos da população. O tamanho planetário do ambiente construído implica grandes impactos ambientais, incluindo o uso de uma grande quantidade de materiais de construção, mão de obra, água, energia e geração de resíduos.

A demanda dos países em desenvolvimento por um ambiente construído maior e de melhor qualidade – condição para uma sociedade justa – vai exigir um acentuado crescimento do setor: espera-se que a indústria de materiais de construção cresça duas vezes e meia entre 2010 e 2050 em nível mundial, sendo que nos países em desenvolvimento (excluída China e Índia) 3,2 vezes[1]. No Brasil, a expectativa é que o setor da construção dobre de tamanho até o ano 2022[2].

Infelizmente, a cadeia produtiva da Construção Civil e os órgãos governamentais, em nível internacional, demoraram a perceber esse impacto e, atualmente, são forçados a mudanças culturais, tecnológicas e de comportamento para atender às demandas de uma sociedade cada vez mais bem esclarecida e exigente em relação à preservação do meio ambiente.

Por não termos reagido a tempo, não apenas no Brasil, o setor encontra-se na incômoda situação de ser apontado como o vilão da Natureza, sendo obrigado a defender-se de duras críticas de lideranças e instituições, que, muitas vezes, desconhecem a complexidade desse macrossetor da economia. Muitas soluções e conceitos apresentados como inquestionáveis e universais são, em muitas situações, inócuos ou, até mesmo, apresentam impactos ambientais e sociais negativos, podendo colocar em risco a própria qualidade de vida da sociedade. Talvez por ser percebida como uma atividade simples – afinal uma parte substancial da construção de edifícios é feita sem assistência profissional, sem que grandes perdas de desempenho sejam evidentes – muitos se julgam competentes para opinar e apresentar soluções de sustentabilidade para um tema que, como demonstraremos neste livro, é complexo.

De uma forma resumida, o impacto ambiental da Construção Civil depende de toda uma enorme cadeia produtiva: extração de matérias-primas; produção e transporte de materiais e componentes; concepção e projetos; execução (construção), práticas de uso e manutenção e, ao final da vida útil, a demolição/desmontagem, além da destinação de resíduos gerados ao longo da vida útil. Esse processo é influenciado por normas técnicas, códigos de obra e planos diretores e ainda políticas públicas mais amplas, incluindo as fiscais. Todas essas etapas envolvem recursos ambientais, econômicos e têm impactos sociais que atingem a todos os cidadãos, empresas e órgãos governamentais, e não apenas aos seus usuários diretos. O aumento da sustentabilidade do setor depende de soluções em todos os níveis, articuladas dentro de uma visão sistêmica.

A cadeia produtiva de materiais e componentes de construção, isoladamente, tem impacto significativo que precisa ser mitigado. A gama de produtos ofertados (ou aqueles não ofertados) limita as opções para projetistas e consumidores. E, dessa forma, influi decisivamente no impacto ambiental de edifícios e obras ao longo do seu ciclo de vida.

Normas técnicas, códigos de obra e planos diretores limitam a liberdade de escolher soluções – muitas vezes, dificultando as inovações –, permitindo e, até mesmo, forçando soluções que aumentam o impacto ambiental ao longo da vida útil do edifício, – por exemplo, ao demandar maior energia para condicionamento ambiental, por deficiência de ventilação. Por outro lado, esses documentos têm um enorme potencial de incentivar e orientar o setor a adotar soluções mais sustentáveis, um aspecto que ainda não foi adequadamente explorado.

Políticas públicas, inclusive fiscais, incentivam ou desestimulam soluções e produtos no mercado. No entanto, em um país onde boa parte da economia é informal, o poder de influência desse tipo de política e da normalização é relativo – atinge apenas aqueles que escolhem trabalhar dentro da formalidade. Um aspecto particularmente grave da informalidade é que políticas públicas que gerem (mesmo que em um primeiro momento) custos adicionais acentuam as vantagens competitivas dos informais – que não têm compromissos sociais e ambientais – o que pode eliminar as vantagens previstas pelo poder público e, até mesmo, retirar do mercado empresas formais.

As decisões de projeto, como localização das obras, a definição do produto a ser construído, o partido arquitetônico e a especificação de materiais e componentes, afetam diretamente o consumo de recursos naturais e de energia, bem como a otimização ou não da execução e o efeito global no seu entorno (corte, aterro, inundações, ventilação, insolação), sem falar nos impactos estéticos e urbanísticos mais amplos. Os insumos empregados são, por si só, grandes consumidores de recursos naturais e de energia, mas também podem absorver e servir para a reciclagem de resíduos agroindustriais.

Na fase de execução, ocorre a geração de uma parcela significativa de resíduos, fator muito preocupante nas áreas urbanas. O volume de resíduos gerado é agravado pelas já bem divulgadas perdas dos processos ainda não otimizados. Durante o uso e a manutenção, temos um constante consumo de energia e mais geração de resíduos. Por fim, na etapa de demolição, mais resíduos são gerados, em grandes volumes.

Apesar de uma conscientização tardia, a Construção Civil vem tomando ações decisivas para se tornar menos agressiva à Natureza, por meio de posturas cada vez mais proativas. As primeiras medidas mais consistentes são do início da década de 1990, com estudos mais sistemáticos e resultados mensuráveis, como reciclagem e redução de perdas e de consumo de energia. Tomadas predominante em países desenvolvidos, essas medidas estão focadas em aspectos ambientais.

Mesmo no nosso país, significativas mudanças ocorreram nas duas últimas décadas, como a criação da Câmara Ambiental da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; o estudo de índices de perdas de materiais em escala nacional financiado pela Finep; a elaboração da Resolução Conama 307 sobre os resíduos; e, mais recentemente, selos – ainda voluntários – de eficiência energética de edifícios dentro do âmbito do Procel, o Programa Nacional de Uso Racional da Água. Destaca-se o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), que promoveu a qualidade da construção e, conseqüentemente, contribuiu para a sua sustentabilidade, como exemplo, facilitou a universalização das bacias sanitárias de baixo consumo de água. Paralelamente, tivemos o lançamento, no mercado, de inúmeros produtos para a economia de água (torneiras automáticas, e as já citadas bacias sanitárias de baixo consumo) e de energia (lâmpadas fluorescentes compactas, aquecedores solares), além de cimentos de baixo teor de clínquer, madeiras certificadas e plantadas etc. Essas iniciativas são muito importantes, pois representam redução real dos impactos socioambientais e uma mudança de mentalidade na sociedade. No entanto, ainda falta ao País uma política sistêmica, pois essas iniciativas atendem parcialmente aos anseios da sociedade. Falta também ao governo, em todos os níveis, dar exemplos concretos: as obras públicas, inclusive as habitacionais, ainda estão imunes a essa abordagem.

Aliás, as condicionantes culturais não podem ser menosprezadas, pois muitos profissionais e consumidores ainda consideram um componente que contém material reciclado – até mesmo soluções tradicionais utilizadas com vantagens por mais de 50 anos – como produto de segunda categoria, independentemente do seu desempenho técnico e ambiental. Isso não impede de comprarem, sem perceber, aço com até 90% de sucata. Outros ainda julgam como de boa qualidade um produto final que atenda às especificações, mesmo que para isso ele tenha sofrido vários reparos/retrabalhos, resultando em perdas e desperdícios,

além de maior volume de resíduos. No outro extremo, temos aqueles que julgam que apenas por conterem resíduos ou não conterem determinadas substâncias, os produtos são sustentáveis. A cultura, o conhecimento e a habilidade dos usuários também são determinantes.

Como as ações são ainda, relativamente, tímidas comparadas com as de outras indústrias, mesmo nos países desenvolvidos, a Construção Civil sofre fortes pressões externas, com algumas decisões políticas não coerentes. Decisões que afetem o mercado de materiais e componentes, por exemplo, não afetam apenas as obras futuras, mas também influem nas existentes que necessitam de manutenção por décadas. Por exemplo, a proibição do uso de um componente com um determinado material deve ser acompanhada pelo oferecimento de um alternativo, com propriedades geométricas, físico-mecânicas e de durabilidade semelhantes, para permitir a reposição dos já aplicados nas construções existentes. Ou ainda, a obrigatoriedade de emprego de resíduos implica a alteração dos sistemas de produção de centenas ou milhares, quando não dezenas de milhares, de empresas de todos os portes, que geram empregos e riquezas em diferentes partes do País.

Assim, a Construção Civil deve enfrentar este novo desafio contundentemente, estabelecendo uma agenda com metas de curto, médio e longo prazo, propondo medidas e desenvolvendo programas que reduzam significativamente o impacto ambiental dessa atividade, em colaboração com o governo e as entidades ambientalistas para a melhoria da nossa qualidade de vida. O prazo deve ser suficiente para permitir ao mercado se ajustar adequadamente, evitando ou minimizando o desemprego, ou a elevação de preços dos produtos. Mais ainda, ela deve divulgar espontaneamente, e sem receios, os seus avanços e as suas dificuldades para que a sociedade como um todo seja bem informada e não adote medidas precipitadas e inadequadas. Por fim, não se pode esquecer que a Construção Civil pode, e já tem demonstrado no exterior, contribuir para a recuperação de áreas degradadas, passando a ser um instrumento útil para os ambientalistas.

No âmbito internacional, a contribuição do Conselho Internacional para a Pesquisa e a Inovação na Edificação e na Construção – International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)¹ – para o tema foi muito significativa, nas duas últimas dé-

1 Dados sobre o CIB estão disponíveis em: <www.cibworld.nl>.

casas. O Congresso Mundial da Construção Civil, em 1998, organizado pelo CIB, na cidade de Gävle, Suécia, foi o destaque da atuação da entidade no assunto, e culminou com o lançamento do texto *Agenda 21 on sustainable construction* (Agenda 21 para a construção sustentável) em 1999, e que foi traduzido em português no ano seguinte[3]. Esse texto contou, ainda, com o apoio de outros organismos internacionais de Construção Civil, tornando-se um documento de caráter universal.

Apesar de todos os esforços dispendidos, o leitor mais atento pode perceber que o documento citado não contempla adequadamente a realidade dos países em desenvolvimento, apesar do cuidado dos autores em destacar os problemas do mundo não industrializado. No entanto, o documento, por sua abrangência, é um excelente guia para a preparação de políticas sobre este tema, em qualquer região ou país. Um dos objetivos principais da Agenda 21 é a de servir, inicialmente, como um alerta a todos os setores da Indústria da Construção Civil dos problemas ambientais com que interagem e da urgência em programar ações eficazes para combatê-los. Outra finalidade do texto é a de servir de orientação para a formulação de diretrizes, políticas, normativas e soluções para todos os setores, nas suas diversas atividades, a fim de torná-las ambientalmente mais favoráveis, pretendendo chegar à construção sustentável.

Procurando contribuir com os países em desenvolvimento, destacando essa abordagem de forma mais direta, o CIB patrocinou, juntamente com a Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – United Nations Environment Programme (Unep) – a elaboração de um texto mais apropriado, que contou com a participação dos autores deste livro[4]. O documento não pretende ser definitivo, mas uma proposta orientativa de uma agenda de pesquisa para promover a sustentabilidade na construção local, bem como contribuir para divulgar o conhecimento dessa abordagem, mostrando que a sustentabilidade pode ser viável, mesmo em países com economia não consolidada. Esse tema será mais bem discutido no próximo capítulo.

A adaptação da Agenda 21 para o caso específico nacional existe[5], mas precisa ser atualizada, o que motivou a preparação deste livro.

1.2 A sociedade e a sustentabilidade

Há cerca de 250 anos nascia a sociedade industrial, fruto da aplicação dos conhecimentos científicos para resolver questões práticas. Nesse curto espaço de tempo, a sociedade industrial conseguiu dobrar a expectativa de vida do ser humano, fazendo com que a população do planeta tenha sido multiplicada por um fator de seis: somos mais de seis bilhões de humanos. Hoje, a moderna agricultura produz alimentos em quantidade superior a que é necessária para alimentar todos os seres humanos – a fome já não é inevitável. O cidadão médio do século XXI vive com mais conforto que o mais rico dos reis da Idade Média. É inquestionável que o desenvolvimento econômico, impulsionado pela aplicação sistemática de conhecimentos científicos, melhorou a qualidade de vida do ser humano. O crescimento continuado da produção de consumo de bens por uma população que cresceu seis vezes em 250 anos, levou o planeta a uma crise.

Em um país obcecado pela preservação da Amazônia, a questão da sustentabilidade parece uma questão florestal, que pouco tem a ver como o nosso dia a dia urbano. Ainda são poucas as pessoas que percebem que as ações do dia a dia, como a decisão de consumir ou não determinado produto, o tamanho do automóvel ou da casa a ser construída, o hábito de apagar a luz ou mantê-la acesa e a seleção de um fornecedor entre os vários disponíveis, são importantes para a sustentabilidade global. O ato de adquirir madeira ilegal ou carne de gado criado na Amazônia, por exemplo, fornece as bases econômicas para a destruição do planeta.

Neste livro, não se pretende fazer um tratado sobre a sustentabilidade, mas procura-se introduzir, de maneira bastante breve, os principais desafios do desenvolvimento sustentável, para poder destacar a contribuição da atividade de construir e usar edifícios para os principais problemas ambientais que nos afligem. Por questões de especialidade dos autores e de tempo, dois temas importantes merecem apenas uma abordagem sucinta: água e energia.

Existem muitas definições para o desenvolvimento sustentável. Em comum, todas elas apontam para o fato de que o desenvolvimento promovido nos últimos 250 anos pela humanidade, que permitiu enormes ganhos em termos de qualidade e expectativa de vida para os seres humanos, vem alterando significativamente o equilíbrio do planeta e

ameaçando a sobrevivência da espécie. Discute-se, então, a própria sobrevivência das pessoas. E ela depende de profundas alterações nos nossos hábitos de consumo, nas formas de produzir e fazer negócios.

É também fato que apesar de todo o desenvolvimento, quase 50% da população mundial não tem saneamento básico, cerca de ¼ da população mundial (mais de 1,5 bilhão de pessoas) ainda vive na extrema pobreza, com menos de US\$ 1,25 por dia[6] e cerca de 26% das crianças com menos de 5 anos, que vivem nos países em desenvolvimento, enfrentam problemas de subnutrição. Em consequência, é também consenso que o desenvolvimento sustentável deve buscar resolver as demandas sociais.

O desafio é, na verdade, a busca de um equilíbrio entre proteção ambiental, justiça social e viabilidade econômica. Aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável é buscar, em cada atividade, formas de diminuir o impacto ambiental e de aumentar a justiça social dentro do orçamento disponível. Não se podem omitir também os aspectos sociais que, neste caso, são bem complexos pela predominância da informalidade e, por fim, a introjeção desses conceitos dentro das empresas, para que não se tornem apenas produtos de marketing imediato.

As políticas de desenvolvimento sustentável já criaram um novo vocabulário – responsabilidade social empresarial, análise do ciclo de vida, mudanças climáticas – e têm implicações práticas em toda e qualquer atividade, inclusive na construção brasileira. Seu impacto na vida pessoal e nos negócios deverá se aprofundar no próximo período, com novos negócios, novas leis e regulamentos, com a materialização progressiva dos efeitos da crise ambiental. Profissionais e empresas que estiverem preparados para os desafios certamente terão maiores probabilidades de sucesso.

A lista de impactos que as atividades humanas têm no meio ambiente é grande: poluição do ar, inclusive interno, dos edifícios que trazem implicações diretas para a saúde dos usuários; mudanças climáticas e destruição de biomas e da camada de ozônio (que já está sendo progressivamente superada), entre outros.

Particularmente na Construção Civil, essas políticas se refletem em todas as atividades e implicam a revisão dos procedimentos que resultam em elevado consumo de materiais e geração de resíduos, na geração de gases de efeito estufa e no consumo de água e energia.

1.3 Oportunidades para a inovação

Para se atingir a sustentabilidade da construção é imprescindível a incorporação da inovação pela Construção Civil, com mudanças em todas as suas atividades. A definição mais simples que se tem para **inovação** é a do conhecimento novo colocado em prática, isto é, o conhecimento aplicado e adotado pelos setores produtivos. Por essa definição, a existência de uma patente não é suficiente para garantir que o conhecimento novo seja uma inovação, apesar de o autor da patente ser chamado de inventor pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi). Por essa razão, nas estatísticas apresentadas sobre o conhecimento que se transformou em inovação, o número de patentes é uma medida adotada universalmente; consideram-se apenas as patentes depositadas no exterior, imaginando que, pelos seus altos custos, uma pessoa ou empresa só irá depositá-la quando tiver uma aplicação confirmada. Em alguns estudos, também são consideradas as patentes nacionais, desde que elas já estejam sendo empregadas por alguma empresa. Por outro lado, em um grande número, as inovações sequer são patenteadas, por vários motivos, inclusive pela contínua evolução que se tem do produto ou serviço em questão. A prática de implementação de inovações progressivas é muito comum, e muitas vezes é imperceptível para os seus usuários.

Pelos dados divulgados pelo Governo Federal, o Brasil vem progredindo aceleradamente no desenvolvimento do conhecimento. Adotando como medida o número de artigos publicados em periódicos indexados internacionalmente, no ano de 2010, quase 3% desses artigos foram originados em centros de pesquisa nacionais. Em duas décadas, saímos do anonimato e estamos entre as 15 nações mais importantes no desenvolvimento da ciência. No entanto, quando aferimos a inovação, usando como grandeza o número de patentes depositados no exterior, como mencionado anteriormente, o nosso desempenho é pífio, quase nulo, necessitando utilizar a segunda casa depois da vírgula, para aferir. Por exemplo, dentre as patentes depositadas no escritório de patentes dos Estados Unidos, a participação daquelas cujos autores residem no Brasil é menor do que 0,1%. Surge sempre a dúvida: por que, se conseguimos melhorar a nossa produção científica, não estamos conseguindo transformá-la em inovação? Em outras palavras, se estamos, com poucos recursos, produzindo boa ciência, por que não estamos sendo competentes em revertê-la para o benefício da sociedade, que é o que faz a inovação?

Sem dúvida, para o conhecimento se transformar em inovação é imprescindível a intensa participação do setor produtivo, tanto o público como o privado, junto com os centros de desenvolvimento do conhecimento. Mesmo com as novas leis de inovação (federal e várias estaduais), com a Lei do Bem (Lei Federal 11196/05), os fundos setoriais e as novas políticas das agências de fomento para induzir a participação de empresas com as universidades e institutos de pesquisa, necessita-se de tempo para mudar a cultura e as tradições das instituições nacionais. A mudança está sendo muito lenta, a legislação é pouco conhecida e menos ainda utilizada, e ainda persistem dúvidas jurídicas sobre sua aplicação que desestimulam os participantes. Pelos dados da Fiesp, em 2009, apenas 542 empresas utilizaram os benefícios da Lei do Bem; essas empresas representam apenas 0,04% do PIB nacional.

Culturalmente, ainda existe um forte preconceito contra a colaboração de pesquisadores de instituições públicas com a indústria e, mais ainda, quanto a sua participação direta nos resultados financeiros das eventuais inovações – fato corriqueiro em outros países inclusive países com forte tradição de igualitarismo social, como Suécia e Cuba.

Outro aspecto que não pode ser esquecido é o elevado risco da pesquisa para a inovação, o que objetivamente eleva os seus custos. No caso de produtos, grosso modo, se o desenvolvimento em escala laboratorial dos conhecimentos tem um custo de 10, a sua viabilização em escala industrial, em condições reais de mercado, pode chegar a custar mais de dez vezes esse valor. Por isso, uma empresa tem de confiar plenamente na viabilidade técnica e econômica do novo conhecimento, para investir em sua aplicação. A estabilidade do mercado, a confiabilidade nas instituições públicas e o crédito barato são obrigatórios para estimular as empresas nesse tipo de investimento de médio ou longo prazo.

A alternativa para isso é a importação das inovações. Particularmente na Construção Civil deparamos com o problema da adequação dessa nova tecnologia nas condições brasileiras e a certeza de que sempre receberemos a versão anterior, pois a última versão sempre fica com quem a desenvolve. O pior, e lamentavelmente muito frequente, é quando recebemos uma “caixa-preta” que não nos permite nem adaptar o produto ou sistema às nossas necessidades, nem tampouco assimilar os conhecimentos a ela incorporados.

Existe também uma visão de que a inovação é um problema das indústrias de ponta e não tem nada a ver com a de Construção Civil. Mesmo não tendo sido nada radicais, temos de concordar que várias inovações superaram paradigmas e modificaram a abordagem da construção. A maioria das novidades introduzidas não foi revolucionária, mas garantiu a evolução contínua da tecnologia e a modernização da indústria. A inovação progressiva é uma característica da nossa cadeia produtiva – a introdução de pequenas novidades, de forma frequente e contínua, permitiu essa grande evolução do setor. Mas certamente não será suficiente para garantir a sustentabilidade da construção: criar condições econômicas para a inovação radical no setor da construção é um desafio particularmente importante.

A resposta ao desafio de fazer inovação no País não é simples, e os fatos demonstram que temos ainda um longo caminho a percorrer.

1.4 A necessidade de visão sistêmica

Não se pode discutir a sustentabilidade da Construção Civil, sem interferir em toda a cadeia produtiva que é complexa, pois envolve setores industriais tão díspares como: a extração de matérias minerais e a eletrônica avançada; enormes conglomerados industriais, como a indústria cimenteira, que interagem e até competem em alguns mercados com milhares de pequenas empresas familiares; órgãos públicos nas três escalas de governo; clientes de famílias de baixa renda em auto-construção a empresas que constroem verdadeiras cidades.

Desenhar ações eficazes requer uma análise abrangente, sistêmica. Um exemplo real: a introdução de aquecedores solares em edifícios residenciais multifamiliares, uma importante medida de economia de energia elétrica, pode inviabilizar medidas de medição individualizada de água com as tecnologias existentes. A viabilização da energia solar pode requerer mudanças nos códigos de edificações, de forma a maximizar a insolação na maior parte dos telhados. Outro exemplo é a tentativa de aprovação de uma política de obrigatoriedade de telhados frios (reflexivos) pela simples pintura dos telhados existentes com tinta de cor branca. Uma análise sistêmica releva que é necessário que a medida seja precedida pelo desenvolvimento de soluções duráveis que sejam resistentes ao crescimento de microrganismos. Adicionalmente, os telhados precisam ser adaptados, com pontos de água e acessíveis de forma segura, de maneira a viabilizar a necessária limpeza periódica.

Em consequência este livro não pretende ser um receituário de processos ditos sustentáveis, mas um texto que procura orientar o(a) profissional sobre o tema, e fornecer dados para permitir que ele(a) desenvolva as suas atividades levando em consideração e incorporando os aspectos da sustentabilidade da construção, em particular a da preservação do meio ambiente. Por esse motivo, em cada capítulo, é apresentada uma visão mais holística do tema antes de se concentrar nos aspectos da Construção Civil.

Espera-se que uma pessoa que conclua a leitura deste texto tenha adquirido o conhecimento suficiente para implementar os princípios de sustentabilidade nas suas atividades, e possa orientar os seus colegas para esse fim. Mais ainda, esteja consciente da complexidade do tema, da fragilidade das “receitas de bolo” muito divulgadas, e da necessidade de agregar e integrar todos os atores para conseguir atingir os objetivos. Por outro lado, pretende-se, com este texto, estimular os leitores a começarem a implantar medidas, mesmo que simples, pois elas servirão de pontos de partida para ações mais efetivas.

Evitou-se o texto acadêmico com muitas definições, citações e referências, mas procurou-se manter a terminologia e o texto cientificamente correto.

Referências bibliográficas

1. IEA/WBCSD. *Cement technology road map: carbon emission reduction up to 2050*. Genebra, WBCSD, 2009. Disponível em: <www.wbcsd.org/web/projects/Cement/Cement_TechnologyRoadmap_Update.pdf>.
2. FGV Projetos, LCA Consultoria. *Construbusiness 2010 – Brasil 2022: planejar, construir, crescer*. São Paulo: Fiesp, 2010. Disponível em: <www.fiesp.com.br/construbusiness>.
3. CIB. *Agenda 21 para a construção sustentável*. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000. 131 p. (Publicação CIB 237). Disponível em: <www.cibworld.nl>.
4. DU PLESSIS, C. (ed). *Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document*. Pretória/África do Sul: Capture Press, 2002. 83p.
5. JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; ABIKO, A. K.; PRADO, R. T. A.; GONÇALVES, O. M. SOUZA, U. E. *Agenda 21 for the Brazilian construction industry – a pro-*

posal. In: CIB SYMPOSIUM CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT. Theory to practice. São Paulo: PCC USP/CIB, 2000.

6. PNUD/ONU. *Relatório do Desenvolvimento Humano de 2009*. Coimbra: Edições Almedina, 2009. 229 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/27169334/Relatorio-do-Desenvolvimento-Humano-2009-PNUD-ONU>>.

Oportunidades para a inovação

Como foi destacado no texto, a inovação é imprescindível para a Sustentabilidade da Construção Civil e isso não deve ser considerado apenas como uma possibilidade para empresas de grande porte e para áreas de ponta. Assim, em todos os capítulos será apresentado um quadro com as possibilidades de inovação. Neste capítulo introdutório, é apresentado um exemplo simples, mas nem por isso menos marcante, de como a inovação está permitindo o emprego mais sustentável de materiais e componentes tradicionais.

Podemos analisar o concreto que é um material largamente empregado e tradicional, sendo um resultado direto da evolução do cimento Portland nos meados do século XIX, e que se consagrou no século passado. O concreto, reforçado com vergalhões de aço, permitiu uma completa alteração nos conceitos de estruturas das obras. Nesse material, para fins estruturais ou não, quatro propriedades são consideradas essenciais: resistência mecânica à compressão, durabilidade, deformação e sustentabilidade. Esta última vem se destacando nesta década.

A resistência mecânica à compressão, que é a propriedade mais mensurada do concreto, por ter uma forte correlação com as demais propriedades mecânicas e com algumas características físicas e durabilidade, foi significativamente melhorada. Com o melhor conhecimento do comportamento mecânico do concreto, por meio de sua microestrutura, foi possível aumentar a resistência de maneira marcante, seja reduzindo a porosidade pela redução do fator água/cimento com o auxílio de superplastificantes, ou pelo preenchimento desses vazios com materiais ativos muito finos (microsílicas). Hoje, comercialmente, temos concretos que ultrapassam 100 MPa e em laboratório já foi possível obter produtos com mais de 300 MPa.

De uma maneira resumida, podemos explicar que, com a incorporação de adições de cimento, em proporções específicas, e com a redução da per-

meabilidade, de uma maneira similar à empregada para o aumento da resistência, o concreto teve a sua durabilidade aumentada, atendendo às novas exigências do mercado. Hoje, ele é até empregado nos recipientes para armazenar rejeitos radioativos, por séculos. Da mesma forma, concretos com adições e aditivos e mantendo um teor baixo de ligantes e de fator água/ligante, têm a sua deformação reduzida, aumentando a distância entre as juntas de dilatação, tanto nas edificações como nos pavimentos, facilitando e aprimorando o seu uso.

Um material mais resistente, mais durável e que emprega menos matéria-prima de alto consumo energético, como a fração clínquer do cimento Portland, é, sem dúvida, um material mais sustentável. Por isso, o concreto conseguiu se tornar um material ambientalmente mais aceitável, e com a possibilidade de incorporação de resíduos, seja como agregados ou na produção do cimento, vem recebendo uma atenção especial dos ecologistas.

Com inovação progressiva e incremental, em menos de três décadas, o concreto tornou-se um material de construção melhor. Mais ainda, tornou-se técnica, econômica e ambientalmente competitivo, conseguindo se manter como o material mais consumido, mesmo tendo fortes concorrentes em todas as possíveis aplicações. Mas, como discutimos neste livro, inovações progressivas e incrementais já não são suficientes para que a construção seja, de fato, sustentável. Inovações radicais são imprescindíveis e urgentes.