



Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: definição de referência de desempenho nacional

Vanessa Gomes da Silva, Arquiteta, MEng. (1); Maristela Gomes da Silva, Eng. Civil, DEng. (2); Rubiane P. N. Antunes, Eng. Civil, MEng. (3); Vahan Agopyan, Eng. Civil, PhD. (4)

- (1) Professora do Dep. de Arquitetura e Construção e Coordenadora do Centro de Pesquisa em Construção e Meio Ambiente (C+E[®]) da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP; e-mail: vangomes@fec.unicamp.br.
- (2) Professora do Dep. de Estruturas e Edificações e Diretora do Centro Tecnológico da UFES; e-mail: margomes@npd.ufes.br.
- (3) Lafarge Argamassas; e-mail: rubiane.antunes@lafarge-brasil.lafarge.com.
- (4) Professor Titular do Dep. de Construção Civil da Escola Politécnica da USP; e-mail: agopyan@pcc.usp.br.

RESUMO

O objetivo de estabelecer valores de referência de desempenho ambiental (*benchmarks*) é informar o processo de tomada de decisões de forma quantitativa. Esta definição contempla elementos essenciais para determinar se – e em que extensão – o objeto avaliado atende a níveis pré-determinados de desempenho.

As experiências recentes no projeto *Green Building Challenge*, destinado a desenvolver um protocolo de avaliação ambiental de edifícios em diferentes países, revelam que as equipes participantes têm encontrado dificuldades para estabelecer estas referências e que os desempenhos relativos obtidos tornam-se descontextualizados e prejudicam a validade de comparações internacionais. As principais dificuldades referem-se à escassez de dados disponíveis e, por extensão, à falta de consenso para apresentar sugestões no caso da ausência completa de dados.

O presente trabalho dá continuidade à série de artigos relatando a participação brasileira no projeto *Green Building Challenge*. O objetivo principal é relacionar indicadores-chave da sustentabilidade de edifícios, a serem seguidos da proposição inicial de valores de referência de desempenho adequados ao caso nacional. Inicialmente, faz-se uma breve revisão do conceito e da importância do estabelecimento de referências de desempenho para a posterior definição de metas ambientais. As dificuldades e limitações de custo e tempo associadas ao estabelecimento de referências também são apresentadas, assim como perspectivas e sugestões para superação.

PALAVRAS-CHAVE

Impacto ambiental de edifícios; metodologia de avaliação; *benchmarking*; desempenho de referência

1 INTRODUÇÃO

1.1 O que é *benchmarking*, como surgiu e para que serve?

Apesar de o conceito fundamental remeter-se ao século XIX, o *benchmarking*, na forma como é conhecido atualmente, foi desenvolvido nos EUA na década de 70, em nível de gestão empresarial. Posteriormente, organizações do setor público passaram a utilizar esta ferramenta para melhoria de seus processos e sistemas, e associações industriais têm explorado seu potencial para melhoria de aspectos específicos de seus setores. Mais recentemente, autoridades governamentais vêm experimentando o *benchmarking* para melhoria dos processos de implementação de políticas públicas (HARRINGTON;HARRINGTON, 1996; O'REAGAIN; KEEGAN, 2001).

Benchmarking é uma ferramenta para melhoria de desempenho a partir do aprendizado das chamadas *best practices* e da compreensão do processo através do qual estas práticas de excelência são obtidas.

A aplicação de *benchmarking* compreende basicamente quatro etapas (O'REAGAIN; KEEGAN, 2001):

- (1) **diagnóstico:** visa o entendimento detalhado dos processos do estudo de caso. O objeto de estudo é classificado segundo uma série de *indicadores de desempenho*. Até aqui, os dados são absolutos e não se tem idéia do desempenho relativo do objeto;
- (2) **análise holística:** análise dos processos de objetos de estudo semelhantes. O objetivo é *identificar áreas-chave para melhoria*, gerando informações de ordem qualitativa e quantitativa. A atenção deixa de ser centrada no objeto de estudo para permitir o aprendizado com os líderes de desempenho em escala mundial;
- (3) **processo:** comparação do desempenho do estudo de caso com o do(s) outro(s) objeto(s) analisado(s). São definidos processos específicos para análise e melhoria. Identifica-se uma referência com desempenho superior e examina-se os processos em questão. Como resultado, a identifica-se a deficiência ou *lacuna de desempenho* e compreende-se o processo que levou ao desempenho superior. A partir daí, pode-se estabelecer planos de melhoria; e
- (4) **supressão da lacuna de desempenho:** definir e implementar os passos necessários para superar a deficiência de desempenho observada.

Ao estimular a observação de determinados níveis de desempenho são atingidos em outras situações e quais os processos que foram utilizados para tanto, um exercício de *benchmarking* ajuda a desvendar os processos que estão por trás da excelência de desempenho. A aplicação correta das lições aprendidas ao longo do exercício instala uma cultura de aprendizado contínuo, que permite encontrar soluções inovadoras para a melhoria de desempenho em funções críticas e áreas-chave do sistema e, principalmente, fornece condições para a sua transferência e implementação.

A utilização do conceito de *benchmarking* implica na definição dos seguintes elementos (Figura 1):

- **Indicadores-chave de desempenho:** utilizados para descrever o desempenho absoluto do objeto ou processo, medido em unidades funcionais com bases quantitativas;
- **Benchmarks ou valores de referência:** valores atribuídos para cada indicador de desempenho, nas unidades funcionais determinadas. Os *benchmarks* ou valores de referência normalmente indicam o desempenho equivalente a práticas usuais. Em alguns casos, podem referir-se a metas de desempenho ou a desempenho mínimo aceitável; e
- **Escala de avaliação/pontuação:** instrumento para graduação de desempenho, que descreve o desempenho do objeto de estudo em relação ao *benchmark* e/ou metas de desempenho estipulados (Tabela 1).

Tabela 1 – Exemplo de escala de graduação de desempenho.

Graduação Desempenho/Pontuação		Desempenho
Ótimo	10	Valor 20% > <i>benchmark</i>
Muito bom	5	Valor 10% > <i>benchmark</i>
Bom	0	Valor = <i>benchmark</i>
Insuficiente	-5	Valor 10% < <i>benchmark</i>

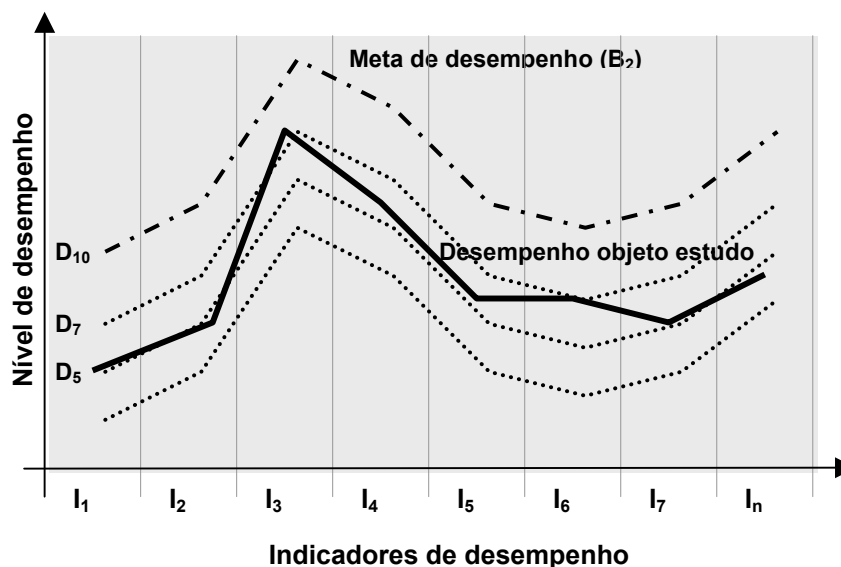


Figura 1 – Elementos para utilização de conceito de *benchmarking*: indicadores de desempenho, valores de referência (desempenho mínimo aceitável – B_1 - e meta de desempenho – B_2), escala de graduação.

1.2 Porque é importante utilizar *benchmarks* em avaliações ambientais?

A simples mensuração do desempenho de um edifício fornece a sua descrição em termos absolutos, mas em nada esclarece quanto ao significado deste desempenho em termos relativos. Para isto, é necessário realizar comparações, possíveis apenas quando se estabelece (1) critérios para comparação (*indicadores*) e (2) referências de - bom e mau – desempenho (*benchmarks*).

Uma avaliação ambiental implica, portanto, em medir quão bom ou ruim é o desempenho de um edifício *em relação a um conjunto determinado de critérios* (COLE;LARSSON, 2000_a). De posse de desempenhos conhecidos tomados como referência, é possível fazer julgamentos e identificar em que processos é possível ou necessário efetuar melhorias. A implementação de melhorias, por sua vez, é orientada pelo estabelecimento de um segundo nível de *benchmarks*: as chamadas *metas de desempenho*, que indicam os níveis de desempenho desejados (MILONAS;MACKLEY, 2001)

O objetivo de estabelecer valores de referência de desempenho ambiental (*benchmarks*) é informar este processo de tomada de decisões de forma quantitativa. Os valores definidos são elementos essenciais para determinar se – e em que extensão – o objeto avaliado atende aos níveis de desempenho esperados. Estes valores são tipicamente quantificáveis e devem ser representativos dos padrões e níveis aceitos em esfera local/nacional. Na ausência de dados ou fontes confiáveis que sustentem o estabelecimento de *benchmarks* ou valores de referência, perde-se a validade em determinar e descrever o desempenho relativo do objeto de estudo (MILONAS;MACKLEY, 2001).

O sucesso obtido pelo BREEAM, a metodologia com maior aceitação internacional, deve-se, em grande parte, a (1) cobertura abrangente de aspectos relacionados a energia, impacto ambiental, e saúde e produtividade; (2) identificação de oportunidades realistas para melhoria assim como de

potenciais vantagens financeiras adicionais; e (3) *abordagem de desempenho de referência (benchmark)* (SKOPEK, 1999). O conceito de *benchmarking* é, em alguma extensão, utilizado em todos os demais métodos de avaliação ambiental de edifícios. O LEED™, esquema utilizado nos EUA, trabalha com pontuação diferenciada à medida em que determinadas metas de desempenho são excedidas (USGBC, 2000) e uma das contribuições mais significativas que os trabalhos do *Green Building Challenge* trazem para a comunidade internacional é a declaração explícita de *benchmarks* contra os quais o desempenho dos estudos de casos são avaliados (COLE;LARSSON, 2000_a).

O presente trabalho dá continuidade à série de artigos relatando a participação brasileira no projeto *Green Building Challenge*. O objetivo principal é relacionar indicadores-chave da sustentabilidade de edifícios, a serem seguidos da proposição inicial de valores de referência de desempenho adequados ao caso nacional. Inicialmente, faz-se uma breve revisão do conceito e da importância do estabelecimento de referências de desempenho para a posterior definição de metas ambientais. As dificuldades e limitações de custo e tempo associadas ao estabelecimento de referências também serão apresentadas, assim como perspectivas e sugestões para superação.

2 ESTABELECIMENTO DE *BENCHMARKS*: ABORDAGEM DO GBC

2.1 Escala de desempenho e tipo de referência

Todos os critérios e sub-critérios de desempenho adotados no GBC são avaliados segundo um escala linear de desempenho que vai de -2 a +5 (COLE;LARSSON, 2000_a). A pontuação obtida é apresentada em relação a *benchmarks* explicitamente definidos, que correspondem ao zero na escala de desempenho. O valor +5 na escala representa uma meta de desempenho que está consideravelmente além das práticas de projeto, execução e operação usuais, mas que potencialmente podem ser atingidas com as tecnologias disponíveis, a partir da extrapolação das práticas típicas, mas sem considerações de custo. Uma pontuação de -2, por outro lado, indica que o desempenho é claramente inferior ao desempenho mínimo aceitável, normalmente para itens não cobertos por normalização ou para projetos de *retrofit*, em que não é possível atingir os mesmos níveis de desempenho de edifícios novos.

No primeiro ciclo de avaliações do GBC (1996-1998), propôs-se que as equipes estabelecessem um *edifício de referência*, com as mesmas dimensões, forma, uso, esquema de operação e seguindo as mesmas normas e práticas regionais que o estudo de caso. Esta iniciativa mostrou-se conceitualmente problemática e com alto grau de dificuldade para implementação prática. Como medida de contorno, as equipes acabaram utilizando *benchmarks* derivados de bases de dados e outras fontes com dados estatísticos válidos para os respectivos países. Encerrado o ciclo de avaliação, a substituição do conceito de *edifício de referência* pelo emprego de uma série de *benchmarks* claramente estabelecidos foi aprovada por unanimidade (COLE;LARSSON, 2000_a).

2.2 Critérios de normalização

Comparar desempenho com base em *benchmarks* requer o uso de medidas consistentes para cada critério avaliado. Em outras palavras, as unidades para mensuração dos *benchmarks* e do desempenho do estudo de casos devem ser idênticas. Para considerar adequadamente possíveis variações entre o *benchmark* e o estudo de caso, é necessário aplicar algum nível de *normalização*, e muitos aspectos ambientais de edifícios são expressos *por unidade de área* (ex. consumo de energia em kWh/m²). Para considerar variações nos padrões de ocupação dos edifícios, o segundo ciclo do GBC (1998-2000) acrescentou um novo nível de normalização, em que alguns critérios são normalizados em relação às *horas de ocupação anuais*.

2.3 Indicadores de sustentabilidade ambiental

No âmbito do GBC, os *indicadores de sustentabilidade ambiental* são uma série de medidas de desempenho que caracterizam práticas de construção sustentável. Estes indicadores foram introduzidos na metodologia como facilitadores para a comparação internacional entre resultados.

Até o GBC 2000, eram utilizados quatro indicadores de sustentabilidade:

- Consumo anual de energia primária;

- Área de solo consumida pelo edifício e atividades relacionadas;
- Consumo anual de energia primária; e
- Emissões de gases causadores de efeito estufa durante a operação do edifício.

Durante o último encontro do *International Framework Committee* realizado em Santiago, em março de 2001, o sub-grupo do GBC encarregado deste tema trabalhou na elaboração de uma lista mais detalhada de indicadores de sustentabilidade que chegou a cerca de 20 itens. Este trabalho continuou após a reunião em Santiago e o resultado será refinado na próxima reunião do IFC (Varsóvia, outubro de 2001).

2.4 Categorias de desempenho ambiental

O GBC trabalha com seis categorias de desempenho (COLE;LARSSON, 2000_b):

- Consumo de recursos;
- Emissões (cargas ambientais);
- Qualidade do ar interno;
- Qualidade dos serviços;
- Aspectos econômicos; e
- Gerenciamento pré-operações.

As quatro primeiras categorias estão vinculadas à escala de desempenho, e representam os aspectos ambientais mais aceitos e evidentes em todas as metodologias de avaliação. As duas últimas fornecem apenas descrições, sem pontuação. Este conjunto de categorias define o desempenho global do estudo de casos. Cada categoria é subdividida em critérios e, eventualmente, sub-critérios. Os critérios e sub-critérios são posteriormente ponderados, para indicar a sua importância relativa dentro das respectivas categorias. Na ferramenta GBTool, sugere-se valores-*default* para ponderação, a serem modificados pelas equipes de avaliação para melhor refletir as condições locais. Ainda não há consenso sobre o método científico para derivação padronizada das ponderações.

2.5 Benchmarks utilizados

A GBTool supõe a utilização de *benchmarks* distribuídos em seis classes:

1. Aspectos gerais do edifício

- *informações gerais de projeto (vida útil prevista)*
- *implantação, orientação e gerenciamento de resíduos e água de chuva*
- *uso de materiais (redução, reutilização e reciclagem)*
- *estimativa de CO₂ incorporado à estrutura e ao envelope (proporção das emissões operacionais)*

2. Energia incorporada

- *valores-defaults para a estrutura, de acordo com o peso da estrutura (kg/m²) e do teor de adições (cinza volante ou equivalente) no cimento*

3. Densidade de ocupação e consumo de água quente e fria (apenas para ocupação residencial)

4. Benchmarks gerais, de energia e de comutação de transporte

5. Ventilação mecânica (dados de projeto)

- *taxa de renovação (ar externo); quantidade máxima de ar recirculado, porcentagem de área refrigerada, UR de projeto, área das zonas de refrigeração, setpoints de aquecimento e refrigeração etc*

6. *Ventilação natural*

- *setpoints aquecimento, relação área janelas operáveis/área de piso; e relação área duto ventilação/área de piso.*

De todos os *benchmarks* acima, os parâmetros que mais nos chama atenção, considerando as condições climáticas brasileiras, são os referentes à ventilação natural, que claramente refletem condições de países de clima frio.

2.6 Necessidades percebidas pelo GBC neste tema

As experiências recentes no projeto *Green Building Challenge (GBC)*, destinado a desenvolver um protocolo de avaliação ambiental de edifícios em diferentes países, revelam que as equipes participantes têm encontrado dificuldades para estabelecer estas referências e que os desempenhos relativos obtidos tornam-se descontextualizados e prejudicam a validade de comparações internacionais. As principais dificuldades referem-se à escassez de dados disponíveis e, por extensão, à falta de consenso para apresentar sugestões no caso da ausência completa de dados (MILONAS;MACKLEY, 2001).

Durante o encontro do *International Framework Committee* realizado em Santiago, o sub-grupo do GBC encarregado deste tema sugeriu uma estratégia de ação constituída basicamente por três etapas:

- Desenvolvimento de uma base de dados para auxiliar o estabelecimento de *benchmarks* ou valores de referência em cada país;
- Desenvolvimento de sistema de classificação em que estes valores sejam apropriadamente definidos, considerando aspectos como localização geográfica, contexto sócio-econômico, tipo de edifício etc;
- Utilização destes dados para desenvolver metas internacionais para indicadores-chave e, conseqüentemente, prover contextualização internacional para o acompanhamento de progresso no desempenho ambiental.

As próximas seções detalham um pouco mais os dois primeiros estágios.

2.6.1 Base de dados de *benchmarks* ou valores de referência

As pesquisas conduzidas entre as equipes de avaliação participantes no GBC'98 e no GBC'2000 indicam que o estabelecimento de *benchmarks* nacionais ainda não está resolvido. Há problemas nas fontes de dados e na aprovação consensual dos valores sugeridos em caso de ausência completa de dados. Muitas equipes recorreram a consultas públicas para determinar os valores de desempenho que seriam adotados em suas avaliações para o GBC. No entanto, esta estratégia mostrou-se extremamente lenta e com custo elevado, sendo estes os dois aspectos-chave que constituem barreiras mais significativas para a continuidade do progresso nesta área (MILONAS;MACKLEY, 2001).

Para superar ou contornar as dificuldades de prazo e de custo foi iniciada uma combinação de consultas às equipes participantes, busca em literatura nos diferentes países e revisão dos critérios da GBTool que requerem a definição de *benchmarks*.

Este último ponto é relevante pois nem todos os critérios do GBTool atrelados a valores de referência estão preenchidos. De modo geral, mesmo internacionalmente nem sempre há dados para critérios como *vida útil prevista, volume de material (escavado e) retirado do canteiro, interferência no acesso à luz natural, características de ocupação* etc. Isto significa que, considerando o número de variáveis externas que interferem nestes valores, o número potencial de permutações de cada *benchmark* é quase infinito (MILONAS;MACKLEY, 2001). No caso do Brasil, em que a dificuldade de obtenção de dados confiáveis é visível nas mais diversas áreas, fica claro que a situação é ainda menos favorável.

Propõe-se, então, que os valores de referência devam atender a dois requisitos: (1) ter base quantitativa e (2) ser expressos por unidade funcional que possa fornecer informações para o processo de projeto. Espera-se, com isso, a racionalização do número de *benchmarks* e/ou critérios de avaliação utilizados no GBC.

2.6.2 Desenvolvimento de sistema de classificação

Um dos resultados-chave do GBC2000 foi o entendimento que uma série de variáveis afetam a relevância de uma avaliação do GBC, entre elas o contexto sócio-econômico, localização geográfica e tipo de edifício (MILONAS;MACKLEY, 2001).

A versão atual da GBTool trata alguns destes itens de forma genérica, permitindo, por exemplo, a seleção entre hemisfério norte/sul e ocupação comercial/residencial/escolar. No entanto, a sensibilidade que existe entre cada uma destas categorias é muito grande para que se possa, de maneira conclusiva, definir *benchmarks* nacionais/internacionais apropriados e medir o nível de desempenho tomando-os como referência (MILONAS;MACKLEY, 2001).

Propõe-se que um sistema de classificação que serviria de base para descrição e mensuração de *benchmarks* e metas de desempenho. Para cada um dos critérios e indicadores-chave de sustentabilidade considerados no GBC, seria desenvolvida uma matriz de dados como a mostrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Modelo de estrutura para o sistema de classificação de desempenho proposto (valores fictícios) (MILONAS;MACKLEY, 2001).

Indicador–chave de sustentabilidade: Consumo de energia (em MJ/m² GFA/ano)*						
Localização geográfica	Ocupação (tipo de edifício)					
Ásia – Pacífico	Escritórios/comercial			Residencial		
	Urbano	Subúrbio	Rural	Urbano	Subúrbio	Rural
País industrializado						
desempenho excelente (GB 10-7)	65	35	25	25	35	10
desempenho bom (GB 6-4)	85	50	35	45	55	20
desempenho básico (GB <4)	100	70	50	50	65	30
País recém-industrializado						
desempenho excelente (GB 10-7)	85	50	10	20	20	5
desempenho bom (GB 6-4)						
desempenho básico (GB <4)						
País menos desenvolvido						
desempenho excelente (GB 10-7)	85	10	5	35	5	1
desempenho bom (GB 6-4)						
desempenho básico (GB <4)						

* onde **m² GFA** significa **m² de área bruta de piso (gross floor area)**.

Matrizes como esta facilitariam o entendimento do desempenho relativo de edifícios individualmente ou do estoque construído como um todo. Para os projetistas, particularmente, as matrizes poderiam ser uma importante ferramenta de auxílio ao projeto, no sentido de fornecer **(1)** metas de desempenho a serem observadas no projeto e **(2)** meios para avaliação do nível de desempenho atingido e comparação internacional coerente (MILONAS;MACKLEY, 2001). Como a comparação seria feita com base nas classes de *valores GB*, isto é na pontuação atribuída no GBC, seria possível e válido *comparar por desempenho* um edifício GB6 (desempenho bom) no Brasil com edifícios GB6 na Holanda, França ou nos EUA, por exemplo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho relata a experiência brasileira na discussão sobre a definição de desempenhos de referência a serem adotados no âmbito do projeto *Green Building Challenge*, destinado a desenvolver um protocolo de avaliação ambiental de edifícios em diferentes países.

No GBC, relaciona-se uma série de indicadores-chave da sustentabilidade de edifícios, que recebem valores de referência de desempenho que devem ser personalizados conforme condições específicas da realidade de cada país participante.

As experiências recentes no projeto *Green Building Challenge* revelam que as equipes participantes têm encontrado dificuldades para estabelecer referências de desempenho e que os desempenhos relativos obtidos tornam-se descontextualizados e prejudicam a validade de comparações internacionais.

As limitações de prazo e custo resultantes da escassez de dados disponíveis e, por extensão, à falta de consenso para apresentar sugestões no caso da ausência completa de dados, constituem as principais barreiras encontradas pelo estabelecimento de referências de desempenho. Foram então apresentadas as sugestões para superação destas dificuldades discutidas durante a reunião do *GBC International Framework Committee* realizada em Santiago, Chile, em março de 2001. A estratégia a ser definitivamente adotadas para o próximo ciclo do GBC será definida na próxima reunião do Comitê Internacional, em Varsóvia, em outubro de 2001.

No caso do Brasil, os trabalhos para derivação de *benchmark* nacional passarão por duas etapas: (1) nomeação de indicadores-chave de desempenho ambiental de edifícios, válidos para o Brasil; e (2) sugestão preliminar de valores de referência a partir de extensiva consulta às normas existentes no país e, eventualmente, no exterior, às práticas de projeto e execução consolidadas no país, e aos trabalhos semelhantes feitos pelas equipes dos demais países participantes. Finalmente, uma equipe de especialistas nas áreas dos indicadores ambientais selecionados será acionada para analisar tanto os indicadores quanto os valores de referência propostos.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLE, R.J.; LARSSON, N. *GBC 2000 Assessment Manual. Volume 1: Overview*. April 2000. 25 pp.
- COLE, R.J.; LARSSON, N. *GBC 2000 Assessment Manual. Volume 2: Office buildings*. April 2000. 135 pp.
- HARRINGTON, J.S.; HARRINGTON, H. J. *The Complete Benchmarking Implementation Guide : Total Benchmarking Management*. McGraw-Hill, 1996. 438 pp.
- IEA-BCS Annex 31. *Benchmarks: introduction*. (Site Internet <http://www.uni-weimar.de/SCC/PRO/BENCH/intro.html>)
- MILONAS, S.; MACKLEY, C. *International benchmarking initiative for GBC – GBC BenchSteps*. 2001. 4pp. /Documento de circulação restrita. Não publicado/
- O'REAGAN, S.; KEEGAN, R. *Benchmarking explained*. 6pp. (Site Internet http://www.benchmarking-in-europe.com/library/archive_matrial/articles_.../explained.html, consultado em 10/07/01).
- SKOPEK, J. *Breeam Strategy for Reducing Buildings' Environmental Impacts*. **ASHRAE Annual Meeting**. Seattle, June 20-23, 1999.
- US GREEN BUILDING COUNCIL. *LEED Green Building Rating System™ 2.0*. San Francisco, March 2000. 25 pp.