

CLAUDIO LAM

**EMPREENDIMENTOS ECO-SUSTENTÁVEIS:
APLICAÇÃO DE PARÂMETROS DE ECO-SUSTENTABILIDADE
EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS
NO MERCADO IMOBILIÁRIO DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada ao Programa
de Educação Continuada em
Engenharia da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
conclusão do curso de MBA em
Gerenciamento de Empresas e
Empreendimentos na Construção
Civil com Ênfase em Real Estate

São Paulo
2004

FICHA CATALOGRÁFICA

Lam, Claudio

Empreendimentos eco-sustentáveis: aplicação de parâmetros de eco-sustentabilidade em edifícios comerciais no mercado imobiliário de São Paulo / C. Lam. – São Paulo, 2004. 77 p.

Monografia (MBA em Gerenciamento de Empresas e Empreendimentos na Construção Civil, com ênfase em *Real Estate*) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

**1. Edifícios eco-sustentáveis (Aspectos econômicos; Brasil)
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.**

Dedico este trabalho aos meus queridos pais e irmãs, sempre ao meu lado. Conforto e apoio nos momentos difíceis. Vibração com as vitórias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de maneira direta ou discreta possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao André Nunes pela sinalização e apoio.

À Luciana Turchick pela pronta colaboração.

À Carla pela ajuda a qualquer hora.

Aos colegas de curso pelo companheirismo.

Aos meus colegas de trabalho pelas discussões e contribuições sobre o tema.

RESUMO

O presente trabalho discute a importância dos aspectos de sustentabilidade e impacto ambiental dos edifícios apresentando e faz uma análise do desenvolvimento dos chamados Edifícios Eco-Sustentáveis ou “*Green Buildings*” no mercado imobiliário comercial voltado a locação para ocupantes corporativos. O texto apresenta e toma como base o sistema americano de classificação LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) desenvolvido pelo *United States Green Building Council* (USGBC), apontando e discutindo aspectos técnicos, econômicos e mercadológicos dos itens abordados por este sistema. O foco deste trabalho está na qualificação desses aspectos, através de casos de edifícios comerciais conceituados como alto padrão em São Paulo, e consequências em se adotar características “*green*”. O texto discute a aplicabilidade do conceito de edifício eco-sustentável ao mercado brasileiro, sob a perspectiva do investidor imobiliário como o tomador de decisão/risco. O trabalho, de forma conclusiva, apresenta as perspectivas para o desenvolvimento deste tipo de empreendimento no Brasil.

ABSTRACT

This paper discusses the centrality of the aspects of sustainability and environmental impact of buildings, while also analyzing the development of the so called Eco-Sustainable Buildings or “Green Buildings” in the commercial real-estate market geared towards corporate clients. The text presents and is based on the American classification system LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) developed by the United States Green Building Council (USGBC), and points out and discusses technical, economic and marketability aspects of the items included in this system. The main focus of this paper is in the qualification of these aspects, through cases of upper-class commercial buildings in São Paulo, and consequences of the adoption of “green” traits. The paper studies the applicability of the concept of eco-sustainability buildings to the Brazilian market, through the perspective of the real estate investor as decision maker and risk taker. In conclusion, this paper discusses the future of the development of these types of endeavors in Brazil.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	i
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vi
LISTA DE NEOLOGISMOS	vii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Conceituação de Edifícios Eco-Sustentáveis	4
1.2 Histórico	5
1.3 Sistemas de Classificações	6
2 O SISTEMA LEED	8
2.1 Terrenos Sustentáveis	11
<u>2.1.1 Controle de Erosão e Sedimentação</u>	<u>11</u>
<u>2.1.2 Seleção do Local.....</u>	<u>11</u>
<u>2.1.3 Redesenvolvimento Urbano.....</u>	<u>11</u>
<u>2.1.4 Redesenvolvimento de Áreas Contaminadas.....</u>	<u>12</u>
<u>2.1.5 Transporte Alternativo.....</u>	<u>12</u>
<u>2.1.6 Redução de Distúrbios do Local.....</u>	<u>12</u>
<u>2.1.7 Gerenciamento da água de Chuva</u>	<u>12</u>
<u>2.1.8 Paisagismo / Redução de Ilhas de Calor.....</u>	<u>13</u>
<u>2.1.9 Redução da Poluição da Luz.....</u>	<u>13</u>
2.2 Eficiência no Uso da Água	13
<u>2.2.1 Eficiência da Água no Paisagismo</u>	<u>13</u>
<u>2.2.2 Novas Tecnologias para Água Residuária.....</u>	<u>14</u>
<u>2.2.3 Redução do uso da Água</u>	<u>14</u>
2.3 Energia e Atmosfera.....	14
<u>2.3.1 Sistema de Comissionamento</u>	<u>14</u>
<u>2.3.2 Desempenho de Energia Mínimo</u>	<u>15</u>
<u>2.3.3 Eliminação de CFC em Equipamentos de HVAC</u>	<u>15</u>
<u>2.3.4 Otimização da Eficiência Energética.....</u>	<u>15</u>
<u>2.3.5 Energia Renovável.....</u>	<u>15</u>
<u>2.3.6 Comissionamento Adicional.....</u>	<u>16</u>

<u>2.3.7 Eliminação de HCFC's e Halons</u>	16
<u>2.3.8 Medição e Verificação</u>	16
<u>2.3.9 Energia Verde</u>	16
2.4 Materiais e Recursos	17
<u>2.4.1 Armazenamento e Seleção de Recicláveis</u>	17
<u>2.4.2 Reutilização do Edifício</u>	17
<u>2.4.3 Gerenciamento do Desperdício na Construção</u>	17
<u>2.4.4 Reutilização de Recursos</u>	18
<u>2.4.5 Conteúdo Reciclado</u>	18
<u>2.4.6 Materiais Locais / Regionais</u>	18
<u>2.4.7 Materiais Rapidamente Renováveis</u>	18
<u>2.4.8 Madeira Certificada</u>	19
2.5 Qualidade Ambiental Interior	19
<u>2.5.1 Desempenho Mínimo</u>	19
<u>2.5.2 Controle Ambiental de Fumaça Gerada pelo Tabaco</u>	19
<u>2.5.3 Monitoramento do Dióxido de Carbono</u>	19
<u>2.5.4 Aumento da Eficácia da Ventilação</u>	20
<u>2.5.5 Plano de Gerenciamento de Qualidade do Ar Interno</u>	20
<u>2.5.6 Materiais de Baixa Emissão</u>	20
<u>2.5.7 Controle de Fontes de Produtos Químicos e Poluentes</u>	20
<u>2.5.8 Controle dos Sistemas Internos</u>	21
<u>2.5.9 Conforto Térmico</u>	21
<u>2.5.10 Luz Natural e Vistas</u>	21
2.6 Inovações e Processos	22
<u>2.6.1 Inovações</u>	22
<u>2.6.2 Profissionais Credenciados</u>	22
3 PARÂMETROS DE ECO-SUSTENTABILIDADE SOB A PERSPECTIVA	
ECONÔMICA	23
3.1 Visão Integrada	24
3.2 Vantagem Competitiva	24
3.3 Percepção do Valor Agregado	26
<u>3.3.1 Percepção do Ocupante</u>	26

<u>3.3.2 Imagem do Empreendedor</u>	26
3.4 Aumento de Receita	27
3.5 Perenidade do Projeto	28
3.6 Tamanho do Empreendimento	29
3.7 Terreno e Localização	30
<u>3.7.1 Redesenvolvimento Urbano</u>	30
<u>3.7.2 Reutilização de Edifícios</u>	30
<u>3.7.3 Recuperação de Áreas Contaminadas</u>	33
<u>3.7.4 Área para Estacionamento</u>	33
<u>3.7.5 Redução da Taxa de Ocupação</u>	34
3.8 Eficiência no Uso da Água	35
3.9 Energia e Atmosfera	36
<u>3.9.1 Eficiência Energética</u>	36
<u>3.9.2 Eficiência Energética da Fachada</u>	36
<u>3.9.3 Sistema de HVAC Racional</u>	40
<u>3.9.4 Fontes Alternativas de Energia</u>	42
3.10 Materiais e Recursos	43
<u>3.10.1 Redução de Desperdícios</u>	43
<u>3.10.2 Reciclagem</u>	44
<u>3.10.3 Materiais Regionais</u>	45
3.11 Qualidade Ambiental Interior	45
<u>3.11.1 Ganhos em Produtividade para o Ocupante</u>	45
<u>3.11.2 Luz Natural e Vistas</u>	46
3.12 Monitoramento e Controle	47
3.13 Inovações e Processos	49
<u>3.13.1 Equipamentos de Obra</u>	49
4 APLICAÇÃO DE PARÂMETROS DE ECO-SUSTENTABILIDADE	51
4.1 Terreno e Projeto	53
<u>4.1.1 Taxa de Ocupação</u>	53
<u>4.1.2 Reutilização de Edifício</u>	55
<u>4.1.3 Estacionamento</u>	57
<u>4.1.4 Projeto</u>	57

4.2	Eficiência no Uso da Água	58
4.3	Energia e Atmosfera.....	58
	<u>4.3.1 Fachada</u>	<u>58</u>
	<u>4.3.2 Sistema de HVAC.....</u>	<u>59</u>
	<u>4.3.3 Fontes de Energia</u>	<u>61</u>
	<u>4.3.4 Iluminação</u>	<u>63</u>
	<u>4.3.5 Transporte Vertical.....</u>	<u>63</u>
4.4	Materiais e Recursos	64
4.5	Qualidade Ambiental Interior.....	66
4.6	Inovações.....	66
4.7	Gerenciamento Condominial	67
5	CONCLUSÕES	69
	LISTA DE REFERÊNCIAS.....	72
	BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA	77

LISTA DE TABELAS

Tabela I	- Sistema de Classificação LEED – versão 2	9
Tabela II	- Comparativo de Carga Térmica	
	Projeto Convencional x Racional	41
Tabela III	- Comparativo de Sistemas de HVAC	
	Edifício Faria Lima Financial Center	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAG	- Bomba de Água Gelada
BMS	- <i>Building Management System</i>
BREEAM	- <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
BOSTI	- <i>Buffalo Organization for Social and Technological Innovation</i>
CAG	- Central de Água Gelada
CFC	- Cloro Flúor Carbono
CFTV	- Circuito Fechado de TV
CPD	- Centro de Processamento de Dados
CTBUH	- <i>Council on Tall Buildings and Urban Habitat</i>
DG	- Distribuição Geral
HCFC	- Hidroclorofluorcarbonos
HK-BEAM	- <i>Hong Kong Building Environmental Assessment Method</i>
HVAC	- <i>Heat Ventilation and Air Conditioning</i>
IAQ	- <i>Internal Air Quality</i>
IEE	- Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo
LEED	- <i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>
ONG	- Organização Não-Governamental
ROD	- Resultado Operacional Disponível
RQP	- Referencial de Qualidade para o Produto
TR	- Toneladas de Refrigeração
USGBC	- <i>United States Green Building Council</i>
VAV	- Volume de Ar Variável
WBCSD	- <i>World Business Council for Sustainable Development</i>

LISTA DE NEOLOGISMOS

- Benchmark* - referência de boa prática do mercado para efeito de comparação
- BMS** - *Building Management System*
Sistema de Gerenciamento e Supervisão Predial
- BREEAM** - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*
Método de Análise Ambiental de Edifícios desenvolvido na Inglaterra
- BOSTI** - *Buffalo Organization for Social and Technological Innovation*
Organização para Inovação Tecnológica e Social
- Build-to-suit* - Formatação de negócio imobiliário em que o edifício é executado sob encomenda
- Chiller* - Resfriador
- Core* - Região da planta do andar onde se encontram elevadores, caixas de escadas e banheiros e procura-se concentrar instalações e prumadas.
- CTBUH** - *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*
Organização internacional de arquitetura, engenharia e planejamento destinada à pesquisa e ao desenvolvimento de arranha-céus de alta tecnologia
- Facility* - Facilidades, propriedade. *Facility manager* é o gerente de propriedade, responsável pelo bom funcionamento do edifício.
- HK-BEAM** - *Hong Kong Building Environmental Assessment Method*
Método de Análise Ambiental de Edifícios de Hong Kong
- HVAC** - *Heat Ventilation and Air Conditioning*
Sistema de Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
- IAQ* - *Indoor Air Quality*
Qualidade do ar interior
- Layout* - esquema, conformação e disposição dos elementos em uma planta
- LEED** - *Leadership in Energy & Environmental Design*
Associação americana que congrega profissionais de diversas disciplinas e promove discussões e desenvolve estudos e referências à preocupações ambientais em projetos de edifícios

- Ramp-Up* - Período inicial de operação em que o empreendimento ganha penetração no mercado até atingir a estabilização de preços e taxa de ocupação, o que determina o início do ciclo de operação em regime
- Retrofit* - Renovação de edifícios antigos através da modernização de suas instalações e adaptações a um novo uso
- Shafts* - Espaço vazio para passagem de dutos ou cabos na vertical, interligando os andares de um edifício
- Trading* - Ambiente onde são realizadas as negociações financeiras, também chamado de “mesa de operações”
- Turnover* - Rotatividade de funcionários
- USGBC - *United States Green Building Council*
Associação americana de edifícios eco-sustentáveis
- WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development*
Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

1 INTRODUÇÃO

As características peculiares a empreendimentos eco-sustentáveis, bem como as conseqüências a seu desempenho, devem ser discutidas ao se iniciar uma análise da sua qualidade econômica ou estudo que visa dar suporte à tomada de decisão. Sem essa avaliação, qualquer quantificação pode se tornar inválida ou mera especulação. No presente texto são apresentados parâmetros de eco-sustentabilidade em edifícios comerciais e discutidos, de forma qualitativa, sua aplicabilidade à atual realidade do mercado brasileiro sob a óptica do investidor imobiliário.

“Desenvolvimento sustentável é definido como o desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer a habilidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades. Constitui a integração do desenvolvimento econômico com a proteção ambiental e a igualdade social” (KIMURA, 2003, p.137)

De forma análoga, Edifícios Eco-Sustentáveis ou “*Green Buildings*” podem ser definidos como edifícios que buscam desde o seu projeto, um balanço entre fatores econômicos e compromissos com o ambiente e a sociedade. Devem promover a maior quantidade possível de interações benéficas entre o ser humano e o meio ambiente, sem no entanto se afastar do fator primordial aos empreendedores: uma relação atrativa entre custo, valor e risco.

“A idéia do edifício ecologicamente correto é recente e define edifícios com fontes alternativas de energia, menor emissão de poluentes, uso de materiais recicláveis, maximização da iluminação natural, preservação de áreas verdes ou nativas, boa qualidade do ar interno, entre outras características de projeto” (FERREIRA, 2002). Segundo Ferreira (2002), o conceito está ligado basicamente à preocupação ecológica aliada ao desempenho operacional dos edifícios.

São fatos a crescente preocupação com o desempenho econômico do edifício ao longo de sua vida útil e a dependência deste desempenho com suas fases iniciais de

projeto, o que tem despertado atenção cada vez maior à fase de conceituação de um empreendimento imobiliário.

“Com apenas 1% dos custos incorridos, 70% dos custos relacionados à toda vida útil de um edifício já estão comprometidos”. “A construção corresponde a apenas cerca de 11% dos custos em 40 anos de vida útil de um edifício, enquanto custos operacionais e modificações de sistemas podem totalizar 75%”. (JOHNSON CONTROLS, 2001a, p.6).

Da mesma forma, já é também amplamente difundida a importância da análise integrada dos subsistemas de um edifício de forma a proporcionar maior eficiência operacional e econômica. Algumas experiências em edifícios eco-sustentáveis mostram que soluções de sucesso resultam de boas iniciativas conjuntas, acima da preocupação com o custo/benefício de cada item separadamente. Ao contrário, uma das principais razões para a baixa eficiência dos edifícios é o superdimensionamento.

Apesar de cada vez mais arquitetos, projetistas e responsáveis pela operação e manutenção de edifícios estarem se familiarizando com as preocupações referentes a sustentabilidade – adotando novos métodos e tecnologias, e incorporando-as à concepção dos empreendimentos, de forma integrada – muitos investidores imobiliários ainda têm dúvidas quanto ao seu benefício econômico. Com a retração atual do mercado e com a escassez de informações, não é de se surpreender que os investidores do setor imobiliário não se sintam confortáveis em quantificar o valor de um edifício eco-sustentável e portanto assumir o risco em desenvolvê-lo. Preferem aguardar os pioneiros abrirem o caminho. Contudo é crescente a preocupação e o desenvolvimento de estudos que procuram demonstrar os benefícios deste tipo de empreendimento.

Conforme apontam Kua; Lee (2002), tradicionalmente, a indústria da construção civil demora em absorver novos conceitos. E este é um fenômeno universal. Novas tecnologias desenvolvidas neste setor, especialmente envolvendo novos materiais e

processos construtivos, levam de 10 a 20 anos até serem amplamente aceitas e difundidas. Dentre as inúmeras razões por trás desta lentidão, a resistência dos construtores e investidores à tomada de riscos ligados à inovações é significativa, tendo em vista o grande volume de recursos que a construção de um edifício consome. Muito do progresso já alcançado nesta área tem sua origem em normatizações e legislações (ex.: higiene e saúde do trabalho). Mas para haver efetiva disseminação de novos conceitos, as inovações devem ser atrativas por meio de ganhos que motivem a sua rápida adoção, ou seja, para ser efetivo comercial, social e ambientalmente, o conceito de sustentabilidade deve apresentar benefícios mensuráveis.

Edwards (1998) aponta como benefícios diretos, de imediato, a redução de custos operacionais que no longo prazo deve compensar investimentos adicionais eventualmente necessários. Para Ferreira (2002), ao longo de 40 anos, 50% do custo de um edifício de escritórios dizem respeito a sua operação e, quando projetado segundo princípios de sustentabilidade, as despesas operacionais podem ser reduzidas em até 20%.

Segundo Edwards (1998) em muitos casos, a forma distinta de conceituação de um edifício que segue princípios de sustentabilidade já garante um diferencial que resulta em vantagem dentro de seu mercado competitivo.

Também segundo o mesmo autor, indiretamente, verifica-se uma melhoria na qualidade de vida e motivação dos ocupantes que se reflete no melhor desempenho e produtividade e na redução de faltas ao trabalho, resultando em ganhos consideráveis às companhias que ocupam edifícios deste tipo. Edwards (1998) enfatiza que empresas podem se beneficiar também com a melhoria ou a formação de uma imagem corporativa junto a seus clientes, fornecedores e colaboradores.

Logicamente outro benefício que um edifício eco-sustentável proporciona, abordado por Smith (1998), é a redução de danos, preservação e até mesmo recuperação do meio ambiente. Apesar de relevante, este aspecto não apresenta respaldo financeiro e

ganho mensurável imediato que por si só provoquem o interesse de investidores e garantam a disseminação deste tipo de empreendimento, a não ser que tais benefícios possam ser utilizados na promoção da imagem empresarial.

1.1 Conceituação de Edifícios Eco-Sustentáveis

Entre os critérios que definem um edifício eco-sustentável estão a eficiência das instalações elétrica, hidráulica e de ar condicionado, o tipo de material empregado, condições para os usuários e o impacto sobre a vizinhança – englobando todas as fases do empreendimento, desde a sua concepção e implantação até o ciclo operacional, renovação e demolição. Somando-se a isso, os processos construtivos devem causar menor impacto ambiental e utilizar materiais adequados, reduzindo desperdícios e proporcionando condições saudáveis de trabalho.

Genericamente são requisitos para um edifício eco-sustentável:

- Consciência ecológica;
- Divulgação clara de metas e resultados.
- Entendimento de que, além do produto final, é preciso atentar para os processos construtivos e seus participantes;
- Utilização de sistemas que minimizem a necessidade de manutenção;
- Mecanismos que permitam melhora contínua;

Segundo Edwards (1998), os princípios básicos para a conceituação de edifícios eco-sustentáveis podem ser resumidos em:

- Projeto ambiental apropriado ao contexto (existem alguns princípios a serem seguidos, mas cada projeto tem seu desenvolvimento determinado pelas características e condições locais);
- Utilização de técnicas simples e robustas em detrimento à complexidades desnecessárias (muitos dos problemas e baixo desempenho ambiental observados nos modernos edifícios atuais são resultados de super especificações);
- Exploração de capacidade térmica do material estrutural;

- Maximização da utilização de luz natural;
- Exploração da ventilação natural;
- Maior controle e possibilidade de intervenção do usuário sobre o ambiente interno;
- Evitar durante o estágio de projeto, o super-dimensionamento como forma de possibilitar futuras modificações ou adaptações ao uso (a flexibilidade e adaptabilidade do edifício a novas tecnologias deve ser analisada e adotada sem a necessidade de projetar folgas não utilizadas já no início da operação).

Conforme Francis (1998) observa, obviamente a adoção dos princípios de edifícios eco-sustentáveis são mais custosos e difíceis em áreas densamente povoadas e centros de cidades quando comparadas a novos projetos a serem erguidos em áreas periféricas e afastadas dos centros urbanos. Seja devido à contaminação do ar, poluição sonora, zonas de sombreamento, etc, já existentes, ou pela limitação à metodologias construtivas e maior impacto e distúrbios à vizinhança. Mas claramente os ganhos ambientais proporcionados por “*Green Buildings*” em centros urbanos são muito maiores quando se considera a recuperação de áreas deterioradas.

1.2 Histórico

Segundo Ngowi (2000), o conceito do edifício eco-sustentável surgiu na década de 70, inicialmente com a Crise do Petróleo, com a crescente preocupação com a possível escassez e elevação de preços de insumos naturais e necessidade de busca de novas fontes e melhor uso da energia disponível. Posteriormente no rastro da crescente onda de conscientização ecológica motivada principalmente pela medição do efeito estufa e conseqüente aquecimento do planeta induzido pela emissão de Dióxido de Carbono na atmosfera.

Ferreira (2002) aponta também como motivador para a expansão do conceito do edifício eco-sustentável a crescente preocupação com o impacto das edificações no contexto das grandes cidades.

Em 1993, com a fundação da *United States Green Building Council* (USGBC), por engenheiros, arquitetos e outros especialistas das áreas envolvidas, o “movimento” efetivamente ganhou força.

A disseminação do conceito em escala mundial ocorre então, de forma mais aguda com a multiplicação das organizações não-governamentais (ONGs) com propósitos pró-ambiental e ecológico, incluindo demandas relacionadas aos direitos do indivíduo.

1.3 Sistemas de Classificação

Existem inúmeros sistemas de certificação de edifícios segundo critérios que buscam analisar sua sustentabilidade, interação com o meio ambiente, bem como sua preocupação ecológica. As metodologias destes sistemas são baseadas no crédito de pontuação conforme parâmetros pré-definidos para diversos aspectos que abrangem a eco-sustentabilidade do edifício, são satisfeitos. Dentre os mais conhecidos destacam-se: o americano LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*), o chinês HK-BEAM (*Hong Kong Building Environmental Assessment Method*), e o inglês BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) por terem sido desenvolvidos por entidades renomadas e independentes e terem inúmeros edifícios já classificados.

Para Davies (2001), dentre os principais objetivos da criação destas certificações estão:

- A promoção da conscientização do impacto e malefícios que os edifícios provocam ao meio ambiente;
- A redução a longo prazo do impacto dos edifícios ao meio ambiente;
- O incentivo ao desenvolvimento e à utilização de sistemas e equipamentos de alta eficiência energética ;
- A redução do consumo de recursos escassos, incluindo a água;
- A melhoria da qualidade do ambiente interno dos edifícios, com benefícios diretos à saúde dos ocupantes;

- A maior exposição e visibilidade de edifícios que apresentam baixo impacto ao meio ambiente e, conseqüentemente, o aumenta da demanda e o estímulo a este mercado.

Segundo Formoso (1997), nos Estados Unidos, tanto a tecnologia de construção e os produtos empregados quanto as características das edificações recebem grande impacto das normas de preservação do meio ambiente e dos recursos naturais e da segurança do trabalho. “O impacto é visível no vulto do investimento em conservação de energia nas edificações enquanto em uso e também na limitação de alguns materiais” (FORMOSO, 1997, p.24).

Segundo Trane (2003), o programa de certificação LEED é adotado por agências do governo federal, estaduais e municipais, bem como companhias privadas, por todo os Estados Unidos, como referência para a certificação de edifícios eco-sustentáveis.

É evidente que hoje os Estados Unidos apresentam uma grande disseminação da consciência da sustentabilidade ecológica e estão à frente no desenvolvimento de novas tecnologias e de pesquisas nesta área. Por este motivo, devido ao maior grau de desenvolvimento e à sua maior abrangência, envolvendo múltiplos aspectos do edifício, o Sistema de Classificação LEED foi adotado como referência para os estudos contidos neste trabalho.

2 O SISTEMA LEED

Partindo de critérios objetivos de análise, a USGBC através do sistema conhecido por LEED, concede um selo de identificação e define o grau de preocupação ambiental e sustentabilidade do edifício.

O LEED apresenta diretrizes que visam melhorar o desempenho ambiental e econômico de edifícios comerciais utilizando-se de práticas, materiais, padrões e princípios já estabelecidos. Tais diretrizes são utilizadas pelos profissionais e entidades envolvidas no projeto como parâmetros para a conceituação e desenvolvimento do edifício. No entanto, Kinne¹ enfatiza que o Sistema LEED de certificação é mais que a definição de parâmetros, “é um processo, uma filosofia a ser seguida através do projeto, construção e operação do edifício” (KINNE, 2003).

Para o presente estudo considerou-se a 2^a edição do sistema de classificação, desenvolvida em 2000. A Tabela I sintetiza os parâmetros e a pontuação para o sistema de classificação. A descrição, propósito e detalhamento de cada item, bem como sua aplicabilidade ao cenário atual brasileiro, são abordados a seguir.

¹ Michael Kinne foi o diretor de projetos mecânicos da *System Design Consultants of Portland* no projeto do edifício da Honda em Gresham, que recebeu a Certificação Ouro da LEED.

TABELA I
Sistema de Classificação LEED - versão 2

Fonte: USGBC - Leadership in Energy and Environmental Design

1 TERRENOS SUSTENTÁVEIS	
1.1 Controle de Erosão e Sedimentação	pré-requisito
1.2 Seleção do Local	1 ponto
1.3 Redesenvolvimento Urbano	1 ponto
1.4 Redesenvolvimento de Áreas Contaminadas	1 ponto
1.5 Transporte Alternativo	1 a 4 pontos
1.6 Redução dos Distúrbios do Local	1 a 2 pontos
1.7 Gerenciamento da Água de Chuva	1 a 2 pontos
1.8 Paisagismo / Redução de Ilhas de Calor	2 pontos
1.9 Redução da Poluição da Luz	1 ponto
2 EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA	
2.1 Eficiência no Paisagismo	2 pontos
2.2 Novas Tecnologias para Água Residuária	1 ponto
2.3 Redução do Uso da Água	2 pontos
3 ENERGIA E ATMOSFERA	
3.1 Sistema de Comissionamento	pré-requisito
3.2 Desempenho de Energia Mínimo	pré-requisito
3.3 Eliminação de CFC em Equipamentos de HVAC	pré-requisito
3.4 Otimização da Eficiência Energética	2 a 10 pontos
3.5 Energia Renovável	1 a 3 pontos
3.6 Comissionamento Adicional	1 ponto
3.7 Eliminação de HCFC's e Halons	1 ponto
3.8 Medição e Verificação	1 ponto
3.9 Energia Verde	1 ponto

4 MATERIAIS E RECURSOS

4.1 Armazenamento e Seleção de Recicláveis	pré-requisito
4.2 Reutilização do Edifício	1 a 3 pontos
4.3 Gerenciamento do Desperdício na Construção	1 a 2 pontos
4.4 Reutilização de Recursos	1 a 2 pontos
4.5 Conteúdo Reciclado	1 a 2 pontos
4.6 Materiais Locais / Regionais	1 a 2 pontos
4.7 Materiais Rapidamente Renováveis	1 ponto
4.8 Madeira Certificada	1 ponto

5 QUALIDADE AMBIENTAL INTERIOR

5.1 Desempenho Mínimo	pré-requisito
5.2 Controle Ambiental de Fumaça Gerada pelo Tabaco	pré-requisito
5.3 Monitoramento do Dióxido de Carbono	1 ponto
5.4 Aumento da Eficácia da Ventilação	1 ponto
5.5 Plano de Gerenciamento da Qualidade do Ar Interno	1 a 2 pontos
5.6 Materiais de Baixa Emissão	1 a 4 pontos
5.7 Controle das Fontes de Produtos Químicos e Poluentes	1 ponto
5.8 Controle dos Sistemas Internos	1 a 2 pontos
5.9 Conforto Térmico	1 a 2 pontos
5.10 Luz Natural e Vistas	1 a 2 pontos

6 INOVAÇÕES E PROCESSOS DE PROJETO

6.1 Inovações	1 a 4 pontos
6.2 Profissionais Credenciados	1 ponto

NÍVEIS DE CERTIFICAÇÃO

26-32	Certificação
33-38	Certificação Prata
39-51	Certificação Ouro
52+	Certificação Platina

2.1 Terrenos Sustentáveis

2.1.1 Controle de Erosão e Sedimentação

Visa atenuar impactos negativos à qualidade da água e ar. Através de plano de práticas deve prevenir a erosão do solo por carreamento de água ou vento durante a construção, bem como reduzir a sedimentação de poeira e poluição do ar por dispersão de materiais particulados.

Estes requisitos em sua maioria já são observados por grande parte das construtoras que atuam em área urbana na cidade de São Paulo, através de proteções adequadas a escavações e taludes, por motivos de segurança, minimizando riscos de deslizamento e prejuízos à vizinhança e ao andamento da obra, bem como a adoção de procedimentos de limpeza periódica das ruas, de forma a diminuir impactos negativos ao entorno da obra.

2.1.2 Seleção do Local

Tem como objetivo garantir que o terreno esteja em conformidade com a legislação ambiental local e atenda a critérios de localização específicos, que objetivam a preservação dos recursos naturais e do ecossistema local. Alguns destes critérios não se aplicam ao Brasil por se referirem à legislações e normatizações de instituições americanas.

Edifícios desenvolvidos por empresas e investidores idôneos seguem a legislação ambiental brasileira como requisito à sua aprovação junto aos órgãos públicos para permissão de comercialização.

2.1.3 Redesenvolvimento Urbano

Visa estimular o desenvolvimento de projetos em áreas deterioradas e com infraestrutura precária ou obsoleta bem como otimizar a utilização do solo, substituindo leis de zoneamento antigas ao implantar o projeto em conformidade com as leis de zoneamento atuais.

2.1.4 Redesenvolvimento de Áreas Contaminadas

Promove a recuperação de terrenos problemáticos ou contaminados e busca reduzir a pressão para implantação de projetos em terrenos ainda não desenvolvidos.

2.1.5 Transporte Alternativo

Objetiva reduzir a poluição urbana gerada por automóveis. Define distâncias mínimas do terreno a rede de transporte urbano existente, estimula o uso de bicicletas, transportes individuais movidos a energias alternativas e transportes privados coletivos, bem como procura não promover a utilização de automóveis limitando as vagas de estacionamento ao mínimo exigido por lei.

2.1.6 Redução de Distúrbios do Local

Visa conservar áreas naturais existentes e revitalizar áreas danificadas através do plantio de espécies vegetais nativas e da redução da taxa de ocupação do edifício relativa ao terreno de forma a superar em 25% o mínimo de áreas livres exigido por lei.

O plantio de árvores nativas pode ser facilmente incorporado ao projeto paisagístico, já a redução da taxa de ocupação do edifício deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros definidos pela legislação de ocupação urbana, entre outras, como recuos e alturas máximas para construção.

2.1.7 Gerenciamento da Água de Chuva

Tem o objetivo de limitar o fluxo de água e promover a maior absorção da água nos limites do terreno, ao mesmo tempo garantindo a não percolação de contaminantes para o solo.

O projeto deve ser elaborado de forma a manter os fluxos naturais de água de chuva minimizando as superfícies impermeáveis.

2.1.8 Paisagismo / Redução de Ilhas de Calor

Define medidas e materiais que evitem gradientes térmicos acentuados, de forma a minimizar o impacto no microclima original do terreno. Entre essas medidas estão porcentagem de área sombreada, utilização de materiais reflexivos e cores apropriadas e sistemas de pavimentação descontínuos.

O projeto deve considerar superfícies com vegetação, pavimentação do tipo “grelha aberta” e colorações claras de forma a reduzir a absorção de calor.

2.1.9 Redução da Poluição da Luz

Visa minimizar a passagem de luz do empreendimento para o ambiente, através de projeto de iluminação eficiente.

O projetos desenvolvidos para o interior e exterior do edifício não devem exceder os padrões de iluminação recomendados pelas normas.

2.2 Eficiência no Uso da Água

2.2.1 Eficiência da Água no Paisagismo

Limita ou elimina o uso de água potável para irrigação através de reuso de água, utilização de água de chuva e/ou adoção de tecnologias com alta eficiência de irrigação.

Como princípio, deve-se fazer uma análise do solo e do clima local para a determinação, no projeto de paisagismo, de plantas nativas com baixas necessidade de irrigação e a partir daí, projetar sistema de irrigação eficiente que utilize água de chuva e residuária.

Um sistema de utilização de água de chuva para irrigação dos jardins foi recentemente implantado na sede do Bank Boston na marginal do rio Pinheiros em São Paulo.

2.2.2 Novas Tecnologias para Água Residuária

Visa diminuir a descarga de água para o sistema público de coleta de esgoto e águas residuais, através de tratamento, reutilização e tecnologias que promovam alta eficiência na utilização.

Existem no Brasil algumas empresas que já têm desenvolvidos sistemas modulares de tratamento de esgoto próprios para edifícios. Tais sistemas permitem o reuso do efluente em inúmeras aplicações de caráter não potável, tais como: irrigação, lavagem, bacias sanitárias, ar condicionado e sistemas de resfriamento. Se faz necessário incluir a análise deste sistema, e sua integração aos demais, na fase de conceituação e projeto do edifício.

2.2.3 Redução do Uso da Água

Objetiva maximizar a eficiência do uso da água e reduzir a demanda por fornecimento público através do reuso de água, utilização de água de chuva e adoção de tecnologias e equipamentos de alta eficiência e sensores.

2.3 Energia e Atmosfera

2.3.1 Sistema de Comissionamento

Tem o objetivo de verificar e assegurar que os sistemas e elementos fundamentais do edifícios tenham sido projetados e estejam instalados e ajustados para operar conforme foram especificados. Estão incluídos neste item o completo comissionamento da instalação e desempenho operacional dos sistemas, bem como a verificação das documentações e do treinamento dos operadores.

Com a finalidade de reduzir os custos envolvidos para o cumprimento desta exigência, o planejamento dos trabalhos deve incluir processos de verificação ao longo do andamento das obras de forma a possibilitar a tomada de medidas corretivas eventualmente necessárias, ainda durante a fase de obra. Contratos de serviços

terceirizados podem vincular o pagamento e a entrega definitiva a relatórios de comissionamento e medidas de desempenho.

2.3.2 Desempenho de Energia Mínimo

Estabelece um nível mínimo para a eficiência energética do edifício, de acordo com parâmetros fornecidos pelo LEED e normas locais comparativamente a edifícios convencionais. Tal requerimento só pode ser alcançado através do desenvolvimento de projetos eficientes que integram os diversos sistemas que compõem o edifício.

2.3.3 Eliminação de CFC em Equipamentos de HVAC

Visa a preservação da camada de ozônio através da abolição do uso de gases refrigerantes baseados no Cbro Flúor Carbono (CFC) nos sistemas de ventilação e ar condicionado (HVAC). Os equipamentos a serem utilizados no edifício devem utilizar gás não agressivo ao meio ambiente.

2.3.4 Otimização da Eficiência Energética

Busca alcançar níveis crescentes de eficiência energética, acima do requerimento mínimo inicial, de forma a reduzir os impactos ambientais associados ao uso excessivo de energia. Para tanto, deve-se comparar custos energéticos do edifício a custos apresentados em normas que regulam os diversos componentes e sistemas do edifício, incluindo o sistema de HVAC, água quente, fachada e iluminação entre outros.

2.3.5 Energia Renovável

Busca incentivar a adoção de tecnologias de auto-fornecimento energético através de meios renováveis, reduzindo os impactos ambientais associados ao uso de combustível fóssil. Parte da energia consumida no edifício deve ser produzida no local, através de tecnologias renováveis e não poluentes como solar, eólica, geotérmica, hidroelétrica, biomassa e biogás.

2.3.6 Comissionamento Adicional

Em complemento ao comissionamento mínimo requerido, medidas devem ser tomadas ao longo do desenvolvimento do edifício, incluindo a preparação de documentações e manuais. Os processos devem envolver empresas terceirizadas não relacionadas aos projetistas e construtores.

Audidores independentes devem ser contratados e trabalhar ao longo do desenvolvimento do projeto e da construção do edifício, integrando-se à equipe de projetistas.

2.3.7 Eliminação de HCFC's e Halons

Visa a preservação da camada de ozônio e alinhamento ao Protocolo de Montreal, pela adoção de sistemas que não contenham Hidroclorofluorcarbonos (HCFC's) ou Halon. Os halons são usualmente utilizados em sistemas de extinção de incêndio e são permitidos e muitas vezes indicados na aviação.

2.3.8 Medição e Verificação

Através da medição e contabilização de consumos de energia e água, busca incentivar a contínua otimização da eficiência operacional dos sistemas.

O sistema de automação predial (BMS), deve integrar sensores para monitoramento permanente do desempenho dos sistemas, possibilitando ajustes operacionais.

2.3.9 Energia Verde

Encoraja a utilização de formas de energia renováveis não poluentes, em substituição às fontes de energia convencionais.

Não existem em São Paulo provedores de fontes alternativas que possam ser contratados.

2.4 Materiais e Recursos

2.4.1 Armazenamento e Seleção de Recicláveis

Visa facilitar e incentivar a disposição adequada dos resíduos gerados no edifício, através da definição de áreas apropriadas e meios especiais para separação e armazenamento seletivo. A promoção deste item está também relacionada à instrução dos ocupantes e programas de divulgação dos procedimentos de reciclagem bem como buscar empresas interessadas na utilização destes produtos.

É possível definir em projeto uma área para coleta e armazenamento de materiais recicláveis, com dimensões e localização apropriadas de modo a facilitar o acesso dos ocupantes e a expedição ao destino final. Equipamentos para amassar latas e prensa para a composição de fardos de papel, podem ser adquiridos a baixos custos. Deve-se instruir os ocupantes do edifício sobre a importância e os procedimentos de reciclagem e buscar empresas que têm interesse em adquirir vidro, plástico, papel e outros resíduos.

2.4.2 Reutilização do Edifício

Tem o objetivo de estender o ciclo de vida dos edifícios existentes de forma a reduzir o impacto ao ambiente. Para tanto deve-se considerar a reutilização de construções já existentes, incluindo ao máximo a preservação da estrutura, alvenaria e fachada. O sistema define pontuações de acordo com o percentual preservado da construção.

2.4.3 Gerenciamento do Desperdício na Construção

Tem como propósito diminuir o encaminhamento do material proveniente de demolição e resíduos de construção, incluindo material de terraplanagem, para aterros para disposição final. O processo deve incluir a separação e direcionamento do material reciclável de volta ao processo de fabricação. O Sistema de Classificação LEED quantifica o peso do material reciclado ou doado em relação ao peso total dos resíduos produzidos.

2.4.4 Reutilização de Recursos

Tem o objetivo de estender a vida útil dos materiais de construção, reduzindo impactos ambientais relacionados à sua produção e transporte. Deve-se identificar oportunidades para incorporar materiais reutilizados e recuperados ao projeto, bem como pesquisar potenciais fornecedores destes materiais.

Deve-se identificar oportunidades para incorporar materiais recuperados ao projeto, considerando entre outros: painéis, portas, batentes, mobílias e itens decorativos.

2.4.5 Conteúdo Reciclado

Visa aumentar a demanda por produtos de construção que incorporam materiais reciclados, reduzindo os impactos resultantes da extração de novos materiais.

“A reciclagem permite a reutilização de matérias-primas, diminuindo a demanda por mais matéria, diminuindo o consumo energético e protegendo o meio ambiente de mais e mais dejetos, que levariam até milhões de anos para serem decompostos pela natureza” (CORCUERA, 2003, p.3).

2.4.6 Materiais Locais / Regionais

Incentiva a utilização de materiais originários da região onde é desenvolvido o edifício, diminuindo desse modo os impactos ambientais resultantes do transporte e beneficiando a economia regional. O Sistema LEED estabelece percentuais dos materiais utilizados que devem ser produzidos localmente e com matérias-primas provenientes de distâncias máximas, sejam elas extraídos, fabricadas ou recuperadas.

2.4.7 Materiais Rapidamente Renováveis

Busca reduzir a utilização de matérias-primas finitas, materiais não-renováveis ou de longo ciclo de renovação, substituindo-os por materiais rapidamente renováveis, ou seja, que podem ser produzidos em ciclos curto relativamente à demanda extrativista.

2.4.8 Madeira Certificada

Promove o gerenciamento florestal responsável através de estímulo à utilização de madeiras certificadas.

2.5 Qualidade Ambiental Interior

2.5.1 Desempenho Mínimo

Estabelece parâmetros mínimos ao funcionamento dos sistemas de forma a garantir a boa qualidade do ar interno (IAQ), mantendo a saúde e o bem estar dos ocupantes. Para tanto, deve-se identificar potenciais problemas relacionados à qualidade do ar no local e projetar o sistema de HVAC de acordo com a situação encontrada, respeitando as exigências de ventilação previstas em normas.

2.5.2 Controle Ambiental de Fumaça Gerada pelo Tabaco

Visa garantir a “exposição zero” dos não fumantes à fumaça gerada pelo tabaco, seja através da proibição do fumo no edifício ou construindo áreas especiais para fumantes, com pressão negativa e dotadas de sistemas independentes de ventilação para conter, capturar e remover eficazmente a fumaça.

A restrição do fumo à áreas especiais é comum em edifícios comerciais na cidade de São Paulo, deve-se garantir que não exista contaminação do sistema de HVAC e recirculação do ar proveniente destes ambientes para outras áreas.

2.5.3 Monitoramento do Dióxido de Carbono

Tem o objetivo de garantir a manutenção da saúde e do conforto dos ocupantes ao longo do tempo, através do monitoramento da qualidade do ar interno. Em conjunto com o sistema de HVAC, devem ser instalados sensores integrados ao sistemas de automação predial (BMS), para monitoramento permanente do desempenho do sistema de ventilação e da concentração de dióxido de carbono (CO₂) no ambiente, possibilitando ajustes operacionais.

2.5.4 Aumento da Eficácia da Ventilação

Deve-se proporcionar o efetivo ingresso de ar fresco externo e sua mistura com o ar interno de modo a assegurar saúde, segurança e conforto aos ocupantes do edifício. Com esse objetivo, os projetos de arquitetura e HVAC devem ser desenvolvidos e integrados, utilizando-se de técnicas variadas que garantam a boa ventilação e impeçam “curto-circuitos” de fluxo de ar renovado e confinamento de ar viciado. O sistema pode incluir a utilização de janelas operáveis.

2.5.5 Plano de Gerenciamento de Qualidade do Ar Interno

Tem o propósito de impedir problemas ao sistema resultantes do processo de construção. Para tanto, deve-se desenvolver e implementar um plano de gerenciamento para as fases de construção e pré-operação, incluindo controle de fontes poluidoras, bloqueio de caminhos para a contaminação, proteção do sistema de HVAC, limpeza de dutos e equipamentos e troca de filtros.

2.5.6 Materiais de Baixa Emissão

Visa reduzir a quantidade de contaminantes do ar interno que sejam odorantes ou potencialmente irritantes, proporcionando saúde e conforto aos ocupantes do edifício. Tal requerimento pode ser alcançado através da especificação de materiais de baixa emissão, não irritantes, atóxicos e quimicamente inertes e assegurando a conformidade a limites máximos de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) para adesivos, vedadores, tintas, selantes, revestimentos, tapeçaria e carpetes e produtos compostos de madeira e fibras naturais.

2.5.7 Controle das Fontes de Produtos Químicos e Poluentes

Deve-se evitar a exposição dos ocupantes do edifício aos produtos químicos potencialmente perigosos que impactam na qualidade do ar. Para tanto, deve-se instalar sistemas permanentes de retenção de contaminantes nas vias de entrada, como grelhas ou capachos, para evitar a contaminação originada a partir dos usuários do edifício, e garantir o isolamento físico das áreas que, em suas atividades, utilizam produtos químicos (incluindo estocagem de material de limpeza e salas com

copiadoras e impressoras) através de sistemas separados de exaustão e bombeamento de resíduos líquidos.

2.5.8 Controle dos Sistemas Internos

Visa promover a adoção de sistemas de elevado nível de controle individual para temperatura, ventilação e iluminação, promovendo a saúde e condições de conforto e maior produtividade aos usuários do edifício. O sistema de classificação determina parâmetros de distâncias máximas a janelas operáveis e chaves de comandos bem como áreas para zonas de controle.

Tal requerimento pode ser alcançado adotando-se sistemas de iluminação individualizada, janelas operáveis e sistemas de HVAC com difusores individuais. Edifícios modernos já vêm utilizando sistemas que incorporam caixas de VAV que possibilitam a determinação de zonas de temperatura diferenciadas, monitoradas e controladas através do BMS.

2.5.9 Conforto Térmico

Deve-se prover o edifício de mecanismos que garantam o conforto térmico a seus usuários. Para tanto, deve-se estabelecer parâmetros de conforto térmico e umidade, respeitando normas estabelecidas, e projetar o edifício e o sistema de HVAC com o intuito de atingi-los. Deve-se instalar e manter um sistema de monitoramento e controle, integrados ao sistemas de automação predial (BMS), que possibilite ajustes das condições existentes às apropriadas.

2.5.10 Luz Natural e Vistas

Incentiva a conexão do ambiente externo aos espaços internos através da utilização da luz natural e visão das áreas exteriores ao edifício. O sistema de classificação define como parâmetro a utilização mínima de 2% da luz natural para 75% das áreas ocupadas onde a luz é essencial, e vista direta para o exterior para 90% de todos os espaços regularmente ocupados. O atendimento a este item se concentra no projeto arquitetônico, através da orientação do edifício no terreno, da determinação do

perímetro do edifício, determinação das janelas, instalação de dispositivos internos e externos de sombreamento, entre outros.

2.6 Inovações e Processos

2.6.1 Inovações

Tem o objetivo de incentivar a equipe de projeto e grupos envolvidos a superar os requerimentos apresentados e/ou desenvolver soluções eco-sustentáveis para situações não abrangidas pelo Sistema de Classificação LEED, seja por características específicas locais, projetos de uso especial, etc. O crédito de pontos é dado a partir da avaliação de documentação apresentada a um comitê da entidade.

2.6.2 Profissionais Credenciados

Através da alocação, ao nível de coordenação do projeto, de pelo menos um profissional credenciado pelo LEED, este item visa promover a integração das partes envolvidas no projeto (incluindo a integração entre os vários sistemas que o compõe), e ao mesmo tempo, agilizar o processo de certificação do edifício.

3 PARÂMETROS DE ECO-SUSTENTABILIDADE SOB A PERSPECTIVA ECONÔMICA

Do ponto de vista econômico, a eco-sustentabilidade pode ser comparada à ecoeficiência, na sua definição formal, por Stigson². “A ecoeficiência é alcançada com a oferta de bens de preços competitivos e serviços que satisfazem as necessidades humanas e trazem qualidade para a vida, ao mesmo tempo que reduzem progressivamente os impactos ambientais e a intensidade do uso de recursos no transcorrer do ciclo de vida até um nível em linha com, no mínimo, a capacidade estimada da Terra para suportar esta utilização” (STINGSON apud ANDRADE, 1998, p.33).

É a busca do equilíbrio entre o “respeito ecológico” e operações economicamente atrativas. Trata-se de utilizar menos matéria-prima e energia, produzir menos desperdício e poluição e promover mais reutilização e reciclagem. A atratividade todavia não deve ser comprometida. O argumento central a favor dos princípios da ecoeficiência não está nos princípios morais e éticos, mas sim no sentido do negócio do ponto de vista econômico, ou seja, além de gerar benefícios ecológicos, deve simultaneamente trazer melhores resultados econômicos.

Qualquer sobre-investimento vinculado à edificação, somente terá sustentação se estiver associado ao aumento da geração de receitas ou redução de despesas. Deve-se ter em mente que a aceitação e a disseminação de conceitos de eco-sustentabilidade ocorrem quando se mostram economicamente viáveis e atrativos aos investidores.

Por outro lado, verifica-se também a direta relação entre a preocupação ecológica e o grau de desenvolvimento econômico, o que se reflete na proliferação de entidades e grupos ligados a estudos de eco-sustentabilidade, principalmente nos países economicamente mais desenvolvidos.

² Bjorn Stigson, presidente do World Business Council for Sustainable Development em 1998.

3.1 Visão Integrada

O enfoque integrado das diversas áreas de projeto, incorporando preocupações com a eficiência operacional do edifício, é um dos grandes desafios ao se conceitualizar um edifício eco-sustentável.

A integração de tecnologias, por exemplo, de fachada, sistemas mecânicos e iluminação, pressupõe o trabalho conjunto dos diversos profissionais envolvidos. Tal exigência de empenho e prováveis custos adicionais em fase de projeto devem ter sua contra-partida na operação eficiente, na flexibilidade e fácil adaptação a novas tecnologias e na percepção do maior valor agregado ao empreendimento.

Atualmente e cada vez mais, universidades e fabricantes de equipamentos têm se concentrado em estudos e pesquisas para a melhoria da eficiência operacional dos edifícios. O surgimento e crescimento da disciplina de gerenciamento de propriedades (*facility management*) como uma prestação de serviços tem papel neste desenvolvimento e deve ainda acelerar e aprofundar este processo.

Tendo em vista que os maiores impactos ligados à redução energética estão relacionados aos sistemas prediais, o principal foco de estudo, dentro do contexto de desenvolvimento eco-sustentável, é dirigido aos sistemas prediais.

3.2 Vantagem Competitiva

Na atual conjuntura, a busca da eficiência é uma necessidade. A competitividade é grande e quem não é eficiente não sobrevive. É esta competitividade, como fator de estímulo à inovações, a grande responsável pela evolução do setor.

Ao atender à crescente demanda por edifícios economicamente atraentes que incorporem preocupações ecológicas, os edifícios eco-sustentáveis podem se tornar um novo referencial da qualidade.

O contraponto porém, também já foi apresentado: o grande volume de recursos exigido para a construção de um edifício é um fator inibidor à tomada de riscos ligadas à inovações tecnológicas. Por esse motivo, o setor é lento, relativamente ao demais, quanto à incorporação de novos conceitos e tecnologias.

As características do produto são definidas pelo empreendedor ao final de uma rotina de decisões que tem como ponto de partida a identificação do referencial de qualidade para o produto (RQP), conforme definido por Rocha Lima Jr. (1995b), que vem sendo praticado no mercado.

Seguindo o raciocínio, para o mercado ativo, Rocha Lima Jr. (1995b) caracteriza o estado de equilíbrio pelo binômio preço e qualidade intrínseca do produto. No entanto, tal equilíbrio é instável, porque empresas procurando ganhar posições podem oferecer produtos com a mesma qualidade intrínseca por menor preço, ou manter o preço oferecendo diferenciais na qualidade.

Dada a inelasticidade e rigidez estrutural do setor da construção civil, a nova oferta é sempre limitada e o mercado acaba por se desestabilizar durante um certo período. Este fator é resultado da natureza do produto imobiliário e uma constatação da grande vantagem competitiva do pioneirismo em apresentar ao mercado um produto inovador. “Em tese, este produto se esgota e o mercado volta ao estado de equilíbrio original, ou então, migra (...) na hipótese de que as empresas competidoras resolvam por se posicionar mais próximas ao produto que monopolizou o mercado (...)” (ROCHA LIMA JR, 1995b, p.13).

É sob esta perspectiva, a partir da validação econômica de aspectos peculiares, ou ainda, da constatação, divulgação e aceitação pelo mercado de benefícios intangíveis, que se pode vislumbrar os edifícios eco-sustentáveis como agentes de mudança que podem levar o mercado a um novo binômio de equilíbrio, com um novo referencial de qualidade para o produto (RQP).

Em setores como o imobiliário, de baixa elasticidade de mercado, onde mesmo sem a existência de barreiras, a cópia de produtos por concorrentes ocorre de maneira lenta,

o pioneirismo é altamente compensado por altas rentabilidades. Inovações têm o poder de colocar a empresa em um patamar de destaque, agregando valor à marca. Tal imagem pode perdurar por muito tempo, até mesmo após a obsolescência do produto. Cabe ao empreendedor avaliar os riscos e definir o caminho a seguir.

3.3 Percepção do Valor Agregado

3.3.1 Percepção do Ocupante

As empresas em geral estão percebendo que o seu relacionamento com o entorno – a comunidade de que são parte – precisa de uma qualificação que leve ao reconhecimento de suas responsabilidades. As condições de sua sede, no que se refere ao tratamento dos funcionários, da vizinhança e do meio ambiente é tomado como um indicativo dos valores preconizados pela empresa. Em última instância, esta imagem corporativa é transmitida também ao produto comercializado ou serviço prestado.

Não se pode negar o valor que é dado a esta imagem, o que se reflete na escolha do endereço e na formatação do espaço interno dos escritórios, entre outras inúmeras características. As empresas estão dispostas a remunerar o empreendedor por diferenciais que incorporam características e transmitem imagem de solidez, confiabilidade, inovação e respeito à sociedade e ao meio ambiente. Daí a importância, para o empreendedor, em receber um “selo” de certificação como o LEED.

3.3.2 Imagem do Empreendedor

Alguns dos procedimentos abordadas pelo LEED, incluindo atividades envolvidas no processo construtivo, já são atendidos em grande parte das obras praticadas hoje em São Paulo, sejam por benefícios econômicos já comprovados, ou por imposição da legislação vigente. Ao adotar um sistema de certificação, estas atividades poderiam ser abordadas com um enfoque ecológico, permitindo, de maneira eficaz, que a sua divulgação como preocupação com o meio ambiente, contribuísse para a valorização da imagem da empresa e do projeto como instrumento de publicidade.

É o caso por exemplo da limpeza do acesso e vias próximas à construção, principalmente durante o período de movimentações de terra, bem como o fechamento da fachada por telas protetoras durante a obra, o que diminui a dispersão de materiais particulados ao ambiente. Este procedimento já é amplamente difundido entre as construtoras e implementado devido a leis existentes que prezam a limpeza e a minimização dos transtornos à vizinhança em terreno urbano e zelam pela segurança dos transeuntes.

A própria limpeza e organização da obra tem grande importância para a imagem do construtor, na percepção dos futuros usuários finais e sociedade em geral.

3.4 Aumento de Receita

De acordo com Rocha Lima Jr. (1995a), o empreendimento apresenta uma condição econômica aceitável, segundo os padrões do investidor, quando os retornos oferecidos pelo empreendimento contêm, relativamente aos investimentos que o empreendimento exigiu para sua implantação, um agregado de riqueza, indicado por um ganho de poder de compra.

Nas análises da qualidade para empreendimentos de base imobiliária, que tratam de horizontes longos, convencionou-se isolar ciclos de produção e operação. Investimentos e retornos ocorrem portanto em momentos distintos e bem definidos: (i) investimentos são os recursos necessários para cobrir o custeio da produção do edifício, seu equipamento e as despesas necessárias para cobertura do ciclo pré-operacional e (ii) o retorno é resultante do uso da edificação. “O Resultado Operacional Disponível (ROD) no ambiente do empreendimento indica o volume de recursos, resultado da operação do empreendimento, que será derivado para o empreendedor. Corresponde ao resultado entre a receita operacional bruta e as despesas conexas” (ROCHA LIMA JR., 1995a).

As empresas ocupantes de edifícios de alto padrão em São Paulo, usualmente tratam custos de ocupação como uma verba orçamentária única que inclui os custos com

aluguel e com condomínio. Desta forma, reduções ocorridas nas despesas condominiais e manutenção, podem significar possibilidade de aumento direto na receita de aluguel para o proprietário do imóvel, justificando economicamente investimentos adicionais em sistemas de operação mais eficiente.

Isso ocorre porque estas empresas, quando em fase de prospecção de alternativas para ocupação, comparam custos totais, o que gera a possibilidade de edifícios com alugueis relativamente altos, porém que apresentam custos condominiais menores que os demais, apresentarem-se como boas alternativas.

Outra possibilidade é o potencial aumento da velocidade de absorção do edifício ou o encurtamento do período de *ramp-up*. Em condições de custos equivalentes, as características de eco-sustentabilidade e inovação, traduzidos na imagem do edifício, podem ser um diferencial competitivo decisivo na escolha.

3.5 Perenidade do Projeto

“Diferentemente das pirâmides egípcias, dos castelos medievais ou das catedrais góticas, a arquitetura contemporânea deve ser mutante e adaptável, pronta a responder a novas necessidades (...)” (CORCUERA, 2003, p.5)

O novo conceito de desenvolvimento imobiliário compreende a análise do empreendimento como um todo, foca no ciclo operacional e na longevidade, provendo o edifício de facilidades, flexibilidade e meios de atualização que garantem a sua atratividade. Mais que se antecipar à demanda da qualidade e às novas tecnologias, os novos edifícios buscam características de flexibilidade como forma de manutenção de valor.

Estas características ligadas à percepção de perenidade são de fundamental importância quando uma empresa avalia a possibilidade de ocupar o edifício. Tais ocupantes possuem grande preocupação quanto à eficiência operacional e à possibilidade de atualização de tecnologias visto que pretendem permanecer no

edifício por período de tempo longo, ao menos o suficiente para amortizar os custos envolvidos e exigidos para construção do ambiente de trabalho, mudança, realocação e a reestruturação organizacional que eventualmente ocorre.

Parte muitas vezes das empresas ocupantes, o desejo de firmar contratos de locação longos, com a fixação de graves multas rescisórias, de forma a garantir ou ao menos assegurar um grau de conforto aceitável de que os investimentos realizados possam ser amortizados. A prática no Brasil para estes tipos de empresas e edifícios são contratos de locação com cinco anos de duração, podendo ser renováveis por mais cinco³. Não obstante, nos Estado Unidos é comum a prática de vigência de contratos por períodos mais longos, podendo chegar a até 30 anos.

3.6 Tamanho do Empreendimento

Nos grandes centros urbanos, com terrenos escassos e valorizados, empreendimentos geralmente só se justificam economicamente, quando se aproveita ao máximo seu potencial construtivo, o que pode significar explorar sua altura. Alturas crescentes no entanto, dependem da expectativa de um mercado ávido por espaço, exigem enorme volume de recursos financeiros e demandam longos prazos para obra, o que se traduz em um elevado grau de risco para o empreendedor imobiliário. A análise econômica por si só é de difícil sustentação. Arranha-céus em geral envolvem benefícios e interesses específicos para se viabilizarem.

Ainda mais, sob o ponto de vista ecológico, quanto maior o empreendimento, mais elevada será a sobrecarga na infra-estrutura urbana local, maior o impacto à vizinhança, mais significativas serão as alterações no microclima local (causadas por sua área de sombreamento e mudanças nas direções do vento), além de mais elevadas as demandas concentradas de recursos como água e energia.

Percebe-se que quanto maior o empreendimento, mais ele se afasta do conceito de eco-sustentabilidade.

³ A legislação brasileira impõe aos contratos de locação o período de vigência máximo de cinco anos.

3.7 Terreno e Localização

3.7.1 Redesenvolvimento Urbano

Atualmente em São Paulo, a expansão do mercado de edifícios comerciais segue para novas áreas distantes dos pólos comerciais antigos como o centro da cidade. Os programas de revitalização de áreas deterioradas não têm sido eficazes em atrair o interesse de investidores privados já que estes não percebem vantagens econômicas claras e comprometimento firme dos órgãos públicos em participar no desenvolvimento de infra-estrutura e revitalização destas áreas. O que está diretamente relacionado a incentivos fiscais, perspectivas de políticas urbanas duradouras e comprometimento dos órgão públicos a marcos regulatórios.

Alguns projetos em bairros centrais, como o Centro Empresarial Água Branca, procuraram aproveitar os baixos custos de terreno e infra-estrutura de serviços e transporte já existentes, mas sofrem com o atual período recessivo da economia e vêm apresentando baixo índice de ocupação.

3.7.2 Reutilização de Edifícios

A reutilização de estruturas para grandes projetos de edifícios comerciais ainda não é usual no Brasil. Porém, a disseminação desta atividade conhecida por *retrofit* poderá ser determinada pela escassez de terrenos aliada à renovação do interesse por edifícios em regiões já adensadas e com boa infra-estrutura urbana. É o caso da região central de São Paulo – onde estão 50% do estoque total de edifícios de escritórios da cidade – que tem bom suprimento de energia elétrica, rede de telecomunicações com fibra óptica e excelente transporte público. Garrido (1998) observa que, no caso de São Paulo, existe uma certa relutância em desenvolver novos projetos no centro ante a degradação do ambiente, o que conforme já descrito, pode ser resolvido através da atuação da prefeitura em projetos de recuperação e revitalização da região e políticas de incentivo capazes de atrair investimentos privados.

As vantagens ao se atualizar um edifício estão na redução dos custos operacionais e na valorização do imóvel. É fácil perceber o grande desperdício de energia e água em edifícios no Brasil. Porém, mesmo com o grande potencial para intervenções que este fato gera, o mercado de *retrofit* no país ainda é incipiente.

O segmento comercial é o que mais demanda *retrofit*, pois além de economia operacional e valorização do imóvel, o ganho em conforto do ambiente de trabalho pode se verificar na produtividade dos funcionários, o que tem impacto direto no desempenho das empresas.

Logicamente também, edifícios comerciais apresentam grande número de sistemas com potencial para melhorias. Segundo Leal (2000), a troca de sistemas de HVAC, rede elétrica e hidráulica, pode acarretar em economia superior a 30% nas despesas operacionais do edifício.

De acordo com o mesmo autor, alterações nas instalações elétricas e iluminação apresentam sustentação financeira mais evidentes. Como as intervenções são simples e o benefício é facilmente verificado, a demanda é maior nessa área. Algumas intervenções não envolvem troca de equipamentos, mas o melhor aproveitamento da luz natural, através de reformas na fachada, troca de janelas, alteração de cores nos ambientes entre outras. No caso de troca de luminárias, as novas tecnologias consomem menos energia e apresentam maior eficiência na iluminação. Pode-se reduzir o consumo em até cinco vezes e aumentar a vida útil em até dez vezes em relação à tecnologias mais antigas.

Quanto a sistemas de HVAC muitas vezes se faz necessário implantar um sistema central, seja porque edifícios antigos muitas vezes não possuem tais sistemas ou porque apresentam condicionadores de ar individuais.

Segundo Leal (2000), readequar a operação dos elevadores não é significativo no gasto energético, apenas 15%. O principal ganho, no entanto, se verifica no aumento

do potencial do transporte, o que, para casos em que se muda o uso do edifício, pode ser fator determinante.

A eliminação de vazamentos e modificação na distribuição das tubulações podem ser os principais motivos para a necessidade de se modernizar instalações hidráulicas. No entanto, a troca de aparelhos sanitários podem resultar em economias expressivas do consumo de água. Vasos sanitários são os maiores exemplos: caixas antigas gastam entre 9 e 15 litros de água por descarga. Esta taxa pode chegar a 6 nos aparelhos mais modernos e a apenas 1 litro de água para sistemas a vácuo⁴. Uma interferência comum em sistemas hidráulicos, com impacto econômico imediato, é a alteração de sistemas de aquecimento elétrico para gás. Necessidades ou legislações podem requerer a instalação de chuveiros automáticos de incêndio.

Como atualmente existe em São Paulo ampla disponibilidade de terrenos incorporáveis em regiões em crescimento, ainda pode ser mais interessante para o investidor construir um novo edifício à reciclar uma estrutura existente. Num conceito amplo, a reutilização de edifícios implica na modernização das instalações elétricas, hidráulicas, elevadores, sistemas de ar condicionado, malha de piso, cumprimento das exigências de segurança contra incêndio, além da averiguação da caixilharia e fachada. A necessidade de grandes modificações para adaptar estruturas antigas a conceitos modernos e novas tecnologias é fator que pode tornar essa reutilização economicamente inviável.

Outro limitante para a prática do *retrofit* é o tamanho das lajes dos edifícios antigos. Os novos processos de gestão empresarial estimulam a integração entre departamentos e alto grau de comunicação entre funcionários, o que é facilitado por ambientes de trabalho abertos. Tais modelos organizacionais acabam por exigir grandes lajes (acima de mil metros quadrados) que dificilmente são encontradas em edifícios antigos. Vale lembrar que muitos desses edifícios que se encontram desocupados nos dias de hoje, foram “abandonados” justamente por não serem capazes de responder à demanda dos novos modelos gerenciais das empresas, ao

⁴ A implantação de sistemas a vácuo depende das condições oferecidas pela rede pública de esgoto.

apresentarem lajes pequenas, muitas colunas internas, e conformação inadequada entre outros fatores.

3.7.3 Recuperação de Áreas Contaminadas

O alto custo do passivo ambiental pode tornar economicamente insustentável o desenvolvimento de inúmeras grandes porções de terreno em áreas que foram inicialmente desenvolvidas como zonas industriais da cidade. São exemplos algumas áreas na zona sul da cidade, próximas à marginal do rio Pinheiros onde se concentravam, e ainda existem, predominantemente indústrias químicas. A própria rigidez da legislação ambiental brasileira dificulta a recuperação destas áreas degradadas, exigindo tratamentos altamente custosos visando a sua total regeneração. De maneira controversa, terrenos ainda não explorados podem mais facilmente receber certificação e autorização para desenvolvimento de projetos que respeitem as leis ambientais.

Deve-se, ao dar preferência por áreas contaminadas, buscar incentivos fiscais e contabilizar os custos do passivo ambiental considerando inclusive o tempo necessário para a descontaminação ou remoção do solo.

3.7.4 Área para Estacionamento

São Paulo, como muitas grandes metrópoles do mundo, possui uma configuração dispersa, o que exige grande volume de deslocamento de pessoas por longas distâncias. Mas ao contrário do que ocorre nos grandes centros urbanos dos Estados Unidos, onde o Sistema de Classificação LEED foi desenvolvido, o sistema de transporte público coletivo da cidade de São Paulo não atende de forma satisfatória à demanda, exigindo que a população utilize transporte particular.

Tendo em vista que os funcionários das empresas que normalmente ocupam edifícios de alto padrão possuem poder aquisitivo mais elevado que a média da população, torna-se mercadologicamente arriscado para o investidor optar pela diminuição, em relação aos padrões atuais, do número de vagas de estacionamento disponível nesses edifícios. Mesmo que esta diminuição da área de estacionamento possa significar

grande economia de custos na fase de construção, como redução de número de pavimentos de subsolo, haveria uma alta probabilidade de perda de receita relacionada à dificuldade de inserção no mercado. Hoje, para os ocupantes deste tipo de edifício, a relação do número de vagas disponível por área ocupada é um fator relevante na tomada de decisão.

Segundo Ciocchi (2003a), em cidades mal servidas por transporte público, como Los Angeles e São Paulo, edifícios de escritórios de alto padrão necessitam de 1 vaga para cada 30-35m² de área de escritório, ou seja, considerando-se que um bom estacionamento tenha cerca 35m² equivalentes para cada vaga (espaço da vaga somado à parcela das áreas de circulação e rampas), significa que é preciso a mesma área de garagem de estacionamento quanto de escritórios.

Uma solução pode ser a adoção de transporte coletivo privativo do empreendimento que atenda aos ocupantes, como ação de conscientização e incentivo à conservação ambiental. Tal solução no entanto, não pode ser imposta restringindo-se o número de vagas de estacionamento, mas pode ser adotada pelas empresas ocupantes após a entrega do edifício, cabendo aos projetistas definir locais de circulação, parada e estacionamento destes veículos no empreendimentos.

Claramente, medidas de incentivo à utilização de bicicletas, como a disponibilização de estacionamento apropriado e construção de vestiários, têm baixo custo, mas dependem de políticas públicas que criem ciclovias pela cidade.

3.7.5 Redução da Taxa de Ocupação

A redução da taxa de ocupação do edifício, de forma a colocá-lo em conformidade com conservação de áreas naturais e revitalização de áreas danificadas, pode apresentar diversas implicações. A primeira e mais clara é a possibilidade desta redução acarretar perda de área total rentável, caso haja outras restrições legais como limitação de altura. Caso a diminuição da taxa de ocupação possa ser compensada na altura do edifício, as conseqüências podem ser verificadas na elevação de custos de

construção: fundações, estrutura, instalações, elevadores, etc., bem como na extensão do prazo da obra.

As implicações da redução da taxa de ocupação devem ser tratadas como premissas antes da compra do terreno e fazer parte dos estudos de viabilidade econômica do empreendimento. Um problema, neste caso, pode ser a disputa pela compra de um terreno entre empreendedores concorrentes. Mais uma vez surge a necessidade da análise do empreendimento como um todo, onde o projeto, construção e operação devem claramente torná-lo economicamente aceitável.

3.8 Eficiência no Uso da Água

Regulamentações federais para cobrança do uso da água já vêm há algum tempo sendo estudadas e deverão ser implementadas. A água deve ser utilizada como um recurso escasso e caro. Deve-se também ter consciência que, depois de utilizada, a água polui o ambiente, carreando materiais nocivos aos rios. A redução do uso da água, dessa forma tem várias implicações benéficas ao meio ambiente

Ciocchi (2003b) apresenta a norma 13276/02 que torna obrigatória para novas edificações em São Paulo, a execução de reservatório para águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Tal providência, além de conter água e evitar enchentes, pode gerar economia ao possibilitar o uso da água. O autor cita o exemplo de edifícios residenciais com até 13 andares, que em meses de chuva, são capazes de coletar mais água do que gastam com descargas nos banheiros.

Como já foi discutido, a utilização de aparelhos sanitários eficientes pode gerar grande economia de consumo de água, em comparação com aparelhos convencionais. Hoje é comum, mesmo em empreendimentos comerciais de alto padrão, o uso de vaso sanitário com caixa acoplada. Para tanto foi preciso quebrar uma barreira cultural.

3.9 Energia e Atmosfera

3.9.1 Eficiência Energética

Segundo Wilde; Augenbroe; Van der Voorden (2002), existem nove formas a serem exploradas para economizar energia em um edifício: (i) redução de perdas na transmissão; (ii) limitação da ventilação; (iii) redução de perdas com infiltrações; (iv) armazenamento de energia; (v) utilização das cargas de calor geradas; (vi) uso de fontes de energias renováveis; (vii) aquecimento eficiente; (viii) resfriamento eficiente e (ix) miscelânea, que envolve por exemplo o comportamento dos ocupantes.

3.9.2 Eficiência Energética da Fachada

O fechamento deve possuir elementos translúcidos “(...) permitindo observar as vistas da cidade e conhecer o estado do tempo exterior, bem como as horas do dia. É sabido que esta interação favorece a produtividade (...), permite a entrada de luz natural, melhorando a qualidade da iluminação, a salubridade e diminuindo o consumo de energia com iluminação artificial. Entretanto, tem que se atentar para o fato de que este fechamento não deve permitir a entrada de parcelas da radiação solar indesejadas (...) demandando um aumento nos sistemas de condicionamento de ar” (CORCUERA, 2003, p.4).

Existe uma tendência de globalização das empresas, que se reflete na arquitetura dos edifícios contemporâneos. Conforme Corcuera (2003), nos edifícios de escritório dá-se muita atenção ao aspecto estético da fachada, o que acaba muitas vezes conduzindo o projeto arquitetônico a não incorporar ou negligenciar fatores regionais que têm profunda relevância para a operação eficiente do edifício.

Segundo a mesma autora, devido à sua área de recobrimento, que emprega grande quantidade de material e mão-de-obra, os elementos de vedação externa têm importante relevância nos custos, o que reforça ainda mais a necessidade em se estudar com profundidade as características da fachada do edifício como um sistema, muito além de um elemento estético.

A fachada funciona como proteção e elemento condicionante ao conforto térmico, acústico e lumínico, devendo apresentar desempenho mecânico e estrutural, durabilidade e estanqueidade adequadas ao projeto. Neste contexto, o fechamento externo é um importante elemento do sistema, que integra e pode ser determinante ao funcionamento dos demais.

Devido a alta incidência de radiação solar, o fechamento externo é a mais importante fonte térmica do edifício. Dessa forma, as estratégias e recursos objetivando maximizar a eficiência na utilização energética, devem passar pela análise da fachada. Tal análise deve ocorrer na fase de conceituação e projeto, passando por estudos de eficiência tecnológica, conservação de energia, aquecimento e resfriamento passivos, utilização de iluminação natural, onde a fachada e os demais sistemas do edifício devem ser projetados de maneira integrada.

Há alguns anos, o vidro era um elemento relacionado apenas à transparência. Na Europa e nos Estados Unidos, usa-se o vidro também porque a incidência solar é bem-vinda, já que existe uma real necessidade de calor. No Brasil, como reflexo da globalização, o vidro passou a estar associado à valorização estética da obra, embora sua utilização nem sempre seja compatível com o clima.

Ainda, mesmo que janelas ou áreas envidraçadas cubram relativamente uma pequena porção do fechamento exterior do edifício, a troca de calor ocorrida através delas pode ser muito significativa devido à baixa resistência à transferência de radiação térmica.

Um estudo apresentado por DEGW; Ove Aup & Partners; CTBUH; Edison Musa Arq. Assoc. (1999) relaciona 14 tipos de fechamentos externos a serem utilizados em edifícios nas cidades de Nova Iorque, Londres, São Paulo e Singapura, comparando custos e benefícios para cada situação. O trabalho se propõe a analisar as fachadas mais apropriadas para cada localidade, questionando se novas tecnologias como “fachadas ventiladas” e “sistemas respirantes” apresentam custos justificáveis. Para todos os casos assumiu-se 65% de área envidraçada contra 35% de parede sólida.

A comparação demonstra claramente que para qualquer localidade, a solução de vidros simples é a que apresenta menor custo de instalação porém a mais cara em termos energéticos para o edifício. Ao contrário, vidros triplos são mais onerosos porém economizam mais energia. Existe uma combinação ótima para cada localidade, onde custos adicionais de instalação se sustentam na economia de energia, justificando o emprego de novas tecnologias. O estudo aponta o “sistema respirante”⁵ como uma boa solução para todas as localidades, mas aponta vidros triplos como o mais indicado a situações que apresentam problemas com ruídos externos.

Cabe ressaltar que a alta tecnologia empregada nos vidros realmente diminui a absorção dos raios solares, entretanto, em um país tropical, para evitar o excesso de calor absorvido e o alto custo no uso de equipamentos e energia para neutralizá-lo, pode-se pensar conjuntamente em outros controles, como um estudo orientado para aberturas, projeto paisagístico com árvores como forma de sombrear edifícios baixos e uso de elementos de arquitetura como fachadas em grelha ou reticuladas, placas e brises entre outros, que podem propiciar inclusive identidade própria à arquitetura do edifício.

O sistema de fechamento externo quando analisado em conjunto com o esquema estrutural do edifício (o que não ocorreu no estudo), pode viabilizar ou justificar soluções supostamente mais caras. O estudo aponta por exemplo o fato do concreto aparente ter a propriedade de refletir parte da radiação solar, ou ainda, a utilização de parapeitos como componentes de sombreamento e elementos que facilitam a manutenção da fachada, podendo representar uma economia na aquisição de equipamentos para limpeza.

Observa-se contudo que elementos estruturais como componentes de sombreamento, largamente empregados especialmente em concreto aparente como estilo arquitetônico nas décadas de 50 e 60 no Brasil, há muito não vêm sendo empregados. Segundo DEGW; Ove Aup & Partners; CTBUH; Edison Musa Arq. Assoc. (1999)

⁵ “Sistema Respirante” em modo geral consiste em vidro duplo com circulação de ar entre eles.

arquitetos apontam problemas para manutenção e limpeza desse elementos estruturais externos como principal fator para seu desuso nas grandes cidades e locais expostos a poluição. Soma-se a isso o desejo das grandes instituições estarem em edifícios que seguem padrões arquitetônicos de edifícios conhecidos mundialmente, que se encontram em sua grande maioria em regiões de clima temperado nos Estados Unidos, Europa e Ásia.

Segundo Francis (1998), para o *Helicon Building*, construído em Londres em 1995, a fachada teve um custo cerca de 25% maior que a média em edifícios convencionais, mas foi justificada pela economia de energia em sua operação.

Seguindo o princípio de controle individual dos sistemas internos, preconizado pelo LEED, segundo Corcuera, quando possível⁶, a adoção do caixilho móvel vem se mostrando uma tendência, em contraposição à caixas envidraçadas e herméticas, amplamente difundidas antes da crise energética.

De acordo com Finger; Wajc (2003), em edifícios que utilizam sistemas de ventilação natural alguns ocupantes acabam por instalar sistemas de HVAC independentes. Uma saída para lançar ao mercado solução eco-sustentável para HVAC é a adoção de sistemas mistos. Edifícios com esses sistemas são avaliados como projetos dotados de ar condicionado com potencial para ventilação natural, mantendo as características de eco-sustentabilidade e diminuindo o risco do usuário à necessidade de investimentos adicionais.

Standley (1998) aponta em estudo realizado em 1995 para a conceituação e projeto do *Addison Wesley Longman Building* em Harlow, Essex, que o consumo de energia do edifício com janelas operáveis, corresponde a cerca de 35% do consumo em comparação a um edifício similar com sistema de HVAC convencional. Cabe no entanto ressaltar que o conceito arquitetônico deste edifício adota aberturas para atriunns em todas as áreas de trabalho.

⁶ Tal solução não se presta a edifícios muito altos, regiões com temperaturas extremas, ambientes poluídos ou locais ruidosos, entre outros.

3.9.3 HVAC Racional

Tecnologias de refrigeração passiva ou de baixo consumo energético, que envolvem aspectos básicos de projeto, tais como orientação solar, posição do *core*, uso de elementos estruturais para sombreamento, entre outros, vêm recebendo crescente atenção por todo o mundo, como preocupação com o consumo energético bem como com a redução de impactos ao meio ambiente.

Para Abreu (1997) o diálogo e o trabalho conjunto do arquiteto com o projetista do sistema de HVAC é fundamental, e vai além do estudo da fachada. Deve-se direcionar os projetos a uma correta utilização do ambiente através de soluções arquitetônicas adequadas e principalmente uma definição de espaços a ser considerada no dimensionamento do sistema.

Segundo o mesmo autor, recomendações técnicas definem intervalos de operação cujas variáveis devem ser observadas mas justificadas de acordo com a utilização do edifício de modo a se evitar o super-dimensionamento. Dentro dos parâmetros definidos é possível realizar uma análise racional em conjunto com elementos arquitetônicos de maneira a se reduzir sensivelmente as exigências ao sistema de HVAC.

Segue exemplo apresentado por Abreu (1997) para um edifício comercial.

É possível racionalizar o projeto através de intervenções arquitetônicas de forma a se reduzir a carga térmica necessária, mantendo-se as condições de conforto inicialmente adotadas. Temperatura entre 23 e 25,5 °C, período de trabalho entre 9 e 10 horas por dia, ocupação de 8 a 10 m² por pessoa e renovação de ar entre 17 e 25 m³ por hora por pessoa.

Item	Projeto Convencional	Projeto Racional	Redução
Área Envidraçada	80-100% da fachada	30-35% da fachada	15%
Tipo de Vidro	Comum	Anti-térmico / Reflexivo	8-15%
Orientação Solar	Não observada	Racional	11%
Sombreamento	Ausente	Veneziana Interna	15%
		+ Proteção Externa (brise)	30%
Iluminação	Fluorescente Comum	Alta Eficiência	5%
Cores externas	Escura / Média	Clara	5%
Carga Térmica	100%	60-65%	35-40%
Carga Unitária	160-180 W/m ²	100-120 W/m ²	

Tabela II - Comparativo de Carga Térmica: Projeto Convencional x Racional

Fonte: Abreu, J. H. (1997)

A necessidade de integração além do conceito arquitetônico, dos diversos sistemas prediais entre si, fica mais clara à medida que se analisa as implicações das alternativas de forma conjunta. Um exemplo é o projeto luminotécnico que, além de apresentar vantagens através da redução de custos de instalações elétricas, menor consumo de energia, valorização arquitetônica e sobretudo, conforto ao usuário, também pode ter grande impacto no projeto de HVAC. Segundo Mingrone apud Kiss (1999b), é possível obter economia de até 33% do consumo de energia do sistema de HVAC em função do projeto de iluminação. Outro caso é a aplicação de materiais para tratamento acústico sobre paredes e tetos, que contribui para o controle da temperatura ambiente e também deve ser considerada na especificação do sistema de HVAC.

Um método econômico para condicionar a temperatura ambiente é a utilização da termoacumulação conjugada ao sistema de HVAC. O processo consiste em produzir gelo durante a noite, quando a maior parte dos escritórios está vazia e as tarifas de energia elétrica das concessionárias são menores, e utilizar esta carga térmica durante o dia. Tal sistema tem sido consistentemente adotado nos novos empreendimentos, como resultado do excelente resultado econômico verificado.

De acordo com Edwards (1998) o consumo energético em um edifício convencional de escritórios na Inglaterra é de 200kWh/m² ao longo de um ano típico. Segundo o autor ainda, apesar de alguns exemplos nos Estados Unidos e Canadá chegarem a níveis recordes de 75 a 85kWh/m² adotando conceitos de eco-sustentabilidade, os projetos devem visar reduzir este consumo a 100kWh/m², valor que vem se tornando o *benchmark* para as boas práticas do mercado.

3.9.4 Fontes Alternativas de Energia

Resultado da necessidade de uma fonte de energia para os satélites durante a corrida espacial, apesar de, segundo Kiss (1999a), nos últimos anos, a indústria de painéis solares apresentar crescimento anual de cerca de 20%, a produção mundial de energia fotovoltaica é ainda inexpressiva.

A crescente atenção dada a este tipo de geração de energia é facilmente justificada por ser não poluente e de fonte inesgotável. Porém a implantação de centrais fotovoltaicas ainda exige investimentos muito altos.

Alguns países apostam forte nessa alternativa de produção, que transforma edificações em usinas. Para citar dois exemplos apresentados por Kiss (1999a), na Alemanha, desde a década de 80, o governo oferece subsídios de até 70% dos custos de equipamentos para instalação domiciliar, e no Japão, desde 1994 o subsídio chega a 50%⁷.

Segundo estimativas do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE), apresentadas pelo mesmo autor, o custo da energia fotovoltaica gira em torno de US\$ 250 por 1 MWh contra US\$ 120 da produção hidrelétrica.

A geração de energia no local será economicamente atrativa somente quando o sistema de células fotovoltaicas for mais eficiente e produzir energia a menor custo. De qualquer maneira, para que a geração de energia renovável se torne viável, deve-se associá-la a meios de armazenamento eficientes.

3.10 Materiais e Recursos

3.10.1 Redução de Desperdício

O desperdício e consumo excessivo de materiais pode ter sua origem em diferentes fases do empreendimento, desde a concepção até a utilização, sendo mais claro na fase de execução da obra. Desta forma, a redução de desperdícios deve ser tratada não somente com ênfase em inovações e métodos construtivos, mas também na otimização de recursos na fase de projeto e na quantificação de materiais, bem como eficiência e funcionalidade na fase de operação do edifício.

Do ponto de vista econômico, a exata contabilização do desperdício deve ser processada somando-se ao valor do material em excesso, os custos de remoção, transporte e destinação final do entulho. Agrega-se ainda à este cálculo, o custo do espaço para deposição do material até a sua retirada da obra e as ineficiências geradas pelas atividades relacionadas ao “gerenciamento do entulho”. Através desta contabilização, fica evidente a importância econômica da eficiência operacional.

Ainda mais, deve-se considerar que além das perdas que saem da obra como entulho, existem aquelas que ficam incorporadas ao edifício, como por exemplo, grandes espessuras de revestimento.

Como qualquer análise da eficiência econômica, no entanto, existe um ponto ótimo com uma parcela aceitável de desperdício que é resultado de uma análise de custo-benefício do controle, ou seja, quanto se ganha minimizando as perdas versus quanto custa este controle.

Conforme apontam Souza; Paliari; Andrade; Agopyan (1998), em muitas oportunidades ainda, são detectadas causas de desperdícios bastante simples de combater e a custos praticamente nulos. Tais perdas provavelmente não tenham sido combatidas por desconhecimento quanto à sua ocorrência. Dentro deste contexto, as

⁷ O Japão tem especial interesse no programa. O país é o maior produtor de silício amorfo, material semiconductor utilizado em painéis solares.

empresas devem, mais que contabilizar os desperdícios, proceder a avaliação permanente de seus processos.

Um dos graves desperdícios nos processos produtivos talvez seja o uso excessivo de água. A redução do uso da água na construção está ligada à adoção de novos materiais e métodos construtivos, um exemplo é a construção seca (*drywall*), que é dominante nos Estados Unidos e vem sendo introduzida no Brasil.

3.10.2 Reciclagem

“Embora a cadeia produtiva da construção civil seja a maior recicladora presente na economia, ainda há enorme potencial para aumentar o volume de materiais reciclados, dada a massa de materiais consumidos, a sua capilaridade regional, e as características dos seus materiais” (FINGER; WAJC, 2003, p.18).

“No Brasil são gerados 0,55 ton/ano/habitante de entulho. Embora ainda não existam estatísticas de todo o país, na média, o entulho que sai dos canteiros de obra brasileiros é composto basicamente por: 64% de argamassa; 30% de componentes de vedação (tijolos e blocos); 6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos). Disto conclui-se que é possível triturar mais de 90% do entulho (argamassas e componentes de vedação), para ser utilizado como agregado, na produção de componentes de construção e argamassas” (CAMARGO, 1995 apud CORCUERA, 2003, p.3).

Ainda existem dificuldades a serem vencidas para facilitar a disseminação de processos de reciclagem. Tais barreiras estão, muitas delas relacionadas ao negócio da reciclagem para a contra-parte da obra, entre elas: i) o processo de reciclagem somente é possível se o reciclador tiver confiança na estabilidade do fornecimento de sua matéria-prima; ii) a quantidade disponível deve ser suficiente para viabilizar o negócio; e iii) as distâncias envolvidas devem ser competitivas. Em resumo, a reciclagem, como negócio deve se viabilizar. Não se pode reciclar um material a custo maior que a matéria-prima.

Na obra, algumas posturas também precisam ser mudadas, dentre elas, quebrar paradigmas que associam materiais reciclados a produtos de baixa qualidade e adotar processos de gestão dos resíduos.

Ajteszyc, L. Q.; Almeida, R. (2000) citam exemplo das construtoras inglesas que recebem incentivos fiscais para separar os tipos de entulho na obra e vendem este material para consumidores que retiram no local. O ganho pode ser verificado em três faces: benefícios fiscais, receitas da venda, e transporte e disposição final desses resíduos a custo zero.

3.10.3 Materiais Regionais

A nacionalização e correto tratamento de projetos executados em outras localidades pode ser uma oportunidade para redução de custos através da substituição de materiais e fornecedores. É fundamental a averiguação e constante acompanhamento dos novos fornecedores, garantindo a qualidade do material e a conformidade com sua especificação.

3.11 Qualidade Ambiental Interior

3.11.1 Ganhos em Produtividade para o Ocupante

Segundo Lomaco; Miller (1999), pesquisas estatísticas realizadas em empresas por todo o mundo, com o objetivo de avaliar o grau de satisfação dos funcionários com os ambientes de escritório, revelam que cerca de 20% dos funcionários mostram-se insatisfeitos com as condições de trabalho. As principais queixas, em ordem decrescente de importância são: (i) conforto térmico, (ii) iluminação, (iii) falta de controles individuais e (iv) acústica. Segundo o autor, a insatisfação com o ambiente de trabalho tem reflexos na motivação dos funcionários, o que, por sua vez, se traduz em queda de produtividade.

Um estudo realizado entre 1984 e 1989 pela *Buffalo Organization for Social and Technological Innovation* (BOSTI), analisou alguns fatores básicos do ambiente de

trabalho⁸ envolvendo cerca de 6.000 funcionários em 70 organizações nos Estados Unidos. O principal objetivo do estudo era quantificar variações de desempenho em termos monetários e as implicações ao projeto do ambiente. Os valores calculados computam mudanças nos índices de falta ao trabalho e rotatividade de funcionários (*turnover*) e refletem os impactos de alterações do ambiente na produtividade.

Como conclusão, o estudo apresenta para todos os fatores analisados em conjunto, um impacto negativo no desempenho do trabalho cujo custo equivale a cerca de 15% a 17% do salário do funcionário.

As análises de custo benefício provaram que investimentos adicionais, visando a melhoria do ambiente de trabalho, podem ser plenamente justificados. Em empresas prestadoras de serviços onde tipicamente os maiores custos correspondem à pagamento de salários, as justificativas ganham ainda mais peso. O estudo sugere ainda que a produtividade depende do ambiente, da mesma forma como do gerenciamento e de equipamentos.

3.11.2 Luz Natural e Vistas

A fachada deve ser analisada em conjunto com o formato e a implantação do edifício no terreno. Os estudos de insolação são amplamente empregados, mas deve-se enfatizar também a análise da profundidade dos espaços, ou seja, as distâncias máximas dos postos de trabalhos para as janelas, o que determina a incidência de luz natural e a possibilidade de vistas externas. Tais fatores são extremamente importantes para o bem-estar do ocupante e são abordados pelo Sistema LEED.

Segundo Ciocchi (2003a), as normas alemãs orientam para que todo posto de trabalho receba iluminação natural, para tanto, as pessoas devem estar até 7 metros da janela. Já as normas americanas são mais brandas, adotando 20m como distância máxima.

⁸ Dentre os fatores analisados estão: mobiliário, disposição, aparência, flexibilidade, integração, comunicação, privacidade, espaço, janelas, temperatura, barulho e iluminação.

A utilização de atrium pode ser uma solução que deve ser analisada na fase de conceituação arquitetônica. Tais atriums podem ser externos ou internos ao edifício, devendo a análise prosseguir considerando que atriums significam aumento do perímetro do edifício, com conseqüências diretas em custos, e que atriums internos implicam também em grandes ambientes controlados, o que tem conseqüências no dimensionamento do sistema de HVAC.

3.12 Monitoramento e Controle

Um aspecto fortemente preconizado pelo Sistema de Classificação LEED é a necessidade de se monitorar e controlar o desempenho dos sistemas, seja por motivos de economia e proteção ambiental, como também para garantir a segurança e o conforto dos usuários do edifício. Antes ainda do edifício eco-sustentável, tal aspecto tem sua origem no “edifício inteligente”.

Nos anos 70, os sistemas HVAC foram os primeiros a ser eletronicamente controlados em edifícios. Os computadores permitiram o controle, através de sensores localizados que forneciam respostas e alterações rápidas e precisas às condições climáticas. Esta tecnologia impulsionou a idéia de introduzir recursos “inteligentes” nas novas edificações.

O conceito de inteligência surgiu então nos Estados Unidos. Apareceram os sistemas de automação de segurança contra incêndio, iluminação e intrusão. O sistema de gestão do edifício já incluía avançados sistemas tecnológicos, mas foi somente no final da década de 80 que houve a integração entre eles.

Embora estejam fisicamente isolados, os controles de sistemas individuais podem ser regulados por um computador central que otimiza os desempenhos individuais e em conjunto. Por exemplo, ao integrar o sistema de detecção de incêndios com o de segurança, pode-se destrancar todas as portas de forma a disponibilizar a rota de fuga mais rápida em caso de emergência.

Em nível dos sistemas de gestão de energia, a iluminação artificial pode ser regulada em função da natural. Assim, a nova geração de edifícios passa também a concentrar-se na preocupação com o consumo energético através da integração dos sistemas.

O sistema de automação e controle (BMS) atua em situações variadas e interligadas, dispõe de memória, noção temporal, facilidade de atuação do usuário, programação e capacidade de autocorreção.

Um aspecto importante é a facilidade do controle de manutenção, uma vez que é possível obter relatórios detalhados do desempenho e estado de conservação de vários itens dos sistemas prediais. Desta forma, além de diminuir o custo operacional, garantir o desempenho do edifício e o conforto dos usuários, o BMS é também importante ferramenta que auxilia a manutenção preventiva de todos os sistemas automatizados do edifício.

Contudo, o edifício inteligente não é somente aquele que apresenta novas tecnologias, mas aquele que está preparado para evolução. O edifício deve possuir *shafts* e dutos e o BMS deve prever a possibilidade de atualização. De acordo com Leal (2002), os fornecedores de automação oferecem em média, garantia de funcionamento e de possibilidade de atualização por 25 anos.

Segundo Coviello⁹ apud Leal (2002), em condomínios comerciais de alto padrão, o gasto com automação representa em média 2% dos custos totais de obra e podem significar a economia de até 30% da energia consumida com elevadores, iluminação e sistema de HVAC em conjunto, ao serem programados para maximizar a eficiência energética.

⁹ Paulo Coviello, consultor da Siemens Building Technologies.

3.13 Inovações e Processos

3.13.1 Equipamentos de Obra

Do ponto de vista econômico, a participação dos equipamentos da obra na composição de custos de uma obra civil não é, proporcionalmente grande. Segundo Leal (1999), é cerca de 10% contra 45% da mão de obra, e 45% de materiais. Apesar da globalização da economia, o Brasil está longe dos níveis de mecanização encontrados nas obras norte-americanas e européias. Segundo o mesmo autor, o baixo grau de industrialização da construção civil obriga a utilização de até 80 Hh/m² (homens hora para cada metro quadrado de obra), cerca de quatro vezes mais que o índice de produtividade médio na Europa e nos Estados Unidos.

E o motivo é o custo da mão-de-obra. De acordo com Leal (1999), o trabalhador da construção custa no Brasil, o equivalente a US\$ 2,40 por hora, enquanto que o americano fica entre US\$ 20 a US\$ 30 por hora (valores de nov/99)¹⁰. O baixo custo da mão-de-obra no Brasil, torna a modernização dos canteiros pouco atrativa financeiramente.

Alguns equipamentos são exigências de normas técnicas ou de situações de segurança, mais ainda, em função de prazo, alguns podem se tornar necessários ou viáveis, como guias ou escoramentos metálicos, mesmo que elevadores de obra e escoramento de madeira sejam mais baratos.

“O uso de alguns equipamentos chega a ser estratégia de marketing (...) mostrar que sua obra está usando uma máquina visualmente expressiva dá importância ao empreendimento (...)” (SOUZA apud LEAL, 1999, p.23).

Uma forma adotada para a racionalização da obra através da utilização de métodos construtivos inovadores, é a terceirização, o que acaba por promover a forte especialização de empresas no mercado. Para o serviço especializado, a contínua e

¹⁰ A grande variação no custo da mão-de-obra nos Estados Unidos ocorre devido ao grande número de sindicatos e à diferenças regionais .

repetida utilização viabiliza, de maneira mais evidente, o investimento na aquisição de equipamentos e novas tecnologias, bem como no treinamento e custeio de mão-de-obra especializada.

De acordo com levantamento apresentado por Leal (1999), 42% dos equipamentos utilizados em obra são próprios da construtora, 31% são alugados e 27% provêm de empreiteiras terceirizadas e prestadoras de serviços. “Os equipamentos predominantemente próprios das construtoras são os de uso corriqueiros e de transporte fácil – tratores, betoneiras, perfuratrizes e níveis a laser” (LEAL, 1999, p. 23).

Segundo Souza apud Leal (1999), os equipamentos de obra podem ser classificados em seis categorias: de produção, de suporte provisório, de segurança, de controle geométrico, de transporte e de escavação. A tendência é o maior desenvolvimento em equipamentos de transporte de materiais, que podem ser responsáveis pela maior redução de desperdício dentre todas as categorias. “No Brasil se usa a jericá para transporte de materiais (..) causando a perda de, por exemplo, 15% de blocos de concreto” (SOUZA apud LEAL, 1999, p.24).

É importante notar também que, a utilização de equipamentos motorizados de movimentação de materiais e de elevação de operários para trabalho em postos altos, ainda pouco vista nos canteiros de obra no Brasil, além de apresentar conseqüências diretas em ganho de produtividade e redução de desperdícios, está fortemente relacionada à segurança e melhoria geral das condições de trabalho dos funcionários da obra, o que é um fator abordado no conceito do edifício eco-sustentável.

4 APLICAÇÃO DE PARÂMETROS DE ECO-SUSTENTABILIDADE

Todo estudo a se fazer sobre indicadores econômicos que sustentam tomadas de decisões, sejam elas ligadas a lançamento de produtos diferenciados, adoção de novas metodologias e materiais, avaliação de peculiaridades intrínsecas ao ambiente, entre outros, tem o seu cerne resumido à avaliação do binômio risco x retorno.

Neste contexto, ao se analisar a aplicabilidade econômica de características de eco-sustentabilidade à edifícios comerciais no Brasil nos dias de hoje, se faz importante conhecer de forma qualitativa, a interação e conseqüências destas características aos índices de desempenho do edifício. Sem essa discussão, qualquer quantificação pode se tornar inválida ou mera especulação para rejeitar ou dar suporte à tomadas de decisões pobres.

O objetivo ao se proceder a análise da qualidade do investimento em um empreendimento, é estabelecer indicadores econômicos que forneçam subsídios ao empreendedor à sua tomada de decisão. Desta forma, todos os aspectos particulares a serem incorporados na análise quantitativa, deverão ser criticados e explicitamente transmitidos aos índices de desempenho utilizados como “dados de entrada” ou premissas.

Conforme discute Rocha Lima Jr. (1995a), o cálculo de indicadores através de procedimentos matemáticos corretos por si só não oferece garantia e conforto a quem analisa os resultados. “A análise só representa suporte correto para decisões sobre implantação de empreendimentos quando os princípios nos quais se sustenta formam o elenco conceitual que dá garantia de qualidade para o procedimento” (ROCHA LIMA JR., 1995a). À medida em que, por definição, modelos trabalham com simplificações de comportamento, a qualidade da modelagem estará na sua capacidade de representar corretamente as interações entre as diversas variáveis em todos os ciclo da vida do empreendimento.

Para qualquer modelagem, e, diante do exposto até aqui, importante se faz refletir sobre as seguintes observações expostas por Rocha Lima Jr. (1995a). “Tratamento matemático complexo não é sinônimo de análise de qualidade, pois que, ao contrário, quando esta complexidade for mero resultado de exaltação de poder que o planejador não pode se atribuir, poderá confundir o investidor, transferindo uma imagem de qualidade que a análise não contém. O modelo de análise deve ter a profundidade de tratamento matemático compatível com a possibilidade de se lançar, no cenário esperado, dados confiáveis, para manipulá-lo. Se o modelo exigir dados, que só podem ser lançados através de absoluta especulação, sem base de referência, e mais, se isso ficar mascarado sob o rótulo de sofisticação de análise, o que fará o planejador é inferir que o que apresenta sobre as expectativas de desempenho do empreendimento tem maior certeza do que é razoável pretender, levando, por consequência, a decisões de baixa qualidade e risco desconhecido” (ROCHA LIMA JR., 1995a).

“Advirão questões sobre determinadas expectativas de comportamento (...) que não dependem da análise de qualidade em si, mas de como se vislumbra a inserção de mercado do empreendimento, no período para o qual se vai avaliar desempenho, e em que nível estarão as variáveis conjunturais nesse ciclo futuro” (ROCHA LIMA JR., 1995a)

Ligado a essas variáveis conjunturais e aspectos particulares adotados, é necessário que se faça uma crítica do risco incorporado ao empreendimento.

“Como se reconhece que o empreendedor é aquele que decide com o senso do risco, nenhuma análise de qualidade será competente se não oferecer a informação contida nos indicadores associada à identificação de como poderão flutuar, se situações de quebra de desempenho, ou desvios conjunturais, emergirem. Assim, o empreendimento terá seu nível de riscos aferido pelo empreendedor, dependendo de como estão situados os reflexos das configurações deformadas de comportamento, no ambiente do empreendimento, ou no que ele se insere, em relação à flutuação dos indicadores. Grandes deformações de comportamento, promovendo flutuações de

indicadores em níveis confortáveis, mostram baixo risco e pequenas deformações associadas a flutuações extremas, altos riscos” (ROCHA LIMA JR., 1995a).

Vale ressaltar que as decisões são tomadas diante das expectativas sobre o comportamento do empreendimento com relação a padrões aceitáveis e limites estabelecidos pelo decisor. Desta forma, a determinação da qualidade do empreendimento não é absoluta, pois está atrelada à referência arbitrada pelo empreendedor. Um mesmo empreendimento terá julgamentos diferentes quando apresentado à diferentes empreendedores¹¹.

De qualquer forma, para que um empreendimento eco-sustentável seja bem-sucedido, ele deve apresentar vantagens ao meio ambiente, aos usuários e certamente ao empreendedor. Pois este é o conceito de ecoeficiência, conforme já apresentado.

A seguir são apresentados exemplos de como empreendimentos recentemente desenvolvidos na cidade de São Paulo, vêm incorporando atributos de eco-sustentabilidade a seus projetos, ainda que esses não tenham sido diretamente abordados como fatores de preocupação ecológica. Como se verifica, na grande maioria dos casos, a adoção de parâmetros de eco-sustentabilidade teve por objetivo, exclusivamente, ganhos relacionados a eficiência operacional.

4.1 Terreno e Projeto

4.1.1 Taxa de Ocupação

O edifício Faria Lima Financial Center, localizado na avenida Brigadeiro Faria Lima em São Paulo, apresenta uma taxa de ocupação do terreno ao redor de 32% (2.200m² de área de laje em 6.900m² de terreno), bem abaixo da ocupação máxima permitida para o zoneamento do terreno que é de 50%. Da mesma forma, o edifício

¹¹ Para Rocha Lima Jr., a análise da viabilidade se diferencia da análise da qualidade por partir do conhecimento do referencial e do padrão de qualidade pré-definido pelo empreendedor. Analisa se os parâmetros mínimos exigidos são atingíveis, podendo concluir se o empreendimento é viável ou não. Ao contrário, a análise da qualidade assume uma postura universal, sem a presença do empreendedor.

BankBoston, na região da Berrini, com uma área destinada a jardim com cerca de dez mil metros quadrados, também cumpre o requisito de redução de distúrbios do local preconizado pelo Sistema de Classificação LEED.

Em edifícios deste porte, destinados a ocupantes corporativos, a conceituação do projeto parte de especificações relacionados à demanda do mercado e à características de eficiência técnica, o que acaba por determinar tamanhos de lajes máximas, em torno de 2.000m².

A demanda do mercado está relacionada desde a expectativas quanto à quantidade e ao tamanho das empresas que estarão procurando espaços para alocar seus escritórios, até as características destes escritórios para atender as estruturas organizacionais destas corporações. Como resultado pode-se determinar a área necessária, conformação da laje, possibilidades de divisões e exigências específicas, entre outras características.

Quanto à especificações relacionadas à eficiência técnica, é possível citar dentre inúmeros fatores a serem avaliados em conjunto: a quantidade de elevadores, as rotas de fuga e localização das escadas, quantidade e localização dos banheiros, tamanho do *core*, pilares internos e vãos livres, proximidade à janelas, comprimento e diâmetro das tubulações, como condicionantes ao projeto de lajes eficientes.

Desta forma, o fator determinante do tamanho da laje e, conseqüentemente, da taxa de ocupação do edifício no terreno é, na grande maioria das vezes, econômico em sua essência, e não ecológico.

Alguns empreendimentos que ocupam grande terrenos, como o America Business Park, na marginal do rio Pinheiros em São Paulo, adotam soluções baseadas no conceito de *Office Parks* ou *Business Parks*.

Office park é um condomínio de edifícios baixos (até cinco andares), integrados por projeto paisagístico, que oferece segurança e serviços aos ocupantes. Tal solução

pode ser adotada, entre outros motivos, por restrições ao uso do solo, por estratégias relacionadas ao faseamento do empreendimento, à velocidade de construção, ou ainda para possibilitar ao ocupante a utilização de um edifício com identidade própria. Segundo Botti¹² apud Portal Flex (2003b), a utilização total de um edifício, mesmo menor em comparação a outros, dá mais personalidade à empresa ocupante.

Para estes casos apresentados, no entanto, as taxas de ocupação são maiores e estão próximas aos máximos permitidos por lei.

Há que se notar no entanto, que soluções em condomínios podem perder eficiência econômica e ecológica por demandar a replicação dos sistemas prediais. Mesmo menores, os sistemas têm, no conjunto, seus custos e impactos aumentados.

No caso do America Business Park, todos os sistemas de automação e manutenção, inclusive as máquinas de ar condicionado, estão centralizadas em uma única edificação. Ganha-se na operação e manutenção, mas pode-se perder no custo das instalações, em relação a um edifício único, quando as distâncias a serem percorridas por tubulações e cabeamento são maiores.

4.1.2 Reutilização de Edifício

Bons exemplos da gestão de desenvolvimento imobiliário são encontrados nos Estados Unidos.

O Rockefeller Center foi adquirido em 1996 por um grupo de investidores¹³ e desde então, o famoso edifício vem passando por um intenso processo de modernização. Para devolver o antigo *glamour* ao edifício construído em 1929, desenvolveu-se um grande projeto de reestruturação e mudança de perfil do empreendimento e da região ao seu redor. Segundo Gruber¹⁴ apud Portal Flex (2003b), a atualização dos sistemas

¹² Alberto Rubens Botti, arquiteto sócio do escritório Botti Rubin Arquitetos Associados responsável pelo desenvolvimento do America Business Park.

¹³ Whitehall Fund (fundo administrado pelo Goldman Sachs), David Rockefeller, Gianni Agnelli, Stavros Niarchos e Tishman Speyer Crown Equities.

¹⁴ Andy Gruber, diretor de Projetos e Construção da Tishman Speyer Método.

de energia, ar condicionado e manutenção, resultou diretamente na maximização dos aluguéis.

A modernização do complexo, até então decadente e endividado, culminou com a atração de grandes inquilinos, como a rede de televisão ABC. Como parte do processo de revitalização, foi instalado um shopping center com 200 lojas e um teatro com 6 mil lugares pertencente ao Radio City Music Hall.

Outro exemplo é a ampliação da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) em São Paulo, com início em 1996 e término em 2000 a um custo de R\$ 35 milhões, uma grande obra no centro da cidade, onde foram unidos dois edifícios históricos. A obra exigia grandes intervenções e foi na realidade a reconstrução do imóvel, preservando a fachada da sede do antigo Banco Econômico.

A fachada era o único elemento tombado e contou com uma estrutura apropriada para sua sustentação durante as obras. “O projeto modificativo teve cunho de reforma para poder ser construída a mesma área existente” (LEAL, 2000, p.48). Adotando-se métodos construtivos apropriados e concreto protendido de alta resistência, foram construídos 4 subsolos, o número de pilares foi reduzido em 20% do original e criou-se um salão para o pregão com vão livre de 27m e pé-direito de 6,5m. Nenhum sistema predial foi aproveitado e foram implantados sistemas de ar condicionado central com termo-acumulação, telemática, fibra óptica e supervisão predial (BMS).

Obras como essa podem ser consideradas como nova construção visto que muito pouco se aproveitou do projeto original. Por esse motivo, podem não estar em concordância com a filosofia de reutilização do edifício, como meio de preservação de materiais e recursos. De qualquer forma, essa iniciativa tem papel importante na recuperação de áreas do centro da cidade e possível atração de investimentos para a região.

Recentemente em São Paulo, a estrutura do edifício da Eletropaulo Metropolitana localizada na marginal do rio Pinheiros, que teve sua obra paralisada em 1994 foi adquirida pelo Banco Português de Negócios para o desenvolvimento de um

empreendimento de uso misto. A estrutura existente possui 22 lajes de cerca de 2.000 metros quadrados e deverá ter seus projetos originais revisitados e profundamente modificados de forma a comportar seu novo uso e novas tecnologias. Seu desenvolvimento poderá ser um marco para este tipo de atividade na cidade de São Paulo.

4.1.3 Estacionamento

A implantação da nova sede do BankBoston na avenida Engenheiro Luiz Carlos Berrini provocou impacto considerável. São cerca de dois mil funcionários e mais 800 automóveis circulando por dia na região.

A eliminação de vagas de estacionamento, conforme preconizado pelo Sistema LEED no entanto, não funcionaria como um estímulo à utilização de transporte coletivo. Conforme já discutido, edifícios comerciais de alto padrão em São Paulo devem apresentar uma relação de vagas por área de escritório em torno de 1:35m², caso contrário, em apresentado relações piores, podem se mostrar pouco competitivos.

O edifício Faria Lima Financial Center possui cinco subsolos e 818 vagas de estacionamento, numa relação de uma vaga para 32m² de escritório. Vale ressaltar que a lei de zoneamento já determina para o uso comercial na região, a relação mínima de 1:50.

4.1.4 Projeto

No edifício BankBoston, de acordo com Portal Flex (2003a), a maior dificuldade encontrada pela equipe responsável pela implantação da obra foram a compatibilização dos projetos e a adaptação dos mesmos aos sistemas construtivos e materiais disponíveis no mercado nacional. Originalmente concebido nos EUA, pelo escritório Skidmore, Owings & Merrill (SOM), o projeto contou com a intervenção de diversos projetistas nacionais, cuja missão foi nacionalizar e ajustar o projeto à realidade brasileira.

A internet foi a ferramenta de gerenciamento. A comunicação dos engenheiros e projetistas americanos da SOM, bem como da Flack & Kurtz, responsável pelos projetos de instalações, com os profissionais da Hochtief do Brasil, que executou a obra, foi realizada via rede.

É importante criticar que o projeto foi desenvolvido nos Estados Unidos e adaptado às condições regionais, o que vai totalmente contra os princípios da sustentabilidade quanto à conceituação integrada ao ambiente e à realidade local.

4.2 Eficiência no Uso da Água

No BankBoston, a medição do consumo de água fornecida pela concessionária é feita por hidrômetro monitorado pelo sistema de BMS. A preocupação com o uso racional da água exigiu a especificação de torneiras de acionamento por molas, mictórios com sensor de presença e peças sanitárias e válvulas de baixo consumo.

O fornecimento de água para irrigação do jardim e espelhos d'água e riacho é proveniente do lençol freático. A água passa por uma estação própria de tratamento com capacidade para 4m³/h, localizada no subsolo.

Uma central de água potável no último pavimento abastece 28 pontos de bebedouros. Ainda no mesmo edifício, a tubulação pluvial é dotada de mecanismo de armazenagem que elimina a água de chuva na rede pública de forma gradual, amenizando os picos de cheia na região.

4.3 Energia e Atmosfera

4.3.1 Fachada

No BankBoston, vidros duplos utilizados na fachada são dotados de baixa emissividade (low-e) que, além de proteger das radiações diretas, filtra a luz natural difusa para o interior do edifício. O vidro utilizado possui eficiência energética, controlando a entrada de calor no verão e diminuindo a perda do ar climatizado no

inverno, mantendo ambientes aquecidos. Segundo Giafarov¹⁵ apud Portal Flex (2003a), também o “colchão de ar” que se forma por trás das placas de granito da fachada interfere positivamente na eficiência e economia no cálculo do sistema de HVAC.

Fator de grande importância para o controle de ganho térmico gerado pela radiação solar na fachada é a proteção interna utilizada nos espaços de trabalho. Nos edifícios BankBoston e Faria Lima Financial Center, foram utilizadas nas áreas de escritório, persiana do tipo rolô com tecidos de proteção solar. As características deste produto já são consideradas na fase de projeto do HVAC e determinantes na eficiência do sistema. Desta forma, as especificações são apresentadas como requisitos a serem seguidos pelos ocupantes dos edifícios.

4.3.2 Sistema de HVAC

No BankBoston, o sistema de HVAC é do tipo expansão indireta (resfria a água para depois resfriar o ar). Dessa forma, a Central de água Gelada (CAG) é o sistema que atende, durante o horário normal de funcionamento, a maioria das áreas do prédio. O sistema projetado otimiza a economia de energia devido aos seguintes fatores: (i) utilização de resfriadores de água de alta performance (0,61 kW/TR); (ii) variadores de frequência no comando das bombas de circulação de água, cujo objetivo é variar a vazão de água em função da carga térmica (insolação e quantidade de pessoas no ambiente) ou dissipação do calor do edifício; e (iii) possibilidade de uso do ciclo economizador, que permite a utilização de 100% do ar externo em dias cujas condições térmicas forem favoráveis.

A água é resfriada por meio da ação do gás refrigerante ecológico R134a. Uma vez gelada, a água passa por uma serpentina dentro dos *fancoils*, resfriando parte de ar ambiente e parcela de ar externo. Depois de devidamente higienizado, o ar é insuflado no ambiente controlado por caixas de Volume de Ar Variável (VAV). Essas caixas são controladas independentemente uma da outra por sensores de temperatura posicionados de forma a criar zonas de condicionamento.

¹⁵ Paulo Flório Giafarov, engenheiro responsável pela assessoria em relação ao granito no edifício

O Faria Lima Financial Center apresenta CAG que funciona através de *chillers* elétricos e a gás com termo-acumulação (tanques de gelo) e distribuição através de *fancoils* e caixas de VAV posicionadas de acordo com a insolação da fachada. O edifício possui espaço reservado na cobertura para a instalação de *chillers* adicionais caso haja necessidade por parte dos ocupantes.

Vários estudos comparativos foram realizados, em função de custos de implantação e consumo de energia, para que se pudesse definir o funcionamento e capacidade do sistema. Abaixo tabela comparativa entre o sistema básico de partida e o sistema adotado.

Descrição	Projeto Convencional		Opção Adotada	
	Capacidade	Investimento	Capacidade	Investimento
Capacidade térmica	1.066 TR		1.280 TR	
Chillers elétricos	825 TR	R\$ 470.000	320 TR	R\$ 182.000
Chillers a gás			640 TR	R\$ 896.000
Torres de resfriamento	825 TR	R\$ 66.000	1.280 TR	R\$ 102.000
Tanques de gelo	4.426 TRh	R\$ 490.000	1.150 TRh	R\$ 126.000
Trocadores de calor			640 TR	R\$ 58.000
BAG p/ Chillers	3 x 270 m ³ /h	R\$ 16.200	5 x 320 m ³ /h	R\$ 32.000
BAG p/ troca de calor			3 x 320 m ³ /h	R\$ 19.000
BAC	3 x 275 m ³ /h	R\$ 16.500	4 x 305 m ³ /h	R\$ 24.000
Total Equipamentos				
Potência Consumida	830 kW	R\$ 1.058.700	535 kW	R\$ 1.439.000

Tabela III – Comparativo: sistemas de HVAC edifício Faria Lima Financial Center

Fonte: Brazil Realty S/A Empreendimentos e Participações

Vê-se entre os dois projetos, a redução da potência em 36% e um acréscimo de 20% na capacidade térmica do sistema, a um custo de R\$ 380.300 (36% maior).

Considerando os dados aproximados apresentados por Abreu (1997), no qual, em um edifício eficiente do ponto de vista energético, 45% dos custos com energia são

relacionados ao sistema de HVAC (contra 64% para um edifício convencional), e os custos condominiais, conforme dados fornecidos pela administradoras do edifício, onde R\$ 30.000 por mês são gastos com eletricidade, pode-se calcular (sem muita sofisticação), que o investimento adicional é compensado pela redução de custos operacionais em 2 anos¹⁶.

Uma solução diferenciada foi adotada no edifício Spazio JK, localizado na avenida Juscelino Kubitschek, em São Paulo: o sistema de insuflamento de ar pelo piso. Por estar localizado entre a laje e o piso elevado, uma das vantagens do sistema é permitir e facilitar a mobilidade na mudança do layout. Segundo Lazarides¹⁷ apud Portal Flex (2003b), a carga térmica necessária para se atingir condições de conforto chega a ser até um terço menor que em um sistema de insuflamento pelo forro, o que pode significar uma economia de 27% no consumo de energia elétrica do sistema HVAC. No entanto, tal sistema ainda é muito caro comparado ao demais. De acordo com Yudelson, J.; Lunch, M. F. (2000), esse tipo de sistema pode custar até US\$ 30 a mais por metro quadrado em relação a sistemas de insuflamento pelo forro.

Em todos os casos, todo o sistema de HVAC está interligado ao sistema de automação (BMS), permitindo monitorar e controlar as temperaturas nos ambientes.

4.3.3 Fontes de Energia

A principal preocupação em relação à fontes de energia, que se observa nos edifícios de última geração construídos em São Paulo, está centrada na confiabilidade do sistema e do fornecimento da concessionária. Desde a crise energética ocorrida em 2001, é dada grande importância a sistemas de geração de energia a gás e a diesel.

Tais sistemas respondem à demanda das empresas ocupantes por sistemas confiáveis, e podem ser utilizados para redução de custos operacionais do edifício quando

¹⁶ $45\% \times R\$ 30.000 = R\$ 13.500$ gastos por mês com energia elétrica para o sistema de HVAC existente. Considerando que os demais custos de energia são iguais aos de um edifício convencional, temos que os gastos totais de energia no edifício com sistema convencional seria $R\$ 16.500 / 0,36 = R\$ 45.833$. A diferença, R\$ 15.833 por mês, deve ser multiplicada por 24 meses para que se chegue aos R\$ 380.000 que é a diferença de custos entre os sistemas.

¹⁷ Pamagiotis Lazarides, projetista do sistema de HVAC utilizado no edifício Spazio JK.

funcionam em horários de pico, período em que a tarifa de energia fornecida pela concessionária é mais cara.

O que se observa no edifício Faria Lima Financial Center, que possui gerador de energia a diesel e componentes do sistema de HVAC (*chillers*) com funcionamento a gás, é uma menor tarifação de energia fruto de negociação com a concessionária. Pode-se concluir que, mesmo sem ser utilizado em operação diária, os geradores de energia podem funcionar como instrumento de barganha na negociação de tarifas.

As despesas com a energia elétrica consumida neste edifício são estimadas para operação em regime¹⁸ em R\$ 30.000 por mês a valores de hoje, o que corresponde ao item mais dispendioso na planilha de custos mensais do condomínio, conforme informação fornecida pela administradora, cerca de 15% do total. De acordo com informação obtida junto à empresa administradora do edifício, este valor seria R\$ 55.000 caso a tarifa aplicada não tivesse o benefício do desconto.

No Faria Lima Financial Center existem ainda espaços disponíveis para a instalação de geradores adicionais caso haja necessidade por parte dos ocupantes.

Com a construção ocorrendo no auge da crise energética, o edifício Plaza Iguatemi, localizado na avenida Faria Lima, em São Paulo, adotou sistema de geração a gás capaz de suportar a carga demandada pelo edifício e produzir energia excedente. Os empreendedores vislumbraram a oportunidade de comercializar a energia. No entanto, tal possibilidade não pode ser interpretada como exploração do negócio imobiliário.

No BankBoston existem três geradores a diesel capazes de suprir toda a energia consumida no edifício, inclusive pelo sistema de HVAC, que são acionados nos horários de pico. Para regular o consumo, todos os andares contam com seus próprios medidores. Mesmo sendo um edifício com um único usuário, a racionalização de gastos pode ser feita por departamento.

4.3.4 Iluminação

Em conjunto com a cor branca, de alta refletância luminosa (fator 0,89), formas côncavas no fôrro podem ser utilizadas para prover melhores níveis de iluminação, através do aproveitamento do fluxo luminoso da lâmpada, e melhor conforto visual, como ocorre em alguns ambientes do edifício BankBoston, em São Paulo.

No mesmo edifício foram utilizadas lâmpadas de alta eficiência: de menor potência, sem prejuízo ao rendimento luminotécnico, elas apresentam baixo consumo e menor emissão de calor.

4.3.5 Transporte Vertical

Quando se trata do transporte vertical, algumas medidas como reestruturação dos departamentos de uma empresa nos andares podem ser eficazes na redução do consumo de energia.

Departamentos que têm muito contato devem estar próximos, quando não no mesmo andar, deve-se incentivar o uso de escadas. Quando concentram grande número de funcionários e visitas, ou apresentam freqüentes entradas e saídas, os departamentos devem ser alocados em andares baixos.

Outras soluções podem ser operacionais, como dividir o atendimento dos elevadores em zonas dentro do edifício, encurtando as viagens. Cabe ressaltar que esta prática, quando adotadas zonas alta e baixa, pode apresentar vantagens também em ganhos na eficiência de uso da laje. À medida em que se alcança uma zona mais alta, o *core* do edifício pode ser reduzido.

O edifício Faria Lima Financial Center é dividido em zona alta e baixa. Seis elevadores com velocidade de 2,5m/s servem a zona baixa, do térreo ao 11º andar, e quatro elevadores servem os andares 11 ao 17 a 4m/s. O *core* do edifício sofre alterações nos andares mais altos. Por motivos de segurança, a interligação dos cinco subsolos ao térreo é feita através de três elevadores que não servem pavimentos de

¹⁸ Ciclo de operação em regime é o período após a estabilização, quando o edifício atinge o nível de

escritório. Desta forma, todos os usuário são obrigados a passar pelo térreo. Existe um elevador de serviço, isolado, que atende do 1º subsolo ao 17º andar e um elevador hidráulico entre o 17º e o heliponto. Todos os elevadores são monitorados por um sistema de monitoramento e controle de tráfego ligado ao BMS.

Neste edifício, as portas de acesso às escadas estão ligadas ao sistema de segurança contra incêndio de forma que não podem ser utilizadas para locomoção entre andares. Por esse motivo, foram previstas nas lajes, algumas regiões que podem ser demolidas para a construção de escadas internas entre os andares, respeitando-se normas de segurança do Corpo de Bombeiros.

No edifício BankBoston, os doze elevadores sociais estão separados em dois grupos que atendem zonas baixa e alta. Para controlar e oferecer maior rapidez de circulação, foi implantado o sistema *Miconic* da Atlas Schindler. O usuário indica o andar de destino em teclas localizadas fora da cabine, o sistema então avalia quais elevadores deverão atender a quais chamadas, levando em consideração a proximidade, o número de passageiros em cada carro e as próximas paradas programadas. Ao entrar no elevador indicado, o usuário faz a viagem de forma totalmente automática. As vantagens são redução de paradas e em média 30% a menos no tempo de espera.

4.4 Materiais e Recursos

No edifício BankBoston, a nacionalização do projeto de interiores alterou diversas especificações. Lambris de madeira foram substituídas por rochas nacionais e tampos de pias e balcões, antes de laminados ou madeira, foram modificados para granitos. O carpete em placas, no entanto, utilizado sobre o piso elevado, precisou ser importado de forma a atender aos padrões mundiais do banco. A atenção com a qualidade dos materiais selecionados e o atendimento às especificações dos projetos foram um item relevante durante a obra. Em alguns casos, indo contra os conceitos

de eco-sustentabilidade apresentados pelo Sistema LEED, o que demonstra que a preocupação ambiental tinha importância inferior.

Outro exemplo no mesmo projeto está relacionado à fachada. O projeto original especificava granitos provenientes dos Estados Unidos e Zimbábue, mas estes foram substituídos por produtos similares extraídos de jazidas do Ceará e Paraíba, um total de 700m³ de granito para 22 mil m² de fachada. Logicamente grande motivo para a substituição do material foi o custo e a garantia de continuidade de entrega. A maior proximidade da fonte de origem do material possibilita fiscalização e controle mais eficientes e, ao encurtar a cadeia logística, reduz a possibilidade de ocorrência de problemas no percurso do transporte, no manuseio, em trâmites alfandegários, entre outros, que geram atrasos e custos adicionais à obra.

A conformidade do material com a especificação original do projeto deve ser garantida primeiramente através de investigação e pesquisa minuciosas na escolha do fornecedor e, em segunda instância, através de uma inspeção rigorosa do material enviado à obra.

No caso do Faria Lima Financial Center, como forma de tirar o máximo proveito do seu diferencial de localização: endereço nobre, de grande visibilidade e que agrega valor para a imagem corporativa, com tendência de concentrar empresas do ramo financeiro, buscou-se primar e distinguir o produto pela sofisticação, o que levou à escolha de materiais de acabamento que causassem grande impacto. Desta forma, para o material utilizado em todo o edifício não houve preocupação ecológica e grande parte dos acabamentos foi importado.

Quanto a aspectos de agressão ao meio ambiente, no edifício BankBoston, o sistema de HVAC opera com gás de refrigeração que não agride a camada de ozônio. Em locais como CPD e *Trading*, o sistema de combate a incêndio utiliza-se do gás FM200, com eficiência e sem prejuízo ao ambiente, aos ocupantes ou aos equipamentos e patrimônio.

4.5 Qualidade Ambiental Interior

No edifício BankBoston, a maior ventilação em relação à usualmente dotada e a restrição do uso de materiais que liberam componentes tóxicos, buscam manter bons padrões da qualidade do ar interior.

O sistema de filtragem do sistema de HVAC passa por três estágios incluindo filtro de carvão ativado cuja função é eliminar odores do ar atmosférico, bem como monóxido de carbono existente em alta concentração na marginal do rio Pinheiros. Filtros classe G3 e F1 inibem o desenvolvimento e eliminam agentes microbianos.

Na cozinha do edifício, o ar não recircula. Depois de insuflado, passa por duas lavagens antes de ser exaurido pelas coifas.

4.6 Inovações

Inserida na categoria 6 – a mais avançada do mercado – a rede de cabeamento estruturado do edifício BankBoston compreende 775 mil metros de cabo e 14 mil metros de fibra óptica, e tem expectativas de durabilidade superior a 15 anos.

Segundo Almeida¹⁹ apud Portal Flex (2003a), foram dedicados 20% do total do orçamento do empreendimento no projeto de infra-estrutura tecnológica. “O investimento não foi uma solução isolada. Pensou-se em um projeto de longo prazo que estivesse coerente com o conceito de todo o prédio. Seria impensável uma iniciativa diferente desta” (ALMEIDA, M. G. apud PORTAL FLEX, 2003a). A concepção do sistema procurou seguir os requisitos do padrão EIA 568, uma norma global que orienta os projetos de cabeamento e permite maior diversidade de fornecedores compatíveis, o que evita dependências futuras e possibilita a integração de componentes.

¹⁹ Marcos Grossi de Almeida, diretor de Serviços Tecnológicos e Suporte do BankBoston no Brasil.

Solução de cabeamento dispendiosas podem ter seu retorno financeiro em relação ao maior investimento exigido, garantido por sua flexibilização e possibilidades de atualização, que transmitem ao imóvel características de perenidade percebidas e valorizadas por ocupantes corporativos.

4.7 Gerenciamento Condominial

Edifícios eco-sustentáveis devem apresentar máxima eficiência operacional e baixo índice de manutenção, além de proporcionar conforto ao ambiente de trabalho. Cabe ao gerente de *facilities* buscar estes objetivos.

A contratação da empresa de *facility* antes da conclusão da obra é comum em empreendimentos de grande porte, já com o envolvimento da empresa no comissionamento das instalações e entrega da obra, o que é muito importante para a definição dos critérios e procedimentos da operação do edifício.

Uma forma de aplicação do sistema de comissionamento preconizado pelo sistema de classificação LEED, foi utilizada com sucesso no edifício BankBoston. Segundo Portal Flex (2003a), um dos caminhos seguidos na montagem da estrutura operacional do edifício foi a adoção de contratos de desempenho. Através deles são acertados os objetivos do cliente com os dos fornecedores, e estabelecidas metas a serem cumpridas.

Foram avaliados orçamentos para operação e manutenção paralelamente às propostas de fornecimento, com metas pré-estabelecidas de custos e desempenho, visando o comprometimento do fornecedor ou prestador de serviço com a qualidade esperada. Quando os índices estabelecidos não são cumpridos, aplicam-se as penalidades previstas em contrato.

Um exemplo é o sistema de HVAC. A Air Conditioning Building Systems, empresa que realizou a instalação do sistema, é também a responsável por sua manutenção, operação e controle. O contrato estabelece padrões para a qualidade do ar interno, a disponibilidade operacional do sistema e o consumo de energia esperado.

Um motivo importante para a contratação de empresa especializada em gerenciamento operacional de edifícios é o fato de muitos empreendimentos pertencerem ou virem a pertencer a diferentes proprietários. O risco de deterioração do imóvel ou investimentos mal feitos devido à divergências entre os proprietários é grande. Cabe ao gerente de *facilities* congregar os interesses do edifício como um todo. Sua presença é fator relevante para que empresas sintam-se confortáveis e seguras quanto à manutenção dos serviços e das condições do edifício ao longo de sua ocupação.

“O gerenciamento profissional de propriedades valoriza o imóvel e viabiliza a locação para empresas de alto padrão” (BARG apud PORTAL FLEX, 2003b)²⁰.

²⁰ Mônica Barg, coordenadora do empreendimento Amercia Business Park.

6 CONCLUSÕES

Discussões sobre a preservação da qualidade do meio ambiente e compromissos com a sociedade e gerações futuras têm cada vez mais ganhado espaço na mídia e em ambientes empresariais. As discussões, antes teóricas e de caráter exclusivamente ideológicas, passaram a ter enfoque econômico como parte integrante de avaliação de desempenho.

Quanto à legislação, o país conta com uma série de leis que tratam da questão ambiental: Política Nacional do Meio Ambiente, Política Nacional dos Recursos Hídricos, Leis de Crimes Ambientais, entre outras, além de artigos das Constituições estaduais e municipais.

A racionalidade da constatação dos benefícios econômicos, no entanto, deve ser o caminho mais eficaz para a adoção de atitudes ligadas ao tema. Além da redução de custos com consumo de energia, água e materiais, diminuição de desperdícios e resíduos gerados e importante ganho de produtividade, as empresas que demonstram responsabilidade e preocupação com a questão ambiental obtêm o benefício da vantagem competitiva ligada à sua imagem junto a clientes, fornecedores e comunidade. Cabe ressaltar que não existem no Brasil benefícios fiscais, o que certamente poderiam impulsionar o movimento.

Para que o desenvolvimento de edifícios eco-sustentáveis seja uma prática comum, usuário/ocupante e investidor/desenvolvedor devem desfrutar os benefícios da postura ecológica. Avaliada sob quaisquer perspectivas, essa deve apresentar benefícios econômicos resultantes da eficiência operacional, desempenho e imagem corporativa. Empreendimentos que incorporam aspectos ecológicos podem dessa forma ser apresentados como alternativas de investimento interessantes.

Percebe-se através dos casos apresentados neste trabalho, que muitos aspectos de eco-sustentabilidade são incorporados. Todavia, o enfoque dado é o da busca da eficiência operacional, no conceito de “edifício inteligente”.

O conceito de “edifício inteligente” já está consolidado como um novo padrão ou referencial de qualidade. A eco-sustentabilidade ainda aparece em segundo plano na visão do empreendedor.

Se faz necessário que o ocupante valorize explicitamente a qualidade ecológica, o que se verificaria na sua disposição para pagamento de aluguéis mais altos (e maior velocidade de absorção de espaços livres) em contra-partida aos benefícios de imagem, ganhos de produtividade dos funcionários e redução das despesas condominiais.

Abre-se espaço, a partir deste trabalho, para discussões e análises de caráter quantitativo envolvendo os diversos atributos de eco-sustentabilidade abordados.

Nos Estados Unidos, a grande maioria dos edifícios certificados pelo Sistema LEED, são imóveis de entidades governamentais, instituições de ensino ou construções para cliente único, desenvolvidas sob encomenda (*build-to-suit*). Provavelmente no Brasil, o caminho será parecido.

Deverá partir dos ocupantes a demanda por este tipo de empreendimento. Contudo, para que empresas possam mais claramente se valer de benefícios à imagem e vantagens competitivas, será necessário um sistema de certificação válido e aceito no contexto em que se insere.

O Sistema LEED, abordado neste trabalho, apesar de ser amplamente aplicado e difundido nos Estados Unidos, não se mostra eficiente para as condições brasileiras. Referências a normas americanas, bem como aspectos que contradizem demandas importantes e situações específicas do mercado brasileiro tornam o sistema de difícil aplicação.

A filosofia por trás do Sistema LEED, no entanto, é válida globalmente. Faz-se necessário que entidades brasileiras ligadas à classe, bem como ONGs e outros envolvidos desenvolvam em conjunto um sistema de certificação amplamente aceito

e divulgado. O incentivo à sua adoção poderá então vir da sociedade que deverá cobrar atitudes e compromissos ambientais por parte das empresas.

LISTA DE REFERÊNCIAS

ABREU, J. H. Air Conditioning Rational Design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 2., São Paulo, 1997. **Proceedings of the 2nd International Conference on High Technology Buildings**. Brasgraf, 1997. p. 21-37.

AJTESZYC, L. Q.; ALMEIDA, R. Edificações auto-sustentáveis: habitação e ecologia no próximo milênio. **Revista Técnica**. Editora Pini, São Paulo, n. 44, ano 9, Jan/Fev 00, p. 40-42.

ANDRADE, C. F. A construção auto-sustentável. **Qualidade na Construção**. Sinduscon SP, São Paulo, ano II, n. 12, p. 30-43, 1998.

BOCCHILE, C. Espigão bilíngüe. **Revista Técnica**. Editora Pini, São Paulo, n. 59, ano 10, Fev 02, p. 20-24.

BRAZIL REALTY S/A EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES. São Paulo. 2003. Edifício Faria Lima Financial Center: especificações técnicas. Disponível em: <<http://www.brazilrealty.com.br>> Acesso em: 10 Nov. 2003.

CIOCCHI, L. Edifícios altos: as soluções (e problemas) das grandes estruturas. **Revista Técnica**. Editora Pini, São Paulo, n. 71, ano 11, Fev 2003a, p. 26-36.

_____. Para utilizar água de chuva em edificações. **Revista Técnica**. Editora Pini, São Paulo, n. 72, ano 11, Mar 2003b, p. 58-60.

CORCUERA, D. K. **Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: o conceito de sustentabilidade nos edifícios inteligentes**. Trabalho de mestrado, 2003. (em fase de elaboração). 8p.

DAVIES, H. **Environmental benchmarking of Hong Kong buildings**. Bradford, Structural Survey, 2001. p.38-46.

DEGW; OVE ARUP & PARTNERS; CTBUH; EDISON MUSA ARQ. ASSOC.
Intelligent buildings in Latin America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE
COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 3., São Paulo, 1999.
Proceedings of the 3rd International Conference on High Technology Buildings.
Brasgraf, 1999. p. 123-228.

EDWARDS, B. How do green buildings pay?. In: EDWARDS, B. **Green Buildings Pay**. London: E & FN Spon, 1998. p. 2-17.

ESTADOS UNIDOS. U.S. Green Building Council, Leadership in Energy and
Environmental Design. **Green Building Rating System™ Version 2.0**: março
2000.

FERREIRA, F. Método Engenharia traz o conceito dos edifícios “verdes”. Entrevista
a Alessandra Navi. **BoletimIDEA**, n.17, set/out 2002. Disponível em:
<<http://www.idea.org.br>>. Acesso em: 17 Abr. 2003.

FINGER, S.; WAJC, I. **Construção Sustentável**. São Paulo: Devtec Consultoria,
2003. (Estudo Técnico).

FORMOSO, C. T. As lições norte-americanas. **Qualidade na Construção**.
Sinduscon SP, São Paulo, ano I, n. 1, p. 22-25, 1997.

FRANCIS, G. The relevance of green buildings to the procurement and marketability
of offices. In: EDWARDS, B. **Green Buildings Pay**. London: E & FN Spon, 1998.
p. 32-41

GARRIDO, J. Um mundo a refazer. **Qualidade na Construção**. Sinduscon SP, São
Paulo, ano I, n. 5, p. 22-28, 1998.

JOHNSON CONTROLS, Inc. **The path to building green assets.** Folheto Publicitário. Milwaukee: 2001a.

KIMURA, H. Concurso de Monografias Brasil Sustentável. **Revista Exame.** Editora Abril, São Paulo, n. 806, p. 136-137, 26/11/2003.

KINNE, M. Amercian Honda northwest regional facility – multi-use facility in Gresham wins unprecedented LEED gold award. [depoimento a Trane]. **Trane.** Gresham, Oregon: 2003. p.3.

KISS, P. A fonte da eternidade. **Revista Técnica.** Editora Pini, São Paulo, n. 41, ano 8, Jul/Ago 1999a, p. 34-37.

_____. Luz plena. **Revista Técnica.** Editora Pini, São Paulo, n. 43, ano 8, Nov/Dez 1999b, p. 26-28.

KUA, H. W.; LEE, S. E. **Demonstration intelligent building – a methodology for the promotion of total sustainability in the built environment.** Building and Environment. n. 37, p.231-240, 2002.

LEAL, U. Tempos pré-modernos. **Revista Técnica.** Editora Pini, São Paulo, n. 43, ano 8, Nov/Dez 1999, p. 21-24.

_____. Reforma Necessária. **Revista Técnica.** Editora Pini, São Paulo, n. 46, ano 9, Mai/Jun 2000, p. 44-49.

_____. Conexões inteligentes. **Revista Técnica.** Editora Pini, São Paulo, n. 60, ano 10, Mar 2002, p. 36-42.

LOMONACO, C.; MILLER, D. Workplace productivity, environmental comfort and individual control: a direct relationship. In: INTERNATIONAL CONFERENCE COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 3., São Paulo, 1999.

Proceedings of the 3rd International Conference on High Technology Buildings.
Brasgraf, 1999. p. 83-101.

NGOWI, A. B. **Competing with environment-friendly construction practices.**
Morgantown, American Association of Cost Engineers, 2000. p. 28-33.

PORTAL FLEX. Edifício BankBoston, um marco na arquitetura. 2003a. Disponível em: <http://www.anuarioarquitetura.com.br/cases_boston.asp> Acesso em: 12 Dez 03.

_____. Edifícios comerciais, obras de grande porte. 2003b. Disponível em: <http://www.anuarioarquitetura.com.br/capa_edificios_coml.asp> Acesso em: 12 Dez. 03.

_____. Edifícios futuristas, além do horizonte. 2003c. Disponível em: <http://www.anuarioarquitetura.com.br/cases_edificios_fututo.asp> Acesso em: 12 Dez. 03.

_____. Rochaverá Plaza, novo marco na paisagem paulista. 2003d. Disponível em: <http://www.anuarioarquitetura.com.br/cases_rochavera.asp> Acesso em: 12 Dez. 03.

ROCHA LIMA JR., J. **Análise de Investimentos: Princípios e Técnicas para Empreendimentos do Setor da Construção Civil.** Texto Técnico/TT/06: EPUSP, São Paulo. 36p. 1993.

_____. **Princípios para análise de qualidade de empreendimentos: o caso dos empreendimentos de base imobiliária.** Boletim Técnico/PCC/153: EPUSP, São Paulo. 68p. 1995a.

_____. **Qualidade do empreendimento na construção civil – inovação e competitividade.** Boletim Técnico/PCC/144: EPUSP, São Paulo. 48p. 1995b.

SMITH, P. Green buildings: the long-term payoff. In: EDWARDS, B. **Green Buildings Pay**. London: E & FN Spon, 1998. p. 126-132

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C.; AGOPYAN, V. Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Qualidade na Construção**, Sinduscon SP, São Paulo, ano II, n. 13, p. 10-15, 1998.

STANDLEY, M. Balancing human, energy and building costs. In: EDWARDS, B. **Green Buildings Pay**. London: E & FN Spon, 1998. p. 48-55

TRANE. **Amercian Honda northwest regional facility – multi-use facility in Gresham wins unprecedented LEED gold award**. Gresham, Oregon: 2003. 4p.

WILDE, P.; AUGENBROE, G.; VAN DER VOORDEN, M. Design analysis integration: supporting the selection of energy saving building components. **Building and Environment**. Elsevier Science, n. 37, p.807-816, 2002.

YUDELSON, J.; LUNCH, M. F. **Marketing Sustainable design services**. Reed Elsevier Cahnes Business Information, Denver: 2000. 5p.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALUCCI, M. P. Fachadas transparentes: do conforto ao consumo de energia. **Revista Técnica**. Editora Pini, São Paulo, n. 40, ano 8, Mai/Jun 1999, p. 53-55.

EDWARDS, B. **Green Buildings Pay**. London: E & FN Spon, 1998. 132p.

INTERNATIONAL CONFERENCE COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 2., São Paulo, 1997. **Proceedings of the 2nd International Conference on High Technology Buildings**. Brasgraf, 1997.

INTERNATIONAL CONFERENCE COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 3., São Paulo, 1999. **Proceedings of the 3rd International Conference on High Technology Buildings**. Brasgraf, 1999.

JOHNSON CONTROLS, Inc. **Building for a Livable Future** TM – **Return on investment planner for integrated design & construction**. Milwaukee: 2001b. 16p.

KISS, P. Muito barulho por tudo. **Revista Técnica**. Editora Pini, São Paulo, n. 43, ano 8, Nov/Dez 1999, p. 30-33.

PORTAL FLEX. Edifícios altos, arranha-céus: grandes, mas indefesos. 2003. Disponível em: <http://www.anuarioarquitetura.com.br/cases_edalto.asp> Acesso em: 12 Dez. 03.

_____. Retrofitting, Panamericano 100% Nacional. 2003. Disponível em: <http://www.anuarioarquitetura.com.br/cases_retrofitting.asp> Acesso em: 12 Dez. 03.