

A arquitetura sustentável nas edificações urbanas: uma análise econômico-ambiental

The building on sustainable architecture: An economic and environmental analysis

Ilda Helena Oliveira Nunes

ildahelenanunes@yahoo.com.br

Doutoranda em Desenvolvimento Sustentável (CDS/UnB)

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Gleba A, Bl. C, Av. L3 Norte, Asa Norte, 70904-970, Brasília, DF, Brasil

Luzimeire Ribeiro de Moura Carreira

meire.ca@terra.com.br

Mestre em Ciências do Ambiente (UFT)

Av. NS 15, ALCNO 14, Campus de Palmas, Bl. III, Sala 20, 77001-090, Palmas, TO, Brasil

Waldecy Rodrigues

waldecy@terra.com.br

Professor do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio (UFT)

AV. NS 15, ALCNO 14, Campus de Palmas, Bl. III, Sala 20, 77001-090, Palmas, TO, Brasil

Resumo

A arquitetura sustentável consiste em uma postura na prática profissional da construção civil que valoriza as percepções do homem quanto ao ambiente. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise do custo-benefício ambiental do edifício da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (SEMACT) do município de Palmas - TO, que utilizou preceitos de construção da arquitetura sustentável. Pelos critérios privado (taxa de desconto de 15% ao ano) e público (taxa de desconto de 6% ao ano) de análise de investimentos no caso estudado, o uso de técnicas de construção da arquitetura sustentável não é recomendável, pois os custos incrementais de construção tornam-se superiores aos benefícios considerados (economia de energia). Além disso, considerando o critério de sustentabilidade de análise de investimentos (taxa de desconto nula), o uso de tecnologias de construção da arquitetura sustentável passa a ser relativamente atrativo. Contudo, a utilização desse critério revela muitas restrições na análise econômica, e só é recomendável em situações extremas, nas quais as externalidades ambientais geradas pelo empreendimento sejam intensas e não obtidas em fontes substitutas ou similares.

Palavras-chave: arquitetura sustentável, sustentabilidade, custo-benefício.

Abstract

Sustainable Architecture consists of a position in the construction professional practice that enhances the perception of the man on the environment. The objective of this paper is to perform an environmental cost-benefit analysis of a sustainable architecture deployment, as a case study considering the construction of the Municipal Secretary of Environment, Science and Technology (SEMACT) of Palmas city - TO. By the private (discount rate of 15% per year) and public criteria (discount rate of 6% per year) for the analysis of investments in the case studied the use of sustainable architecture is not recommended, because the incremental costs of construction are higher than considered benefits (energy saving). Moreover, considering the criterion of sustainability analysis of investments (zero discount rate), the use of sustainable architecture would be relatively attractive. However, the use of this criterion has many restrictions on economic analysis, only recommended in extreme situations where environmental externalities generated by the ventures are intense and not obtained from similar sources or substitutes.

Key words: sustainable architecture, sustainability, cost/benefit.

Introdução

Arquitetura sustentável, também denominada de arquitetura verde ou arquitetura ecológica ou eco-arquitetura, consiste em uma postura na prática profissional da construção civil que valoriza as percepções do homem quanto ao ambiente, considerando, também, a nova tendência social à sustentabilidade. Este modo de produzir o espaço consiste em que a comunidade execute e consuma suas tecnologias, aproveitando os recursos renováveis disponíveis de forma sustentável.

No século XIX, os conhecimentos científico-tecnológicos defendiam o uso de materiais sintéticos. A partir da segunda metade do século XX, as populações urbanas lacraram-se em ambientes artificiais que inibem os sentidos naturais humanos, neutralizando estímulos orgânicos. Como consumidores ideais, as populações urbanas foram submetidas à iluminação artificial, ao ar condicionado reciclado, às fragrâncias sintéticas e à música, para induzir um estado de prazer aquisitivo (Castelnuo, 2003). Posteriormente, passaram a existir correntes de recusa a essas tecnologias, que descartavam o natural e degradavam o ambiente. Com a apresentação dos movimentos ambientalistas, buscou-se atingir uma situação de equilíbrio entre demandas e disponibilidades de recursos naturais (Branco, 1999).

A adoção da arquitetura sustentável como padrão de construção pode levar à ampliação do conforto ambiental e à economia de recursos naturais, tais como água e energia elétrica. Porém, pode-se questionar se o custo incremental com a adoção de tecnologias de construção mais sustentáveis são compensadoras para o empreendedor (seja ele público ou privado) e para a sociedade como um todo.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise do custo-benefício ambiental da implantação da arquitetura sustentável, considerando como estudo de caso o edifício da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (SEMACT) do município de Palmas – TO. A pergunta a ser respondida é se vale a pena para a administração pública investir na construção de prédios mais sustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental.

A primeira parte do artigo trata da metodologia utilizada, que foi elaborada a partir de uma perspectiva interdisciplinar, na fronteira do conhecimento entre a arquitetura e urbanismo e da economia do meio ambiente. Posteriormente, são apresentadas as perspectivas analíticas da arquitetura sustentável e sua relação com o conforto ambiental. Por fim, é demonstrada análise econômica da edificação do órgão municipal de meio ambiente da cidade de Palmas/TO, que foi construído nos princípios da arquitetura sustentável.

Metodologia

Como determinar parâmetros econômicos e ambientais para a escolha de um padrão ou outro de construção de prédios públicos? Em regra, levam-se em conta padrões como economicidade, qualidade e durabilidade. Para responder se, do ponto de vista do poder público e da sociedade, vale a pena investir no reaproveitamento de materiais mais ecológicos e na reformulação da maneira de se constituírem os ambientes construídos, optou-se pelo uso da análise custo-benefício ambiental.

A análise custo-benefício é tipicamente utilizada para avaliar a viabilidade econômica de empreendimentos públicos ou privados. Segundo Kassai *et al.* (2000), avaliar um projeto de investimento com base nos resultados de caixa e não no lucro econômico que este poderá gerar revela a capacidade do empreendedor em injetar o capital inicial para a realização do empreendimento e as possibilidades propostas ao reinvestir os benefícios.

Conforme Field (1995), o método passou a considerar variáveis ambientais, o que se convencionou chamar de externalidades. No caso em questão, mensurou-se o custo marginal (adicional) de se construir, utilizando-se padrões da arquitetura sustentável em relação à convencional, e suas repercussões sobre a economia de energia. Realizaram-se os seguintes procedimentos metodológicos:

- (i) Descrição física da construção da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (SEMACT) por meio de mapeamento fotográfico, análise do projeto arquitetônico e entrevista com seu autor. A obra em questão foi edificada dentro da concepção da arquitetura sustentável, tendo como princípio básico a minimização dos impactos ambientais decorrentes da implantação de edificações públicas, bem como o uso racional e sustentável dos recursos naturais não renováveis.
- (ii) Levantamento dos custos de construção do metro quadrado do prédio, que utilizou a técnica de construção sustentável. O valor de implantação das edificações referentes à construção civil tradicional e da construção pertencente à arquitetura sustentável foi obtido de Rezende (2006) e da planta de valores genéricos do Município de Palmas (Palmas, 2007).
- (iii) Cálculo da economia de energia resultante da opção pelo uso da construção a partir da arquitetura sustentável, obtido dos relatórios de gastos mensais, junto à Secretaria de Planejamento e Administração – SEPLAD, referentes ao primeiro semestre de 2006, englobando os meses de janeiro a julho (Palmas, 2006).
- (iv) Desenho do fluxo de caixa incremental da arquitetura sustentável, considerando o custo de construção e a economia de energia adicional. De acordo com o Sistema Tributário Nacional, utilizou-se o valor de depreciação do imóvel de 4%; a vida útil considerada, tanto para o prédio construído sob a arquitetura sustentável como para a construção tradicional, foi de 25 anos (Brasil, 1966).
- (v) Análise da viabilidade econômica e ambiental da opção pela construção sustentável (arquitetura sustentável) por três critérios: privado, com taxa de desconto de 15% ao ano; público, com taxa de desconto de 6% ao ano; e de sustentabilidade, com taxa de desconto nula, em relação específica à adoção da taxa de desconto ao longo do período de depreciação da obra (25 anos), conforme preconiza Field (1995).

Arquitetura sustentável em várias leituras: uma contextualização interdisciplinar

Segundo Capra (2003), a comunidade sustentável não se alimenta apenas com o crescimento econômico, mas com a “teia da vida”, que consiste nas “redes de comunicação” ou “redes vivas”. Cada comunicação cria pensamentos e significados que acabam ligando toda uma rede de ações. Basicamente, dois fatores criam esta realidade, o crescimento global do capitalismo e a criação de comunidades sustentáveis baseadas na

prática do planejamento ecológico (eco design). Esta novidade impactou a sociedade, ao focalizar o bem-estar do homem como o objetivo de consumo, o que leva a uma definição operacional de sustentabilidade ecológica com aplicação prática ao cotidiano da sociedade.

Leff (2001) afirma que a cidade modificou-se na busca pelo capital, aglomerando-se produção e consumo e degradando a energia pelo desperdício dos recursos naturais; aponta também que a racionalidade ambiental não é a expressão de uma lógica, mas o efeito de um conjunto de interesses e de práticas sociais, portanto, abre-se terreno para valores tradicionais e conhecimentos práticos. Aqui se insere a definição de Boff (2004) de ecotecnologia que consiste em um "caminho suave", ou técnicas e procedimentos que visam preservar o meio ambiente ou minorar os efeitos não desejados, identificando suas causas e não apenas as consequências.

Sachs (2004) formulou alguns princípios alicerçados na satisfação das necessidades básicas do ser humano, na solidariedade com as gerações futuras e na preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral. Tais princípios entraram na discussão sobre ecodesenvolvimento e desencadearam a adoção do desenvolvimento sustentável pela sociedade civil.

Santos (2002), ao discutir a ciência pós-moderna, compara esta ao senso comum e não despreza o conhecimento que produz tecnologia, mas entende que este deve ser adaptado ao autoconhecimento ou à sabedoria de vida de cada um. Isso ocorre de acordo com a adaptação da tecnologia ao conhecimento comum, uma das premissas da arquitetura sustentável. Branco (1999) concorda ao afirmar que a preservação ambiental é extremamente necessária ainda mais quando aliada as tecnologia e tradição cultural humanas.

Hawken *et al.* (2002), ao caracterizarem o capitalismo natural, baseiam-se na premissa de que o uso excessivo de recursos promove excesso de produção para poucas pessoas. Os materiais retirados da natureza voltam expelidos como lixo ou disseminados em forma de poluição. Ao notar-se essa problemática, define-se a filosofia de que o desenvolvimento sustentável deve se concentrar na funcionalidade e não no produto. O sucesso de projetos sustentáveis tem despertado muitos novos adeptos, mas não o suficiente para superar as formas tradicionais de construção. Mesmo assim, as empresas que se comprometem com as questões de sustentabilidade tendem a criar sistemas de produção cada vez mais eficientes, e isso significa mais que o design do produto e mais que a mercadologia e a competição, significa, também, a reavaliação das responsabilidades empresariais.

Embora o pensamento cartesiano tenha impulsionado o progresso da ciência e da tecnologia como se conhecem hoje, os ecossistemas naturais têm pagado um alto preço por essa evolução. Mesmo antes do termo "desenvolvimento sustentável" entrar na agenda da política internacional, a obra crítica do economista Schumacher (1973) em *Small is Beautiful*, já defendia uma tecnologia com face humana, isto é, uma tecnologia que pudesse ser intermediária, que não concordasse com uma tecnologia automatizada de larga escala, controlada por grandes organizações e de alto custo financeiro e alto impacto ambiental (Casagrande Jr., 2004).

A arquitetura e design de interiores tradicionais, constantemente, não aproveitam os materiais não aproveitam os materiais e a energia disponíveis bem como o entorno natural do ambiente onde se fará uma

construção. Isso, possivelmente, se deve ao tipo de educação proposta à sociedade, aquela que objetiva o consumo sem limites dos recursos, pois estes são percebidos como infindáveis.

Hawken *et al.* (2002) demonstram que a filosofia do Capitalismo Natural está tomando conta dos projetos arquitetônicos, e comentam que locais bem planejados podem reduzir gastos, com energia e água, por exemplo, fato que gera uma economia a longo prazo. Além disso, um design bem estruturado e projetado pode refletir nas próprias relações dentro do ambiente de trabalho. Consideram também que os “prédios verdes” são competitivos econômica e esteticamente, além de relativamente mais baratos que as construções convencionais. Afinal, o design ecológico ou sustentável tem condições de diminuir os custos de implantação, com economia em infraestrutura e flexibilidade no uso, à medida que as necessidades humanas evoluem.

Defender a arquitetura sustentável demonstra a necessidade de o homem assumir a responsabilidade sobre o ambiente, o que significa criar ambientes não naturais que não provoquem mais danos à capacidade física e psicológica humana, ação que valoriza as gerações futuras por meio do cuidado com o planeta Terra. Nesse cenário, os edifícios deixam de ser estruturas herméticas que causam desconforto, para dar origem a habitações agradáveis, que instigam a produção e o bem-estar no trabalho e o relaxamento quando em casa.

Conforto ambiental e escassez de recursos: relação com a arquitetura sustentável

Trata-se de questão básica para a Arquitetura e o Urbanismo proporcionar ao ser humano condições necessárias à habitabilidade e ao uso racional dos recursos, fazendo com que o produto arquitetônico corresponda, conceitual e fisicamente, às necessidades e condicionantes do meio ambiente natural, social, cultural e econômico de cada sociedade (UFMG, 2000). Nesse sentido, o Brasil apresenta grande potencial para desenvolver estratégias bioclimáticas e sustentáveis para o ambiente construído.

Segundo Nogueira e Nogueira (2003), o desempenho térmico de uma edificação está diretamente ligado às características climáticas do local de sua instalação. O conhecimento do clima e da geografia local é um importante auxílio para todo profissional executar um bom projeto arquitetônico. Com isso, pode utilizar-se dos recursos naturais, que atendam às exigências de conforto do usuário, criando uma situação de sustentabilidade do ambiente e de satisfação do homem.

Mundialmente, o discurso ambiental só veio incorporar as preocupações energéticas na última década, como forma de contribuição para o atendimento às metas estabelecidas no Protocolo de Quioto. A partir deste, surgiram as primeiras políticas e iniciativas de economia e uso racional de energia elétrica, ações que atingiram diretamente os procedimentos de edificações. A França, entre 1973 e 1989, implantou uma legislação voltada ao uso racional de energia elétrica em suas edificações, e obteve uma economia de 42% no setor elétrico, estimulando toda a Europa a adotar esse modelo. Nos anos 90, é a vez dos Estados Unidos também tornar obrigatória a adoção de uma legislação voltada à economia e ao uso racional de energia elétrica nas edificações urbanas (Meiriño, 2004).

No cenário brasileiro, esse conjunto de procedimentos e normas, que visa garantir o uso racional de energia

e conforto ambiental aos usuários, foi denominado de Eficiência Energética em Edificações. No ano de 2001, foi promulgada a Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, mediante o estabelecimento de: (i) níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência para o funcionamento de equipamentos elétricos, (ii) de indicadores para os diversos tipos de edificações e (iii) de requisitos básicos para a arquitetura bioclimática (Brasil, 2001). O setor público busca adaptar-se pela normalização dos procedimentos construtivos em seus códigos de obras. Nos prédios públicos, o cumprimento da lei, tem base na troca dos equipamentos obsoletos por outros mais eficientes (RCE, 2004).

Somente nos últimos anos, aqui no Brasil, as questões ambientais e a escassez dos recursos energéticos têm feito parte do discurso sobre o desenvolvimento sustentável, possivelmente por dois motivos: (i) o consumo energético no setor doméstico tem se mostrado superior ao de serviços, pois, de acordo com Águas (2000/2001), em 1971 os serviços representavam 26% do consumo em edifícios e em 1995 representavam cerca de 40%, mantendo um elevado gasto no setor doméstico; e (ii) porque a matriz energética é considerada “energia limpa”, já que, em maior parte, advém das hidrelétricas que causam menos impactos que as termelétricas, as quais são consideradas as grandes vilãs na emissão dos gases de efeito estufa e geram um alto custo ao meio ambiente.

A arquitetura sustentável ou ecológica entra nesse cenário voltada à economia e ao uso racional dos recursos naturais. Contribui com a elaboração de projetos energeticamente eficientes, por intermédio de uma arquitetura adaptada ao clima, considerando a iluminação natural integrada à artificial, valorizando o uso de ventilação natural, executando a especificação de acabamentos e materiais tecnicamente adequados, entre outros aspectos.

O caso da edificação do órgão municipal de meio ambiente da cidade de Palmas/TO

Para ilustrar esta discussão, apresenta-se como estudo de caso a edificação do órgão municipal de meio ambiente da cidade de Palmas – Tocantins, a SEMACT – Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia. De acordo com o conceito do projeto, este foi elaborado dentro da concepção da Arquitetura Sustentável. Assim, tem como princípio básico a minimização dos impactos ambientais decorrentes da implantação de edificações públicas, bem como o uso racional e sustentável dos recursos naturais não renováveis, e busca, ainda, a integração de suas estruturas físicas ao meio ambiente onde está inserido, uma ampla Área Verde (AV) com vegetação típica do cerrado, próxima à Área de Preservação Permanente (APP) de um dos córregos que cortam a área urbana da cidade, o Brejo Comprido (Palmas, 2003).

O prédio desta Secretaria, no ano de 2004, concorreu e foi premiado no concurso “Prêmio Cidade Eficiente em Energia Elétrica – categoria Prédios Públicos Municipais”, concedido pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, Rio de Janeiro - RJ, que é uma organização não governamental voltada ao apoio em administração pública municipal. Este concurso objetivou o reconhecimento das melhores experiências locais, em nível nacional, mediante ações e iniciativas eficientes no uso da energia elétrica nos diversos segmentos da administração pública (RCE, 2004).

Segundo o autor do projeto (Rezende, 2006) o sistema construtivo utilizado priorizou a adoção de soluções arquitetônicas adaptadas às condições específicas local, e buscou criar um sistema ideal de iluminação e

ventilação natural. A concepção do projeto objetivou a inovação do espaço destinado a prédios públicos e a eliminação do maior número possível de paredes, a fim de integrar ambientes que são demarcados por meio do uso de mobiliários também projetados para atender às necessidades do ambiente. Desse modo, constituíram-se as “redes de comunicação” propostas por Capra (2003). Buscou-se, ainda, reduzir o custo e o tempo de execução da obra, pela criação de um local de trabalho integrado, agradável, confortável e que atende às necessidades dos funcionários.

Ainda de acordo com Rezende (2006), a economia energética se deve, em grande parte, ao aproveitamento da iluminação natural, fato que permite que o consumo seja até 10% menor, em relação a um edifício convencional, em dias considerados críticos. Nesse projeto, o aproveitamento da iluminação natural deve-se ao sistema de iluminação zenital e aos grandes panos de vidro dispostos ao longo da fachada (Figura 1); também se utilizou na obra uma cobertura em policarbonato no centro do telhado, que é todo em telha de barro tipo colonial, funcionando como uma clarabóia (Figura 2), o que permite a incidência de iluminação e a ventilação natural. Nesse aspecto, aqui se faz referência à ecotecnologia definida por Boff (2004). Ainda, o projeto contempla um sistema de ventilação cruzada e as aberturas ao longo da cumeeira que propiciam o efeito de chaminé. Em função disso, o consumo de energia com o ar condicionado, nos dias quentes, é 50% menor em relação aos prédios convencionais.



Figura 1. Vista da fachada principal e vista da paisagem externa pela janela (pano de vidro) do Prédio da SEMACT – Palmas/TO.

Figure 1. View of the main facade and a view of the landscape outside the window (glass cloth) of the SEMACT Building – Palmas/TO, Brazil.

Fonte: Toledo (2003).

Outra característica que vale ressaltar, no prédio em questão, é a valorização do artesanato, percebida nos detalhes de acabamento interno, no qual foram incorporados artefatos da cultura típica local, como as luminárias e as divisórias confeccionadas a partir dos talos de buriti (*Mauritia flexuosa*) e o acabamento do forro de teto, o qual tem como matéria prima a casca e a palha de buriti (*M. flexuosa*) e embira da bananeira (*Musa sp.*). Aqui se insere a racionalidade ambiental defendida por Leff (2001) expressa no uso de valores tradicionais, notando-se, também, que a cultura volta-se ao preservacionismo destacado por Branco (1999).



Figura 2. Detalhe do sistema de iluminação e ventilação natural – Palmas/TO.
Figure 2. Detail of the lighting system and the natural ventilation – Palmas/TO, Brazil.
Fonte: Toledo (2003).



Figura 3. Fachada principal do lado esquerdo, presença do verde no prédio – Palmas/TO.
Figure 3. Main facade on the left, the green presence in the building - Palmas/TO, Brazil.
Fonte: Toledo (2003).

Análise custo-benefício ambiental de construções da arquitetura sustentável

Existem nítidas vantagens em termos de conforto ambiental, quando se realizam projetos inspirados em princípios da arquitetura sustentável. Porém, em termos da avaliação econômica do uso dos recursos prescinde-se de uma análise mais acurada. Foram avaliados dois tipos de edificações: o prédio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (SEMACT), representando a arquitetura sustentável, e o prédio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH), representando a arquitetura convencional.

Relacionado à energia elétrica, o consumo médio da arquitetura sustentável (SEMACT), por metro quadrado, foi de 4,77 kW/h; já para a edificação convencional (SEDUH), o consumo médio por metro quadrado foi de

7,51 kWh. Estabelecendo uma comparação entre ambas (Gráfico 1), o primeiro apresentou um consumo 42,7% menor. Destaca-se que o número de pessoas que trabalham em ambos os prédios é semelhante. Observou-se uma eficiência energética maior que a projetada por Rezende (2006).

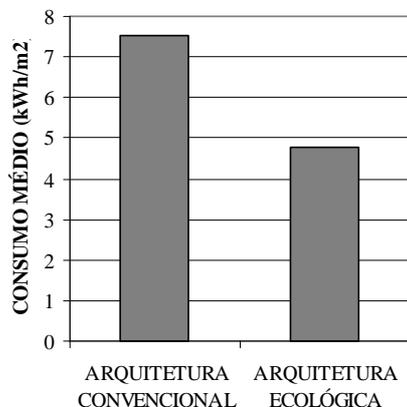


Gráfico 1. Consumo de energia elétrica em padrões distintos de construção – Palmas/TO (2006).
Graph 1. Energy consumption in distinct patterns of construction – Palmas/TO, Brazil (2006).
Fonte: Pesquisa de campo.

Quanto ao valor de implantação da arquitetura sustentável (Gráfico 2), ainda considerando Rezende (2006), o gasto por metro quadrado de construção considerado atualmente, está em torno de R\$ 1.300,00/m², enquanto, para a construção convencional, segundo a planta de valores genéricos do município de Palmas (Palmas, 2007), o valor é de R\$ 1.000,00/m². O resultado aqui encontrado opõe-se ao considerado por Hawken *et al.*, (2002), pois o custo de implantação da edificação sustentável avaliada foi superior ao da arquitetura tradicionalmente utilizada.

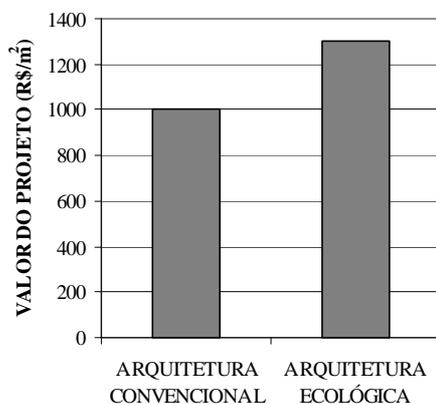


Gráfico 2. Valor de implantação dos Projetos em padrões distintos de construção – Palmas/TO (2006).
Graph 2. Value of Projects' implementation in distinct patterns of construction – Palmas/TO, Brazil (2006).
Fonte: Pesquisa de campo.

Os resultados mostram a economia de energia realizada pelo prédio relativo à eco-arquitetura, porém o custo inicial apresentou-se mais elevado do que o que remete à arquitetura tradicional.

Para avaliar a vantagem econômica da implementação da arquitetura sustentável em relação à convencional, buscou-se demonstrar o retorno do investimento por meio da economia de energia obtida no prédio da SEMACT (arquitetura sustentável) em relação ao prédio da SEDUH (arquitetura convencional), utilizando-se

três critérios de avaliação: privado, público e sustentabilidade.

Tabela 1. Análise da eficiência econômica da arquitetura sustentável versus convencional.
 Table 1. Economic efficiency analysis of sustainable versus conventional architecture.

Vida útil	Investimento incremental para uso da arquitetura sustentável (I0)	Critérios de avaliação		
		Privado I = 15% ao ano Economia de energia com o uso da arquitetura sustentável	Público I = 6% ao ano Economia de energia com o uso da arquitetura sustentável	Sustentabilidade I = 0% ao ano Economia de energia com o uso da arquitetura sustentável
Anos	R\$/m ²	R\$/m ² /ano	R\$/m ² /ano	R\$/m ² /ano
0	-300,00			
1		11,48	12,45	13,20
2		9,98	11,75	13,20
3		8,68	11,08	13,20
4		7,55	10,46	13,20
5		6,56	9,86	13,20
6		5,71	9,31	13,20
7		4,96	8,78	13,20
8		4,32	8,28	13,20
9		3,75	7,81	13,20
10		3,26	7,37	13,20
11		2,84	6,95	13,20
12		2,47	6,56	13,20
13		2,15	6,19	13,20
14		1,87	5,84	13,20
15		1,62	5,51	13,20
16		1,41	5,20	13,20
17		1,23	4,90	13,20
18		1,07	4,62	13,20
19		0,93	4,36	13,20
20		0,81	4,12	13,20
21		0,70	3,88	13,20
22		0,61	3,66	13,20
23		0,53	3,46	13,20
24		0,46	3,26	13,20
25		0,40	3,08	13,20
		VPL= - R\$ 214,67 TIR = -12,39%	VPL= - R\$ 131,26 TIR = -4,96%	VPL= R\$ 30,00 TIR= 0,75%

Fonte: Pesquisa de campo.

O Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) indicam a viabilidade econômica ou não da alternativa de investimento a ser considerada. Neste caso, se o VPL > 0 e a TIR > 0, mostra-se que o uso da arquitetura sustentável é economicamente indicado com relação ao padrão de construção da arquitetura convencional. A grande questão na análise custo-benefício é qual taxa de desconto considerar, pois ela demonstra quais são os custos de oportunidade do capital investido, ou seja, revela outras possibilidades de retorno do capital investido. Também considera a preferência pela liquidez, ou seja, no espaço temporal, mesmo em uma situação de preços constantes, prefere-se receber um real agora do que daqui a dez anos.

Para o critério privado de análise de investimentos, com taxa de desconto de 15%, no caso estudado, o uso da arquitetura sustentável não é recomendável, uma vez que o VPL foi de (-R\$ 214,67) e a TIR do período de -12,39%. Isso indica que, do ponto de vista do empreendedor privado, esta mudança de tecnologia de construção não é recomendável.

Considerando o critério público de análise de investimentos, com uma taxa de desconto menor (6% ao ano) no caso estudado, o uso da arquitetura sustentável também não se mostra recomendável, uma vez que o VPL foi de (-R\$ 131,26) e a TIR do período de -4,96%. Isso indica que, do ponto de vista da avaliação de projetos públicos, esta mudança de tecnologia de construção não se recomenda.

Finalmente, considerando o critério de sustentabilidade de análise de investimentos, com uma taxa de desconto nula no caso estudado, o uso da arquitetura sustentável se recomenda, uma vez que o VPL foi de R\$ 30,00 e a TIR do período de 0,75%. Isso ocorre porque se considera que o recurso não tem uso alternativo e só pode ser aplicado para este fim; além do mais, a sociedade está disposta a escolher esta alternativa em detrimento de todas as outras. O uso deste critério demonstra muitas restrições na análise econômica, só se tornando recomendável em situações extremas em que as externalidades ambientais geradas pelos empreendimentos sejam intensas e não obtidas em fontes substitutas ou similares.

Considerações finais

Para o estudo de caso em questão, a opção do poder público municipal por investir maiores recursos na arquitetura sustentável, para a construção da SEMACT, pode justificar-se pelo fato de o prédio ter sido construído dentro de uma Área Verde (AV) do município, portanto, com o possível propósito de valorizar os recursos ambientais e minimizar o impacto visual do uso da área natural. Isso denota mérito à própria sede do órgão de meio ambiente, já que se coloca como modelo de sustentabilidade.

A eficiência ambiental pode apresentar-se mais competitiva, ao considerar a valoração dos recursos ambientais, o conforto para o homem e a própria estética, ou seja, sendo realizada pela ótica da sustentabilidade na observância da questão ambiental ao longo do tempo. Assim, este estudo, ao avaliar a economia de energia elétrica e o valor de investimento inicial para a construção da obra, mostra a possibilidade de eficiência econômica.

O resultado obtido, para o prédio da SEMACT (arquitetura sustentável), apresentou um consumo médio de energia elétrica de 4,773 kWh/m², 42,7% menor, quando comparado ao prédio da SEDUH (arquitetura convencional). Mesmo o custo inicial se apresentando maior para a arquitetura sustentável, demonstra-se, pelo retorno de investimento, a viabilidade do emprego deste tipo de construção, a partir do critério de sustentabilidade (taxa de desconto nula), já que se obtém um benefício ao longo do período de 25 anos, de R\$ 30,00, valor referente à VPL, sendo a correspondente taxa de retorno financeiro, TIR, de 0,75% no período.

A possibilidade do retorno de investimento pelo critério de sustentabilidade, com taxa de desconto nula, é considerada economicamente baixa, mas se ressalta que a construção provoca uma valorização no tocante à integração sociedade-ambiente, ao colocar diretamente em contato um novo conceito e a cultura da

comunidade. Esta percepção pode promover o interesse em novas soluções que minimizem o impacto ambiental e torne mais agradável a convivência com o meio urbano tradicional.

Possivelmente a tendência é que este tipo de construção se torne cada vez mais viável, a partir do momento em que a diferença no valor inicial da construção for reduzida. Isso pode ser feito mediante o emprego de tecnologias limpas, o uso de materiais reciclados e/ou adaptados às condições locais, comportamentos aliados à preocupação de não exaurir os recursos naturais, que são limitados.

As edificações modernas de habitação e de trabalho, muitas vezes, são elementos poluidores quase tão grandes quantas algumas indústrias. Contribuem para o desmatamento, a escassez e a contaminação dos recursos naturais e, conseqüentemente, elevam o risco dos problemas globais. A arquitetura sustentável pode não ser a solução completa para tais problemas, mas poder ser um passo consistente para atingir tal objetivo, passo este que tende a ser adotado pela administração pública não só em obediência às leis e normas vigentes, mas também diante da constatação dos benefícios promovidos.

Referências

- ÁGUAS, M.P.N. 2000/2001. *Conforto térmico*. Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente. Portugal, Instituto Superior Técnico, 25 p.
- BOFF, L. 2004. *Ecologia: grito da terra, grito dos pobres*. Rio de Janeiro, Sextante, 341 p.
- BRANCO, S.M. 1999. *Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente*. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 141 p.
- BRASIL. 1966. Casa Civil. Lei nº 5.172 de 25 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e Institui Normas Gerais de Direito Tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios. Brasília, DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L517compilado.htm. Acesso em: 10/03/2007.
- BRASIL. 2001. Ministério de Minas e Energia. Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=190&download>. Acesso em: 10/03/2007.
- CAPRA, F. 2003. *As conexões ocultas*. São Paulo, IDESA, 296 p.
- CASAGRANDE JR, E.F. 2004. Inovação Tecnológica e Sustentabilidade: Possíveis ferramentas para uma necessária interface. *Revista Educação & Tecnologia*, **8**:97-109.
- CASTELNOU, A.M.N. 2003. Sentindo o espaço arquitetônico. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, **7**:145-154.
- FIELD, B.C. 1995. *Economia ambiental: una introducción*. México, McGraw-Hill, 576 p.
- HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L.H. 2002. *Capitalismo natural*. São Paulo, Cultrix, 251 p.
- KASSAI, J.R.; KASSAI, S.; SANTOS, A.; NETO, A.A. 2000. *Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial*. São Paulo, Atlas/FIPECAFI-USP, 277 p.
- LEFF, E. 2001. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder*. Petrópolis, Vozes, 494 p.
- MEIRIÑO, M.J. 2004. Arquitetura e Sustentabilidade. *Arquitextos*, **47**. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp227.asp>. Acesso em: 23/06/2006.
- NOGUEIRA, M.C. de J.A.; NOGUEIRA, J. de S. 2003. Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. *Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental*, **10**. Disponível em: <http://www.sf.dfis.furg.br/mea/remea/vol10/art10.pdf>. Acesso em: 23/06/2006.
- PALMAS. 2003. Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia. Projeto Rede Cidades Eficientes – Prédio da Sede da AMATUR. Palmas.
- PALMAS. 2006. Secretaria Municipal de Planejamento e Administração. Relatório gastos com energia elétrica por setor de 2006. Palmas.

PALMAS. 2007. Gabinete do Prefeito. Dec. nº 287 de 27 de dezembro de 2006. Corrige o valor da Planta de Valores Genéricos e Tabela de Preços de Construção para o exercício de 2007 e adota outras providências. Palmas, TO. Disponível em: <http://www.palmas.to.gov.br/security/destaques/arq/162.pdf> . Acesso em: 05/03/2007.

REDES CIDADES EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA (RCE). 2004. Atuação em Prédios Públicos. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.rce.org.br/RCE/predios.html>. Acesso em: 07/08/2006.

REZENDE, L.A. 2006. Entrevista concedida a Luzimeire Ribeiro de Moura Carreira. Palmas, 22/06/2006.

SACHS, I. 2004. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro, Garamond, 96 p.

SANTOS, B. S. 2002. *Um discurso sobre ciências*. Porto, Edições Afrontamento, 59 p.

SCHUMACHER, E.F. 1973. *Small is beautiful: economics as if people mattered*. New York, Harper & Row, 290 p.

TOLEDO, P. 2003. *Projeto Rede Cidades Eficientes – Prédio da Sede da AMATUR*. Fotos coloridas; várias dimensões.

UFMG. 2000. Labcon. Conforto Ambiental e o Laboratório. Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.arquitetura.ufmg.br/tau/labcon/objetivos.html>. Acesso em: 07/08/2006.

Submetido em: 13/04/2009

Aceito em: 20/05/2009