

***INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA***



Carlos Felipe Cavalcante de Sousa

Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis  
para a confecção de um manual técnico

*Trabalho de Graduação*  
2007

***Civil-Aeronáutica***

Carlos Felipe Cavalcante de Sousa

**CONCEPÇÕES SOBRE EDIFICAÇÕES AMBIENTALMENTE  
SUSTENTÁVEIS PARA A CONFEÇÃO DE UM MANUAL TÉCNICO**

Orientador  
Prof. Dr Wilson Cabral de Sousa Júnior (ITA)

**Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2007

## DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO (CIP)

### Divisão de Informação e Documentação

Sousa, Carlos Felipe Cavalcante de  
Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis para a confecção de um manual técnico  
/ Carlos Felipe Cavalcante de Sousa  
São José dos Campos, 2007  
110f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica –  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2007. Orientadores: Prof. Dr Wilson Cabral de Sousa Júnior.

1. Construções sustentáveis. 2. Sustentabilidade Ambiental. 3. Racionalização e conservação de recursos naturais. I. Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica. III. Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis para a confecção de um manual técnico.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUSA, Carlos Felipe Cavalcante de. **Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis para a confecção de um manual técnico**. 2007. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Carlos Felipe Cavalcante de Sousa

TÍTULO DO TRABALHO: Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis para a confecção de um manual técnico

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2007

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

---

Carlos Felipe Cavalcante de Sousa  
Rua Paulo Morais, 790 – Apto 402 D – Fortaleza / CE

**Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis para a  
confeção de um manual técnico**

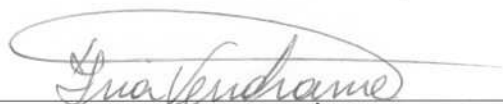
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Carlos Felipe Cavalcante de Sousa  
Autor



Prof. Dr Wilson Cabral de Sousa Júnior (ITA)  
Orientador



Profa. PhD. Íria Fernandes Vendrame  
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 26 de NOVEMBRO de 2007

**“Toda grande jornada começa com um simples passo”  
Dito Popular**

***“Keep Walking”*  
Johnny Walker**

## **Dedicatória**

Aos meus pais, cujo carinho, compreensão e paciência foram fundamentais a minha formação, e a quem devo tudo o que sou.

A minha irmã, por todas as brigas e brincadeiras nesses anos de convivência.

A meus demais familiares, pela confiança e fé depositadas em mim.

A meus amigos, meus companheiros desses 6 anos de intensa convivência, com quem compartilhei os sacrifícios, as vitórias, as derrotas, as farras, as decepções e as alegrias desse importante período da minha vida, pelo apoio, paciência e prontidão sempre presentes.

Aos professores verdadeiros que tive, pelos valiosos ensinamentos colhidos nesta instituição de ensino.

## Sumário

Este trabalho visa realizar uma abordagem inicial sobre edificações ambientalmente sustentáveis, através da compilação e ordenação de trabalhos publicados sobre o tema, englobando suas variáveis mais importantes (projeto e gestão ambiental, uso de recursos naturais, rejeitos e reciclabilidade de materiais, impactos ambientais, entre outros).

Objetiva contextualizar os futuros agentes participantes da indústria da construção civil com responsabilidade ambiental do país, explicitando alguns princípios e conceitos importantes referentes ao tema, e apresentando algumas sugestões a serem seguidas no planejamento, execução, monitoramento e gestão dos vários subsistemas que fazem parte de uma construção ambientalmente sustentável.

Deseja-se, com isto, produzir um documento que baseie uma pesquisa mais aprofundada do tema, objetivando a confecção futura de um manual técnico para edificações ambientalmente sustentáveis.

## **Abstract**

This document aims the initial approach about Environmental Sustainable Constructions, through the compilation and ordination of papers and references about the subject, including its most important variables (environmental design and management, use of natural resources, residues and material recyclability, environmental impacts, etc).

The objective is to contextualize the future agents from the environmental sustainable constructions sector by showing some principles and important concepts of the subject, and also some technical suggestions to be followed in the planning, execution, monitoring e management of the items of this kind of construction.

The main goal is to produce a document which will act as the base for a more profound research of the subject, in order to support the conception of a Brazilian technical manual for environmental sustainable constructions.



## Índice

1.	Introdução	13
2.	Construção ambientalmente sustentável	14
2.1.	Conceito	14
2.2.	Importância	15
2.3.	Histórico	15
2.4.	Situação Atual	17
2.5.	Perspectivas	18
2.6.	Riscos de Mercado	19
2.7.	Normalização	20
3.	O trabalho	22
3.1.	A inserção do trabalho no contexto da temática	22
3.2.	LEED	22
3.3.	BREEAM	25
3.4.	Estrutura	28
4.	Projeto e gestão	31
4.1.	Introdução	31
4.2.	Fases de uma construção	31
4.3.	Levantamento de informações do local	32
4.4.	Levantamento da demanda dos usuários	34
4.5.	Análise da viabilidade econômica das soluções	35
4.6.	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	35
4.7.	Elaboração de plano de implementação e gestão da construção	37
4.8.	Sugestões técnicas	38
5.	Qualidade ambiental do local	40
5.1.	Introdução	40
5.2.	Análise da Área	40
5.3.	Topografia e solo	40
5.3.1.	Terraplenagem	40
5.3.2.	Construção de drenagem de águas superficiais	42
5.4.	Clima	42
5.4.1.	Tipos de clima	43
5.4.2.	Radiação solar	44
5.4.3.	Temperatura do ar	45
5.4.4.	Umidade do ar	45
5.4.5.	Movimentação do ar	46
5.4.6.	Pluviometria	46
5.4.7.	Resumo dos dados climatológicos	46
5.5.	Flora e Fauna	47
5.6.	Qualidade do ar	48
5.7.	Infra-estrutura urbana	48
5.8.	Medidas para assegurar uma melhor qualidade ambiental externa	49
6.	Materiais e Resíduos	50
6.1.	Introdução	50
6.2.	Histórico	50

6.3.	Perspectivas	51
6.4.	Conceituação	52
6.4.1.	Resíduos da construção civil	53
6.5.	Impactos Gerados	54
6.6.	Origem e Produção dos Rejeitos	55
6.6.1.	Fase de Construção	55
6.6.2.	Fase de Manutenção	56
6.6.3.	Fase de demolição	57
6.7.	Seleção de Materiais	57
6.7.1.	Critérios de Seleção	57
6.7.2.	Exemplo	59
6.8.	Exemplos de Reciclagem	60
7.	Qualidade ambiental interna	62
7.1.	Introdução	62
7.2.	Apresentação	62
7.3.	Fatores do conforto ambiental	62
7.4.	Conforto térmico	63
7.4.1.	Modos de trocas de calor	64
7.4.2.	Variáveis de conforto térmico	65
7.4.3.	Voto médio predito	66
7.5.	Conforto Visual	66
7.5.1.	Nível de iluminação	67
7.5.2.	Contraste	67
7.5.3.	Ofuscamento	68
7.6.	Conforto Acústico	68
7.7.	Qualidade do ar interno	69
7.7.1.	Contaminantes	70
7.8.	Recomendações	71
8.	Água	72
8.1.	Introdução	72
8.2.	Aspectos legais e institucionais	72
8.3.	Uso da água em edificações residenciais	75
8.4.	Conservação de Água	76
8.5.	Desenvolvimento de um Programa de conservação e reuso de água	77
8.5.1.	Avaliação técnica preliminar	78
8.5.2.	Avaliação da Demanda de Água	79
8.5.3.	Avaliação da Oferta de Água	80
8.5.4.	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica	81
8.5.5.	Detalhamento e Implantação de PCRA	83
8.5.6.	Implantação do Sistema de Gestão de Água	84
8.6.	Aproveitamento de Águas Pluviais	86
9.	Energia	89
9.1.	Conceituação	89
9.2.	Consumo atual de energia elétrica nas edificações	90
9.3.	Potencial de economia de energia elétrica nas edificações	91
9.4.	Necessidade de normalização	92
9.5.	Programa de conservação de energia	93

	10
9.5.1. Avaliação Técnica preliminar	93
9.5.2. Avaliação da Demanda de Energia	94
9.5.3. Avaliação da Oferta de Energia	96
9.5.4. Estudo da viabilidade Econômica	96
9.5.5. Detalhamento e Implantação do PCE	97
9.5.6. Implantação de um Sistema de Gestão de Energia	98
9.6. Uso eficiente de energia	99
9.6.1. Ventilação	99
9.6.2. Resfriamento evaporativo e umidificação	100
9.6.3. Aquecimento solar passivo	100
9.6.4. Ar condicionado	100
9.6.5. Outras sugestões	101
10. Recomendações	102
11. Comentários finais	105
12. Bibliografia	108

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004).....	23
Tabela 2 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004).....	24
Tabela 3 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004).....	24
Tabela 4 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004).....	24
Tabela 5 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004).....	25
Tabela 6 – Divisão das fases de uma construção habitacional por etapas (FREITAS <i>et al</i> , 2001).....	31
Tabela 7 – Alterações de processos por segmentos de meio ambiente resultantes de um empreendimento habitacional (FREITAS <i>et. al.</i> , 2001).....	34
Tabela 8 – Comparação de quantidade de calor por lúmen das fontes de iluminação utilizadas nas edificações (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997).....	45
Tabela 9 – Geração de resíduos estimada em ton / mês para algumas cidades brasileiras (Pinto, 1987).....	54
Tabela 10 – Perda de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (em %) (Programa Habitare - Projeto Reciclagem de Resíduos como material de Construção Civil).....	56
Tabela 11 – Exemplo de ponderação entre as esferas ambiental, econômica e social na escolha entre três materiais para janelas e portas de um empreendimento (adaptado de Cadernos Técnicos, 2002).....	60
Tabela 12 – Densidade absoluta $d$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) e condutibilidade térmica $K$ ( $\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ ) dos materiais de construção mais frequentes (RIVERO, 1985).....	65
Tabela 13 – Iluminâncias mínimas segundo a norma NBR 5413 (LABERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).....	67
Tabela 14 – Valores de iluminâncias ideais para o conforto visual em edificações (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).....	68
Tabela 15 – Valores recomendados pela norma brasileira NB-10 para qualidade do ar interno em edificações (OLIVEIRA E RIBAS, 1995).....	70
Tabela 16 – Requisitos Norte-americanos de máximo uso da água para equipamentos hidráulicos (EPA apud SAUTCHÚK, 2004).....	73
Tabela 17 – Consumo médio diário de água por habitante em edificações comerciais e residenciais (SABESP apud CHAHIN <i>et al</i> , 2002).....	75
Tabela 18 – Distribuição média do uso de água nas residências brasileiras (WASSERWERKE apud CHAHIN <i>et al</i> , 2002).....	75
Tabela 19 – Principais dificuldades associadas a implantação de um PCA (GONÇALVES E HESPANHOL, 2004).....	84
Tabela 20 – Potencial de economia de energia elétrica no setor comercial (PROCEL, 1998).....	92

## Lista de Figuras

Figura 1 – linha cronológica dos acontecimentos ligados à sustentabilidade ambiental nas edificações .....	16
Figura 2 – Fotomontagem do complexo empresarial Rochaverá. Fonte: Rochaverá (2007)	18
Figura 3 – Divisão dos pontos por categoria do LEED (USGBC, 2004).....	23
Figura 4 – Critérios para a alocação de créditos segundo a metodologia BREEAM (Code for Sustainable Homes, 2006) .....	26
Figura 5 – Descrição das etapas em uma construção ambientalmente sustentável, com as ações a serem analisadas em cada fase.....	32
Figura 6 – Etapas da ACV (VALT apud TAKAHASHI e MORAIS, 2006).....	36
Figura 7 – Esquema da localização geográfica dos diferentes climas do Brasil (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997).....	44
Figura 8 – Ganho de valor das cinzas volantes conforme a aplicação do produto foi se consolidando e descobrindo os seus nichos de aplicações onde ela melhora as propriedades do concreto (Cornelissen, 1997) .....	52
Figura 9 – Os parâmetros do ambiente físico criam qualidades ambientais e dão lugar a uma percepção e avaliação integradas do homem (HARRIET apud OLIVEIRA e RIBAS, 1985).....	63
Figura 10 – Representação esquemática das trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997) .....	64
Figura 11 - Resumo de atividades integrantes na implementação de um programa de conservação de água (PCA) segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água (GONÇALVES E HESPANHOL, 2004) .....	78
Figura 12 – Cadeia de custos na análise financeira de um programa de conservação da água, conforme o Manual de Conservação e Reuso de Água (GONÇALVES E HESPANHOL, 2004) .....	82
Figura 13 – Distribuição do uso médio de energia elétrica em residências brasileiras (PROCEL, 2001) .....	91

## **1. Introdução**

O texto está apresentado como um compêndio de diversos trabalhos publicados nessa área, abordando as variáveis construtivas a serem vistas antes, durante e após a construção. São apresentadas também algumas metodologias de análise e execução dessas variáveis construtivas, visando o conforto ambiental de seus habitantes e a sustentabilidade ambiental da obra.

Pretende-se, com o texto, fornecer os subsídios básicos para guiar aqueles que desejem estudar mais o assunto, fornecendo os passos a serem seguidos para o desenvolvimento de projetos e construções comprometidos sócio-ambientalmente com o meio em que estão inseridos.

A temática de sustentabilidade ambiental é algo que está cada vez mais presente em nosso cotidiano, tendo em vista as graves crises ambientais pelas quais passamos e pela crescente conscientização da população em geral dos cuidados que se deve ter com o ambiente no qual estamos inseridos.

Tendo em vista a necessidade de desenvolvimento de um mercado nacional de construções ambientalmente sustentáveis, pensou-se neste trabalho como “a semente” de uma pesquisa mais aprofundada do tema visando a confecção de um manual técnico para construções ambientalmente sustentáveis, norteando os esforços na busca por uma regulamentação pública nesse setor, bem como pela adoção de um selo de certificação ambiental próprio para o país.

## 2. Construção ambientalmente sustentável

### 2.1. Conceito

Construção ambientalmente sustentável é um termo que deriva de um conceito mais amplo, o de desenvolvimento ambientalmente sustentável, que foi criado em 1987 ao ser definido, no Relatório Nosso Futuro Comum da "Brundtland Commission" (Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento), como "desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades". (BRUNDTLAND, 1999).

Busca conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e preocupação social, sendo estes os pilares do desenvolvimento ambientalmente sustentável. Representa uma grande mudança no padrão comportamental da sociedade, uma vez que se passa a visualizar custos e benefícios relacionados a variáveis sociais e ambientais que não existiam anteriormente.

A contextualização do conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentável no setor de construção civil dá origem ao conceito de construção ambientalmente sustentável. Segundo Araújo (2007), consultor do IDHEA (Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica), a construção sustentável é uma síntese das escolas, filosofias e abordagens que associam o edificar e o habitar a preocupação com preservação do meio ambiente e saúde dos seres vivos, bem como os aspectos econômicos que justifiquem a adoção destas práticas no mundo moderno.

Segundo Araújo (2007), compreende os seguintes fatores:

- Uso de recursos naturais passivos e de design para promover conforto e integração na habitação;
- Uso de materiais e de soluções construtivas que não comprometam o meio ambiente, a saúde e o bem estar de seus ocupantes;
- Solução ou atenuação dos problemas e necessidades gerados pela sua implantação.

## **2.2. Importância**

Globalmente, ao longo das últimas décadas, várias crises ambientais vêm ocorrendo a taxas crescentes, o que nos alerta à importância que o meio ambiente possui para todos.

É notável o crescente apoio de entidades não-governamentais, empresas, instituições de ensino e pesquisa e inclusive governos ao maior desenvolvimento do tema “sustentabilidade ambiental” e à implementação de produtos, serviços e projetos que visam à atenuação de impactos ambientais em todos os setores produtivos.

Especificamente falando da construção civil, área na qual se insere este estudo, pode-se entender um pouco sua importância nesse contexto de impactos ambientais no mundo, pois:

- 40% dos recursos naturais que são extraídos são destinados para a indústria da construção civil (Pinto, 1999);
- 50% dos resíduos sólidos urbanos são provenientes de construções e demolições (Pinto, 1999);
- 50% do consumo de energia elétrica gerada são destinadas para operação das edificações (Procel, 1999).

Vê-se, portanto, que estudos acerca de sustentabilidade ambiental das técnicas construtivas é de vital importância para a manutenção da harmonia ambiental no mundo e para conservação de um ambiente que não comprometa a satisfação das necessidades vitais das gerações futuras.

## **2.3. Histórico**

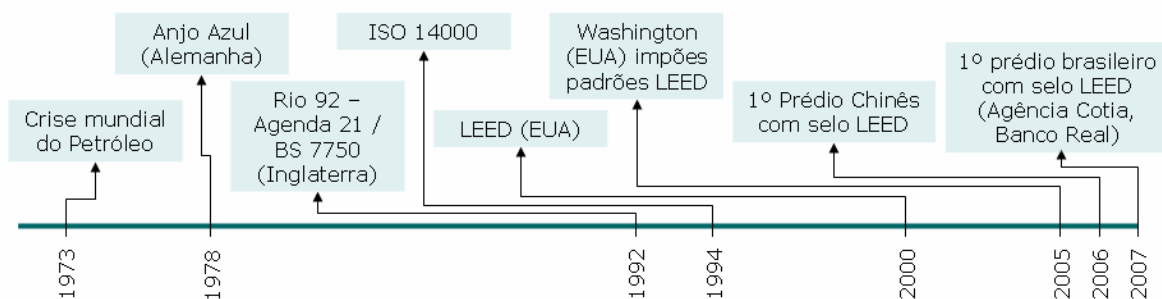
Segundo Krzyzanowski (2005), os primeiros debates sobre a necessidade de construções com menor impacto sobre o meio ambiente ocorreram nos anos 70, após a 1ª crise do petróleo (1973), quando o mundo desenvolvido se deparou com a carência de recursos energéticos em todos os segmentos da economia e começou a pensar, pela primeira vez, em como obter maior eficiência em processos industriais, produtos e também nas edificações, as quais até então demandavam grandes quantidades de energia para seu funcionamento e calefação.



O tema ganhou forma definitivamente depois da 2ª Conferência Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente – Rio 92, que resultou na elaboração da Agenda 21, onde foram delineadas diretrizes a serem seguidas pelos 180 países participantes (KRZYZANOWSKI, 2005).

A partir daí começaram a surgir investigações que levassem a um sistema construtivo que não apenas conservasse energia, mas que incorporasse o conceito de desenvolvimento sustentável em seus processos. Nascia a idéia da Construção Sustentável (KRZYZANOWSKI, 2005).

Na figura 1 estão apresentados, numa linha cronológica, os acontecimentos mais marcantes a respeito da sustentabilidade ambiental no mundo.



**Figura 1 – linha cronológica dos acontecimentos ligados à sustentabilidade ambiental nas edificações**

Como se vê, passou-se um longo período desde 1973, no auge da crise do Petróleo, até a Rio 92. A partir daí, o mercado de construções ambientalmente sustentáveis começa a passar por um desenvolvimento mais acelerado, com o desenvolvimento de selos de certificação ambiental pelo mundo, como o LEED americano (2000) e a implantação de instrumentos de regulamentação, como a BS 7750 britânica (1992), primeira norma ambiental do mundo, ou a instituição de padrões similares ao LEED para novos prédios em Washington, nos EUA.

Percebe-se também, nestes últimos anos, a proliferação de prédios ambientalmente sustentáveis no mundo, como os primeiros prédios certificados pelo LEED da China (2006) e o Brasil (2007).

Merece destaque o surgimento do Anjo Azul alemão (1978), primeiro selo “verde” do mundo, o que mostra o grau avançado de conscientização ambiental presente nesse país.

## 2.4. Situação Atual

Atualmente, o termo “Prédio Verde”, ou “*Green Building*”, tem sido utilizado para se referir a esse tipo de edificações, que contemplem na sua criação a preocupação com a sustentabilidade ambiental. Esse termo é bastante eficiente na transmissão da mensagem a ser passada, uma vez que indica uma preocupação ambiental no ambiente construído, provendo soluções que tornem eficientes o uso dos recursos naturais e que minimizem os impactos ambientais dessa indústria.

Segundo Maurícius (2007), os primeiros prédios verdes foram construídos na Holanda, na Alemanha e nos países nórdicos. A sede do Parlamento alemão, por exemplo, tem um gerador que não só produz a própria energia com base em combustíveis renováveis como envia o excedente para construções vizinhas.

Só mais tarde essas construções ambientalmente corretas apareceram nos Estados Unidos e na Ásia. Nos últimos anos, as discussões em torno do aquecimento global elevaram o tema da sustentabilidade ambiental ao topo da prioridade das maiores empresas do mundo e ajudaram a despertar o interesse por métodos construtivos sustentáveis.

Hoje existem cerca de 700 prédios verdes em países como Estados Unidos, Inglaterra e Índia, reconhecidos pela única certificação aceita internacionalmente, a LEED, sigla em inglês para Liderança em Energia e Design Ambiental. Mais de 2000 deles estão sendo erguidos atualmente apenas em território americano, segundo o Green Building Council americano.

A seguir estão apresentados alguns exemplos de edificações com algum grau de sustentabilidade ambiental já em operação no mundo, conforme Cabral (2007):

- 30 St. Mary Axe - Londres, Inglaterra (2004): seis tubos percorrem a estrutura como uma chaminé e permitem ventilação natural em todos os cantos; um computador checa a temperatura externa antes de abrir ou fechar as janelas, o que reduz à metade o consumo de energia;
- Hearst Tower - Nova York, EUA (2006): a sede da editora Hearst foi o primeiro prédio de Nova York a obter certificação ambiental (LEED); o formato da construção, em padrões triangulares, poupou 20% do aço

utilizado numa construção comum; um sistema de coleta de água da chuva supre metade da demanda de água do edifício;

- Agência Cotia do banco ABN Amro Real – São Paulo, Brasil (2007): primeiro prédio ambientalmente sustentável do país, segue as recomendações do LEED; entre outras características sustentáveis, a agência armazena energia solar durante o dia e a transforma em iluminação elétrica das áreas de auto-atendimento à noite;
- Rochaverá – São Paulo, Brasil (2007 – 2008): maior projeto de edificação ambientalmente sustentável do país, segue padrão internacional do selo LEED, contando com sistema de aproveitamento de água de chuva para irrigação de jardins e para o sistema de ar condicionado, previsão em projeto de sistema de coleta seletiva de lixo, uso de materiais reciclados como o aço e de madeira certificada e com um projeto de eficiência energética que proporcionará ganhos expressivos no consumo de energia desse complexo empresarial.



**Figura 2 – Fotomontagem do complexo empresarial Rochaverá. Fonte: Rochaverá (2007)**

## **2.5. Perspectivas**

Percebe-se que, atualmente, existe uma verdadeira “onda verde” em todos os setores produtivos da sociedade, resultado das crises pela qual passamos. No setor de construção civil, as práticas de sustentabilidade ambiental estão gradativamente sendo incorporadas às existentes, favorecendo o amadurecimento desse novo setor no mundo. Espera-se que esse novo setor, das construções ambientalmente sustentáveis, mantenha seu crescimento constante e regular, para que passe a ser a referência em termos de construções num futuro próximo, resultando em ganhos de eficiência ambiental para toda a sociedade.

Para demonstrar a força dessa “onda verde” na construção, pode-se dar o exemplo do Reino Unido, que pretende, até o ano de 2016, todas as novas construções sejam classificadas como ambientalmente sustentáveis, segundo o relatório do World Business Council for Sustainable Development (2007).

Em São Paulo, entrou em vigor em janeiro de 2007 uma lei estadual que obriga a instalação de sistemas para retenção da água da chuva em construções com grandes áreas impermeabilizadas, uma das características dos prédios ambientalmente sustentáveis. Isso mostra que o país está alinhado com esse movimento de adequação de regulamentação das construções, e que em um curto espaço de tempo pode vir a adotar leis que contemplem práticas sustentáveis mais profundas em toda a edificação (MAURICIUS, 2007).

Graças ao aumento de economia de escala e à adoção de novas tecnologias, o custo de produção de um imóvel ambientalmente sustentável vem caindo rapidamente. Há alguns anos, a obra de um prédio verde custava até 8% mais que a de um prédio comum. Hoje, o valor não ultrapassa os 2%. O tempo médio que um projeto sustentável demora a se pagar é, em média, de dois anos, segundo alguns especialistas do mercado (MAURICIUS, 2007).

Há também o exemplo do Wal Mart, dono da maior conta de energia elétrica nos Estados Unidos. A rede vai incorporar providências ambientais que evitarão o gasto de 300 milhões de dólares todos os anos, adaptando suas 2074 lojas no país que consomem energia suficiente para abastecer um país como o Chile para utilizar 30% menos energia até 2010. Para isso, reservou investimento de 500 milhões de dólares, cujo retorno virá antes do segundo ano depois de implantado o projeto (MAURICIUS, 2007).

## **2.6. Riscos de Mercado**

A necessidade de eficiência ambiental, citada anteriormente, apresenta grandes oportunidades para os agentes interessados em adentrar nesse mercado, bem como grandes riscos, relativos ao tempo de entrada e à complexidade da cadeia produtiva dessa indústria.

A previsão de crescimento da demanda para tais construções ainda é incerta, segundo o relatório anual do World Business Council for Sustainable Development (2007), dado que não existem ainda trabalhos sérios sobre tal assunto no mundo. Sabe-se que a demanda deve crescer principalmente numa sociedade na qual os valores inerentes dessa

modalidade construtiva estejam se desenvolvendo e aprimorando, como a consciência ambiental e a percepção da importância da adoção de práticas sustentáveis no cotidiano.

Ao mesmo tempo, a cadeia de valores desse mercado tem que estar em sintonia com o aumento da demanda e seu perfil. O mercado deve possuir tecnologias eficientes economicamente, mão-de-obra especializada e em quantidade suficiente para fazer uma massa crítica que favoreça o desenvolvimento tecnológico e a implementação dessas técnicas, padronização nos serviços, nas certificações e regulamentações e baixas barreiras de entrada a novos agentes, tendo em vista que os primeiros entrantes ganham economia de escala e uma aceleração na curva de aprendizado por absorver a mão-de-obra qualificada do mercado.

## **2.7. Normalização**

Segundo Araújo (2007), na Europa há mais de oito selos verdes, sendo que o mais antigo é o Anjo Azul alemão (1978). Nos EUA, é comum existirem municípios que certifiquem empresas com papel ativo em favor do meio ambiente. No país existem várias instituições preocupadas com o desenvolvimento de um conhecimento técnico sobre o assunto e que forneçam as bases para a normalização e regulamentação desse setor no país, especialmente sobre materiais de construção, reciclabilidade e conservação de água e energia.

Há também programas, normas e leis específicas para cada sistema no país, como o Programa de Garantia da Qualidade para o Uso Racional da Água, o PROCEL e o PROINFA, na parte de conservação de energia e uso de fontes alternativas de energia, o Programa HABITARE (sustentabilidade de habitações com função social), o Programa RECICLAR, as resoluções do CONAMA (obrigação do EIA / RIMA nas construções, critérios de escolha de materiais, alocação de resíduos da construção, entre outros), a NR 15 (requisitos mínimos para segurança e conforto em atividades e operações insalubres), entre outros. Tudo isso evidencia a existência de esforços em se utilizar práticas de sustentabilidade ambiental na regulamentação de atividades relativas ao setor de construção civil no país.

No entanto, no Brasil não há a existência de um selo de certificação ambiental para construções ambientalmente sustentáveis aceito nacionalmente e que seja condizente com as características do país, como o que acontece com demais países no mundo. Esse é um instrumento de grande importância no desenvolvimento do setor de construções ambientalmente sustentáveis no país, uma vez que se torna uma base de referência para todo o mercado, incluindo construtores, financistas, usuários e projetistas.

## **3. O trabalho**

### **3.1. A inserção do trabalho no contexto da temática**

Este trabalho consistiu em grande parte na análise da bibliografia da temática, baseando-se em dois importantes selos de certificação mundiais – o LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) norte-americano e o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) britânico. Essa escolha de metodologia se deve pelo fato de serem os atuais selos de certificação mais importantes do mundo, sendo o LEED o único reconhecido internacionalmente.

Objetivou-se condensar e ordenar o conhecimento existente no país sobre o tema seguindo o exemplo de países que possuem um setor de construções ambientalmente sustentáveis mais desenvolvidos, com instrumentos de regulamentação e de certificação ambiental, como os EUA e a Inglaterra. Os esforços nacionais devem ser norteados pelo objetivo de se desenvolver e implementar esses instrumentos para o setor no país, pois somente com normas e leis que contemplem a eficiência ambiental e com selos de certificação ambiental se pode alcançar um desenvolvimento no setor.

### **3.2. LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)**

É um selo de certificação ambiental que se baseia em sistema de níveis de sustentabilidade, sendo utilizado para novos empreendimentos comerciais e públicos, residenciais, e reformas de empreendimentos existentes.

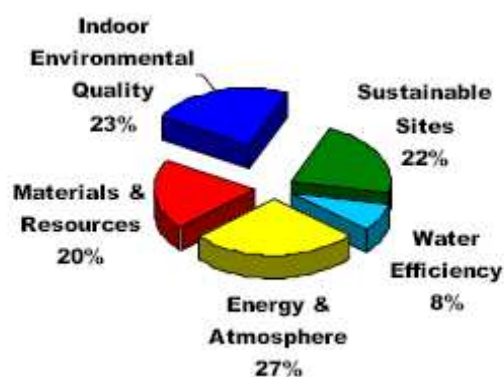
Foi criado pelo US Green Building Council, uma entidade não-governamental formada pela coalizão de várias empresas do setor de construção civil nos EUA, em março de 2000 (lançamento da versão 2.0, em vigor atualmente), e visa promover a construção de empreendimentos que sejam ambientalmente responsáveis, sustentáveis e que sejam locais saudáveis para se morar e trabalhar.

Possui quatro níveis de certificação:

- Certificado LEED: 26 a 32 pontos
- Nível Silver: 33 a 38 pontos

- Nível Gold: 39 a 51 pontos
- Nível Platinum: 52 a 69 pontos

Os pontos são distribuídos de acordo com a concordância das soluções apresentadas no empreendimento com as prescritas no manual de certificação do LEED, classificadas em cinco categorias: qualidade ambiental interna, local sustentável, eficiência no consumo de água, energia e atmosfera, materiais e recursos. A figura 3 apresenta a distribuição dos pontos por categoria do LEED.



**Figura 3 – Divisão dos pontos por categoria do LEED (USGBC, 2004)**

Os objetivos específicos com cada categoria, responsáveis pela alocação de pontos, são:

- Locais sustentáveis: Reutilizar prédios existentes no local; proteger áreas naturais e agrícolas; reduzir a necessidade do uso de automóveis; proteger e restaurar o local. A Tabela 1 apresenta os pontos referentes a esta categoria.

**Tabela 1 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004)**

Credit	Point(s)
▪ Erosion & Sediment Control	Required
▪ Site Selection	1
▪ Urban Redevelopment	1
▪ Brownfield Redevelopment	1
▪ Alternative Transportation	1-4
▪ Reduced Site Disturbance	1-2
▪ Stormwater Management	1-2
▪ Landscape & Exterior Design to Reduce Heat Islands	1-2
▪ Light Pollution Reduction	1
	14 Total



- Eficiência no consumo de água: reduzir a quantidade de água requerida pela edificação; reduzir os gastos com tratamento e abastecimento de água do município. A Tabela 2 apresenta os pontos referentes a esta categoria.

**Tabela 2 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004)**

Credit	Point(s)
▪ Water Efficient Landscaping	1-2
▪ Innovative Wastewater Technologies	1
▪ Water Use Reduction	1-2
	5 Total

- Energia e Atmosfera: racionalizar o uso de energia no edifício; encorajar o uso de fontes de energia renováveis e alternativas; suportar os protocolos de proteção da camada de ozônio, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004)**

Credit	Point(s)
▪ Fundamental Building Systems Commissioning	Required
▪ Minimum Energy Performance	Required
▪ CFC Reduction in HVAC&R Equipment	Required
▪ Optimize Energy Performance	1-10
▪ Renewable Energy	1-3
▪ Additional Commissioning	1
▪ Ozone Depletion	1
▪ Measurement & Verification	1
▪ Green Power	1
	17 Total

- Materiais e Recursos: reduzir a quantidade de materiais requeridos; usar materiais com menos impactos ambientais; reduzir e gerir os resíduos gerados, conforme Tabela 4.

**Tabela 4 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004)**

Credit	Point(s)
▪ Storage and Collection of Recyclables	Required
▪ Building Reuse	1-3
▪ Construction Waste Management	1-2
▪ Resource Reuse	1-2
▪ Recycled Content	1-2
▪ Local/Regional Materials	1-2
▪ Rapidly Renewable Materials	1
▪ Certified Wood	1
	13 Total

- Qualidade Ambiental Interna: estabelecer uma boa qualidade do ar interno; eliminar, reduzir e gerir as fontes poluidoras; assegurar conforto térmico e sistemas de controle eficientes de temperatura interna; prover conexões com o meio externo aos usuários; A Tabela 5 apresenta os pontos referentes a esta categoria.

**Tabela 5 – Alocação de Créditos para o critério de Locais sustentáveis – LEED (USGBC, 2004)**

Credit	Point(s)
▪ Minimum IAQ Performance	Required
▪ Environmental Tobacco Smoke Control	Required
▪ Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> ) Monitoring	1
▪ Increase Ventilation Effectiveness	1
▪ Construction IAQ Management Plan	1-2
▪ Low-Emitting Materials	1-4
▪ Indoor Chemical & Pollutant Source Control	1
▪ Controllability of Systems	1-2
▪ Thermal Comfort	1-2
▪ Daylight & Views	1-2
	15 Total

- Projeto inovador: quatro pontos extras são dados para projetos que tenham performance excepcional acima dos padrões pré-estabelecidos do LEED, ou que apresentem performance eficiente em áreas não cobertas pelo LEED; o último ponto é dado à equipe que contiver profissionais credenciados pelo LEED.

### **3.3. BREEAM -Building Research Establishment Environmental Assessment Method**

Mais antigo sistema de certificação ambiental por níveis, foi desenvolvido pelo British Research Establishment em 1990. É usada atualmente como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental em vários estágios do ciclo de vida da edificação. Canadá, Austrália e alguns países europeus desenvolveram variáveis do BREEAM incorporando requisitos ambientais locais nos critérios de pontuação das edificações.

Sua análise divide-se em nove categorias: energia e CO<sub>2</sub>, água, materiais, escoamento de águas superficiais, resíduos, poluição, saúde e bem-estar, gerenciamento e ecologia. Em cada categoria, objetivos de performance são propostos de acordo com os requerimentos mínimos para satisfazer as normas inglesas de construção.

O BREEAM usa um sistema de alocação de uma a seis estrelas, relacionadas a conformidade do empreendimento com as propostas de performance do método. Cada categoria possui um número de pontos percentuais. A pontuação final do empreendimento é dada, portanto, em função do número de estrelas multiplicado pelo percentual de cada categoria. As categorias podem ser visualizadas na Figura 4.

<b>ENERGY</b>	<b>POTABLE WATER</b>	<b>POLLUTION</b>
Dwelling Emission Rate DER	Internal	GWP
Building Fabric	External	NOx Emissions
Internal Lighting		
Drying Space		
EcoLabelled White Goods	<b>MANAGEMENT</b>	<b>WASTE</b>
External Lighting	Home User Guide	Construction
Low/ Zero Carbon	Considerate Constructors	Household
	Construction Site Impacts	Composting
Cycle Storage	Security	
Home Office		
<b>SURFACE WATER</b>	<b>HEALTH AND WELLBEING</b>	
Surface Water Run-off	Daylighting	
Flood Risk	Sound	
	Private Space	
<b>ECOLOGY</b>	Lifetime Homes	
Value		
Enhancement	<b>MATERIALS</b>	
Protection	Environmental Impact	
Change in value	Responsible Sourcing – Basic	
Footprint	Responsible Sourcing – Finishing	

**Figura 4 – Critérios para a alocação de créditos segundo a metodologia BREEAM (Code for Sustainable Homes, 2006)**

O sistema BREEAM é bastante focado na questão energética, possuindo uma grande porcentagem de pontos (15%) para o critério de emissão zero de carbono, ou seja, quando a energia utilizada no prédio vier de fontes totalmente limpas, ou quando a edificação gerar sua própria energia, não necessitando de fontes poluentes de geração de energia elétrica.

O presente trabalho seguiu principalmente a recomendação do LEED, para análise de um projeto de construção ambientalmente sustentável, com certas adaptações, por possuir uma alocação mais homogênea de pontos, não focando exaustivamente na questão da emissão de CO<sub>2</sub>. Por sua vez, o BREEAM apresenta uma abrangência maior do conceito de sustentabilidade ambiental, dando muito enfoque na questão energética, sendo um dos principais itens o que trata a respeito da emissão zero de carbono para as edificações, o que distancia ainda bastante a realidade britânica da nossa em termos econômicos e culturais. Também se constatou que o BREEAM possui especificações mais detalhadas a respeito das variáveis de análise, que foram separadas em nove áreas, contra seis do LEED americano. A explicação para tal é que, conforme foi falado, a abrangência das variáveis ambientais no método britânico é maior do que no método americano, dado o grau de maturação do mercado de construções ambientalmente sustentáveis nesse país.

A realidade das discussões do país europeu está distanciada em relação à nossa, pois ainda precisamos de um desenvolvimento econômico e social acentuado para chegar ao grau de conscientização ambiental apresentado naquele país e aos requisitos impostos pela regulamentação britânica de construções..

A seguir estão listadas as seis linhas de análise que nortearam a confecção deste trabalho:

- Planejamento Integrado: análise de ciclo de vida da obra e materiais, planejamento sustentável e aplicação de critérios de sustentabilidade, projeto de manutenção e gestão da obra;
- Qualidade ambiental do local: levantamento de informações ambientais (clima, topografia, vegetação, etc), estudo de impactos ambientais e de ações que mitiguem tais impactos;
- Materiais e resíduos: uso de produtos e tecnologias sustentáveis para todas as instâncias da obra, gestão dos resíduos na obra e dos resíduos gerados pelos usuários, criação de áreas para coleta seletiva do lixo, destinação e reciclagem, e gestão do esgoto;

- Eficiência energética: racionalização no uso de energia fornecida e uso de dispositivos construtivos para conservação de energia;
- Gestão e economia da água: uso de sistemas e tecnologias que permitam redução no consumo da água utilizada na habitação e aproveitamento de parte da água da chuva e águas cinzas para fins não-potáveis e potáveis;
- Saúde e bem-estar dos usuários: qualidade do ar e do ambiente interior; conforto termo-acústico, conforto visual, conforto psicológico, integridade da estrutura, segurança dos usuários.

### **3.4. Estrutura**

O texto foi estruturado visando a ordenação do vasto conhecimento referente ao tema, para que fosse de fácil acesso e que seguisse uma seqüência lógica em sua estrutura.

Primeiramente, foi destinado o capítulo introdutório para a contextualização do tema, incluindo aspectos históricos, normativos, a situação atual e perspectivas gerais do setor, bem como os conceitos iniciais de desenvolvimento sustentável e construção ambientalmente sustentável.

Posteriormente, o texto apresenta-se dividido em seis capítulos, já seguindo a ordem desejada para o correto entendimento do tema:

Capítulo 4 – Projeto e Gestão: aborda as questões relativas ao projeto de uma construção ambientalmente sustentável, desde seus conceitos básicos como análise do ciclo de vida até sugestões de como proceder para se alcançar um projeto suficientemente forte e conciso de sustentabilidade ambiental. Foi tido como o primeiro passo a ser analisado quando se deseja empreender esse tipo de construção;

Capítulo 5 – Qualidade ambiental do local: aborda as questões referentes à localização do empreendimento, incluindo fatores como vegetação, climatologia e infraestrutura urbana, e a influencia destes fatores no planejamento adequado da edificação ao ambiente na qual será inserida. Pretende-se com isso gerar o mínimo de impactos ambientais possíveis, alcançando uma boa qualidade ambiental externa do empreendimento. Esse passo seguinte muitas vezes é realizado antes do planejamento sequer ter sua forma, nos casos em que se pretende escolher uma área para o

empreendimento, ou mesmo quando já se tem a área mas se deseja saber a dimensão dos impactos possíveis de serem causados e as características do local para que se possa planejar o empreendimento já de posse desse conhecimento.

Capítulo 6 - Materiais e Resíduos: uma vez já com a idéia do que se deseja para o empreendimento, tendo sido levantadas informações sobre os usuários, o local, os recursos financeiros, e tendo o começo do projeto em mãos, deve-se passar para a escolha dos materiais que melhor se encaixem ao projeto, com relação ao local, aos usuários e ao meio ambiente, sendo resguardadas as restrições orçamentárias do empreendimento. Para essa escolha, volta-se novamente ao conceito de análise do ciclo de vida, procedendo a análises que forneçam indicativos mais acurados a respeito da relação custo econômico x benefício ambiental de cada solução. É nesse capítulo também que se faz, desde o nível de projeto, o plano de gestão dos resíduos sólidos gerados nas várias fases do empreendimento, para que se minimize os impactos ambientais aos entorno, garantindo a qualidade ambiental externa do empreendimento, analisada no capítulo anterior.

Capítulo 7 – Qualidade ambiental dos usuários: já tendo o escopo do projeto em mãos, deve-se partir para a adequação do design do projeto aos usuários, para que se alcance o máximo de conforto ambiental possível com sustentabilidade. Para isso, deve-se analisar cada aspecto do conforto ambiental dos usuários, muitas vezes tendo que voltar ao estágio inicial de projeto e escolha dos materiais para que se tenha uma solução mais eficiente.

Capítulo 8 – Água: um dos fatores mais críticos na fase de uso da edificação, deve ser alvo de atenção meticulosa dada a importância da conservação de água na sociedade atual.

Capítulo 9 – Energia: juntamente com a água, representa um dos fatores de maior preocupação mundial, dada a importância da redução da emissão de gases poluentes à atmosfera devido ao aquecimento global. Deve-se projetar o empreendimento tendo este fator como um dos mais importantes, utilizando os dados obtidos nos capítulos anteriores, especialmente do local, dos materiais, e do conforto térmico dos usuários, para em conjunto elaborar um projeto que contemple a melhor solução ao longo da vida útil do empreendimento.

Ao final, consta um capítulo de recomendações e um de comentários finais, no qual estão incluídas as considerações finais a respeito do trabalho, bem como os próximos passos sugeridos, visando a ampliação dos conceitos e variáveis aqui abordados.

## 4. Projeto e gestão

### 4.1. Introdução

Por projeto pode-se caracterizar todas as etapas que constituem o levantamento de informações do local, da demanda pelos usuários, dos processos construtivos, dos impactos ambientais, dos sistemas de gestão utilizados, entre outros. Engloba tudo a respeito da correta implantação e manutenção das características sustentáveis da edificação, bem como a análise de tais dados usando modelos que incluam as variáveis atuantes no processo de escolha entre as soluções (econômico, ambiental e social) e a confecção de um plano de monitoramento e gestão da solução escolhida durante toda a vida útil da construção.

É o item mais importante da construção, responsável por fornecer as bases da correta inserção da edificação no meio ambiente, bem como pelo conforto ambiental dos usuários e eficiência do uso dos recursos naturais durante toda a vida útil da edificação.

### 4.2. Fases de uma construção

Conforme Freitas *et al* (2001), as edificações podem ser divididas em três fases distintas: planejamento, construção e ocupação, as quais estão subdivididas em etapas, conforme apresentado na tabela 1:

**Tabela 6 – Divisão das fases de uma construção habitacional por etapas (FREITAS *et al*, 2001)**

<b>Fase</b>	<b>Etapas</b>
Planejamento	Identificação da Demanda
	Seleção de Áreas
	Projeto
Construção	Terraplenagem
	Edificação e demais obras
	Bota-fora
	Paisagismo
Ocupação	Uso
	Ampliação

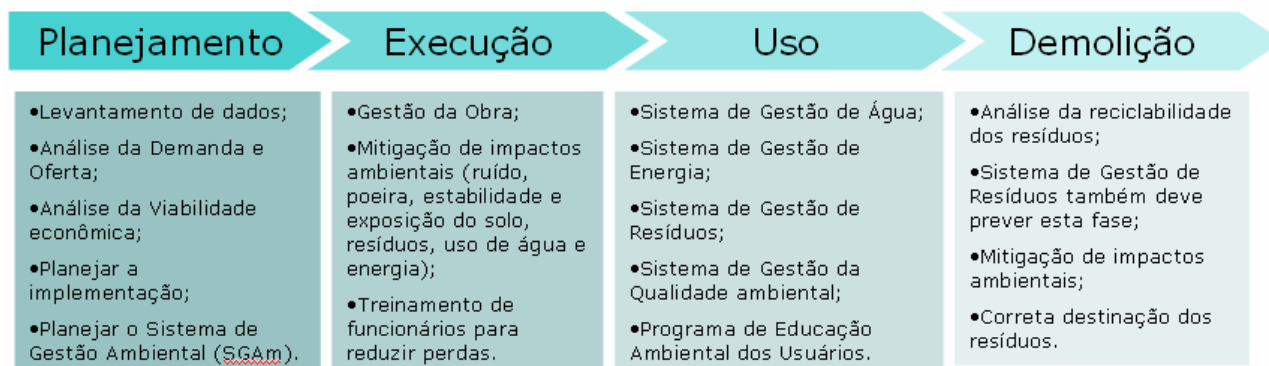
Uma construção sustentável deve já prever, no seu planejamento, quais as fontes de impacto ambiental que o empreendimento pode causar, o efeito das mesmas no entorno (solo, vegetação, água, energia, comunidade) e as ações necessárias para mitigá-los.



Conforme Freitas *et al* (2001), a construção de habitações requer, geralmente, adaptação ao terreno que sofrerá intervenção, o que costuma gerar desmatamento e alteração do seu perfil topográfico, modificando a paisagem local e causando alterações ambientais também na região do seu entorno. Requer, ainda, diversos materiais e componentes construtivos, consome água e energia, gera poeira, resíduos (principalmente entulhos) e ruídos durante as obras. Na fase de ocupação passa a gerar novos e constantes resíduos (como esgotos e lixo domiciliares), além de gastos com energia e com água tratada.

Pode-se adicionar mais uma fase: a demolição. Eventualmente, a edificação pode ser demolida para diversos fins e deve, portanto, constar em projeto como uma fase, pois deve haver uma análise dos impactos ambientais causados nessa fase e a previsão de medidas a serem tomadas para mitigar esses impactos.

Na figura 2 estão descritas as atividades a serem desenvolvidas durante cada etapa da construção de forma a melhor garantir sua sustentabilidade ambiental. Funciona como um resumo do texto desenvolvido nesse trabalho.



**Figura 5 – Descrição das etapas em uma construção ambientalmente sustentável, com as ações a serem analisadas em cada fase**

### 4.3. Levantamento de informações do local

Todo o planejamento ou projeto comporta em sua etapa inicial um diagnóstico das condições de implantação no sítio. Este diagnóstico é precedido necessariamente de um levantamento de dados sobre alguns fatores que repercutirão no meio ambiente sob a forma de impactos (OLIVEIRA e RIBAS, 1995).

Meio ambiente, segundo o relatório do World Business Council for Sustainable Development (2007), é entendido como sendo um determinado espaço que apresenta um equilíbrio dinâmico entre as forças concorrentes dos meios físico, biótico e antrópico, as quais se organizam em um sistema de relações extremamente complexas e sensíveis às modificações de seus elementos constituintes.

Segundo Oliveira e Ribas (1995), os fatores a serem considerados na fase de levantamento de dados são: condições climáticas, topografia, geologia, fatores hidrológicos, vegetação, áreas de valor histórico ou paisagístico e áreas de importância ecológica. A esses poderão ser acrescentados outros fatores mais diretamente relacionados à realidade urbana como: acessibilidade, ruído de tráfego, uso do solo no entorno, disponibilidade de infra-estrutura e consumo de energia.

Através do diagnóstico dos fatores anteriormente apresentados poderão ser propostas estratégias de minimização dos impactos a serem considerados no projeto. O ambiente projetado, respeitando as características ambientais da área onde se insere, tende a apresentar ganhos substanciais em termos de qualidade ambiental, tanto para o meio externo, como para os usuários.

Todas essas informações podem também ser entendidas como o levantamento da oferta ambiental do empreendimento, ou seja, tudo aquilo que já existe e pode ser utilizado em sua construção e uso.

Na tabela 2 estão apresentados algumas alterações ambientais nos meios físico, biótico e antrópico resultantes de uma construção. Tais alterações devem ser incorporadas à análise dos impactos ambientais do empreendimento, a ser realizado durante a etapa de planejamento, e que necessitam de um correto levantamento de dados do local para execução.

**Tabela 7 – Alterações de processos por segmentos de meio ambiente resultantes de um empreendimento habitacional (FREITAS *et. al.*, 2001)**

<b>Meio</b>	<b>Alteração de processos</b>
Meio Físico	Aceleração do processo erosivo
	Ocorrência de escorregamentos (solo e rocha)
	Aumento de áreas inundáveis ou de alagamento
	Ocorrência de subsidência do solo
	Diminuição da infiltração de água no solo
	Contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas
	Aumento da quantidade de partículas sólidas e gases na atmosfera
	Aumento da propagação de ondas sonoras
Meio Biótico	Supressão da vegetação
	Degradação da vegetação pelo efeito de borda
	Degradação da vegetação pela deposição de partículas sólidas nas folhas
	Danos à fauna
	Incômodos à fauna
Meio Antrópico	Aumento pela demanda por serviços públicos (coleta de lixo, correios) e demais questões de infra-estrutura
	Aumentos do consumo de água e energia
	Aumento de operações / transações comerciais
	Aumento da arrecadação de impostos
	Aumento da oferta de empregos
	Aumento do tráfego
	Alteração na percepção ambiental
	Modificação de referências culturais

#### **4.4. Levantamento da demanda dos usuários**

Os usuários, como fator antrópico do meio ambiente a ser construído, devem possuir todas as condições para desenvolverem plenamente suas atividades. Portanto, deve-se conhecer o perfil do usuário da edificação, levantando informações de consumo de energia, água, materiais diversos (que impactarão na geração de resíduos), perfil psicológico, origem, composição familiar, localização de suas atividades de trabalho e educação, hábitos alimentares, entre outros. Todas essas informações serão bastante úteis na escolha das soluções construtivas que melhor permitam uma integração da edificação com o meio ambiente em que estiver inserida, minimizando seus impactos ambientais ao mesmo tempo em que supre a vida de seus habitantes.

#### **4.5. Análise da viabilidade econômica das soluções**

Tendo em mãos o levantamento das informações do local e a demanda dos usuários, pode-se começar a traçar estratégia que melhor vislumbre a solução que otimiza os gastos com as ações mitigadoras dos impactos ambientais possíveis de serem causados pelo empreendimento com o benefício ambiental deste para seus moradores e região circunvizinha.

Tendo em mãos as possíveis soluções técnicas que melhor se adaptem as características do local e que atendam a demanda dos usuários de forma a garantir seu conforto ambiental, deve-se proceder a análise da viabilidade econômica dessas soluções para encontrar aquela que possua a melhor relação custo / benefício durante toda a vida útil do empreendimento. Isso pode ser feito através de uma ferramenta conhecida como Análise do Ciclo de Vida (ACV), que será mais bem explicada adiante, juntamente com a correta inclusão e valoração econômica de custos ambientais e sociais advindo da implantação do empreendimento. Esses custos são então trazidos a valor presente, e se tem uma medida quantitativa da sustentabilidade ambiental da obra.

Através de um estudo sério, analisando os custos envolvidos, e equacionando corretamente a problemática da implantação do empreendimento com suas variáveis de análise (econômico, social e ambiental) durante toda sua vida útil, pode-se eleger uma solução que melhor se insira no meio, garantindo características de sustentabilidade ambiental à construção.

#### **4.6. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**

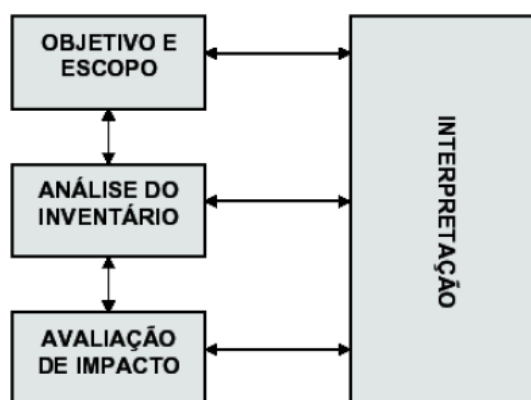
Como já apontado anteriormente, para que se possa analisar o empreendimento em todas as suas fases recomenda-se utilizar o método da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Esse método é utilizado para quantificar os impactos ambientais ao longo do tempo de vida útil total da edificação, incluindo materiais, gastos energéticos, bem-estar dos usuários, sistemas hidráulicos, enfim, todos os sistemas e fatores associados ao planejamento e implementação da edificação em todas suas variáveis (social, econômico e ambiental).

O ciclo de vida é a história do produto, serviço ou atividade, desde a fase inicial (extração, planejamento ou desenvolvimento), passando pelas fases intermediárias

(produção, implementação, distribuição, consumo, uso) e até a fase final (pós-uso, demolição, resíduo).

A ACV pode ser aplicada ao produto final (edifício), a um elemento construtivo ou ao processo de execução. Segundo Sattler e Pereira (2006), é necessariamente um processo complexo: uma solução que apresente boa performance ambiental e ao mesmo tempo não cumpra as exigências funcionais mínimas, não pode ser considerada sustentável; por outro lado, uma solução com bom desempenho ambiental e que cumpra todas as exigências funcionais, mas em que o custo de construção ultrapassa largamente o custo da solução construtiva convencional, não poderá ser considerada sustentável, pois o seu custo proibitivo constitui uma barreira à sua implementação.

As principais fases da ACV de um produto, atividade ou serviço, segundo Valt apud Takahashi e Moraes (2006), são: a definição de objetivo e escopo, a análise do inventário, a avaliação de impacto e a interpretação, que se relacionam conforme a Figura 4.



**Figura 6 – Etapas da ACV (VALT apud TAKAHASHI e MORAIS, 2006)**

Segundo Valt apud Takahashi e Moraes (2006), a primeira etapa, ou definição do escopo, estabelece o objetivo do estudo, sua abrangência e profundidade (limites do sistema), bem como a unidade funcional adotada a ser adotada na análise.

Na análise do inventário do ciclo de vida, são efetuadas a coleta e a quantificação de todas as variáveis envolvidas durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade: os inputs (consumo de recursos naturais) e os outputs (emissões para o ar, água e solo). Os dados de um inventário de ciclo de vida são informações que descrevem os balanços de

massa e energia dos pontos críticos de um processo, que sejam ambientalmente relevantes. Possibilitando uma visão dinâmica do processo produtivo como um todo (VALT apud TAKAHASHI e MORAIS, 2006)

Na avaliação do impacto, esses fluxos de recursos e emissões são caracterizados segundo uma série definida de indicadores de impacto ambiental, que geralmente são: energia incorporada, emissões, consumo de recursos, potencial para reciclagem e toxicidade (VALT apud TAKAHASHI e MORAIS, 2006).

Na última etapa da ACV os resultados obtidos nas fases de inventário e avaliação de impacto são analisados de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos para o estudo (VALT apud TAKAHASHI e MORAIS, 2006).

As normas da série ISO 14040 (ISO, 1996) definem as metodologias e os protocolos necessários para a quantificação de ACV de um empreendimento, produto ou serviço.

#### **4.7. Elaboração de plano de implementação e gestão da construção**

O plano de implementação da construção deve ser o passo seguinte à escolha da solução técnica, envolvendo a escolha dos materiais a serem utilizados no empreendimento, constando também um plano de eficiência no seu consumo e gestão do resíduo gerado, o desenvolvimento de um projeto de gestão da obra, adotando práticas construtivas condizente com a realidade da empresa e do local, e que contemple o mínimo de alterações ambientais possíveis e, por fim, um programa de gestão do empreendimento durante sua fase de ocupação, escolhendo a solução que seja a mais eficiente ambientalmente no que diz respeito aos recursos ligados a essa fase (água, energia, materiais diversos, infraestrutura e serviços, entre outros).

Deve ser feita segundo três frentes de ação (adaptado de GONÇALVES, 2005):

- Institucional: deve ser formada uma equipe de gestão ambiental da edificação, responsável pelo monitoramento, regulação e manutenção dos sistemas presentes;
- Tecnológico: devem-se utilizar sempre tecnologias e métodos que resultem em melhores resultados ambientais na edificação;

- Educacional: primar pelo desenvolvimento da conscientização ambiental de todos aqueles envolvidos com a edificação.

#### **4.8. Sugestões técnicas**

A seguir estão apresentadas algumas sugestões de medidas a serem tomadas durante o planejamento do empreendimento para que se possam alcançar características de sustentabilidade ambiental:

- Proceder todo o levantamento de informações de uma maneira metódica e eficiente, para que se tenha em mão todos os dados necessários ao correto planejamento da edificação, com a minimização dos impactos ambientais passíveis de serem causados, juntando eficiência ambiental ao bem-estar dos usuários;
- Utilizar a Avaliação do ciclo de vida do empreendimento, tanto para o projeto, como para todas os produtos utilizados e para as soluções técnicas adotadas nos mais diversos sistemas da construção, para que se possa alcançar um bom nível de eficiência ambiental aliada a um baixo custo do ciclo de vida do empreendimento;
- Devem-se adotar soluções construtivas que garantam maior flexibilidade na construção, de maneira a permitir fácil adaptação às mudanças de uso do ambiente ou de usuário, no decorrer do tempo, e evitar reformas que podem causar grande impacto ambiental (ASBEA, 2007);
- Favorecer a adoção de materiais que sejam duráveis, permitindo uma maior longevidade à edificação e a diminuição de intervenções futuras, que poderão ser onerosas, comprometendo seu custo de ciclo de vida, bem como representando incômodos aos usuários (ASBEA, 2007);
- Confeccionar um Manual de Operação e Gestão da Edificação ao se entregar a obra. Nestes manuais devem constar medidas para se melhor utilizar os sistemas da edificação, com a finalidade de manter o *status quo* desejado durante seu planejamento e construção, tais como: performance eficiente de energia e água, gestão de resíduos sólidos e líquidos, manutenção da

vegetação e da qualidade ambiental interna e externa, entre outros (BREEAM, 2006);

- Orientar a criação de uma equipe de gestão ambiental do edifício, encarregada do plano diretor da edificação, do monitoramento de todos os seus sistemas, de incorporações de novas tecnologias com a finalidade de fortalecer o conceito de sustentabilidade, além das usuais funções de gestão atualmente adotadas nas edificações (BREEAM, 2006);
- Difundir os princípios e as práticas de sustentabilidade e conservação do meio ambiente para o corpo de funcionários e para os usuários do edifício (ASBEA, 2007).



## **5. Qualidade ambiental do local**

### **5.1. Introdução**

Neste capítulo estão apresentados alguns conceitos básicos relativos à localização do empreendimento e aos fatores ambientais externos, como clima, vegetação, topografia, solo, pluviometria, fauna, malha de transportes, redes públicas de abastecimento de água, eletricidade e saneamento básico, entre outros. O objetivo deste capítulo é fornecer as bases para que se perceba a importância do levantamento desses dados para permitir o correto planejamento do empreendimento no que se refere a sua inserção harmônica no meio ambiente, causando o mínimo de impactos ambientais no entorno, na comunidade e aos próprios usuários, bem como sugerir algumas medidas a serem tomadas nesse caso.

### **5.2. Análise da Área**

Para que se possa escolher a área da implantação ou mesmo analisar uma já escolhida, deve-se proceder a análise de alguns importantes fatores, como:

- Topografia e solo;
- Clima;
- Flora e fauna;
- Qualidade do ar;
- Infra-estrutura urbana.

### **5.3. Topografia e solo**

Deve-se proceder a investigação do solo analisando sua topografia e suas características geotécnicas, pois assim pode-se ter todos os dados necessários a um planejamento correto de como abordar as questões de fundação, drenagem, terraplenagem, contenção de taludes, entre outras atividades relacionadas ao manejo do solo.

#### **5.3.1. Terraplenagem**

Segundo Freitas *et al* (2001), trata-se do movimento de terra necessário para preparar o terreno para a construção da obra, constituindo-se em um conjunto de operações

de escavação, transporte, disposição e compactação de terras, gerando os cortes e aterros do empreendimento.

A exposição de solos é um dos grandes causadores de danos ambientais no período de obras. Solos expostos durante chuvas são transportados, assoreando drenagens naturais ou construídas, favorecendo-se a ocorrência de inundações.

Segundo Freitas *et al* (2001), é necessária a adoção de outros expedientes, envolvendo principalmente o projeto e instalação de sistemas provisórios de drenagem para o período de obras, compreendendo aparatos capazes de reter pelo menos o solo eventualmente erodido na própria área e evitar processos erosivos nos terrenos circunvizinhos. É também importante aplicar algum tratamento superficial aos taludes que dispensem obras de contenção, tão logo eles atinjam sua configuração final. O tratamento normalmente é feito com o plantio de gramíneas ou, conforme a configuração geométrica e a qualidade dos solos, com tela argamassada. Taludes devem ainda receber, assim que possível, canaletas de drenagem de crista e de pé.

Ainda segundo Freitas *et al* (2001), um problema ambiental também associado à permanência de solos expostos diz respeito à geração de poeira para o entorno, devido à movimentação de veículos no interior da obra, o que leva à necessidade de adoção de rotina de aspersão de água nos trechos mais utilizados para circulação. Essa água, como será apresentado posteriormente, pode vir de fontes alternativas de água (armazenamento de águas pluviais, por exemplo).

Considerando as atividades da etapa de terraplenagem, recomenda-se os seguintes procedimentos que propiciem uma abordagem ambiental integrada (NÓBILE, 2003):

- Deve-se reduzir a exposição do solo, realizando movimentações de terra por etapas ou trechos e prover uma proteção superficial (vegetal e de drenagem), de acordo com as características geotécnicas do terreno;
- Estabelecer um programa de terraplenagem que contenha os prováveis incômodos por ruídos, vibrações e poeira, além de risco de acidentes e danificação à construções vizinhas;
- Prever um programa que contemple a mitigação dos impactos ambientais gerados na área de empréstimo.

### 5.3.2. Construção de drenagem de águas superficiais

Segundo Freitas *et al* (2001), o sistema de drenagem constitui um conjunto de operações e instalações destinadas a coletar, retirar e reconduzir a água superficial ou de percolação de um maciço, estrutura ou escavação. Em geral, a deficiência de drenagem é responsável por grande parte dos problemas em um empreendimento. A rede de drenagem das águas pluviais é usualmente composta por guias, sarjetas, caixas de captação do tipo com bocas de lobo, tubulações subterrâneas (geralmente constituídas por tubos de concreto), poços de visita, escadas d'água, canaletas superficiais e estruturas de deságüe nos sistemas públicos de drenagem ou cursos d'água próximos.

Segundo Freitas *et al* (2001), a implementação dessas obras implica alterações pouco significativas nos processos existentes anteriores, porém a correção de sua execução será fundamental durante o seu funcionamento. A drenagem interfere no processo erosivo e, caso não seja bem construída, não cumprirá adequadamente sua função de captação e condução das águas pluviais. Como conseqüência, poderá mesmo induzir situações inversas ao seu propósito, intensificando a erosão ao longo das canaletas, em locais de vazamentos ou nos pontos de lançamento da água aduzida.

## 5.4. Clima

O estudo do clima e do local do projeto são premissas indispensáveis a uma construção que busque sua eficiência ambiental. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM, 2007), o clima pode ser conceituado como sendo a condição média da variação diária dos parâmetros meteorológicos em uma dada região, baseada em medições durante muitos anos (normalmente trinta anos). Os principais fatores que influenciam o clima de uma região são:

- Radiação solar
- Temperatura do ar
- Umidade do ar
- Movimentação do ar
- Pluviometria

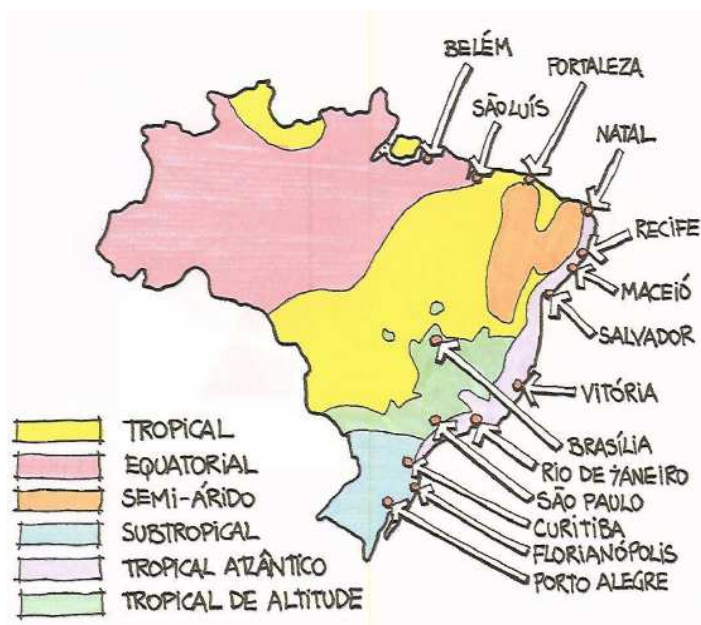
Tais características variam durante o dia, o que se chama de tempo. As variações climáticas e temporais podem ser atribuídas a elementos de controle, tais como a proximidade à água, altitude, latitude, barreiras montanhosas, correntes marítimas, vegetação, presença de nuvens, entre outros.

#### 5.4.1. Tipos de clima

Pode-se dividir o clima no Brasil em regiões climáticas, que possuem climas semelhantes, a saber (adaptado de LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997):

- Clima Equatorial: quente e úmido, compreende toda a Amazônia, com temperaturas médias entre 24°C e 26°C, baixa amplitude térmica, com chuvas abundantes e bem distribuídas (2500 a 3000 mm/ano) e alta umidade relativa (maior que 80% atingindo a média de 94%, no ponto mais crítico);
- Clima tropical: verão quente e chuvoso, com baixa amplitude térmica, inverno quente e seco, com alta amplitude térmica; temperaturas médias de 20°C nas latitudes mais baixas (Serra do Espinhaço), de 25°C nas latitudes médias (abaixo do paralelo 14) e de 30°C nas mais baixas; chuvas oscilam entre 1500 e 2000 mm/ano; compreende grandes áreas de Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Ceará;
- Clima Tropical de Altitude: estende-se entre o norte do Paraná e o sul do Mato Grosso do Sul, e nas regiões mais altas do planalto Atlântico; verão com chuvas intensas (entre 1000 e 1800 mm/ano) e inverno com ocorrência de geadas; temperaturas médias na faixa de 16°C a 22°C; umidade relativa entre 70% a 90%;
- Clima Subtropical (temperado): compreende a região sul do país; temperaturas médias abaixo de 20°C; chuvas bem distribuídas (entre 1500 e 2000mm/ano), inverno rigoroso nas áreas mais elevadas; umidade relativa entre 70% a 80%;
- Clima Tropical Atlântico: regiões litorâneas; temperaturas médias entre 18°C (ES a RJ) e 26°C(RN a BA); chuvas concentradas no verão (1000 a 1800 mm/ano) para regiões mais ao sul, e no inverno e outono, para regiões mais próximas ao equador; umidade relativa maior que 80%;

- Clima Semi-Árido: região mais seca do país, compreende parte do interior do Nordeste; temperaturas médias altas (em torno de 27°C), com grande amplitude térmica, especialmente na época seca; chuvas escassas (800 a 1000 mm/ano, diminuindo em direção ao interior); umidade relativa com menos que 70%, atingindo a média de 43% no ponto mais crítico;



**Figura 7 – Esquema da localização geográfica dos diferentes climas do Brasil (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997)**

#### 5.4.2. Radiação solar

Principal fonte de energia do planeta, é um fator de extrema importância na análise de implantação de uma construção ambientalmente sustentável principalmente com relação a sua eficiência energética, pois com o correto conhecimento desse fator pode-se projetar construções que aproveitem a luz e o calor disponíveis da melhor maneira possível e que permitam o conforto térmico e visual dos usuários.

Segundo Beraldo (2006), ao topo da atmosfera terrestre chega uma intensidade de radiação solar de 1353 W/m<sup>2</sup>, chamada de “constante solar”. Dessa radiação, parte vai incidir diretamente na superfície terrestre (radiação direta), parte é absorvida e espalhada por partículas contidas na atmosfera (radiação difusa), e parte retorna ao espaço, por reflexão. Num edifício, há ainda a radiação solar refletida pelo solo e pelo entrono, radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu e radiação térmica emitida pelo edifício.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), para as construções, a luz solar representa uma fonte muito forte (60000 a 100000 lux – luz direta / 5000 a 20000 lux – luz difusa), sendo a causa de não se usar a luz solar diretamente em seus interiores. No entanto, a luz natural possui menor quantidade de calor por lúmen do que a maioria das lâmpadas, o que mostra que pode ser uma estratégia atrativa seu uso na diminuição da carga de resfriamento necessária em edifícios.

**Tabela 8 – Comparação de quantidade de calor por lúmen das fontes de iluminação utilizadas nas edificações (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997)**

Fonte de Luz	Intensidade
Sol (condições medianas de céu e altitude)	115 lm/W
Lâmpadas incandescentes	5-30 lm/W
Lâmpadas fluorescentes	20-100 lm/W
Lâmpadas de sódio a alta pressão	45-110 lm/W

Segundo Beraldo (2006), a insolação de um local depende da posição do sol, que dita o ângulo de incidência da radiação solar, do grau de nebulosidade do céu e do ambiente (sombras, relevo etc.).

#### 5.4.3. Temperatura do ar

Resulta dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do sol de local para local, função de fatores locais como vegetação, topografia e altitude. O tratamento dos dados climáticos é importante para se determinar os períodos de maior probabilidade de desconforto térmico (SANTOS, 2002).

#### 5.4.4. Umidade do ar

A pressão de vapor é a variável climática mais estável ao longo do dia. A umidade do ar resulta na evaporação da água contida nos mares, rios, lagos e na terra, bem como da evapotranspiração dos vegetais (SANTOS, 2002).

Nos locais com alta umidade, a transmissão de radiação solar é reduzida, porque o vapor d'água e as nuvens a absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte de volta ao espaço. Em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites frias (de 15 a 20°C); já em locais úmidos, as temperaturas extremas tendem a ser atenuadas (em torno de 10°C) (BERALDO, 2006). A umidade do ar atua diretamente na

capacidade da pele de evaporar o suor, atuando nas situações de conforto térmico juntamente com a temperatura do ar e a presença de ventos.

#### 5.4.5. Movimentação do ar

Também chamado de vento, é um fenômeno ocasionado, principalmente, pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar. A massa de ar mais fria (com densidade maior), localizada, na parte mais alta da atmosfera, tende a deslocar-se para o solo, substituindo a massa de ar mais quente (aquecida pela radiação solar e com densidade menor), que se movimenta para a parte superior. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), a velocidade e a direção dos ventos sob influência da topografia da região, da altitude, da vegetação e dos obstáculos do local. Pode-se tirar proveito do perfil topográfico de um terreno para canalizar os ventos, com a finalidade de controlar o conforto térmico dos moradores da edificação.

#### 5.4.6. Pluviometria

Chuva é um fenômeno meteorológico que consiste na precipitação de água sobre a superfície da Terra. O conhecimento do regime pluviométrico é bastante importante numa construção ambientalmente sustentável, pois se pode projetar mecanismos que aproveitem a chuva como fonte de água para a edificação, bem como prever mecanismos que previnam a ocorrência de enchentes, tanto na edificação como na região na qual está inserida, causado pela impermeabilização do solo.

#### 5.4.7. Resumo dos dados climatológicos

Para se ter uma correta análise sobre o clima do local a ser implantada a edificação, contemplando todos seus fatores relevantes, torna-se importante o levantamento dos seguintes dados climatológicos:

- Média das temperaturas máximas diárias;
- Média das temperaturas mínimas diárias;
- Média das temperaturas máximas absolutas;
- Média das temperaturas mínimas absolutas;
- Umidade Relativa;
- Média das umidades relativas máximas diárias;

- Média das umidades relativas mínimas diárias;
- Rosa dos ventos com 8 direções, com intensidade e frequência dos ventos predominantes;
- Direção dos ventos principais e secundários;
- Precipitações totais em mm;
- Número de dias com chuva;
- Intensidade e ângulo máximos de radiação solar;
- Número de horas de insolação;
- Fração de insolação: número de horas de insolação efetiva / duração máxima potencial de insolação;
- Número de horas de nebulosidade máxima;
- Número de horas de nebulosidade mínima;

Os dados relativos à temperatura e umidade devem ser coletados em iguais períodos. Para a obtenção de resultados confiáveis são necessárias análise de, no mínimo, 5 anos para os dados relativos aos ventos, 10 anos para os dados de temperatura e umidade, e 30 anos para as precipitações. Esses dados foram adaptados da tabela confeccionada por Gret (1986).

### **5.5. Flora e Fauna**

Fatores importante no estudo do local do empreendimento, a vegetação e a fauna nativa representam um dos pontos chaves nas discussões com os órgãos de regulação ambiental. É importante saber o tipo da vegetação presente, analisar a fauna nativa, realizando um estudo de impacto ambiental com a implantação do empreendimento. Deve-se analisar a relação da vegetação com a estabilidade dos solos, com o perfil histórico-cultural da sociedade, com a fauna da região, conforme a necessidade, bem como com a emissão de gases nocivos à atmosfera, entre outros.

Um outro aspecto importante é que a vegetação, quando incorporada à construção, aprimora sua sustentabilidade, oferecendo um conforto ambiental e psicológico a seus moradores, bem como servindo de organismo regulador da temperatura, iluminação e umidade do ambiente construído.



## **5.6. Qualidade do ar**

Deve-se monitorar e analisar a qualidade do ar do local do empreendimento, realizando uma análise cuidadosa da região com relação a direção predominante e intensidade dos ventos e à presença de fontes poluidoras da atmosfera, como lagoas de estabilização de centros de tratamento de esgoto, aterros sanitários, depósitos de lixo, indústrias poluentes, grandes vias de tráfego, entre outros.

## **5.7. Infra-estrutura urbana**

Deve-se a verificação da ocupação circunvizinha, analisando aspectos como perfil dos moradores, vias de acesso, horários propícios à atividades mais ruidosas, para assim detectar e prever futuros problemas com relação à fase de construção.

Deve-se também detectar a presença de serviços (principalmente centros comerciais e empresariais, supermercados, escolas, faculdades, farmácias e hospitais) e infra-estrutura urbana (principalmente malha viária, sistema de transporte coletivo, abastecimento de água, saneamento básico, coleta de lixo em geral e seletivo, rede de telecomunicações, entre outros), bem como fontes de poluições sonoras conhecidas, como aeroportos, bares, boates, entre outros, para que se possa planejar a edificação da melhor maneira possível para atender as necessidades do usuário com baixos impactos ambientais.

Caso deva ser escolhido um local para a realização do empreendimento, deve-se dar prioridade à minimização do deslocamento dos usuários da edificação aos destinos mais comuns, analisados durante a fase de levantamento de perfil do usuário e da presença de serviços e infra-estrutura, para que se possa diminuir a demanda por transportes de um modo geral, especificamente pelo uso de automóveis, descongestionando as vias e impedindo o lançamento de gases a atmosfera. Deve-se priorizar o cultivo do hábito do uso de transportes coletivos e até do percurso a pé, que implica também em melhoria nos indicadores de saúde dos moradores, caso haja condições satisfatórias de segurança.

Outros problemas, menos conhecidos ou divulgados, devem passar também a se incorporar paulatinamente às preocupações na localização de habitações. É o caso de efeitos de campos magnéticos gerados por linhas de transmissão de energia elétrica e de telefonia, que têm sido associados a disfunções orgânicas em seres vivos.

### **5.8. Medidas para assegurar uma melhor qualidade ambiental externa**

Como um resumo do que já foi dito até agora, estão a seguir apresentadas algumas sugestões de ações a serem tomadas com a finalidade de diminuir ou eliminar alguns impactos ambientais ao meio ambiente no qual está inserida a construção que pretende ser ambientalmente sustentável. Tais medidas englobam também assuntos já previamente abordados no capítulo Projeto e Gestão, evidenciando a interdependência do planejamento da construção com a análise da área a ser construída e demais fatores. Deve-se, portanto:

- Pesquisar a região, analisando todos os fatores ambientais relativos à localização, identificando eventuais problemas ambientais e levantar o passivo ambiental da área destinada ao empreendimento;
- Realizar um planejamento adequado de terraplenagem, preservando sempre que possível a conformação original do terreno e evitando ao máximo a impermeabilização do solo do local (ASBEA, 2007);
- Elaborar um plano eficiente de drenagem do solo para durante e após a execução das obras, evitando-se danos como erosão ou rebaixamento de lençol freático (FREITAS *et al*, 2001);
- Evitar danos à fauna, flora e comunidade local, bem como evitar todo e qualquer tipo de degradação e poluição de qualquer natureza (visual, sonora, ar, luminosa, entre outros), realizando estudos de impactos ambientais e planejamento integrado em todas as fases do empreendimento (ASBEA, 2007);
- Procurar entender a dinâmica dos usuários, conhecendo sua demanda por serviços e transporte, visando incentivar o uso de transporte coletivo e atenuar o problema com tráfego nas vias públicas (FREITAS *et al*, 2001).

## **6. Materiais e Resíduos**

### **6.1. Introdução**

O setor de construção civil emprega uma grande diversidade de matérias primas. Algumas possuem estoques bastante limitados, como as de cobre e o zinco, por exemplo, estimadas em pouco mais de 60 anos (INDUSTRY and ENVIRONMENT apud SCHENINI, BAGNATI e CARDOSO, 2004). A madeira é outro insumo importante, sendo a atividade responsável pelo consumo de cerca de 66% das florestas naturais existentes (JOHN, 1996).

A produção de partículas de poeira está presente em grande parte das atividades, quer seja na extração da matéria prima, no transporte, na produção de materiais como o cimento e o concreto e a execução de atividades nos canteiros de obra.

Segundo John (1996), os valores internacionais para o volume do entulho da construção e demolição oscilam entre 0,7 e 1,0 toneladas por habitante/ ano.

Tendo em vista as práticas do desenvolvimento sustentável, deve-se prever a redução do consumo de matérias-primas naturais não renováveis, bem como desenvolver uma tecnologia capaz de gerar novos produtos a partir da reciclagem de resíduos com uma estrutura de custos competitiva, fechando o ciclo de uso dos recursos naturais.

Este capítulo aborda a importância da seleção correta de materiais, componentes e sistemas para edificações ambientalmente sustentáveis. Apresenta também aspectos relacionados à gestão de resíduos provenientes da edificação. Ao final são postas algumas sugestões de ações a serem tomadas para minimizar os impactos ambientais gerados pelos resíduos sólidos.

### **6.2. Histórico**

Segundo John e Agopyan (2001), a preocupação com resíduos de maneira geral é relativamente recente no Brasil. Diferente de países como os EUA já possuíam, ao final da década de 1960, uma política para resíduos, que neste país foi chamada de Resource Conservation and Recovering Act 1 (RCRA).

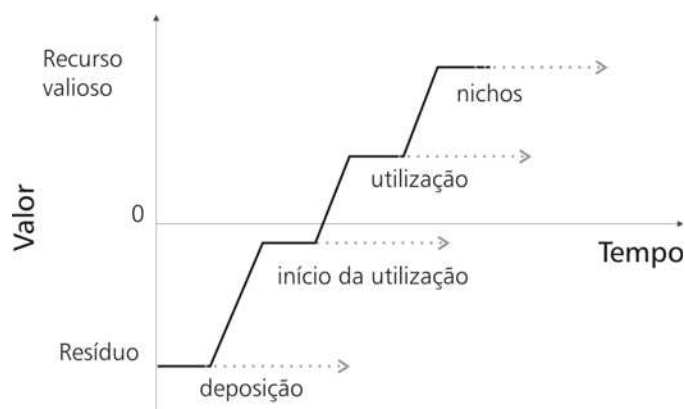
Ainda segundo John e Agopyan (2001), a reciclagem de resíduo de construção e demolição vem da Antiguidade. Recentemente foi empregada na reconstrução da Europa após a segunda guerra mundial. Atualmente é praticada amplamente na Europa, especialmente na Holanda e na Inglaterra. Neste contexto, a reciclagem de resíduos de construção encontra-se em estágio relativamente avançado.

### **6.3. Perspectivas**

Existem vários trabalhos sendo desenvolvidos nas universidades brasileiras com relação aos resíduos de construção, tanto no aspecto de redução de sua geração durante a atividade de construção, políticas públicas para o manuseio dos resíduos, quanto no de tecnologias para a reciclagem. Conforme pesquisa realizada por John e Agopyan (2001), diversos municípios brasileiros já operam com sucesso centrais de reciclagem do resíduo de construção e demolição, produzindo agregados utilizados predominantemente como sub-base de pavimentação. Dentre as iniciativas brasileiras, destacam-se o Projeto RECICLAR, da USP, e as resoluções do CONAMA, de caráter de regulamentação.

Por força dos organismos nacionais e internacionais de controle do meio ambiente, que ganharam grande importância com a Norma ISO 14000, a questão da reciclagem e reaproveitamento de resíduos passou a ser estratégica em termos das políticas econômica e industrial.

A possibilidade de redução de custo na gestão de resíduos e até de aumentar o faturamento é sempre um argumento central em discussões com geradores de resíduos. A Figura 8 mostra a evolução de preço das cinzas volantes à medida que novas aplicações foram desenvolvidas. Em um primeiro momento, o gerador pagava para os consumidores retirarem o produto; posteriormente, com o advento de novas tecnologias, o produto passa a ser vendido e gerar lucro.



**Figura 8 – Ganho de valor das cinzas volantes conforme a aplicação do produto foi se consolidando e descobrindo os seus nichos de aplicações onde ela melhora as propriedades do concreto (Cornelissen, 1997)**

#### 6.4. Conceituação

Segundo a Norma ABNT 10004, de setembro de 1987, resíduos sólidos são os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente viáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Ainda de acordo com a NBR 10004 da ABNT, estes resíduos são classificados em:

Classe I - Perigosos: são os que apresentam riscos ao meio ambiente e exigem tratamento e disposição especiais, ou que apresentam riscos à saúde pública.

Classe II - Não-Inertes: são basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.

Classe III - Inertes: são os resíduos que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo, são resíduos como restos de construção, os entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações.

#### 6.4.1. Resíduos da construção civil

São os resíduos gerados nos processos construtivos, demolições e reformas de edificações, obras de terraplanagem, pavimentação e outras atividades do gênero. A constituição dos rejeitos da construção civil é heterogênea e dependente das características de cada construção e do grau de desenvolvimento da indústria em uma determinada região.

Segundo Pinto (1999), geralmente é composto por uma mistura de brita, areia, concreto, argamassa, tijolos cerâmicos e blocos de concreto, restos de madeira, caixas de papelão, ferro e plástico. Estes resíduos são classificados, segundo a NBR 10004 da ABNT, como sendo resíduos de Classe III. Entretanto, conforme afirma Pinto (1999), não existem estudos sobre a solubilidade dos resíduos como um todo, de maneira a comprovar que não possuam índices de concentração de poluentes superiores ao especificado na referida Norma, o que os classificaria como resíduos não inertes – resíduos de Classe II.

A Resolução 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 5 de julho de 2002, classifica os resíduos da construção civil da seguinte forma:

- Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis com agregados, tais como:
  - de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
  - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
  - de processo de fabricação e demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.), produzidas nos canteiros de obra;
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papel/ papelão, metais, vidros e outros;
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

- Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

### 6.5. Impactos Gerados

Pinto (1999) estimou que em cidades brasileiras de médio e grande porte, a massa de resíduos gerados varia entre 41% (quarenta e um por cento) a 70% (setenta por cento) da massa total de resíduos sólidos urbanos. O quadro elaborado por PINTO (1987), apresentado na tabela 9, demonstra a dimensão exata do problema em algumas das principais cidades brasileiras.

**Tabela 9 – Geração de resíduos estimada em ton / mês para algumas cidades brasileiras (Pinto, 1987)**

<b>Cidade</b>	<b>Geração estimada (ton/mês)</b>
São Paulo	372.000
Rio de Janeiro	27.000
Brasília	86.000
Belo Horizonte	102.000
Porto Alegre	58.000
Salvador	44.000
Recife	18.000
Curitiba	74.000
Fortaleza	50.000
Florianópolis	33.000

Grande parte dos resíduos originados na construção civil é depositada clandestinamente em terrenos baldios, várzeas e taludes de cursos de água, provocando impactos ao meio ambiente, como proliferação de mosquitos, obstrução de canalizações de drenagem superficial, enchentes, contaminação de águas e do solo, entre outros. Por outro lado, quando destinados pelo poder público a aterros sanitários, terminam por encurtar o tempo de vida útil destes.

A remoção dos entulhos dispostos irregularmente nas áreas de bota-fora das cidades, os transtornos sociais causados pelas enchentes e os danos ao meio ambiente, representam custos elevados para o poder público e para a sociedade, apontando para a necessidade do estabelecimento de novos métodos para a gestão pública de resíduos da construção e demolição (PINTO, 1999).

## 6.6. Origem e Produção dos Rejeitos

Segundo Pinto (1999), a indústria da construção civil apresenta um índice surpreendente e elevado de perdas, causadas por fatores como falhas ou omissões na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade dos materiais, acondicionamento impróprio dos materiais, má qualificação da mão de obra, falta de equipamentos e uso de técnicas adequadas da construção, falta de planejamento na montagem dos canteiros de obra, falta de acompanhamento técnico na produção e ausência de uma cultura de reaproveitamento e reciclagem dos materiais.

Praticamente todas as atividades da construção civil produzem perdas, sendo que uma parte destas é aproveitada na própria obra como aterro, para o aquecimento de marmitas etc. Em média, 50% (cinquenta por cento) dos resíduos são transformados em rejeitos (PINTO, 1999).

O resíduo da construção é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções, quer seja na fase de construção, de manutenção e reforma, ou de sua demolição. A seguir cada uma dessas fases será vista com maior detalhamento.

### 6.6.1. Fase de Construção

A geração do resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas dos processos construtivos. Parte das perdas do processo permanece incorporada nas construções, na forma componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas. Este é o caso de argamassas de revestimento, concretos, etc. Outra parcela vai se converter em resíduo de construção.

Uma importante pesquisa sobre perdas na construção formal foi realizada no Brasil, financiada pelo Programa Habitare (Projeto Reciclagem de Resíduos como material de Construção Civil), e contou com a participação de 18 Universidades e 52 empresas brasileiras. A Tabela 10 resume alguns dos resultados obtidos pela pesquisa. Percebe-se uma grande variabilidade dos resultados, o que pode indicar diferenças no processo construtivo entre as empresas, bem como a possibilidade de se reduzir a geração de resíduos através de uma política de qualidade de construção, através de uma correta seleção de materiais, treinamento de mão-de-obra, e programa de monitoramento e gestão eficientes da obra.



**Tabela 10 – Perda de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (em %) (Programa Habitare - Projeto Reciclagem de Resíduos como material de Construção Civil)**

Quantidade (%)	Cimento	Aço	Blocos e Tijolos	Areia	Concreto usinado
Mínima	6	2	3	7	2
Máxima	638	23	48	311	23
Mediana	56	9	13	44	9

Segundo John (2000), na Inglaterra algumas medidas tem sido adotadas com sucesso na redução de perdas e, eventualmente, de resíduos gerados durante a execução das obras, entre elas:

- Presença de “containeres” para a coleta de desperdício em todo o canteiro;
- Distribuição de pequenas caixas de desperdícios nos andares;
- Tubo coletor de polietileno para a descida do entulho;
- Quadro para a anotação da quantidade e tipo de entulho gerado na obra;
- Colocação de equipamentos de limpeza de forma visível;
- Limpeza permanente pelo próprio operário;
- Premiação de equipes pela qualidade da limpeza;
- Separação dos resíduos por tipo e natureza do material;
- Campanhas educativas para funcionários e colaboradores..

#### 6.6.2. Fase de Manutenção

Segundo John e Agopyan (2001), a geração de resíduo na fase de manutenção está associada a vários fatores:

- correção de defeitos (patologias);
- reformas ou modernização do edifício ou de partes do mesmo, que normalmente exigem demolições parciais;
- descarte de componentes que se degradaram e atingiram o final de suas vidas úteis, necessitando ser substituídos.

A redução da geração de resíduos nesta fase vai exigir, além de uma melhoria da qualidade da construção, a adoção de projetos flexíveis, que permitam modificações substanciais nos edifícios através da desmontagem e que permitam a reutilização dos componentes não mais necessários, bem como o aumento da vida útil dos diferentes

componentes e da estrutura dos edifícios, o que diminui o número de intervenções necessárias para manter integridade e funcionalidade da edificação.

### 6.6.3. Fase de demolição

A redução dos resíduos causados pela demolição de edifícios depende de tecnologias de demolição ou desmontagem que permitam a reutilização dos componentes a baixos custos, bem como da extensão da vida útil das edificações com o correto planejamento, execução e manutenção de suas características físicas e funcionais.

## 6.7. Seleção de Materiais

A seleção de materiais e componentes para a construção sustentável pode ser definida como a seleção de produtos com o objetivo de se obter a redução dos impactos ambientais e o aumento dos benefícios sociais, sendo incorporado à análise o custo econômico das diferentes soluções em toda a vida útil do empreendimento.

Esse tema é bastante complexo, dadas as dificuldades atuais em se ponderar corretamente o peso de influência das várias dimensões a serem consideradas (social, ambiental e econômica), tais como o desconhecimento a respeito do ciclo de vida do material e a abrangência dos impactos ambientais de uma solução específica na sociedade.

É importante considerar os tipos de materiais que estão de acordo com o local (como sua geografia, ecossistema, história, etc) e que podem contribuir para conservar e melhorar o meio ambiente onde será inserida. Materiais que guardam relação direta com o estilo de vida do local e do usuário devem ser avaliados.

### 6.7.1. Critérios de Seleção

Segundo John (2005), têm-se, basicamente, quatro critérios para a seleção de materiais, componentes e sistemas para construção civil:

- Energia incorporada
- Análise do ciclo de vida
- Materiais preferenciais
- Critério sócio-econômico

A seguir serão um pouco mais detalhados os três primeiros critérios, pois se entendeu que o quarto representa a junção de todos os três critérios anteriores, abrangendo a decisão aos três pilares da sustentabilidade ambiental: social, econômico e ambiental

#### a. Energia Incorporada

A escolha dos materiais e componentes é feita com base na análise de toda a energia consumida para sua produção, sendo os melhores materiais aqueles que consomem menos energia. Segundo John (2005), usa-se, em geral, uma lista de intensidades de energia consumidas (J/g) para produção de cada material, em cada país, dividindo-os uma escala que vai de “bom” a “ruim”.

Segundo o autor, a comparação entre materiais baseando-se no critério de energia incorporada pode levar a erros, em virtude da comparação de um fator que não leva em consideração outras variáveis, como especificidade de produção, de consumo, interação com outros materiais, para citar algumas.

#### b. Análise do Ciclo de Vida

Como já fora dito anteriormente, pode-se utilizar análise do ciclo de vida como uma ferramenta para análise e determinação dos impactos ambientais de cada material dentro de seu ciclo de vida (produção, uso e pós-uso). Considerou-se neste trabalho esta ferramenta por ser a prevista em vários selos de certificação, bem como por ser a que pode oferecer a melhor quantificação do maior número de variáveis relacionadas ao problema (ambientais, sociais e econômicos), durante toda a vida útil da edificação;

Existem vários softwares que utilizam o ACV, contendo já dados médios (GBTool, BEES, BREEAM, SimaPro) mas, segundo John (2005), não há software brasileiro. O uso, porém desses dados sofrem os problemas devido a não abrangência de fatores diversos, relacionados a especificidades de processos produtivos e outros fatores regionais.

#### c. Materiais Preferenciais

Esse é um critério baseado na escolha de materiais em que, com a sua produção, não incorram numa degradação ambiental. Segundo John (2005), busca-se com a escolha de materiais preferenciais postergar uma nova interferência no meio ambiente natural. Alguns

materiais podem ser também excluídos devido a seu alto grau de toxicidade assim como alguns tipos de tintas e solventes.

Segundo John e Agopyan (2001), os materiais reciclados e o reuso de materiais são também preferência. Desconsidera-se seu menor ciclo de vida ou mesmo os impactos causados por seu transporte (muitas vezes por longas distâncias), buscando-se com a escolha postergar uma nova interferência no meio ambiente natural.

Segundo Araújo (2007), é importante evitar materiais que reconhecidamente estão envolvidos com graves problemas ambientais, caso do PVC (policloreto de vinil) e o alumínio. Outros produtos, considerados aceitáveis na ausência de outras opções, devem ser usados de maneira bastante criteriosa principalmente no interior de casa, como compensados e OSBs (colados com cola à base de formaldeídos). O mesmo vale para madeiras de reflorestamento tratadas por autoclave (sistema CCA), as quais são imunizadas com veneno à base de arsênico e cromo (proibido nos EUA desde dezembro de 2003).

Esse critério é muito simples e fácil de usar, apesar de não ser uma ferramenta efetiva. É provavelmente um melhor critério que o de Energia Interna e, mais prático que a Análise do Ciclo de Vida, porém menos consistente nos resultados.

#### 6.7.2. Exemplo

Para a escolha entre madeira nativa, madeira de reflorestamento e alumínio no uso em janelas e portas, deve-se ter como pré-requisito, segundo John (2005), a análise da dimensão social, considerando questões trabalhistas, legais (da exploração, da produção, da venda, etc), entre outros. Além disso, a dimensão econômica (preço de aquisição e de manutenção) e ambiental (responsabilidade ambiental dos fornecedores, reciclabilidade) devem ser ponderadas.

O material selecionado vai depender dos diferentes pesos e considerações realizados para uma dada situação. A solução encontrada é, portanto, relativa aos condicionantes contextuais sob os quais o problema é posto. Uma ponderação possível pode ser o exemplificado na Tabela 11, sendo o material escolhido o Alumínio, por se pensar nos custos relacionados à disponibilidade, manutenção e reciclabilidade (análise do custo do ciclo de vida) deste material quando comparado com as vantagens ambientais dos demais.

**Tabela 11 – Exemplo de ponderação entre as esferas ambiental, econômica e social na escolha entre três materiais para janelas e portas de um empreendimento (adaptado de Cadernos Técnicos, 2002)**

<b>Aspectos a serem analisados</b>	<b>Madeira Nativa</b>	<b>Madeira Reflorestamento</b>	<b>Alumínio</b>
Disponibilidade de matéria-prima	Péssima	Muito boa	Muito boa
Impacto ambiental na extração	Ruim	Muito boa	Péssima
Eficiência na energia embutida	Muito boa	Muito boa	Péssima
Durabilidade	Boa	Boa	Excelente
Manutenção	Ruim	Ruim	Muito boa
Reutilização	Ruim	Ruim	Ruim
Reciclabilidade	Péssima	Péssima	Excelente

### **6.8. Exemplos de Reciclagem**

A seguir são transcritas algumas das aplicações dos materiais originados da reciclagem de entulhos (materiais cimentícios) e a vantagens específicas de cada uma, conforme apresentado por Zordan (1997) em sua tese de mestrado:

a) Utilização em pavimentação – a forma mais simples de reciclagem do entulho é a sua utilização em pavimentação (base, sub-base ou revestimento primário) na forma de brita corrida ou ainda em mistura de resíduos com solo. Vantagens:

- É a forma de reciclagem que exige menor utilização de tecnologia ou que implica em menor custo no processo;
- Permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areias, pedras etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- Economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação a sua utilização em argamassa), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece com granulometria graúda;
- Possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;
- Maior eficiência do resíduo quando adicionado aos solos saprolíticos em relação à mesma adição feita com brita.

b). Utilização como agregado para o concreto – o entulho processado pelas usinas de reciclagem pode ser utilizado como agregado para o concreto não estrutural, a partir da substituição dos agregados convencionais (brita e areia). Vantagens:

- Utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areias, pedras etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- Economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação a sua utilização em argamassa), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece com granulometria graúda;
- Possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;
- Possibilidade de melhorias no desempenho do concreto em relação aos agregados convencionais, quando se utiliza baixo consumo de cimento.

c). Utilização como agregado para a confecção de argamassa – Ao ser processado por equipamentos denominados argamasseiras, que moem o entulho na própria obra, em granulometria semelhante a da areia, pode ser utilizado como agregado para a argamassa de assentamento e revestimento. Vantagens:

- Utilização do resíduo no local gerador, o que elimina custos com transporte;
- Efeito pozolânico apresentado pelo entulho moído;
- Redução no consumo do cimento e da cal;
- Ganho na resistência à compressão das argamassas.

d). Outros usos – utilização de concreto reciclado com agregado; cascalhamento de estradas; preenchimento de vazios em construções; preenchimento de valas de instalações e reforço de aterros.

## **7. Qualidade ambiental interna**

### **7.1. Introdução**

Segundo Araújo (2007), o abrigo humano, a princípio, é concebido para criar condições desejáveis de segurança, habitabilidade e bem-estar através do isolamento ou, ao menos, do distanciamento das variáveis climáticas e ambientais externas. Ainda segundo Araújo (2007), a construção sustentável é, para seu morador, seu ecossistema particular e, assim como no planeta Terra, todas as interações devem ocorrer reproduzido ao máximo as condições naturais: umidade relativa do ar, temperatura, alimento, geração de resíduos e sua transformação, conforto visual, auditivo e olfativo, sensação de segurança, proximidade arquitetônica cultural, etc.

### **7.2. Apresentação**

Conforme dito anteriormente, no capítulo de Projeto e Gestão, o bem-estar dos usuários é um dos pilares no qual devem se basear as soluções de projeto que queiram possuir características de sustentabilidade ambiental.

Neste capítulo serão descritos os fatores que, integrados, definem a condição de bem-estar, saúde e segurança dos usuários.

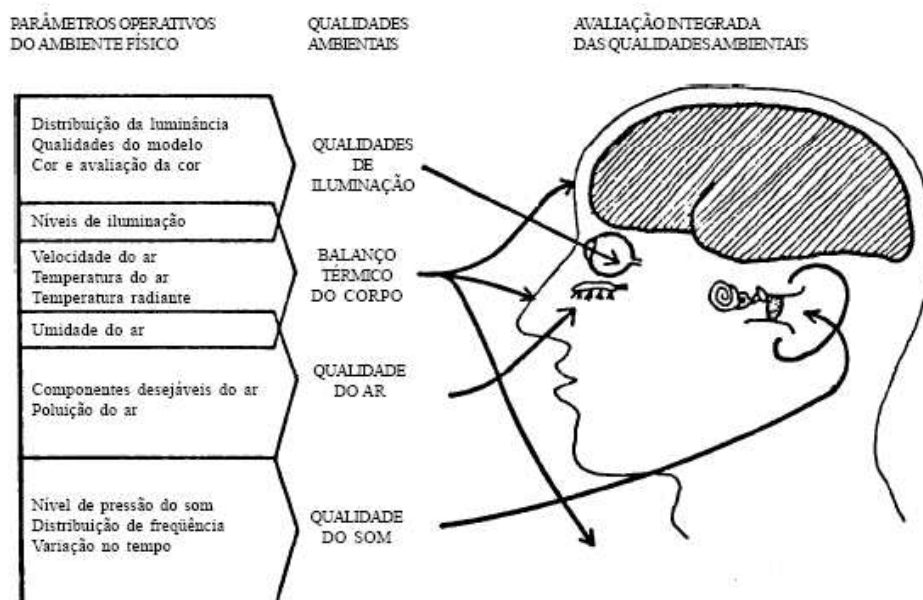
### **7.3. Fatores do conforto ambiental**

Pode-se definir uma lista de seis fatores importantes no conforto ambiental dos usuários de uma edificação, fundamentados nas sensações humanas (fisiológicas, psicológicas, sociológicas e econômicas) e relacionados com suas necessidades básicas de saúde, segurança e bem-estar (adaptado de HARTKOPF, LOFTNESS E MILL, 1993):

- Conforto psicológico: Layout das áreas funcionais, design arquitetônico; propriedade visual: cor, textura, acabamentos, forma; conveniências e serviços;
- Conforto Térmico: temperatura; umidade; velocidade do ar;
- Conforto Acústico: fonte sonora, níveis de pressão sonora, direção e frequência; isolamento sonoro;

- Conforto Visual: níveis de iluminação do ambiente: artificial e natural; proporção de brilho e contraste; representação de cores;
- Qualidade do Ar Interno: distribuição do ar fresco; restrições de agentes poluentes, gases, vapores, microorganismos, fumo, fumaça e poeira;
- Integridade do Edifício: qualidade das propriedades mecânicas e estruturais: compressão, tensão, corte; manutenção das características estruturais e funcionais.

A figura 9 a seguir apresenta os parâmetros das qualidades ambientais para os usuários em um ambiente físico, que devem ser analisadas e mensuradas para a correta análise do conforto ambiental dos usuários na edificação.



**Figura 9 – Os parâmetros do ambiente físico criam qualidades ambientais e dão lugar a uma percepção e avaliação integradas do homem (HARRIET apud OLIVEIRA e RIBAS, 1985)**

#### 7.4. Conforto térmico

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), o homem é um ser homeotérmico, ou seja, a temperatura interna do corpo humano (situada em torno de 37°C) tende a permanecer constante independentemente das condições do clima. Essa capacidade se deve ao metabolismo, processo de queima de calorias existentes nos alimentos. Parte da energia resultante é aproveitada para a realização de trabalhos, sendo o restante transformado em



calor. Para manter sua temperatura interna, o organismo se utiliza de mecanismos termoreguladores, apresentando reações metabólicas ao frio e ao calor (FROTA e SCHIFFER, 1988):

a) Ao Frio: a redução de troca de calor se dá através do aumento da resistência térmica da pele (pela vasoconstrição e arrepio) e dos músculos através do tiritar e tremores.

b) Ao calor: o incremento da perda se dá através da vasodilatação, exudação, e diminuição do calor metabólico.

#### 7.4.1. Modos de trocas de calor

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), o conhecimento dos fenômenos da física aplicada à obtenção de conforto na arquitetura inclui necessariamente o estudo das formas de transferência de calor tanto entre o organismo humano e o meio circundante quanto entre os diversos componentes da edificação propriamente dita. As trocas térmicas entre o copo humano e o meio se dão através de condução, convecção, radiação ou evaporação.



**Figura 10 – Representação esquemática das trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997)**

Esses fenômenos ocorrem, na maior parte das vezes, simultaneamente, caracterizando uma complexidade do processo. A condução é o processo pelo qual o calor se propaga no interior de um material através de agitação molecular, ou entre dois corpos, pela interação molecular de suas superfícies. A propriedade fundamental de um material na transmissão de calor por condução é a condutibilidade térmica (SANTOS, 2002).

**Tabela 12 – Densidade absoluta  $d$  ( $\text{kg/m}^3$ ) e condutibilidade térmica  $K$  ( $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ) dos materiais de construção mais frequentes (RIVERO, 1985).**

Material	$d$	$k$
concreto	2.200	1,74
concreto celular	500	0,20
tijolo maciço	1.600	0,81
madeira	800	0,19
vidro	2.600	1,20
cortiça	200	0,05
poliestireno expandido	20	0,03
fibrocimento (chapas)	1.900	0,76
palha (em coberturas)	200	0,12
mármore	2.600	2,90
aço	7.800	47,00
ar	1,2	0,02

A convecção é o processo de transferência de calor através do deslocamento de um líquido ou de um gás (fluidos). Quando o ar está em contato com uma superfície mais quente, ele se aquece, se eleva e deixa lugar para um ar mais frio; gerando um movimento denominado de “convecção natural”. Se o ar já se encontrava em movimento antes de entrar em contato com a superfície o fenômeno é denominado de “convecção forçada”, como no caso, por exemplo, de um edifício bem ventilado (BERALDO, 2002).

A radiação, terceiro processo, é uma troca de calor através de ondas eletromagnéticas. Um corpo emite radiação em função de suas próprias características e de sua temperatura absoluta. O calor do sol chega até a terra através da radiação. Esta pode ser direta (incidência direta do sol) ou difusa (propagação do calor pelas partículas de água no ar mais saturado ou de superfícies aquecidas) (BERALDO, 2002).

A evaporação, quarto processo, é a mudança de estado de um líquido para gás. Este processo necessita de aporte em calor; para evaporação de um litro de água são necessárias 580 quilocalorias (calor latente de evaporação) (BERALDO, 2002).

#### 7.4.2. Variáveis de conforto térmico

Segundo a ASHRAE apud Lamberts, Dutra e Pereira (1997), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura

da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico.

As variáveis ambientais que influenciam no conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar. Além destas, a atividade física e o nível de vestimenta também interagem na sensação de conforto térmico do homem. Quanto maior for a atividade física, maior será o calor gerado pelo metabolismo. Deve-se conhecer portanto a função da edificação de forma a prever o nível médio de atividade humana realizado no seu interior, para melhor projetá-lo obedecendo os critérios de conforto térmico. Já a vestimenta possui uma resistência térmica que influencia a troca de calor do homem com o ambiente, influenciando sua sensação de conforto térmico (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

#### 7.4.3. Voto médio predito

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), as pesquisas de conforto se centraram na análise estatística de um grande grupo de pessoas para determinar quantas estavam satisfeitas em um dado conjunto de condições ambientais. Portanto a zona de conforto apenas representa uma área em um gráfico em que a combinação de parâmetros ambientais é aceitável para a maioria das pessoas estudadas. Fanger (1970) criou um índice para quantificar o grau de desconforto a determinadas condições ambientais. Este índice fornecia o voto médio previsto (predicted mean vote – PMV) de um grande grupo de pessoas para condições que iam do frio, passando pelo conforto neutro até quente. O PMV é uma função matemática complexa, que inclui atividade física, vestuário, temperatura ambiente, umidade relativa, temperatura radiante média e velocidade do ar.

A norma ISO 7730 de 1984 adotou as pesquisas de Fanger, recomendando que, para espaços de ocupação humana termicamente moderados, o PPD deve ser menor que 10%, o que corresponde a uma faixa do PMV de -0,5 a 0,5.

### **7.5. Conforto Visual**

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, o qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade de precisão visual, com o

menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes. Essas condições, que estão relacionadas aos requisitos necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual, podem ser classificadas como seguem (BERALDO, 2006):

- Iluminação suficiente;
- Boa distribuição de iluminâncias;
- Ausência de ofuscamento;
- Contrastes adequados (proporção de iluminâncias);
- Bom padrão e direção de sombras.

#### 7.5.1. Nível de iluminação

É importante balancear a qualidade e a quantidade de iluminação em um ambiente, bem como escolher adequadamente a fonte de luz natural ou artificial. É um fator subjetivo e varia conforme sexo, idade da pessoa, hora do dia e relações contextuais com o local. A iluminação insuficiente pode causar fadiga, dor de cabeça e irritabilidade. No Brasil, a ABNT, através da NBR 5413, fixa as iluminâncias mínimas a serem atingidas em função do tipo de tarefa visual (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

**Tabela 13 – Iluminâncias mínimas segundo a norma NBR 5413 (LABERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997)**

Classificação	Nível de Iluminação a ser obtido	Tarefa
Baixa	100 a 200 lux	Circulação
		Reconhecimento Facial
		Leitura casual
		Armazenamento
		Refeição
		Terminais de vídeo
Média	300 a 500 lux	Leitura/escrita de documento com alto contraste
		Participação de conferências
Alta	500 a 1000 lux	Leitura/escrita de documentos com fontes pequenas e de baixo contraste
		Desenho técnico

#### 7.5.2. Contraste

Contraste é definido como a diferença entre a iluminância (brilho) de um objeto e a iluminância do entorno imediato desse objeto (BERALDO, 2006). Em plena luz do dia podemos perceber diferenças de iluminância de até 1%, mas sob condições precárias de

iluminação até diferenças de 10% podem passar despercebidas (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

**Tabela 14 – Valores de iluminâncias ideais para o conforto visual em edificações (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997)**

Proporção	Valor
Entre a tarefa e o entorno imediato	3:1
Entre a tarefa e superfícies escuras mais afastadas	10:1
Entre a tarefa e superfícies claras mais afastadas	0,1:1
Entre a fonte de luz (natural ou artificial) e superfícies adjacentes	20:1
Máximo contraste em qualquer parte do campo de visão	40:1

### 7.5.3. Ofuscamento

Segundo Beraldo (2006) é uma perturbação ou desconforto criado quando o processo de adaptação da visão não transcorre normalmente, devido a uma variação muito grande da iluminação e/ou a uma velocidade muito grande. Pode ocorrer devido a dois fatores distintos:

- Contraste: caso a proporção entre as iluminâncias de objetos do campo visual seja maior do que 10:1;
- Saturação: o olho é saturado com luz em excesso; esta saturação ocorre normalmente quando a iluminância média da cena excede 2500 cd/m<sup>2</sup>

## 7.6. Conforto Acústico

Segundo Oliveira e Ribas (1995), os sons são perturbações vibratórias que se propagam nos meios materiais e capazes de serem detectados pelo ouvido humano. Quando detectados produzem tanto sensações agradáveis, sons musicais, que se convencionou denominar simplesmente de som; quanto sons desagradáveis, não musicais, chamados de ruídos. O limiar entre o som e o ruído comporta toda uma dimensão psicológica, dificultando o estabelecimento de limites precisos entre eles. Sabe-se que a irritação nas pessoas produzida por fontes de ruído depende de seu tempo de duração, cruzamentos súbitos de intensidade, da informação trazida pelo ruído e pelo estado de espírito, forma física e atividade da pessoa submetida à fonte sonora.

Geralmente são enfatizados o controle do ruído, em virtude da irritação e malefícios à saúde que trazem. Deve-se, no entanto, observar que alguns sons produzidos podem caracterizar conforto: o barulho de uma cascata num jardim interno, o barulho da chuva, canto dos pássaros, entre outros (OLIVEIRA e RIBAS, 1995).

A norma de regulamentação de Segurança e Medicina do Trabalho (NR 15, 1978) traz em seu anexo 1 os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, e no anexo 2 os limites de tolerância para ruídos de impacto. O ambiente construído deve seguir esta norma para que se possam garantir os níveis mínimos de conforto acústico aos usuários.

A Norma Brasileira NB-95 estabelece os níveis de ruído aceitáveis para diferentes atividades. A NB-101 aprimora a NB-95 fixando níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

### **7.7. Qualidade do ar interno**

A qualidade do ar interno está relacionada principalmente a questões de saúde e sociais, com efeitos indiretos sobre a energia e é diretamente influenciada pelas taxas de troca de ar, tipo de mecanismos e os materiais de construção utilizados, bem como as atividades dos ocupantes. A redução das infiltrações nos edifícios para economizar energia permitiu que os níveis de contaminantes no ar interno aumentassem, provocando um potencial risco à saúde dos ocupantes.

No que diz respeito à qualidade do ar em edificações, a maior parte do que se sabe hoje a respeito da poluição interna nas edificações é devido as pesquisas dos últimos 25 anos. Isso porque somente nos anos 70 que o assunto passou a ter maior atenção, principalmente no norte da Europa e no Japão, devido as grandes concentrações de formaldeídos nos mobiliários da época.

A qualidade do ar interno pode ser definida pela presença ou não de poluentes (odores indesejados, que causam irritação, gases tóxicos, partículas, micróbios, etc). Uma boa qualidade do ar é conseguida, por tanto, com ausência de odores, gases tóxicos e irritantes. Pode-se dizer ainda que o ponto a ser perseguido numa construção que queira ter qualidade do ar interno é apresentar ausência de poluentes que causam irritação, desconforto ou problemas de saúde aos ocupantes.

### 7.7.1. Contaminantes

De acordo com Oliveira e Ribas (1995), são três as principais classes de fontes de contaminação do ar interno:

- Poluentes gerados exteriormente que entram no ambiente interno por infiltração e ventilação;
- Poluentes gerados internamente por combustão (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, material particulado) ou outros processos ligados às cargas;
- Poluentes gerados internamente a partir de atividades humanas CO<sub>2</sub> (hidrocarbonetos, produtos químicos, aerossóis) ou de materiais ou componentes do edifício (radônio, formaldeído).

Segundo Oliveira e Ribas (1995), a quantidade mínima de ar fresco para permitir o nível de oxigênio mínimo, o estabelecimento da umidade ao nível de conforto (40-70% de UR), e a remoção de contaminantes, de fumaça e de odores provenientes de atividades humanas é de 5 m<sup>3</sup>/h/pessoa em climas secos, e de 20 m<sup>3</sup>/h/pessoa para não fumantes em climas úmidos e 30 m<sup>3</sup>/h/pessoa para fumantes.

**Tabela 15 – Valores recomendados pela norma brasileira NB-10 para qualidade do ar interno em edificações (OLIVEIRA E RIBAS, 1995)**

Local	m <sup>3</sup> /h/pessoa	
	Recomendável	Mínimo
Bancos	17	13
Bares	68	42
Escritórios Públicos	25	17
Escritórios Privados	42	25
Lojas	17	13
Salas de hotéis	51	42
Residências	35	17
Restaurantes	25	20
Teatros	13	8
Salas de aula	50	40
Aplicações gerais	-	-
Por pessoa não fumante	13	8
Por pessoa fumante	68	42

A recomendação mais comum, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), para o controle de contaminantes internos é a diluição de sua concentração com o uso do ar externo, seja por ventilação ou por infiltração.

### **7.8. Recomendações**

Para se garantir o conforto ambiental do usuário, deve-se:

- Proceder um levantamento correto dos parâmetros citados anteriormente que influenciam as sensações de conforto dos ocupantes do ambiente construído. Isso é feito através do levantamento do perfil do usuários, de seus hábitos alimentares, atividades físicas, padrão de consumo, entre outros, para entender corretamente a demanda dos usuários;
- Propiciar o máximo de iluminação natural aos usuários, e primar pelo contato visual com o meio externo (BREEAM);
- Utilizar-se de métodos que propiciem o isolamento acústico da edificação, garantindo os padrões mínimos de exposição ao ruído definidos em norma (NR 15);
- Projetar espaços amplos, bem iluminados, ventilados, e que traduzam com o máximo de eficácia as condições ideais de conforto ambiental para seus ocupantes;
- Realizar a avaliação do ciclo de vida da edificação contemplando também os custos relacionados a ganhos de produtividade e qualidade de vida resultantes de soluções que contemplem o conforto ambiental dos usuários;
- Implementar um sistema de gestão da qualidade ambiental interna (SGQAI), prevendo o monitoramento da qualidade do ar, do conforto ambiental e saúde dos usuários e das características estruturais e funcionais da edificação, seja através de pesquisas com os usuários ou pelo monitoramento dos parâmetros descritos neste capítulo.



## **8. Água**

### **8.1. Introdução**

A água é um dos recursos mais importantes à sobrevivência humana e à manutenção de uma boa qualidade de vida. Sendo um recurso escasso e finito, e tendo sua demanda aumentado em virtude do crescimento populacional e econômico mundial, sua preservação e conservação são de fundamental importância para a garantia da sustentabilidade das gerações futuras. Neste contexto, as práticas de sustentabilidade, como o uso eficiente e o reúso da água, constituem práticas bastante positivas para a sociedade, que devem ser incentivadas e aprimoradas tecnologicamente.

Neste capítulo é apresentada a contextualização da temática da conservação de água no país, bem como alguns conceitos relativos ao uso eficiente deste recurso. A seguir, uma sugestão de procedimento para a implementação de um programa de conservação de água (PCA) é apresentada. Ao final deste capítulo foi dado um enfoque maior no reúso de águas pluviais, como parte importante no PCA de uma edificação que pretenda ser ambientalmente sustentável.

### **8.2. Aspectos legais e institucionais**

Segundo Sautchúk (2004), a experiência internacional evidencia a importância da cobrança pelo uso da água como ferramenta de gestão, provendo recursos que se destinam para a adequada operação e manutenção dos sistemas existentes, bem como permitindo alocação eficiente da água, principalmente em áreas de estresse hídrico.

Alguns exemplos de atos ou declarações de países estrangeiras relacionados à temática da conservação de água, conforme Sautchúk (2004):

- Clean Water Act – EUA / 1972: Estabelece uma estrutura básica de regulamentação de descarga de poluentes nos rios dos Estados Unidos da América. Foi estabelecido que a EPA – Environmental Protection Agency – seria a responsável por implementar programas de controle ambiental, como, por exemplo, estabelecer padrões de qualidade de efluentes para segmentos industriais, bem como estabelecimentos de requisitos de qualidade para

todos os contaminantes em águas superficiais. Desta forma houve a estruturação de estações de tratamento de efluentes e implementação de programas para resolução de problemas críticos de poluição em mananciais.

- Federal Energy Policy Act – EUA / 1992: estabelecia normas padronizadas de eficiência do uso da água para bacias sanitárias, mictórios, chuveiros e torneiras fabricados após janeiro de 1994. O Ato possui como base de atuação três componentes: o estabelecimento de padrões máximos do uso de água por equipamentos hidráulicos, requisitos de marcação dos produtos e recomendações de programas de incentivos estaduais e locais para substituição de novos equipamentos.

**Tabela 16 – Requisitos Norte-americanos de máximo uso da água para equipamentos hidráulicos (EPA apud SAUTCHÚK, 2004)**

Equipamentos	Máxima Vazão Permitida
Caixa acoplada para bacia sanitária	6 l/acionamento
Válvula de descarga para bacia sanitária	6 l/acionamento
Mictórios (todos os tipos)	3,8 l/acionamento
Chuveiros (todos os tipos)	9,4 l/minuto para 56 mca 8,25 l/minuto para 42 mca
Torneiras para lavatórios	9,4 l/minuto para 56 mca 8,25 l/minuto para 42 mca
Substituição de arejadores em lavatórios	
Torneiras de cozinhas	
Substituição de arejadores em torneiras de cozinha	

- Guidelines for Water Reuse – EUA / 1980: com revisões ocorridas em 1992 e 2004, essas diretrizes fixam conceitos de aplicação de reuso de água potável e não potável, tecnologias apropriadas de tratamento de efluentes, potenciais de aplicação do reuso, entre outros. Nos EUA, 25 estados já possuem regulamentação específica para o reuso de água. Por dia são reutilizados 6,4 milhões de efluentes e o crescimento do uso de efluentes tratados cresce a uma taxa anual de 15% em volume, segundo dados da USEPA de 2004.
- Water Byelaws - Inglaterra: a conservação de água tornou-se um tema nacional desde 1847, quando o Waterworks Clauses Act fixava alguns pontos de regulamentação no controle de desperdício e mau uso de água. Em

1945 o Water Act substituiu todas as legislações anteriores, sendo revistos em 1999, quando foram substituídos pelas Water Supply and Fittings Regulations. Essas regulamentações possuem o mesmo propósito das anteriores Byelaws, porém com ênfase adicional na conservação de água, e devidamente assistidas pela WRAS (Water Regulations Advisory Scheme).

No país, conforme pesquisa realizada por Sautchúk (2004), há várias legislações específicas para cada esfera do poder público, seja federal, estadual ou municipal. Cada região do país possui seu conjunto de leis municipais e estaduais vigentes, dadas as situações de demanda e oferta apresentadas nessa região. Tais legislações devem ser consultadas quando se pretende implementar um programa de conservação de água numa edificação.

No âmbito federal, cabe destacar a Lei Federal 9433, promulgada em 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Apresenta as bacias hidrográficas como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA) tem um papel de regulamentação nesse sistema, sendo responsável, dentre outras atribuições, por analisar os pedidos e outorgar o direito de uso de recursos hídricos da União.

Em 1997, instituiu-se no Brasil o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, um dos primeiros esforços públicos para adotar medidas que resultassem na economia de água nos sistemas prediais e urbanos. Em 1998 foi implementado o Programa de Garantia da Qualidade para o Uso Racional da Água – Módulo Louças Sanitárias. Dentre outras ações, foi estabelecido que, a partir de janeiro de 2003, só fossem produzidos no país bacias sanitárias com volume nominal de 6 litros, conforme o padrão adotado nos EUA pela EPA.

Essas ações governamentais mostram o interesse do poder público na conservação da água no país, o que fornece meios para uma melhoria desse setor na sociedade como um todo, pela introdução de normas e leis que visem a eficiência no consumo de água.

### 8.3. Uso da água em edificações residenciais

O consumo humano, tais como limpeza pessoal, limpeza de equipamentos e da casa, consumo próprio e cozimento de alimentos, respondem pelas atividades ligadas ao uso de água nas edificações. Há também uma parcela caracterizada por perdas diversas, seja por vazamentos nas tubulações, mau funcionamento dos aparelhos hidráulicos ou por desperdícios causados pelo mau uso dos moradores.

**Tabela 17 – Consumo médio diário de água por habitante em edificações comerciais e residenciais (SABESP apud CHAHIN et al, 2002)**

<b>Tipo de edifício</b>	<b>Consumo com economia Litros / pessoa / dia</b>
Comercial	40
Residencial	150

**Tabela 18 – Distribuição média do uso de água nas residências brasileiras (WASSERWERKE apud CHAHIN et al, 2002)**

<b>Atividade</b>	<b>Consumo médio de água (%)</b>
Beber / cozinhar	4
Lavar Louças	4
Limpeza de casa	6
Asseio pessoal (sem banho)	12
Pia (cozinha)	19
Banho / chuveiro	25
Descarga sanitária	30

Percebe-se que o consumo nos banheiros representa dois terços do consumo total (67%) de uma residência padrão no Brasil, o que indica que melhorias tecnológicas que proporcionem eficiência no consumo de água em bacias sanitárias, chuveiros e torneiras nos banheiros já representariam uma redução significativa no consumo total de água em uma residência familiar.

As ações necessárias para a máxima otimização do consumo de água e minimização da geração de efluentes caracterizam a implantação de Programas de Conservação e Reuso de água em edificações.

#### 8.4. Conservação de Água

A Conservação de Água, segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água Para a Indústria, de Gonçalves e Hespanhol (2004), pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água, sendo definida como qualquer ação que:

- Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduz o consumo de água;
- Reduz o desperdício de água;
- Reduz as perdas de água;
- Aumenta a eficiência do uso da água;
- Aumenta a reciclagem e reutilização da água;
- Evita a poluição da água.

Oliveira (1999), por sua vez, sugere uma definição mais específica e menos abrangente de conservação de água, o de uso racional de água, considerando que há duas opções operacionais para um sistema predial:

- Atuação: ação que influencia a redução de consumo;
- Controle: ação que auxilia a estabilização de consumo de água nos níveis mínimos alcançados.

Segundo Gonçalves et al (2005), houve uma evolução do conceito de uso racional de água para conservação de água, que consiste na gestão, não somente da demanda de água, mas também da oferta. Conforme o autor, a gestão da demanda aliada a oferta de água possibilita que os usos menos nobres possam ser supridos por águas de qualidade inferior, como as águas pluviais e as de reuso. Este trabalho se baseou, então, no conceito mais abrangente defendido por Gonçalves et al (2005), que também consta em Gonçalves e Hespanhol (2004).

Segundo Vickers (2001), nas edificações residenciais, a implementação de um programa de conservação de água requer as seguintes ações:

- Otimização dos sistemas hidráulicos prediais;
- Adequação de componentes hidráulicos;
- Adequação de controle de vazões;
- Irrigação mais eficiente de áreas de jardins;
- Implementação de procedimentos para as atividades consumidoras de água;
- Uso de fontes alternativas à água da Concessionária, como água de chuva para lavagem de garagens, veículos, entre outros.

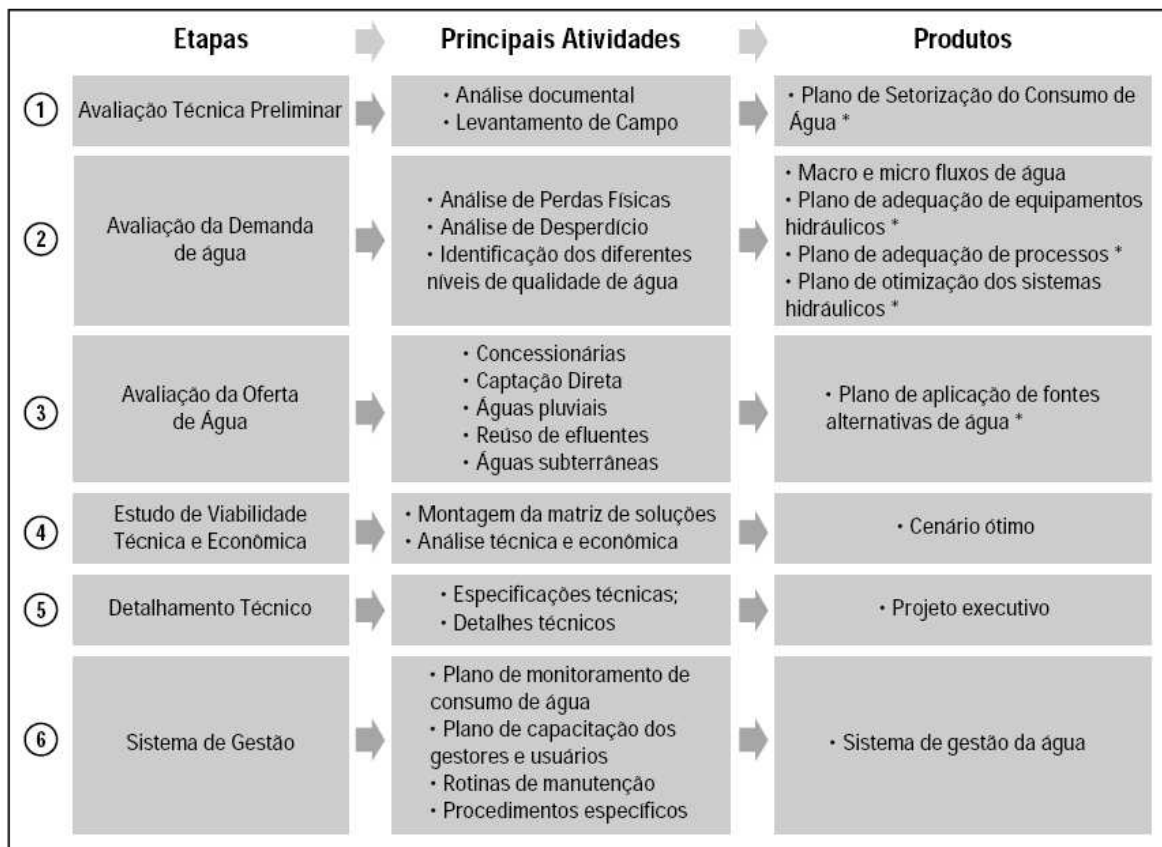
### **8.5. Desenvolvimento de um Programa de conservação e reuso de água**

Segundo Gonçalves e Hespanhol (2004), a implantação de um PCRA (Programa de Conservação e Reuso de Água) requer o conhecimento pleno do uso da água (quantitativo e qualitativo) em todas as edificações, áreas externas e processos, de maneira a identificar os maiores consumidores e as melhores ações de caráter tecnológico a serem realizadas, bem como os mecanismos de controle que serão incorporados ao Sistema de Gestão da Água estabelecido.

Pode-se entender o programa de conservação, conforme o defendido por Oliveira (1999), como ações necessárias para minimizar o consumo de água na edificação, seja através do combate às perdas e desperdício, seja através da escolha e implantação de equipamentos elétricos economizadores de água, para depois criar mecanismos no qual os níveis mínimos alcançados permaneçam com o passar do tempo. É também consenso entre os autores pesquisados, que ações relativas à eficiência na oferta de água também devem ser tomadas, como por exemplo estudo de abastecimento por fontes alternativas como águas pluviais ou águas de reuso.

Fechando as atividades que compõem a confecção de um programa de conservação de água, deve-se implementar um sistema de gestão da água para a edificação, para garantir os resultados de eficiência no uso de água alcançado com o programa ao longo da vida útil da edificação.

Conforme Gonçalves e Hespanhol (2004), de uma maneira simplificada um PCRA abrange as etapas relacionadas na Figura 6:



**Figura 11 - Resumo de atividades integrantes na implementação de um programa de conservação de água (PCA) segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água (GONÇALVES E HESPANHOL, 2004)**

A seguir serão detalhados os passos resumidos na figura 6, conforme o apresentado no manual desenvolvido por Gonçalves e Hespanhol (2004). As informações contidas abaixo foram todas adaptadas desse manual, com eventuais contribuições adicionais próprias ou de informações de outros autores, pois se entendeu que se trata de uma condensação interessante e concisa, e que serviu de base para a confecção de demais trabalhos na área

#### 8.5.1. Avaliação técnica preliminar

Para iniciar o desenvolvimento do programa em uma edificação já existente, deve-se conhecer todos os parâmetros envolvidos na formulação da melhor solução técnica para tal caso. Essa etapa consiste em duas fases:

- Levantamento dos documentos disponíveis: pode ser uma das formas para obtenção dos dados referentes ao consumo de água (qualidade e quantidade) e geração de efluentes.
- Levantamento de campo: avaliar "in loco" os diversos usos da água para detalhamento e aferição dos dados obtidos na análise documental e pesquisa de novas informações eventualmente necessárias.

Para novas construções, conforme afirma Sautchúk (2004), deve-se proceder a análise documental do projeto de sistemas prediais e projetos de processos específicos que utilizem água, caso existam.

#### 8.5.2. Avaliação da Demanda de Água

Nesta etapa é feita a identificação das diversas demandas para avaliação do consumo de água atual de uma edificação já existente, e das intervenções necessárias para eliminação ou redução de perdas, racionalização do consumo e minimização de efluentes.

Para tal, devem ser avaliados os seguintes tópicos :

- Perdas físicas nas tubulações, conexões e reservatórios: segundo Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira (1999), as perdas físicas ocorrem devido a vazamentos em tubulações, conexões, reservatórios e aparelhos hidráulicos, bem como a fatores relacionados ao desperdício de água devido ao seu mau uso pelos usuários. A avaliação das perdas e desperdício é uma importante etapa de qualquer programa de conservação de água. Sua correta medição, segundo Sautchúk (2004), requer um plano elaborado de análise e, uma vez realizado e implementado um plano que contenha ações que minimizem tais perdas, podem haver ganhos substanciais de redução no consumo de água na edificação (de 15 a 20%).
- Processos que utilizam água: segundo Sautchúk (2004), deve-se realizar uma adequação dos processos e atividades que utilizem água, para que seu uso seja apropriado à qualidade e quantidade necessárias, evitando-se desperdícios na realização dessas atividades;



- Equipamentos hidráulicos: deve-se utilizar equipamentos hidráulicos economizadores de água, garantindo as necessidades de uso e o bem-estar dos usuários;
- Pressão do sistema hidráulico: segunda a AWWA (1986), a redução de pressão de 30 mca para 17 mca pode implicar na redução de consumo de água da ordem de 30%; deve-se portanto avaliar a pressão que seja mais adequada ao correto funcionamento do sistema hidráulico, sendo observada a eficiência no consumo da mesma

### 8.5.3. Avaliação da Oferta de Água

A garantia da qualidade da água, em especial, implica no comprometimento do produto final, dos processos produtivos e equipamentos, na segurança e saúde dos usuários internos e externos, dentre outros. O uso negligente de quaisquer fontes de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é necessária, recomendando-se observar padrões de qualidade adequados.

A água necessária para a realização das diversas atividades consumidoras pode ser obtida através das seguintes principais fontes, conforme Sautchúk (2004):

- Concessionária: uma das principais fontes de abastecimento de água, possui como vantagens a boa qualidade e quantidade da água fornecida.
- Captação direta de mananciais: forma alternativa de abastecimento, consiste na captação direta de corpos de água superficiais, motivada pela inexistência de rede pública no local ou pela economia obtida; deve-se observar que o usuário deve ser responsabilizado pelo tratamento da água, bem como devem ser obedecidas as legislações de proteção à saúde humana e ao meio ambiente. É necessária, ainda, a implantação de um sistema de gestão e monitoramento contínuo da qualidade e quantidade de água.
- Águas subterrâneas: possui como vantagem a redução de custos de consumo, pois se é taxado apenas em função da quantidade de efluentes encaminhados à rede pública de acordo com leituras realizadas em medidores instalados na saída do poço artesianos; porém, deve-se atentar pelo fato de que os custos operacionais podem ser significativos, além da necessidade de implantação

de um sistema de gestão apropriado; há ainda o fato de que, muitas vezes, os usuários podem estar sujeitos ao consumo de água de má qualidade, pela inexistência de um sistema de gestão apropriado que garanta a qualidade da água consumida.

- Águas pluviais: requer gestão de qualidade e quantidade de água, podendo ser utilizada para fins não potáveis, como lavagens de áreas externas, veículos, bacias sanitárias, sistemas de ar condicionado e sistemas de combate a incêndios.
- Reuso de efluentes: aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir a necessidade de outros usos, inclusive o original. pode ser dividido em:
  - Reuso potável direto: o efluente é tratado e reutilizado no sistema de água potável
  - Reuso potável indireto: o efluente é tratado e lançado em um corpo de águas superficiais ou subterrâneas, para posterior reutilização;
  - Reuso não potável: aplica-se a agricultura irrigada, fins industriais, usos domésticos, regularização de vazões de cursos de água e recarga de aquíferos.

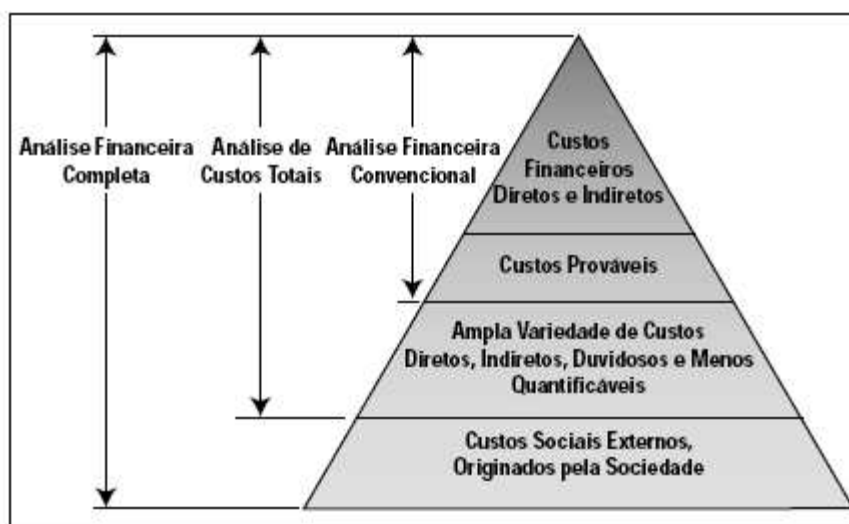
Os elevados riscos associados à utilização de efluentes, mesmo domésticos, para fins potáveis, exigem cuidados extremos para resguardar a saúde pública. Os níveis de tratamento necessários podem ser de nível terciário, o que pode inviabilizar tal solução, bem como se deve haver aceitação pública do reuso para que haja sucesso. O reuso de efluentes tratados requer a previsão de sistemas hidráulicos duplos, da reservação à distribuição, sem possibilidade de contato da água potável com a água de reuso.

#### 8.5.4. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

Segundo Sautchúk, o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica é a etapa de composição dos dados gerados na avaliação de demanda e oferta de água, através da criação de diferentes configurações possíveis ou cenários para uma mesma edificação. O número de cenários a serem gerados varia de acordo com a complexidade da análise, sendo

que devem ser avaliados com o objetivo de se encontrar o que melhor compatibilize eficiência técnica, ambiental e financeira ao longo da vida útil da edificação. É uma análise do custo do ciclo de vida específico ao sistema hidráulico.

Do ponto de vista técnico e operacional, a adoção de qualquer estratégia que vise à implantação de práticas de conservação deve considerar todas as alterações que poderão decorrer das mesmas, ressaltando-se que a limitação para a sua aplicação estará diretamente associada aos custos envolvidos.



**Figura 12 – Cadeia de custos na análise financeira de um programa de conservação da água, conforme o Manual de Conservação e Reuso de Água (GONÇALVES E HESPANHOL, 2004)**

Assim sendo, para a obtenção de resultados mais precisos na avaliação econômica de alternativas relacionadas à otimização do uso da água e minimização da geração de efluentes, deve-se considerar os seguintes custos (MIERZWA, 2002):

- Custos diretos: custos identificados em uma análise financeira convencional como, por exemplo, capital investido, matéria-prima, mão de obra e custos de operação, entre outros;
- Custos indiretos: custos que não podem ser diretamente associados aos produtos, processos, ou instalações como um todo, alocados como despesas gerais, tais como os custos de projeto e custos de monitoração;

- Custos duvidosos: custos que podem, ou não, tornarem-se reais no futuro. Esses podem ser descritos qualitativamente ou quantificados em termos da expectativa de sua magnitude, frequência e duração;
- Custos intangíveis: são os custos que requerem alguma interpretação subjetiva para a sua avaliação e quantificação. Esses incluem uma ampla gama de considerações estratégicas e são imaginados como alterações na rentabilidade. Os exemplos mais comuns referem-se aos custos originados em função da mudança da imagem pública da edificação, relação com os moradores e com os órgãos de controle ambiental.

#### 8.5.5. Detalhamento e Implantação de PCRA

Em função da configuração selecionada, das metas de redução estabelecidas e da disponibilidade de investimento, são detalhadas as ações tecnológicas a serem implementadas. O detalhamento das ações contempla (Sautchúk, 2004):

- cronograma de implantação das atividades para elaboração de fluxo de caixa;
- especificação do sistema de setorização para monitoramento do consumo;
- detalhamento de cada intervenção (elementos gráficos e/ou descritivos);
- especificação de sistemas, materiais e equipamentos a serem instalados;
- elaboração de procedimentos para as atividades consumidoras de água contempladas pelo PCA;
- manuais de manutenção e operação dos sistemas e equipamentos.

As dificuldades na implantação de um programa de conservação de água podem ser de nível técnico, operacional ou econômico. A tabela 11 resume as principais dificuldades associadas a um PCA.

**Tabela 19 – Principais dificuldades associadas a implantação de um PCA (GONÇALVES E HESPANHOL, 2004)**

Dificuldades		Descrição
Técnicas	De conhecimento	Falta de subsídios necessários para avaliação dos potenciais de atuação, como falta de domínio do uso presente da água e efluentes gerados (demanda e oferta): quantidade de qualidade
	De autonomia	Falta de equipe capacitada para manutenção do programa, entre outros
Dificuldades		Descrição
Operacionais	No processo de produção	Sistema produtivo inadequado ao programa de conservação
		Resistência em mudanças de procedimentos operacionais
		Falta de conscientização de funcionários em relação ao desperdício
Econômicas	Na aquisição de equipamentos e na Implantação e gestão do programa	Necessidade de recursos para substituição de equipamentos obsoletos
		Necessidade de recursos para viabilizar a avaliação e implantação do programa de conservação
		Necessidade de capacitação de pessoal para a gestão do programa

#### 8.5.6. Implantação do Sistema de Gestão de Água

O Sistema de Gestão de Água deve ser estabelecido de forma a permitir que seus usuários possuam domínio do uso da água. Para tal, propõe-se (GONÇALVES et al, 2005):

- O acompanhamento contínuo do consumo de água por meio das contas de água e aferição do indicador de consumo da unidade residencial;
- O estabelecimento de rotinas de manutenção preventiva;
- A avaliação contínua não só da quantidade de água envolvida nas atividades, mas também da forma como a mesma é utilizada e com que qualidade;
- A avaliação do custo do ciclo de vida das opções de Conservação de Água, não se deve considerar apenas os investimentos iniciais. Muitas ações que parecem, a princípio, proibitivas no aspecto econômico tornam-se viáveis quando amortizadas pela vida útil do empreendimento

O Sistema de Gestão irá garantir a manutenção de bons índices de consumo e o perfeito desempenho do sistema hidráulico da edificação ao longo do tempo. Sautchúk (2004) afirma que, para a manutenção dos índices de economia obtidos com o PCA é necessário que o plano de gestão compreenda as seguintes ações:

- De base operacional: ações de enfoque sistemático, permitindo manter sob controle os indicadores obtidos, bem como atualizada a avaliação da edificação quanto ao consumo de água;
- De base educacional: garantem o acompanhamento e mudança comportamental dos usuários.

Para o adequado funcionamento do sistema, deve ser estabelecido um Plano de Manutenção, ou seja, um conjunto de ações destinadas a manter o sistema, ou suas partes, em condições adequadas de uso. Além de evitar perdas e desperdício de água desnecessários, um Plano de Manutenção traz ainda como conseqüências a redução do número de colapsos, a redução do tempo gasto para reparos, a minimização dos custos operacionais e o aumento da vida útil do sistema.

A manutenção do sistema hidráulico pode ser entendida como o conjunto de atividades necessárias para garantir o controle do uso adequado do sistema e um programa contínuo de ações capazes de evitar e/ou corrigir anomalias, com o objetivo de garantir o seu funcionamento eficiente.

Um sistema de manutenção divide-se em manutenção preventiva, manutenção corretiva e de urgência (ou de emergência). A manutenção preventiva tem por finalidade diminuir a probabilidade de ocorrência de desempenho abaixo de valores mínimos preestabelecidos. São providências que buscam prevenir e/ou evitar qualquer anormalidade no funcionamento do sistema. Na manutenção preventiva está incluída a atividade de inspeção física das partes do sistema, buscando sinais de deterioração.

Como forma de estabelecer as ações preventivas, os procedimentos podem ser divididos em:

- limpeza de reservatórios;
- regulagem de equipamentos hidráulicos;
- avaliação de perdas físicas.

A manutenção corretiva é aquela conduzida no sentido de se atingir um determinado desempenho. A forma de intervenção é recomendada em cada caso, em função do tipo de problema envolvido e dos remanejamentos necessários. Compreende também os serviços

de atendimento a reparos de acidentes ocorridos inesperadamente e que prejudicam o funcionamento normal do sistema.

### **8.6. Aproveitamento de Águas Pluviais**

As águas pluviais, com pouco ou nenhum tratamento, podem contribuir significativamente para a redução do consumo de água potável. A análise da viabilidade do uso de águas pluviais no sistema hidráulico de uma edificação ambientalmente sustentável deve ser uma das regras desse tipo de construção.

Segundo Sautchúk (2004), a ilha de Fernando de Noronha até hoje continua sendo abastecida na sua totalidade por água proveniente de cisternas que armazenam águas pluviais. O que deve ser atentado, caso haja o uso de água proveniente da chuva, é a gestão da qualidade e da quantidade dessa oferta.

Conforme pesquisas realizadas por Tucci apud Rebouças et al (1999), a qualidade da água proveniente de chuvas não é melhor do que a de um efluente resultante de um tratamento secundário. Essa é a razão pelo qual vários autores, dentre os quais May (2004), afirmarem que a água da chuva não deve ser utilizada para fins potáveis, mas para usos não potáveis, como na limpeza de veículos e calçadas, irrigação de jardins e de plantações, bacias sanitárias, sistemas de ar condicionado, de combate a incêndios, e usos diversos na construção de obras (umidificar o solo para compactação e para evitar a geração excessiva de poeira, por exemplo).

Segundo Nunes (2006), as etapas necessárias para o desenvolvimento de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais são:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês): é um fator determinante do potencial de captação, que deve ser estabelecida em função de dados mensais publicados em nível nacional, regional ou local;
- Determinação da área de coleta: são locais impermeáveis, como telhados ou lajes das edificações, pátios, estacionamentos e calçadas. No caso de telhados, pode ser construído por vários materiais como cerâmica, zinco, fibrocimento, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, entre

outros, desde que obedeça às orientações da NBR-10644, norma própria para instalações prediais de águas pluviais;

- Determinação do coeficiente de escoamento superficial: é determinado em função do material e do acabamento da área de coleta, podendo variar de acordo como tipo de solo, vegetação, pavimentação e/ou telhado utilizado para captação;
- Caracterização da qualidade da água pluvial: deve ser feita utilizando sistemas automáticos de amostragem após períodos variáveis de estiagem. Tem como objetivo fornecer elementos para o cálculo do reservatório de descarte. Por ser externa, a área de coleta está sempre vulnerável à contaminação de diversas origens, como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, pequenos animais e seus excrementos, entre outros contaminantes. Em função da qualidade, mesmo com o emprego de grade nos coletores, deve-se sempre descartar os primeiros litros da água pluvial a cada chuva, chamada de água de limpeza do telhado;
- Projeto do reservatório de descarte: destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. Há diversas técnicas manuais ou automáticas para descarte desta água de limpeza do telhado, entre os quais sistemas mais simples que utilizam tonéis com sistema de registro de gaveta até o uso de reservatórios de autolimpeza com torneira de bóia de fechamento automático para assegurar uma água de chuva de melhor qualidade.
- Projeto do sistema de armazenamento: o reservatório é o componente mais dispendioso do sistema e deve ser proposto de acordo com as necessidades do usuário para que o projeto não seja inviabilizado economicamente. A capacidade mínima do reservatório é calculada em virtude da área de coleta; do regime de precipitação local e das características de demanda específica de cada edificação. A quantidade de água de chuva armazenada pode atender a diversas situações, suprindo uma demanda de somente alguns dias, de um mês, de seis meses ou mesmo até um ano inteiro. O melhor recipiente para



armazenamento da água de chuva é a cisterna (reservatório subterrâneo), por não receber luz solar ou calor, retardando a ação de bactérias.

- Projeto do sistema de condutores: os condutores horizontais (calhas) e verticais (tubos de queda), que transportam as águas pluviais coletadas até um sistema de armazenamento, após a passagem pelos reservatórios de descarte. Para evitar entupimentos nos condutores, podem ser utilizados grades ou filtros retentores de folhas, galhos ou quaisquer materiais grosseiros, que são colocados juntos às calhas ou nas tubulações verticais. Estão incluídos ainda no projeto as linhas de distribuição das águas pluviais tratadas, após as unidades de tratamento, as unidades de recalque, e eventuais reservatórios de distribuição complementares,
- Identificação dos usos da água: os usos mais comuns são a implantação de áreas verdes, torres de resfriamento de sistemas de ar-condicionado, lavagens de pisos e veículos, descarga em toaletes, sistemas de controle de incêndios, etc;
- Estabelecimento do sistema de tratamento: o sistema de tratamento depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. Por isso, faz-se necessário análises da composição física, química e bacteriológica da água de chuva para caracterizá-la, determinar seis parâmetros de qualidade e verificar a necessidade e o tipo de tratamento mais adequado ao uso pretendido. De maneira geral, considerando os usos mais comuns são empregados sistemas de tratamento compostos de unidade de sedimentação natural, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta.

## 9. Energia

Neste capítulo estão inseridos todos os aspectos relacionados à questão da eficiência energética, tão discutida atualmente devido às crises do petróleo de 1973 e a de abastecimento de eletricidade no país, ocorrida durante o ano de 2001, bem como pelo grave problema de aquecimento global e busca por energias renováveis e mais limpas.

Primeiramente partiu-se para uma contextualização do uso energético no país, abordando as diretrizes necessárias para a adoção e implementação de um programa de conservação de energia (PCE). Utilizou-se, para a sugestão das diretrizes da implementação de um PCE realizou-se uma analogia entre as diretrizes já discutidas para a água, pois se considerou a abordagem do problema de conservação da água contendo todas as etapas necessárias para o correto levantamento de informações e para a implementação da solução que mais represente benefícios econômicos e ambientais aos usuários e meio ambiente.

Há também uma seção contendo estratégias para o uso passivo de recursos energéticos do ambiente, conforme o apresentado no livro Eficiência Energética na Arquitetura, de Lamberts, Dutra e Pereira (1997), realizado em conjunto com o PROCEL – Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica. Este livro contém várias informações bastante úteis ao projeto de uma edificação que pretenda ser ambientalmente sustentável em relação à eficiência energética.

### 9.1. Conceituação

A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menos consumo de energia (LAMBERTS, 2002). Pode ser medida pela razão entre a energia útil requerida num processo e a energia total fornecida a ele. Quanto maior essa relação for, maior é a eficiência energética do processo.

O uso eficiente de energia está estritamente relacionado com a consecução de importantes objetivos mais abrangentes e de interesse da sociedade, como por exemplo:

- contribuir para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico;

- reduzir ou postergar as necessidades de investimentos em geração, transmissão e distribuição;
- reduzir impactos ambientais (locais e globais) especialmente relacionados com a produção de eletricidade;
- reduzir custos de energia para o consumidor final.

## **9.2. Consumo atual de energia elétrica nas edificações**

O setor residencial consumiu cerca de 83,5 TWh de eletricidade em 2000, sendo responsável por 25,1% de toda a energia elétrica consumida no Brasil naquele ano. Aproximadamente 40,5 milhões e domicílios são atendidos pelo serviço de eletricidade, o que corresponde a 96% do total de domicílios do país (MME/ELETROBRÁS, 2001).

Nos últimos 30 anos o consumo de energia elétrica no Brasil cresceu a taxas médias anuais superiores às do consumo global de energia e às da economia, sendo impulsionado pelos seguintes fatores (MME/ELETROBRÁS, 2001):

- crescente procura pelo serviço a partir dos diversos setores consumidores;
- adequação da oferta através da disponibilidade de energia elétrica aos consumidores finais pela expansão dos sistemas de geração, transmissão e distribuição;
- preços da eletricidade acessíveis a todas as classes de consumidores, principalmente ao setor industrial;
- opção prioritária pela geração hidráulica, que tornou o setor elétrico menos vulnerável às crises internacionais do petróleo e à correspondente volatilidade dos preços dos combustíveis.

A eletricidade é responsável por 64,2% de toda a energia consumida pelo setor residencial e, segundo o PROCEL (1999), a estrutura do consumo de energia elétrica deste setor é distribuída segundo seus usos finais da seguinte forma:

- Refrigeração (geladeiras e freezers): 32%
- Aquecimento de água (chuveiro elétrico): 26%
- Iluminação: 24%
- Outros: 18%

As geladeiras e freezers constituem o uso de energia de maior consumo elétrico no setor residencial, com participação de 32%, e respondem por 9% do consumo global de energia elétrica do País. Embora a maioria das geladeiras utilizadas no País seja do modelo de uma porta (que consome menos energia), a penetração dos modelos de duas portas vem experimentando um expressivo crescimento (PROCEL, 1999).

O aquecimento de água residencial é muito expressivo nas regiões Sul e Sudeste do país, onde mais de 85% dos domicílios possuem chuveiro elétrico. Nas regiões Norte e Nordeste, o uso da água quente é reduzido, devido ao menor nível de renda e às temperaturas médias maiores. Os chuveiros elétricos contribuem pesadamente para o pico de carga, principalmente nas regiões Sudeste e Sul – onde este equipamento apresenta maior difusão entre os domicílios, no início da noite (PROCEL, 2002).

Ainda de acordo com PROCEL (1999), cerca de 17% do consumo de energia elétrica no Brasil destina-se à iluminação. Desses, cerca de 70% são usados, em partes iguais, pelos setores residencial e comercial, 25% para iluminação pública e os restantes 5%, pela indústria.

Os setores comerciais e públicos responderam por 20% do total da produção nacional de energia elétrica, sendo que os maiores consumos são com iluminação e ar condicionados (24% e 48% respectivamente – PROCEL, 2001).

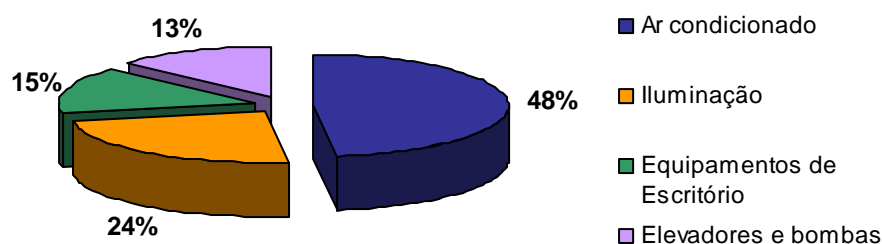


Figura 13 – Distribuição do uso médio de energia elétrica em residências brasileiras (PROCEL, 2001)

### 9.3. Potencial de economia de energia elétrica nas edificações

Em pesquisa de campo feita por Mascaró (1992), na região da Grande Porto Alegre, constatou-se que:

- 20 a 30% da energia consumida seriam suficientes para o funcionamento da edificação;
- 30 a 50% da energia consumida são desperdiçados por falta de controles adequados da instalação, por falta de manutenção e também mau uso;
- 25 a 45% da energia são consumidos indevidamente por má orientação da edificação e por desenho inadequado de suas fachadas, principalmente.

Para os setores comerciais e públicos, a redução de consumo seria ainda mais crítica, dado o peso de consumo energético da iluminação e dos sistemas de ar condicionados.

**Tabela 20 – Potencial de economia de energia elétrica no setor comercial (PROCEL, 1998)**

<b>Subsetor</b>	<b>Iluminação</b>	<b>Ar Condicionado</b>
Edifícios de Escritórios	10-12%	30%
Shoppings Centers	10-12%	30%
Supermercados	15-20%	40-45%
Hotéis	10-12%	4-5%
Hospitais	15-20%	10-12%

Nos Estados Unidos, o efeito da primeira norma energética, datada de 1973, reduziu o gasto anual de energia em residências unifamiliares em 11,3%, multifamiliar em 42,7% e em edifícios de escritórios em 59,7%. (Rosenfield, 1996)

#### **9.4. Necessidade de normalização**

Nos países desenvolvidos, a crise de energia e o alto consumo no setor de edificações levaram à implementação de normas de eficiência energética em edificações. O Brasil infelizmente não acompanhou essa tendência, não possuindo normas que contemplem a eficiência energética nas edificações (BERALDO, 2006).

No caso da norma brasileira NBR 6401 (1980) – “Instalações centrais de ar condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto”, são estabelecidos apenas os procedimentos para a elaboração de projetos de sistemas de ar condicionado, não envolvendo a avaliação do desempenho energético da edificação. Já nos Estados Unidos existe uma interligação entre as recomendações técnicas da ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) com a de outros organismos semelhantes, que através de legislações específicas de cada estado ou município,

regulam as características físicas das edificações e dos sistemas por ela utilizados, de forma a garantir padrões mínimos de desempenho energético e consumo de energia.

Conforme Beraldo (2006), para que este quadro se reverta, é importante o desenvolvimento de normas ligadas a diretrizes construtivas e de uso nas edificações, bem como o treinamento e atualização periódica dos profissionais da área em relação ao desenvolvimento tecnológico alcançado na área de eficiência energética. A implementação da Norma Brasileira ABNT NBR 155220-2, de 29 de abril de 2005, foi um avanço nesse sentido, porém não tem o caráter de lei, como nos países desenvolvidos.

### **9.5. Programa de conservação de energia**

Conservar energia significa racionalizar o uso deste recurso, buscando o máximo de desempenho com o mínimo de uso, reduzindo desperdícios e gastos desnecessários, e minorando impactos ambientais (PROCEL, 1999).

Analogamente ao que foi discutido no capítulo sobre conservação de água, será feito um programa de ações que servirão de base para a implementação de um programa de conservação de energia na edificação.

#### **9.5.1. Avaliação Técnica preliminar**

Nesta etapa estão contidas todas as ações que resultem no levantamento de informações a respeito do estado atual do sistema de energia da edificação já existente, nos seus vários subsistemas: sistema de iluminação, sistema de climatização artificial, sistema de aquecimento de água e sistema elétrico em geral. Consiste em duas etapas:

Levantamento dos fatores climáticos: o conhecimento das variáveis climáticas do local como radiação solar, nuvens, vento, temperatura, umidade e precipitação é fundamental para o projeto de edificações mais adequadas ao conforto dos usuários e mais eficiente em termos de consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997); tais dados já foram colhidos durante a análise do local de implantação da obra, conforme apresentado no capítulo 4. Deve-se avaliar, com base nestes dados, o potencial de uso passivo dos recursos naturais, como iluminação e ventilação naturais.

Levantamento dos fatores construtivos: é necessário o estudo das variáveis arquitetônicas (forma, função, tipos de fechamento, sistemas de climatização, materiais, entre outros) para o correto entendimento de todas as trocas energéticas na edificação; deve-se pesquisar documentos como a planta do sistema elétrico, a planta do sistema de água quente, a lista de equipamentos usados na iluminação, a potência máxima instalada do sistema elétrico, entre outros.

Segundo consta no Manual de Orientações Gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos da PROCEL (MAGALHÃES, 2001), a verificação e análise dos tópicos a seguir permite o conhecimento das características específicas de cada sistema e sua interferência energética no empreendimento:

- Materiais e cores das fachadas, interiores e coberturas
- Situação/conservação dos quadros principais e secundários de distribuição
- Curvas de carga dos circuitos principais
- Situação do fator de potência (por transformador e circuitos principais)
- Enquadramento tarifário e adequação contratual
- Características dos circuitos de distribuição (equilíbrio entre as fases, nível de saturação, entre outros)

#### 9.5.2. Avaliação da Demanda de Energia

É nessa etapa que se identificam as diversas fontes de demanda por energia na edificação, podendo ser dividida em quatro grandes grupos:

- Aparelhos elétricos em geral: compreende a demanda por uso de aparelhos domésticos como refrigeradores, televisores, computadores, máquinas de lavar roupa, entre outros; deve-se estimar a potência máxima necessária ao atendimento com segurança de todas as atividades que envolvam o uso de aparelhos domésticos;
- Sistema de climatização artificial: compreende a demanda pelo uso de aparelhos de ar-condicionado e aquecedores, principalmente;

- Sistema de iluminação: compreende a demanda pelo uso de lâmpadas, refletores, luminárias, enfim, todo o sistema de iluminação artificial da edificação;
- Elevadores e bombas: compreende a demanda pelo uso de elevadores e sistemas de bombas para elevação de altura manométrica do sistema hidráulico, bem como de demais sistemas que necessitem o uso de tais aparelhos.

Deve-se conhecer o perfil dos usuários, seu poder aquisitivo, seus hábitos, com o objetivo de melhor entender as necessidades energéticas da edificação, para assim dimensioná-la de forma a se atingir o bem-estar dos usuários contemplando o uso eficiente de energia. Recomenda-se utilizar a metodologia das Zonas Bioclimáticas de Givoni (1969), adaptada por Roriz, Ghisi e Lamberts (1999). Em seu artigo, os autores propõem uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares que levam em consideração a existência de 8 zonas climáticas, havendo estratégias de condicionamento térmico passivo que contribuem para elevar o nível de conforto térmico dos ocupantes com o uso eficiente de recursos energéticos. Essa metodologia é bastante abrangente, incluindo as contribuições de vários fatores (sistema artificial de aquecimento, aquecimento solar da edificação, massa térmica para aquecimento, conforto térmico, ventilação, massa térmica de refrigeração, sistema artificial de refrigeração, resfriamento evaporativo e umidificação do ar), e contribui, segundo os autores, para uma redução significativa no consumo de energia nas edificações residenciais brasileiras, pois utiliza mais eficientemente esse recurso para se alcançar níveis superiores de conforto térmico dos usuários. Essa metodologia pode vir a fazer parte da primeira Norma Brasileira sobre desempenho térmico de edificações, conforme consta no artigo dos autores.

De acordo com o Manual de Orientações Gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos (MAGALHÃES, 2001), para se realizar um diagnóstico energético detalhado e preciso de uma edificação já existente, deve-se proceder uma análise dos gastos mensais com energia dos moradores através de um registro bianual (24 meses, para que se possa perceber sazonalidades no consumo) das contas apresentadas pelas



concessionárias. Caso a edificação ainda vá ser construída, pode-se exigir da concessionária tal histórico de gastos mensais da região.

Uma vez detalhados todos os diferentes usos energéticos da edificação, é feita a identificação das intervenções necessárias para eliminação ou redução das perdas, maus usos e desperdícios de energia.

### 9.5.3. Avaliação da Oferta de Energia

A oferta de energia a uma edificação pode vir de duas fontes:

Convencionais: concessionárias de energia elétrica, que possuem controle de qualidade a respeito das características técnicas do abastecimento, como tensão e corrente, bem com fornecedores de gás natural, em algumas cidades;

Alternativas: é o caso da energia proveniente do sol, dos ventos, das marés, entre outros. Atualmente os preços dessas fontes de energia ainda não são competitivos comparado ao apresentado pelas concessionárias de energia elétrica, mas devido a inovações tecnológicas e ao desenvolvimento do mercado mundial de aparelhos geradores de energias alternativas, tem-se cada vez mais dado importância a essas fontes, a ponto de muitas edificações energeticamente eficientes construídas atuarem como geradoras e fornecedoras de energia a edificações vizinhas, como é o caso do parlamento Alemão; para esse tipo de abastecimento, deve haver um programa de controle qualitativo e quantitativo da energia fornecida, para que não hajam interrupções no fornecimento nem danos aos aparelhos ligados ao sistema. Segundo a ASBEA (2007), a indústria brasileira está se tornando cada vez mais forte na produção de equipamentos para estes fins, tornando viáveis estes projetos.

### 9.5.4. Estudo da viabilidade Econômica

Pode-se realizar a mesma análise dos custos envolvidos na equalização econômica do consumo de água, compreendendo os custos diretos (capital investido, mão-de-obra, matéria-prima, custos operacionais dos sistemas elétricos), indiretos (custos do projeto, administrativos, de monitoração), duvidosos (que podem se tornar reais no futuro) e intangíveis (que requerem interpretação subjetiva para quantificação). Dependendo da extensão do projeto e de sua expectativa ambiental, pode-se tentar valorar todos os

impactos ambientais provenientes do uso de fontes de energia, desde a sua geração até seus consumos finais.

Em grande parte dos países desenvolvidos, diferentemente do Brasil, devido à grande participação de fontes poluidoras como usinas termelétricas que utilizam a queima de carvão mineral ou combustíveis fósseis, a custo da emissão de carbono pela geração de energia é bastante estimulada pelos organismos certificadores ambientais, como o LEED e o BREEAM. Pelo Brasil ser um país com menos recursos do que tais países, e pelo fato de sua geração de energia elétrica ser em grande parte devido a hidrelétricas, fontes menos poluentes do que as demais, é consenso entre vários autores que tal valoração ambiental não deva ser utilizada, a princípio, no país.

A análise de viabilidade econômica coincide com a análise do custo do ciclo de vida do empreendimento, que já foi realizada também no projeto dos demais subsistemas da edificação. A solução escolhida deve ser benéfica tanto econômica quanto sócio-ambientalmente, por toda a vida útil da edificação, sendo observados todos os seus custos trazidos ao valor presente.

#### 9.5.5. Detalhamento e Implantação do PCE

Nesta etapa deve-se realizar o detalhamento técnico do programa de conservação de energia escolhido após a análise de viabilidade econômica do empreendimento, detalhando as ações a serem implementadas. Adaptando as recomendações de Sautchúk (2004) para o sistema elétrico, tem-se que estas ações englobam:

- A confecção do cronograma de implantação das atividades para elaboração de fluxo de caixa;
- especificação do sistema de setores (iluminação, condicionamento, aparelhos elétricos, elevadores e bombas) para monitoramento do consumo;
- detalhamento de cada intervenção (elementos gráficos e/ou descritivos);
- especificação de sistemas, materiais e equipamentos a serem instalados;
- elaboração de procedimentos para as atividades consumidoras de energia contempladas pelo PCE;
- manuais de manutenção e operação dos sistemas e equipamentos.

Também em relação à energia, há várias dificuldades de ordens técnica, operacionais e econômicas associadas à implantação de um PCE, conforme o apresentado para o sistema hidráulico por Gonçalves e Hespanhol (2004).

De acordo com o Manual de Orientações Gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos da PROCEL (MAGALHÃES, 2001), deve-se instituir a coordenação de uma comissão interna de conservação de energia (CICE), responsável por implementar e monitorar as medidas de conservação de energia e o plano de manutenção do sistema, bem como pela conscientização e treinamento ambiental de funcionários e moradores. É a CICE a responsável pela efetividade do Sistema de Gestão de Energia, a ser criado, na edificação.

#### 9.5.6. Implantação de um Sistema de Gestão de Energia

Quando se introduz a dimensão da efficientização energética em uma edificação, dois aspectos fundamentais devem ser considerados: o gerenciamento dos sistemas energéticos existentes (ações de base operacional) e o comprometimento do corpo funcional que utiliza a edificação (ações de base educacional) (PROCEL, 1999). A implementação de medidas estanques, não coordenadas e não integradas a uma visão global de toda a edificação ou carente de uma avaliação de custo / benefício pode não produzir os resultados esperados e minar a continuidade do processo junto aos gestores do programa e aos moradores da edificação (PROCEL, 1999).

Por isso, deve ser pensado o Sistema de Gestão de energia, calcado nas ações de base operacional e educacional, visando a manutenção dos bons índices de consumo energético ao longo da vida útil da edificação. Dentro desse sistema de gestão deve estar proposto um Plano de Manutenção, com ações que visem manter o sistema, ou suas partes, em condições adequadas ao uso, alcançando uma redução no número de reparos, no desperdício de energia, e minimizando os custos e aumentando a vida útil do sistema.

Para a realização de uma manutenção eficaz, a etapa de levantamento de dados é fundamental, pois o conhecimento dos equipamentos e de seu estado atual de conservação permite a implementação de um programa de manutenção mais adequado ao bom funcionamento do sistema energético da edificação (PROCEL, 1999).

## 9.6. Uso eficiente de energia

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), pode-se racionalizar o uso de energia em um edifício reduzindo o consumo para iluminação, condicionamento do ar e aquecimento de água, através da prioridade ao uso de sistemas naturais de condicionamento e iluminação, do uso de sistemas artificiais eficientes e da integração entre os dois recursos (natural e artificial).

A seguir estão apresentadas algumas sugestões de soluções a serem utilizadas no projeto de uma construção que pretenda ser ambientalmente sustentável com relação ao uso eficiente de energia, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997):

### 9.6.1. Ventilação

Usar a forma e a orientação da edificação: deve-se maximizar a exposição da edificação às brisas do verão; o estudo da forma e da orientação da arquitetura também pode explorar a iluminação natural e favorecer ganhos de calor solar no inverno;

Projetar espaços fluidos: deve-se permitir a circulação de ar entre os ambientes internos e externos; muitos dispositivos podem ser utilizados para permitir esse tipo de recurso, mantendo a privacidade visual dos interiores, como venezianas, elementos vazados, entre outros;

Promover ventilação vertical: o ar tende a se acumular nas partes mais elevadas do interior da edificação; a retirada deste ar quente pode criar um fluxo de ar ascendente gerado por aberturas em diferentes níveis, o que pode ser feito através de vários dispositivos, como lanternins, aberturas no telhado, exaustores eólicos ou aberturas zenitais; também se pode combinar a iluminação natural ao utilizar aberturas zenitais, que podem ser colocadas em locais estratégicos para cumprir as duas funções simultaneamente (ventilar e iluminar);

Uso de elementos que direcionem o fluxo de ar para o interior: proporciona o aumento do volume e velocidade do fluxo de ar para o interior do ambiente construído, podendo servir também como elementos de sombreamento de aberturas,

### 9.6.2. Resfriamento evaporativo e umidificação

Estratégia que consiste na retirada de calor do ar pela evaporação de água ou pela evapotranspiração das plantas, podendo ser através das seguintes ações:

Construção de áreas gramadas ou arborizadas: aproveitando a absorção do calor solar pela superfície gramada em virtude da fotossíntese e pela evapotranspiração, possibilitando a criação de um microclima mais ameno;

Utilização do resfriamento evapotranspirativo das superfícies edificadas: busca-se com isso diminuir a temperatura das superfícies da edificação; pode ser feita através do umedecimento do telhado por aspersão de água nos dias mais quentes, ou pelo uso de materiais com maior resistência térmica ou maior refletividade da radiação solar incidente, ou até com a instalação de uma superfície gramada ou jardim no teto da edificação;

Umidificação: instalação de fontes ou de espelhos de água nas proximidades da edificação, para que se possa aproveitar da evaporação de água nesses locais e criar um microclima que amenize o desconforto causado por regiões que apresentem umidade relativa do ar muito baixa (inferior a 20%);

### 9.6.3. Aquecimento solar passivo

Como uma forma de se utilizar o sol como fonte de calor natural da edificação, pode-se implementar aberturas laterais (janela e paredes transparentes) ou zenitais (clarabóias e domos), permitindo o acesso da radiação solar diretamente ao interior. Pode-se utilizar também elementos transparentes para se utilizar do “efeito estufa”, quando se desejar aquecer ambientes interiores

### 9.6.4. Ar condicionado

Quando não for possível o uso de recursos naturais para se garantir o conforto térmico dos usuários, deve-se utilizar aparelhos de ar-condicionado. Nestes casos, é necessário garantir a estanquidade dos ambientes interiores, evitando a infiltração do ar exterior, e optando por aparelhos mais eficientes. Analogamente, quando a temperatura exterior não ultrapassar os 10,5°C, o aquecimento artificial é aconselhável. É importante o bom isolamento térmico dos fechamentos, adotando aberturas com vidro duplo e também construindo paredes com materiais de baixa condutividade térmica.

Sistema de aberturas: o sistema de aberturas pode representar um papel importante no controle do conforto ambiental e do gasto com energia na edificação. Fatores como controlar a ventilação, o ganho de calor solar, a iluminação natural e o contato visual dos usuários com o meio externo. Pode-se adotar soluções arquitetônicas do tipo brises-soleil, venezianas, telas termo-screen externas, prateleiras de luz, vidros especiais que dispensam o uso de brises, entre outros.

#### 9.6.5. Outras sugestões

Estas sugestões foram extraídas do relatório de recomendações básicas de sustentabilidade ambiental para projetos de arquitetura da ASBEA (2007):

- Especificação de equipamentos com menor consumo e melhor eficiência possível na utilização do gás natural para todos os fins;
- Automatização de transporte vertical com otimização de carga e menor consumo energético possível com a adoção de sistemas eficientes como o ADC, (antecipação de chamadas);
- Iluminação de baixo consumo energético nas áreas comuns de uso contínuo, e iluminação “incandescente” com acionadores por sensor de presença nas áreas de uso esporádico ou intermitente. Este princípio, com maior tolerância, também é válido para as unidades privadas;
- Planejamento do consumo energético e utilização de equipamentos para gerar energia em períodos de pico;
- Melhor condição de conforto térmico evitando a incidência da radiação solar direta através da
- Adoção preferencial de acabamentos claros nas áreas de grande incidência de luz solar, para aumentar a reflexão da radiação solar, diminuindo a quantidade de energia solar absorvida e, conseqüentemente, os gastos energéticos necessários para a climatização artificial da edificação.

## 10. Recomendações

Como um resumo do trabalho apresentado até então, foram feitas algumas recomendações a serem seguidas no caso da implantação de uma edificação ambientalmente sustentável.

O roteiro das ações a serem tomadas pode ser o sugerido na figura 5, capítulo 4 – Projeto e Gestão, na qual estão inseridas as considerações a respeito das etapas a serem seguidas para a elaboração de um projeto integrado da edificação, incluindo todas as variáveis mais relevantes em todas as etapas da vida útil da edificação.

A avaliação do ciclo de vida é uma ferramenta indispensável a um bom projeto, sendo a responsável pela correta equalização das variáveis sociais, econômicas e ambientais e pela escolha da solução que possibilite a melhor relação custos / benefícios durante toda a vida útil da edificação.

A seguir está apresentado um roteiro simplificado das medidas a serem tomadas para um empreendimento ambientalmente sustentável, conforme o resumido na figura 5.

- Deve-se escolher uma boa equipe de projetistas, comprometidos com a temática da sustentabilidade ambiental em edificações, e com ampla bagagem técnica e conhecimento das mais recentes tecnologias construtivas;
- Deve-se pensar na “alma” da construção: o que ela irá representar para os usuários / comunidade / construtores? Quais os atributos que terá? Qual o grau de sustentabilidade ambiental que se deseja alcançar? Podem ser traçadas metas, objetivos, missão, visão para o empreendimento.
- Deve-se realizar um correto estudo dos parâmetros envolvidos na construção em todas as suas fases, para se determinar quais são as informações a serem levantadas mais relevantes para o correto equacionamento do problema; deve-se analisar o perfil dos usuários da edificação, o local do empreendimento, caso já esteja selecionado, a oferta de recursos naturais e urbanos, as normas e leis específicas para o setor, as restrições econômicas, entre outros. Com isso, pode-se confeccionar um pré-projeto de acordo com a visão desejada, uma estimativa inicial do orçamento do empreendimento e dos benefícios econômicos e ambientais possíveis.

- De posse desse pré-projeto, e de sua análise de viabilidade inicial, deve-se escolher algumas soluções técnicas para o empreendimento, e começar a colher dados sobre os parâmetros levantados; esses dados devem seguir metodologias conceituadas de medição e análise, bem como devem apresentar consistência e volume de observações; dentre esses dados, destacam-se:
  - Características geotécnicas do solo, granulometria, nível do lençol freático, topografia, presença de materiais de empréstimo e de locais de bota-fora próximos;
  - Clima do local: valores médios, máximos e mínimos para temperatura, umidade relativa do ar, nebulosidade e pluviometria; direção e intensidade dos ventos e da radiação solar, ângulo máximo de incidência da radiação solar;
  - Flora e fauna: quantidade, diversidade, importância cultural, social e ambiental;
  - Infra-estrutura urbana: presença de serviço de abastecimento de água (qualidade, quantidade e preço), de abastecimento de energia elétrica (qualidade, características, e preço), de sistema de coleta de lixo, de coleta seletiva de lixo e de usinas de reciclagem (custos de transporte, frequência, destinação final), de serviços, de transporte coletivo, facilidade de acesso, entre outros;
  - Qualidade do ar, presença de fontes poluidoras;
  - Perfil dos usuários e da comunidade, hábitos de consumo, hábitos alimentares, padrão de vida, níveis de conforto térmico, acústico, visual e psicológico desejados, nível cultural e aspectos sócio-culturais do local; consumo esperado de água e energia, geração esperada de lixo e demais resíduos;
  - Materiais de construção disponíveis: qualidade, confiabilidade, durabilidade, preço, modo de extração, produção e comercialização, possibilidade de reciclagem ou reutilização;



- Tecnologias existentes para o sistema hidráulico (tratamento e reuso de efluentes, aproveitamento da água de chuva, equipamentos economizadores de água) e para o sistema elétrico (climatização, iluminação, bombas, elevadores e aparelhos em geral) e métodos construtivos eficientes.
- Com esses dados, pode-se escolher as alternativas de projeto que serão analisadas com a ferramenta da Avaliação do Ciclo de Vida. Deve-se realizar um estudo de valoração econômico, social e ambiental de todos os impactos gerados por cada solução escolhida, para se chegar a uma medida que melhor relacione todos esses fatores, quando visualizada toda a vida útil do empreendimento; os custos devem ser trazidos a valor presente e confrontados.
- A solução escolhida deve então passar por um processo gradual de planejamento, sendo pensadas todas as etapas da construção (execução, uso e pós-uso). Requer o envolvimento de toda a equipe de projetistas, mantendo-se um bom canal de comunicação e com o foco nas estratégias, objetivos e missão estipulados no começo do planejamento para a edificação.
- Deve-se escolher uma mão-de-obra qualificada para a execução da obra, que permita a utilização de práticas construtivas eficientes e que minimizem as perdas de materiais nessa fase. O treinamento dos funcionários pode ajudar a se conseguir essa eficiência construtiva;
- Deve-se implementar o Sistema de Gestão da Obra, monitorando a produtividade dos funcionários, os requisitos mínimos de segurança, o nível de ruído, poeira e resíduos gerados, o uso de recursos naturais (água, energia, etc), o impacto ambiental da obra na comunidade, entre outros.
- Deve-se implementar os Sistemas de Gestão ambientais (água, energia, resíduos e qualidade ambiental), monitorando e regulando as atividades relacionadas a esses itens.

## 11. Comentários finais

Essa temática tem apresentado contribuições de pesquisas e desenvolvimento tecnológico a um volume crescente ao longo dos últimos anos. Tem-se tornado cada vez mais parte do cotidiano das pessoas notícias relacionadas à sustentabilidade ambiental, seja de empresas, indústria, construção civil, bancos, entre outros. A atual e alarmante crise climática global tem contribuído para o interesse da sociedade como um todo na implementação de práticas mais sustentáveis, que incluam a preocupação ambiental no cerne das decisões entre soluções. Mas o avanço desse setor ainda se encontra insipiente e incerto, especialmente no Brasil.

O principal fator motivacional da implantação de práticas sustentáveis em qualquer cadeia produtiva é a conscientização ambiental. Ela é responsável pela busca por soluções sustentáveis, pelo comprometimento pessoal com mudanças de hábito, pelo fomento da discussão a respeito de implementação de normas e leis específicas sobre esse tema e que acabam por mover toda uma comunidade na direção da sustentabilidade. Países desenvolvidos como os da Europa ocidental, em especial a Inglaterra e a Holanda, a Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos estão em um estágio de penetração de preocupação ambiental mais avançado graças ao elevado grau de conscientização ambiental apresentado por sua população em geral. No entanto, os problemas climáticos e de impactos graves ao meio ambiente que enfrentamos atualmente é mundial, o que implica na necessidade de implementação de práticas sustentáveis em todo o mundo.

Para fomentar tais práticas, os demais países devem realizar o que os pioneiros e mais desenvolvidos fizeram: elaboração de um plano de longo prazo que contemple a implementação imediata de leis e normas para o setor de construção sustentável, no caso do tema deste trabalho, o que implicará num grande incentivo para o desenvolvimento de novas tecnologias mais competitivas e eficientes, além de proporcionar forçadamente o aumento da preocupação ambiental da sociedade com o passar do tempo.

Exatamente por essa diferença de realidades que se procurou, neste trabalho, adaptar as recomendações e regras de certificação ambiental do LEED e do BREEAM, dois dos mais importantes selos verdes do mundo, à realidade brasileira. Para se ter uma idéia, o BREEAM prevê, como uns dos seus critérios para a concessão de créditos, medidas para

diminuir o uso de energia destinada à secagem de roupas, ou ainda ao incentivo da edificação ao uso de bicicletas (difícil de ser implementado nas grandes cidades brasileiras dada a situação calamitante da segurança pública no nosso país), ou ainda o uso de energias alternativas onerosas que proporcionem uma diminuição na emissão de CO<sub>2</sub>, um dos itens de maior peso nessa certificação (uma vez que a geração de energia elétrica na Inglaterra provém em grande parte de usinas termelétricas, grandes poluidoras da atmosfera). Já o LEED, além de ser o mais divulgado e utilizado no mundo todo, sendo o único aceito internacionalmente, é mais próximo da realidade brasileira, sendo menos abrangente e menos focado essencialmente na emissão de CO<sub>2</sub>, com práticas que visualizam a manutenção do meio ambiente externo e interno, contemplando a escolha de materiais que diminuam os impactos ambientais resultantes de sua extração e produção, mas não a ponto de se exigirem essencialmente produtos ecológicos ou reciclados (como manda a cartilha da construção ecológica, a mais rígida com relação às práticas sustentáveis).

A decisão da escolha de uma solução técnica deve resultar da análise econômica dos custos envolvidos em toda a vida útil da construção, devendo tais custos incluírem custos indiretos, duvidosos e intangíveis, que contemplem os impactos sócio-ambientais do empreendimento. A solução depende, portanto, da comunidade em que está localizada, do comprometimento e motivação ambiental dos agentes envolvidos no empreendimento (construtores, projetistas, financiadores, fornecedores e usuários), dos recursos econômicos e tecnológicos disponíveis e dos incentivos governamentais e regulamentação do setor.

A previsão é de crescimento do consumo de energia, água, recursos minerais, enfim, do setor de construção civil no mundo, conforme uma pesquisa do World Council for Sustainable Development (2007). Nesse cenário, dada seu grande impacto ambiental, a perspectiva é de crescimento acelerado da inserção de práticas sustentáveis nesse setor.

No entanto, há alguns fatores que apresentam grandes barreiras ao seu desenvolvimento, conforme o apresentado no relatório anual do World Council for Sustainable Development (2007), sendo o principal a complexidade da cadeia produtiva desse setor, dado o conflito de interesses dos agentes em relação aos benefícios advindos da implantação de práticas sustentáveis nas edificações.

Primeiramente há os financistas, que visam geralmente o lucro em curto prazo do empreendimento, o que não condiz com a rapidez do retorno econômico esperado desse tipo de construção. Há os construtores, que também esperam lucro em curto prazo como os financistas. Há os projetistas, que precisam apresentar um comprometimento pessoal grande, conhecimento técnico elevado, e características de liderança e idealismo suficientes para forçar o uso de práticas sustentáveis na edificação. Há os usuários, que podem ou não apresentar interesse em medidas sustentáveis, dependendo do uso esperado da edificação: pode-se vender o imóvel, alugá-lo ou utilizá-lo como moradia. Apenas neste último caso que o usuário poderia beneficiar-se economicamente de medidas de racionalização e conservação no uso de recursos naturais e, mesmo assim, em longo prazo.

É exatamente em relação a esses benefícios econômicos que se pode vender comercialmente a idéia da construção sustentável atualmente. Mas para que tais medidas conservacionistas realmente apresentem o resultado esperado, é imprescindível o correto planejamento, implementação e cumprimento de um sistema de gestão ambiental na edificação, com ampla participação dos usuários, o que exige algo que ainda carece no país: a tão já falada conscientização e comprometimento ambiental. Por isso, creio que esta “onda verde” que estamos vendo levará algum tempo para realmente ser aderida em peso no país. Mas não demorará muito para que isso ocorra, e minha conclusão ao estudar mais o assunto foi o de me aprofundar mais nessa área, adquirir um conhecimento técnico sustentável, desenvolver minhas características de liderança, para ocupar um papel ativo no mercado de construções sustentáveis no país.

## 12. Bibliografia

ABNT, **Manual de Normas Técnicas**

ISO, **Manual de Normas Técnicas ISO 14040**, 1996.

ARAÚJO, M., **Construção Sustentável**. disponível em:  
[http://www.idhea.com.br/construcao\\_sustentavel.asp](http://www.idhea.com.br/construcao_sustentavel.asp). Acesso em: 10 de setembro de 2007.

ASBEA, **Recomendações básicas de sustentabilidade para projetos de arquitetura**, Grupo de trabalho de Sustentabilidade, 2007.

BERALDO, J. C., **Eficiência energética em edifícios: avaliação de uma proposta de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo**, São Paulo, 2006.

BRAGANÇA, L., **Princípios de Desenho e Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade das Construções**, Azurém, Portugal, 2006

BRUNDTLAND, G.H., **Our Common Future**, Oxford, UK, 1987.

CABRAL, M., **A onda verde chegou aos escritórios**, disponível em  
[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/conteudo\\_224339.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/conteudo_224339.shtml), acesso em 14 de Outubro de 2007

CHAHIN, R. R., NETTO, C. A. M. F., MESSUTI, E., RIBEIRO, L. A., **Sistema de Aproveitamento de Água para Edificações**, São Paulo, 2002.

FREITAS, DE, C. G. LUZ, BRAGA DE OLIVEIRA, T., BITAR, O. Y. e FARH, F., **Habituação e Meio Ambiente: Abordagem em Empreendimentos de interesse Social, IPT, Programa de Tecnologia de Habitação**, HABITARE, São Paulo, 2001.

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., **Manual de Conforto Térmico**, São Paulo, 1988.

GONÇALVES, O. M. e HESPANHOL, I., **Manual de Conservação e Reuso de Água Para a Indústria**, São Paulo, 2004.

GONÇALVES, O. M., **Manual de Conservação de Água**, São Paulo, 2005.

GONÇALVES, O. M., IOSHIMOTO, E. e OLIVEIRA, L. H., **Tecnologias Pouadoras de Água nos Sistemas Prediais**, São Paulo, 1999.

HUMBERTO, B., CARMONA, T., QUARCIONI, V., TUCHIYA, T., CARDOSO, F., **Análise simplificada de sustentabilidade pós-ocupação de um edifício comercial**, São Paulo, 2003

**JAQUES, R. C., Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**, Florianópolis, 2005

**JOHN, V.M., Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos, Seminário sobre reciclagem e reutilização como materiais de construção**, São Paulo, 1996.

**JOHN, V. M. e AGOPYAN, V., Reciclagem de resíduos da construção**, São Paulo, 2001.

**JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000.

**JOHN, V. M., Sustainability criteria for the selection of materials and components – A developing world view**, São Paulo, 2005.

**KRZYZANOWSKI, R. F., Novas Tecnologias em Assentamentos Humanos: A Permacultura como Proposta para o Planejamento de unidades unifamiliares em Florianópolis**, Florianópolis, 2005

**LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R, Eficiência Energética na Arquitetura**, São Paulo, 1997.

**MAURÍCIUS**, disponível em <http://mauricius.wordpress.com/category/leed>, acesso em 14 de Outubro de 2007

**MAGALHÃES, L. C., Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos**, PROCEL, Brasília, 2001.

**MASCARÓ, L. R. de, Energia na Edificação - Estratégias para minimizar seu consumo**, São Paulo, 1985.

**MME/ELETOBRAS, Relatório Analítico de Mercado: Mercado de Energia Elétrica**, Rio de Janeiro, 2001.

**NÓBILE, A. A., Diretrizes para a sustentabilidade ambiental em empreendimentos habitacionais**, Campinas, 2003.

**NUNES, R. T. S., Conservação da Água em edifícios comerciais: Potencial de uso racional e reuso em Shopping Center**, Rio de Janeiro, 2006.

**OLIVEIRA, T. A. e RIBAS, O. T. – Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto**, Ministério da Saúde, Brasília, 1995.

**OLIVEIRA, L.H., Metodologia para a implantação de programas de uso racional da água em edifícios**. São Paulo, 1999.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA, **Climate**, disponível em [http://www.wmo.ch/pages/themes/climate/index\\_en.html](http://www.wmo.ch/pages/themes/climate/index_en.html), acesso em 25 de outubro de 2007.

PINTO, T. P., **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção Urbana**, São Paulo, 1999.

PROCEL, **Manual para especificações técnicas de sistemas de ar condicionado e iluminação**, Rio de Janeiro, 2005.

PROCEL, **Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo**, Rio de Janeiro, 1999.

RIVERO, Roberto, **Acondicionamento Térmico Natural – Arquitetura e Clima**, Porto Alegre, 1985.

RORIZ, M., GHISI, E. e LAMBERTS, R., **Uma proposta de Norma Técnica Brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares**, Fortaleza, 1999.

SAUTCHÚK, C. A., **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações**, São Paulo, 2004.

SANTOS, R. F., **A Arquitetura e a Eficiência nos usos Finais da Energia para o Conforto Ambiental**, São Paulo, 2002

SATTLER, M. A. e PEREIRA, F. O. R., **Construção e Meio Ambiente**, Coletânea HABITARE, vol 7, Porto Alegre, 2006.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **An Introduction to the US Green Building Council and the LEED Green Building Rating System**. Washington, 2002.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, **Annual Report: Energy Efficiency in Buildings**, Suíça, 2007

ZORDAN, S.E., **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. Campinas, 1997.

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO  TC	2. DATA  22 de novembro de 2007	3. DOCUMENTO N°  CTA/ITA-IEI/TC-013/2007	4. N° DE PÁGINAS  110
5. TÍTULO E SUBTÍTULO:  Concepções sobre edificações ambientalmente sustentáveis para a confecção de um manual técnico			
6. AUTOR(ES):  <b>Carlos Felipe Cavalcante de Sousa</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):  Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil – ITA/IEI			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:  Sustentabilidade Ambiental, Construções sustentáveis, racionalização e conservação de recursos naturais			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:  Edificações; Desenvolvimento sustentável; Conservação de recursos; Recursos naturais; Meio ambiente; Construção civil; Engenharia Civil; Gestão ambiental			
10. APRESENTAÇÃO: <span style="float: right;"><b>X Nacional</b>      <b>Internacional</b></span>  Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2007. 110 páginas.			
11. RESUMO:  Este trabalho visa realizar uma abordagem inicial sobre edificações ambientalmente sustentáveis, através da compilação e ordenação de trabalhos publicados sobre o tema, englobando suas variáveis mais importantes (projeto e gestão ambiental, uso de recursos naturais, rejeitos e reciclabilidade de materiais, impactos ambientais, entre outros).  Objetiva contextualizar os futuros agentes participantes da indústria da construção civil com responsabilidade ambiental do país, explicitando alguns princípios e conceitos importantes referentes ao tema, e apresentando algumas sugestões a serem seguidas no planejamento, execução, monitoramento e gestão dos vários subsistemas que fazem parte de uma construção ambientalmente sustentável.  Deseja-se, com isto, produzir um documento que baseie uma pesquisa mais aprofundada do tema, objetivando a confecção futura de um manual técnico para edificações ambientalmente sustentáveis.			
12. GRAU DE SIGILO:  <b>(X) OSTENSIVO</b> <b>( ) RESERVADO</b> <b>( ) CONFIDENCIAL</b> <b>( ) SECRETO</b>			