



**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**SUSTENTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES:  
DO PROJETO À DEMOLIÇÃO**

**Mestrando: Eugênio Henrique Leicht Neto**  
**Orientadora: Maria da Graça de Vasconcelos Xavier Ferreira,**  
**Ph.D**  
**Co-orientador: Prof. Dr. José Orlando Vieira Filho**

**Recife**  
**Março de 2011**

## **APRESENTAÇÃO**

Dissertação submetida ao Mestrado de Engenharia Civil da  
Universidade Católica de Pernambuco.

L526s Leicht Neto, Eugênio Henrique  
Sustentabilidade das edificações : do projeto à demolição /  
Eugênio Henrique Leicht Neto ; orientador Maria da Graça  
Xavier Ferreira ; co-orientador José Orlando Vieira Filho, 2011.  
92 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.  
Pró-Reitoria Acadêmica. Curso de Mestrado em Engenharia Civil,  
2011.

1. Construção civil - aspectos ambientais. 2. Casas ecológicas.  
3. Arquitetura sustentável. I. Título.

CDU 69

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO  
Centro de Ciências e Tecnologia

SUSTENTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES:  
DO PROJETO À DEMOLIÇÃO

ALUNO: Eugênio Henrique Leicht Neto

EXAMINADORES:

---

Coordenador do Mestrado Prof. Dr. Joaquim Teodoro Romão de Oliveira.

---

Professor Dr. Gentil Porto Filho.

---

Orientadora Professora Dr<sup>a</sup>. Maria da Graça de Vasconcelos Xavier Ferreira.

Defendida em: 25 de março de 2011.

## AGRADECIMENTOS

Durante o percurso do mestrado e a elaboração desta dissertação, muitas pessoas tiveram importante participação, de forma direta ou indireta. Agradeço, portanto à orientação amiga da professora Maria da Graça Ferreira sempre presente, incentivando e apresentando perspectivas que valorizaram o trabalho. Ao co-orientador, o professor José Orlando Vieira Filho, que tanto nos esclareceu sobre as peculiaridades da engenharia civil. Aos professores que durante o curso ajudaram-me a compreender melhor a engenharia civil. Também foram muito importantes as amizades criadas e os debates sempre estimulantes, visto a diversidade de profissionais de variadas formações que estiveram presentes durante o curso de mestrado..

Aos amigos e familiares, que sentiram pela minha ausência em encontros festivos, enquanto me dedicava ao mestrado, aguentando por vezes minhas variações de humor e preocupação com o trabalho.

A minha mãe, Elba Leicht, por ter sempre incentivado e apoiado as decisões que tomei na vida. A meu pai Henrique Leicht por seu incentivo crítico, a minha irmã Consuelo Leicht que além do apoio, participou diagramando esta dissertação, a meus sobrinhos João e Pedro pela diversão.

Aos amigos Tereza e Aleksy Taraziuk, por me emprestarem sua casa para que pudesse me isolar e produzir melhor o conteúdo da dissertação.

A minha esposa Márcia Surama, companheira e amiga, por ter me apoiado e incentivado durante mais este percurso de nossa vida.

E finalmente aos meus filhos, Filipe e Sofia, dos quais estive em alguns momentos distante, enquanto finalizava este trabalho, mais que são a razão de todo este esforço.

A todos: muito obrigado.

## SUMÁRIO

	<b>Lista das Figuras</b> .....	IV.
	<b>Lista dos Gráficos</b> .....	V.
	<b>Lista das Tabelas</b> .....	V.
	<b>Resumo</b> .....	VI.
	<b>Abstract</b> .....	VII.
1.	<b>Introdução</b> .....	001.
1.1.	Breve Histórico .....	001.
1.2.	Justificativa do Tema .....	004.
1.3.	Objetivos .....	006.
1.3.1.	Gerais .....	006.
1.3.2.	Específicos .....	006.
1.4.	Estrutura da Dissertação .....	007.
2.	<b>Revisão da Literatura</b> .....	009.
2.1.	Sustentabilidade .....	009.
2.1.1.	Histórico e Conceitos .....	009.
2.1.2.	Sustentabilidade na Arquitetura .....	016.
2.1.3.	Arquitetura Internacional e Sustentabilidade .....	021.
2.1.4.	Arquitetura Brasileira e Sustentabilidade .....	029.
2.1.5.	Etapas da Construção Civil e a Sustentabilidade .....	034.
3.	<b>Material e Método</b> .....	068.
4.	<b>Resultados e Discussões</b> .....	070.
5.	<b>Conclusão</b> .....	087.
6.	<b>Sugestões para Novas Pesquisas</b> .....	089.
	<b>Referências</b> .....	090.

## LISTA DAS FIGURAS

Figura 01 – Cavernas na Capadócia .....	001.
Figura 02 – Homem das Cavernas .....	001.
Figura 03 – Revolução Industrial .....	002.
Figura 04 – Vila Savoy – Arquitetura Moderna .....	003.
Figura 05 – Edifício Verde .....	019.
Figura 06 - Vista da Esplanada da Assembleia Nac. do País de Gales .....	022.
Figura 07 – Brises de Proteção .....	023.
Figura 08 – Maquete da Coberta .....	025.
Figura 09 – Vista Parcial Bedzeed .....	026.
Figura 10 – Jardins nas Coberturas .....	027.
Figura 11 – Vista do Pátio .....	027.
Figura 12 - Esquema do Sistema Elétrico e de Água .....	028.
Figura 13– Maquete Cenpes II .....	030.
Figura 14 – Maquete Edifício da Compesa .....	032.
Figura 15 – Qualidade e Sustentabilidade .....	035.
Figura 16 – Arquitetura Vernacular .....	038.
Figura 17 – Parede de Cobogó .....	042.
Figura 18 - Detalhe Cobogó .....	042.
Figura 19 – Luz Difusa Produzida por Brise .....	043.
Figura 20 – Varanda .....	043.
Figura 21 – Estrutura Pré-Moldada .....	045.
Figura 22 – Estrutura Convencional .....	045.
Figura 23 – Fachadas Envidraçadas .....	046.
Figura 24 – Perdas de Materiais de Construção .....	058.
Figura 25 – Entulhos em Via Pública .....	058.
Figura 26 – Produção de Kits em Mini Usinas .....	060.
Figura 27 - Forno Intermitente .....	065.
Figura 28 - Forno Túnel .....	065.
Figura 29 - Planta Baixa Pavimento Térreo .....	073.
Figura 30 - Planta Baixa Pavimento Superior .....	074.
Figura 31 - Detalhe Janela .....	077.
Figura 32 - Maquete Eletrônica Projeto.....	078.
Figura 33 - Maquete Eletrônica Projeto.....	079.
Figura 34 - Corte Transversal .....	080.
Figura 35 - Maquete Eletrônica do Projeto .....	085.

**LISTA DOS GRÁFICOS**

Gráfico 01- Consumo Energético na Europa .....	055.
------------------------------------------------	------

**LISTA DAS TABELAS**

Tabela 01 – Geração de Resíduos .....	059.
Tabela 02 - Áreas da casa .....	072.

## **Resumo**

A sustentabilidade como novo paradigma para as várias áreas da ciência e tecnologia é objeto de estudo do presente trabalho. Neste foram investigados os conceitos e o histórico referentes à sustentabilidade e sua repercussão na cadeia produtiva da construção civil, como deve ser a atuação dos profissionais envolvidos no processo, englobando desde o projeto arquitetônico até a demolição ou desmonte.

Foram colocados ainda exemplos de obras sustentáveis no exterior e no Brasil.

O autor acredita na sustentabilidade como um processo que requer o envolvimento de toda a sociedade, contribuindo para o diálogo entre os meios produtivos e o meio ambiente.

Nesse sentido buscou-se aplicar alguns conceitos de sustentabilidade relacionados com o processo construtivo e a vida útil do imóvel, propondo um projeto arquitetônico para uma residência na região metropolitana do Recife.

### **Palavras Chave**

**Sustentabilidade arquitetônica; casa ecológica; construção sustentável.**

## **ABSTRACT**

Sustainability as a new paradigm for the various areas of science and technology is the subject matter of this work. It investigates concepts and history related to sustainability and its impact on the construction supply chain, addressing the role of the professionals involved, covering from the architectural design to demolition or dismantling. Examples of sustainable construction in Brazil and abroad were placed. The author believes in sustainability as a process that requires the involvement of the whole society, contributing to the dialogue between the production and the environment. In this sense some concepts of sustainability-related construction process and property lifetime were applied proposing an architectural design for a residence in the metropolitan area of Recife.

### **Key words**

**Architectural sustainability, ecological house; sustainable construction.**

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Breve Histórico

A humanidade necessita de abrigo, e desde o início de sua história, o homem tenta dominar a natureza. Inicialmente abriga-se sob árvores e cavernas, depois utilizando-se dos recursos naturais disponíveis, rocha, madeira, os homens primitivos construíram suas casas.



Figura 01: Cavernas na Capadócio Turquia  
Fonte: [site.ciencia.hsw.uol/homem das cavernas 3.htm](http://site.ciencia.hsw.uol/homem-das-cavernas-3.htm)

As figuras 1 e 2 apresentam exemplos de cavernas utilizadas como abrigo por homens primitivos.

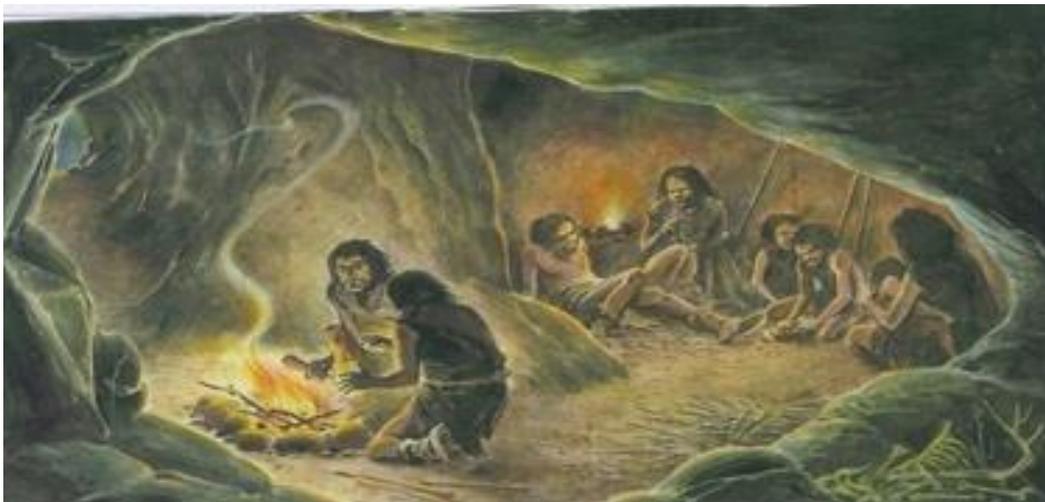


Figura 02 – Homem das cavernas.  
Fonte: [site www.ed.outeiro.rcts.pt/trabalhos2003\\_04 htm](http://site.www.ed.outeiro.rcts.pt/trabalhos2003_04.htm)

Em um segundo momento o homem passa a fabricar instrumentos que auxiliam em atividades mais complexas, pratica a agricultura, domestica animais e ocupa as mais diversas regiões do globo; em cada uma adapta-se ao clima transformando suas habitações conforme as necessidades impostas pelas adversidades locais.

Os hábitos de vida vão se modificando e a humanidade evolui e, juntamente com ela sua morada, que se diferencia para suprir novos hábitos e exigências.

A revolução industrial, (figura 03), é um destes momentos em que a humanidade experimentou muitas mudanças: a agricultura deixa de ser a principal atividade econômica e ocorrem modificações das relações políticas e sociais.

Houve migração de um enorme contingente de pessoas do campo para as cidades, que passaram a abrigar uma população cada vez mais em crescimento.



Figura 03 – Cidade industrial. / Fonte: site: [clio-esteio.blogspot.com/2009/10/revoluçã industrial.htm](http://clio-esteio.blogspot.com/2009/10/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial.htm).

Nesse período, com o advento da indústria, iniciou-se a necessidade cada vez maior do uso crescente de matéria prima; é o início da devastação dos recursos naturais pelo homem.

Também nessa época muitos produtos e equipamentos são desenvolvidos, o que auxilia na produção de novas construções, fazendo o homem transpor limites até então inimagináveis.

No início do século XX, o movimento moderno revoluciona as artes e a humanidade experimenta um novo estilo de vida.

Na arquitetura, Le Corbusier (1925), denomina a casa como a 'máquina de morar', e propõe o "international style", no qual o projeto de arquitetura seguiria padrões universais, independente da localização geográfica. O símbolo dessa concepção é a caixa de aço, concreto e vidro, como se observa na figura 04.



Figura 04: Vila Savoy – Le Corbusier. / Fonte: site [guia construir e reformar.com.br].

Com o tempo, as relações entre as nações tornaram-se mais complexas e tensas, cenário que propiciou os conflitos de proporções mundiais, 1ª e 2ª guerras.

Após a devastação ocorrida na Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos e outras nações entraram em um período de

industrialização intensa, juntamente com um grande aumento do uso de combustíveis fósseis.

A elevação da capacidade produtiva das indústrias da época criou a necessidade constante de aumentar a demanda por seus produtos, de modo a escoar a produção; como consequência, cresceu a demanda por matérias primas extraídas da natureza. O novo padrão de vida alcançado pelo consumidor levou determinados segmentos da sociedade a questionar os limites da atividade de consumo.

## **1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA**

Durante o exercício profissional da arquitetura, de início, lida-se, apenas, com a prática do projeto, na qual se busca, além de contemplar o interesse do cliente, a melhor adequação das edificações ao local de implantação. Para tanto, são observados condicionantes naturais, tais como: local de implantação, clima, posição dos ventos, insolação, entre outros; além de condicionantes relacionados com a construção em si, como, sistemas estruturais, materiais de acabamento, os prazos definidos no cronograma e custos previstos no orçamento para a finalização do empreendimento.

Posteriormente, no canteiro de obras, quando da execução dos projetos, surgem novos parâmetros a serem considerados, desta feita, relacionados à aplicação dos materiais construtivos.

Hoje, com a consciência ambiental ocupando o centro dos debates, novos conceitos ganham força como definidores dos projetos arquitetônicos.

A casa ambientalmente sustentável torna-se um compromisso que amplia a visão para as construções e determina outra relação com o meio ambiente, incluindo a redução dos consumos de energia, de matérias

primas, de materiais, da produção de resíduos, em todo o ciclo de vida da obra de engenharia civil (projeto, construção, pós-uso e demolição).

Com a mudança de paradigma, o autor do projeto de uma edificação deve entendê-la como mais um elemento ligado à vida do planeta e que precisa influenciar de forma positiva e decisiva na sustentabilidade.

Decisões tomadas durante a elaboração de um projeto devem convergir para esse objetivo. Por exemplo: opção por materiais cujo processo de produção dependa de menor quantidade de energia; ventilação e iluminação naturais, quando possível, obtendo assim conforto e melhor qualidade de vida para os ocupantes, além de baixo consumo de energia, etc.

O fato de ser um tema relativamente recente torna a bibliografia sobre “arquitetura ambientalmente sustentável” escassa e, na sua grande maioria, sobre projetos arquitetônicos de contextos bastante diferentes daqueles da região nordeste e, em particular, do Estado de Pernambuco.

Por tratar-se de uma abordagem multidisciplinar, boa parte dos textos traz enfoques diversos, necessitando seleção prévia dos temas de real interesse para a presente pesquisa.

Nesta perspectiva, este trabalho se propõe a investigar as alternativas aplicáveis para balizar a construção sustentável, apontando caminhos que justifiquem a sustentabilidade na habitação.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Gerais

Analisar os conceitos sobre arquitetura e construção sustentável, e conceitos pertinentes ao tema como qualidade, casa ambientalmente sustentável, *green building*; aplicação desses novos paradigmas e sua influência durante o ciclo de vida das edificações, desde projeto, passando pela construção, uso, até a sua demolição, ou, como hoje se pretende “desmonte”. Contribuir para adequar os profissionais envolvidos com a cadeia produtiva da construção civil, objetivando edificações mais eficientes com redução significativa de perdas, gerando menor impacto sobre o meio ambiente.

### 1.3.2 Específicos

- Revisar a bibliografia, tendo como meta analisar os conceitos pertinentes ao tema “arquitetura ambientalmente sustentável”, além dos relacionados diretamente com o processo construtivo e a demolição ou “desmonte”.
- Identificar os elementos construtivos característicos, usualmente utilizados para melhor adaptação da edificação à sua região, do ponto de vista de sustentabilidade.
- Articular os elementos arquitetônicos utilizados em épocas anteriores e os contemporâneos, no sentido de orientar projetos de construções ambientalmente sustentáveis, adequadas à região.
- Elaborar um projeto arquitetônico utilizando elementos que permitam conceituar a edificação como sustentável, considerando todas as etapas de vida de uma construção.

## 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No primeiro capítulo é apresentado um breve histórico de como as construções foram transformadas em conformidade com as necessidades e evolução da espécie humana. São expostos alguns conceitos relacionados com o desenvolvimento da arquitetura e como estes foram formulados, acompanhado os momentos históricos.

Neste capítulo ainda é colocada a justificativa do tema e os objetivos, gerais e específicos.

No segundo capítulo é desenvolvida a revisão de literatura. São expostos o histórico e os conceitos de sustentabilidade e outros pertinentes ao tema, as conferências e reuniões entre as mais diversas autoridades mundiais, cientistas, políticos, etc.; a dimensão criada em torno do tema, e a urgência em reverter os problemas ambientais existentes.

A abrangência multidisciplinar do tema sustentabilidade, será investigada dando enfoque na sua relação com o processo construtivo.

A sustentabilidade na arquitetura é um dos tópicos do segundo capítulo, em que a abrangência da sustentabilidade toma o enfoque requerido na dissertação.

Conceitos ligados à arquitetura são abordados como: permacultura, casa ecológica, *green building* e ecovilas.

Após a conceituação são apresentados exemplos de construções sustentáveis, tanto internacionais quanto nacionais.

Com um novo paradigma, a sustentabilidade, os profissionais ligados à cadeia produtiva da construção civil têm como desafio aplicar, de forma eficiente, os conceitos de sustentabilidade para que estes contribuam para otimizar a construção e para prolongar a vida útil do imóvel. Este tema é abordado no final do capítulo dois.

No capítulo três são abordados o material e o método utilizados para se fazer a dissertação.

Os resultados e as discussões são abordados no capítulo quatro. Nesse capítulo também é apresentado o projeto para uma residência unifamiliar, com foco em como podemos aplicar a sustentabilidade em um

projeto para uma residência unifamiliar, situada na região metropolitana do Recife, e como este projeto pode contribuir para sustentabilidade no decorrer da vida útil deste imóvel, proporcionando qualidade de vida aos seus ocupantes.

O capítulo cinco traz as conclusões do autor,

Finalizando, são apresentadas as referências bibliográficas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 SUSTENTABILIDADE

#### 2.1.1 Histórico e Conceitos

Sustentabilidade tem sido conceituada recentemente. Surgiu inicialmente relacionada com as questões concernentes ao meio-ambiente e o esgotamento dos recursos naturais não renováveis, crescendo nas últimas décadas em escala e importância política.

O dicionário Aurélio (2009) diz que sustentar “*é a qualidade de manter constante ou estável, algo que podemos desenvolver por um longo período*”.

Segundo Roaf et al (2006; pg. 11).

Foi na década de 1970, com a crise do petróleo, “quando o preço do combustível fóssil elevou-se enormemente, que os ‘futurologistas’ começaram a olhar a história dos combustíveis fósseis no planeta e a calcular quanto petróleo e gás restavam”.

Neste cenário é que vem à tona a preocupação com o uso descontrolado dos recursos naturais não renováveis. Essa preocupação já era sentida e discutida por grupos da sociedade formados por intelectuais que estudavam conjuntos de assuntos relacionados à política, à economia internacional, ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, entre os quais se destaca o Clube de Roma, fundado em 1968.

Em 1972 o Clube de Roma, publica um relatório intitulado “Os limites do crescimento”. Utilizando modelos matemáticos, os estudos concluíram que o Planeta Terra não suportaria mais o crescimento populacional devido à pressão sobre os recursos naturais e energéticos, mesmo considerando os avanços das tecnologias.

A primeira vez que a comunidade internacional se reuniu para discutir o meio ambiente global e as necessidades de desenvolvimento foi em Estocolmo em 1972. Esta Conferência levou à criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a uma maior compreensão da necessidade de direcionar o modo como olhar para o meio ambiente. Ela uniu, pela primeira vez, em um grande evento internacional, países industrializados e em desenvolvimento e iniciou uma série de Conferências da ONU, que viriam a tratar de áreas específicas, como alimentação, moradia, população, direitos humanos, mulheres.

“A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, foi um marco importante e muito se progrediu em termos de conscientização nos anos que se seguiram à sua realização. A Conferência enfatizou a urgente necessidade de se criarem novos instrumentos que tratassem das questões que afetavam o planeta, mas não questionou o modelo de desenvolvimento até então adotado, sendo a preocupação ainda centrada no fato de que recursos naturais finitos impediriam o desenvolvimento, visto como crescimento da renda per capita.” ( OLIVEIRA; 2008: p. 04).

Na década seguinte (1980), cientistas alertam para as mudanças climáticas. “Foi quando as taxas de redução da camada de ozônio e o aumento dos gases que geram o efeito estufa e as advertências mundiais tornaram-se aparentes” (ROAF; FUENTES; THOMAS; 2006: p. 15).

A partir dessa década, organismos internacionais como a (ONU) Organização das Nações Unidas, promovem encontros buscando alternativas para reverter o processo de degradação ambiental, efeito estufa e outras formas de conseguir o desenvolvimento econômico respeitando a diversidade ambiental do planeta, cuidando para não esgotar os recursos naturais existentes.

“No final dos anos oitenta, a atenção internacional se concentrava numa iminente crise ambiental global. O meio ambiente estava na agenda de líderes políticos, cientistas, ambientalistas e da mídia ao redor do mundo. Questões como os custos invisíveis do desenvolvimento ganhavam peso nos discursos desenvolvimentistas. Havia sinais de

uma crescente percepção das relações entre pobreza e degradação ambiental e de que o desenvolvimento vinha na verdade agravando os problemas que deveria solucionar, ou seja a pobreza e o subdesenvolvimento”. (OLIVEIRA; 2008: p. 04).

“O Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) estimou que, só em 1978, mais de 12 milhões de crianças com menos de cinco anos morreram de fome”. (BRANDT et al.: 1980).

Em 1987 foi elaborado pela comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento da ONU, abordando questões referentes ao meio ambiente e o desenvolvimento econômico, um documento intitulado “Nosso futuro comum”, também conhecido como “Relatório Brundtland”, uma referência à primeira ministra da Noruega, Gro Halem Brundtland, que chefiou a comissão. Nele, Desenvolvimento Sustentável (esta definição havia sido usada anteriormente em 1980 no documento denominado, “*World Conservation Strategy*”), é definido como: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. O relatório aponta a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes à época. Afirma a necessidade da manutenção do estoque de capital natural - florestas, solo, água. A ideia é proporcionar igualdade entre gerações: as futuras gerações teriam acesso a aproximadamente a mesma quantidade de recursos naturais das gerações anteriores. “O objetivo do caráter sustentável do desenvolvimento econômico é assegurar o bem estar de futuras gerações garantindo-lhes um estoque básico de recursos naturais”. (OLIVEIRA; 2008: p. 04).

O relatório Brundtland apresentou estratégias de desenvolvimento sustentável, propondo como condição necessária à erradicação da pobreza, a retomada do crescimento econômico com qualidade, buscando

um modelo mais justo. O objetivo era satisfazer necessidades básicas mantendo uma base populacional sustentável, procurando ampliar a base de recursos naturais; buscando integrar a questão ambiental ao planejamento econômico, enfatizando a necessidade de cooperação internacional, com vistas a reduzir as diferenças entre os países ricos e os pobres.

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no ano de 1992, no Rio de Janeiro, tomou como base as recomendações e realizações da Comissão Brundtland, na busca de respostas aos crescentes problemas ambientais, formando acordos importantes sobre Biodiversidade, Mudanças Climáticas e Desmatamento. A CNUMAD, também denominada Cúpula da Terra, ficou mais conhecida como Rio 92 ou Eco 92.

“Durante a CNUMAD, ficaram claras as diferenças fundamentais em termos de prioridades entre países do Norte e do Sul: Enquanto os países do Norte insistiam na sustentabilidade ecológica, os países do Sul demandavam seu direito ao desenvolvimento. Esse conflito impôs sérias dificuldades aos acordos fechados naquela Conferência”. (OLIVEIRA; 2008: p. 04 ).

A CNUMAD teve como resultado os seguintes documentos oficiais: A Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Convenção sobre Mudanças Climáticas, a Declaração de Princípios sobre Florestas, a Convenção sobre a Biodiversidade e a Agenda 21.

A Agenda 21 aponta para a necessidade de estabelecer um compromisso de cada país participante a refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais. Nesse sentido, fica sob a responsabilidade de cada país assinante desenvolver a sua Agenda 21. No Brasil as discussões foram coordenadas pela Comissão de

Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (CPDS).

*“A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica”. ([WWW.mma.gov.br](http://WWW.mma.gov.br) - Ministério do Meio Ambiente).*

O Brasil assume como ações prioritárias da Agenda 21 os programas de inclusão social (com o acesso de toda a população à educação, saúde e distribuição de renda), a sustentabilidade urbana e rural, a preservação dos recursos naturais e a ética política para o planejamento rumo ao desenvolvimento sustentável. Entre as ações propostas, destacam-se, por sua importância para a viabilização da agenda, o planejamento de sistemas de produção e consumo sustentáveis contra a cultura do desperdício.

A Agenda 21 brasileira resultou de processo de consultas e audiências públicas, de apresentação de propostas e estudos que envolveram mais de 40.000 pessoas entre 1998 e 2002. Mais de 690 municípios brasileiros, segundo o Ministério do Meio Ambiente, têm Agendas 21 locais como base para a promoção do seu desenvolvimento sustentável.

Alguns ajustes e revisões à Agenda 21 ocorreram no decorrer da sua implantação. Merecem menção, entre outras, a agenda complementar “metas do desenvolvimento do milênio” (*Millenium development goals*), que traz novas orientações, com ênfase particular nas políticas de globalização e na erradicação da pobreza e da fome.

Em 1997 na cidade de Kioto no Japão, líderes mundiais e comunidade científica, preocupados em conter o aquecimento global, fenômeno provocado pelo aumento do efeito estufa, consequência da grande quantidade de gases emitidos pelas atividades industriais,

desmatamento, automóveis, entre outros, reuniram-se para discutir alternativas que revertesse o problema ambiental.

Como resultado é proposto um tratado internacional, conhecido como o **Protocolo de Kioto**, no qual os países signatários se comprometem a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2% até o ano de 2012. Porém países importantes emissores de gases como Estados Unidos da América (EUA), Japão e Austrália não o ratificaram.

O protocolo recomenda a colaboração entre as nações envolvidas e apresenta algumas ações básicas:

- reformar os setores de energia e transportes;
- promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção;
- limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos;
- proteger florestas e outros sumidouros de carbono.

Treze anos após a ratificação do protocolo de Kioto, não há consenso entre autoridades de organismos internacionais e especialistas em mudanças climáticas sobre a efetividade dos mecanismos na redução das emissões de gases do efeito estufa.

A avaliação de Hans Jürgen Stehr, presidente do Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), sugere que o balanço do desenvolvimento do mecanismo é positivo, mas é necessário buscar novas alternativas para o MDL.

Stehr defende que o mecanismo [“permite a emissão de RCEs, que contribuem para a redução das emissões e, portanto, para o desenvolvimento global. Chama a atenção, porém, que cabe aos países que hospedam essas iniciativas – nações em desenvolvimento, como

Brasil e China responderem sobre a efetividade do MDL em relação ao desenvolvimento sustentável”. (AZEVEDO; 2009)].

Outros participantes da conferência mesmo admitindo a importância do protocolo chamam a atenção para alguns pontos que devem ser analisados. Na avaliação do pesquisador do Instituto de Estudos Avançados da USP – Universidade de São Paulo e ex-membro do Comitê Executivo do MDL, Gylvan Meira, aprofundar a redução de emissões por meio do MDL é uma opção política. “É um mecanismo de mercado, o governo é quem o induz através de impostos ou empréstimos”. (AZEVEDO; 2009).

O representante da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), Brice Lalonde, ressalta que o acordo estimulou a criação de uma governança global para enfrentar os problemas das mudanças climáticas.

A análise de Israel Klabin, presidente da Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável, considera que “os mecanismos estabelecidos pelo protocolo são diminutos. O MDL, por exemplo, deve responder por somente 1% da redução de emissões”. Prevê, ainda, que “o aprofundamento das questões relacionadas ao futuro das emissões após o primeiro período do compromisso de Kyoto terá foco nas florestas e na revisão das matrizes energéticas”. (AZEVEDO; 2009).

Por outro lado, números da diminuição de gases de efeito estufa ocorridos na União Europeia sinalizam que o velho continente não só alcançou as metas pré-estabelecidas, como estas serão ultrapassadas.

“A Comissão Europeia está otimista e calcula que o valor total de redução das emissões de CO<sub>2</sub> nos 27 em 2009 atinja os 13,1%, um valor bastante superior aos 8% fixados no Protocolo de Quioto. “Estas projeções consolidam ainda mais a liderança europeia no cumprimento dos compromissos internacionais de combate às alterações climáticas”, afirmou em Bruxelas o comissário europeu responsável pelo Ambiente, Stavros Dimas.” (AZEVEDO; 2009).

Apesar de o consenso não existir, de modo geral o Protocolo de Kioto é um marco que apresenta avanços e mobilizou, mesmo com sérios entraves relacionados com os meios de produção atuais, a comunidade internacional em prol da redução das emissões de gases do efeito estufa.

Em 1997, a ONU realizou uma sessão especial da Assembleia Geral das Nações Unidas, conhecida como Rio+5, cujo objetivo foi avaliar a implementação da agenda 21, aprovada cinco anos antes, na ECO – 92. Foram identificadas lacunas, particularmente relacionadas às dificuldades em alcançar a equidade social e reduzir a pobreza, problemas comuns em muitos países em desenvolvimento.

Rio+10, Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2002, em Johannesburgo na África do Sul. A conferência não teve como propósito adotar novos compromissos, e sim fazer uma profunda avaliação dos avanços e dos entraves ocorridos na implementação dos compromissos assumidos em 1992, portanto, identificar medidas que pudessem ser tomadas com o objetivo de viabilizar a realização dos compromissos.

Com a finalidade de suprir com informações objetivas sobre mudanças climáticas, suas prováveis consequências ambientais e socioeconômicas e as opções de adaptação e diminuição de seus efeitos, gestores públicos, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o PNUMA, criaram o Painel Intergovernamental sobre mudanças Climáticas (IPCC), em 1988.

O painel funciona como fonte de informações para os governos e instituições interessadas.

### **2.1.2 Sustentabilidade na Arquitetura.**

As conferências não tratam especificamente de arquitetura ou construção, mas do meio ambiente humano, as cidades, trazendo preocupações relacionadas com o crescimento desordenado, através do qual são criadas áreas miseráveis e onde os espaços naturais tendem a

minguar. É através dos diálogos ocorridos nelas que novos paradigmas são traçados, possibilitando que os temas sejam tratados de forma mais específica pelas diversas áreas do conhecimento.

Com toda essa mobilização é compreensível que segmentos da sociedade tentem incorporar, nos dias atuais, o conceito de sustentabilidade às mais variadas áreas da ciência e da tecnologia; faz parte das agendas políticas, mudando o paradigma da relação entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

A sustentabilidade assume uma dimensão mais ampla, exige compromisso, com melhoria da qualidade de vida das pessoas, respeito às diversidades e ao meio ambiente.

Sustentabilidade tem um caráter de continuidade, busca por qualidade de vida e manutenção da mesma.

A arquitetura entra no debate sobre sustentabilidade com importância especialmente significativa, pois é responsável pelo planejamento de obras ambientalmente onerosas, ou seja:

“cidades, suas construções, atividades, serviços e transportes, consomem mais de 50% das fontes mundiais de energia disponíveis, além de serem geradoras de grande parte da emissão de gases responsáveis pela mudança climática e serem consumidores vorazes de matéria-prima”. (Nakamura; 2006: p. 42).

Portanto, o conceito de sustentabilidade vem sim influenciando a arquitetura, com obras baseadas na relação da construção com o meio ambiente; este tipo de relação varia dependendo do grau de interação que o arquiteto deseja imprimir ao projeto. Construções bioclimáticas, arquitetura sustentável, ecovilas, “green buildings”, permacultura, casa ecológica, empreendimentos verdes são temas bastante discutidos hoje. A seguir alguns conceitos relacionados à arquitetura e construção sustentáveis:

**Permacultura:**

Desenvolvida na década de 70, pelos australianos Bill Mollison e David Holgren, são sistemas, técnicas e conceitos de “cultura permanente”. Considerada um conjunto de conhecimentos, saberes interdisciplinares e multifuncionais. Esta forma de visão de arquitetura valoriza a percepção socioeconômica e ambiental, fazendo uso de propostas simples e sustentáveis, desenvolvendo tecnologias para as mais diversas áreas. A permacultura busca integrar atividades humanas produtivas, respeitando os ecossistemas, desenvolvendo metodologias e práticas de sustentabilidade.

Segundo Mollison (1991),

“A Permacultura é baseada na observação de sistemas naturais, (...) na sabedoria contida em sistemas produtivos tradicionais e no conhecimento moderno, científico e tecnológico. Embora baseada em modelos ecológicos positivos, a Permacultura cria uma ecologia cultivada, que é projetada para produzir mais alimentação humana e animal do que seria encontrado naturalmente”. (MOLLISON; 1991, p.3).

**Casa ecológica:**

Refere-se à construção que valoriza a integração com o meio ambiente, buscando utilizar recursos naturais locais, com mínima produção de resíduos e degradação do meio ambiente, de forma intuitiva e criativa utiliza-se de técnicas e materiais que envolvam produção industrial com menor consumo de energia. Promove longevidade da construção e qualidade de vida aos habitantes.

Para Alvarez, et al (2001) o conceito de casa ecológica,

“Passa, necessariamente, pela adoção de critérios coerentes com a política de gerenciamento ambiental, quer seja na escolha dos materiais construtivos, como nas técnicas de aproveitamento dos condicionantes naturais (sol e vento), no tratamento dos resíduos oriundos do uso (p. ex. esgoto) e na busca de racionalização e eficiência energética”.

**Green building (Edifício Verde):**

Construções que fazem uso de fontes alternativas de energia, procurando minimizar a emissão de poluentes, utilizando-se de materiais recicláveis, assim como da maximização da iluminação natural, preservando áreas verdes e promovendo boa qualidade do ar em seu interior, além de outras características.

“O conceito Green Building surgiu da crescente preocupação com o grande consumo de insumos naturais, como energia e água, além do impacto das edificações no contexto das grandes cidades. Um edifício ecologicamente correto, segundo World Business Council for Sustainable Development – WBCSD, é aquele que consegue estar em harmonia com o meio ambiente, afetando o mínimo possível o equilíbrio ecológico, garantindo, ao mesmo tempo, um desempenho operacional compatível com as expectativas, gerando benefícios no custo total do empreendimento, além de agregar valor ao produto edificação”. (Lannes e Farias; 2004).



Figura 05, Edifício onde a preocupação com o verde é evidente logo na fachada. Fonte: [residing\\_green\\_building\\_editada\\_1](#).

**Lean Construction**, ou construção enxuta, é um conceito de construção baseado na eficiência, qualidade de gestão e manutenção da edificação, resultando em um produto de qualidade superior para o mercado consumidor.

### **Ecovilas:**

“Comunidades baseadas em um modelo ecológico que focaliza a integração das questões culturais e socioeconômicas como parte de um processo de crescimento compartilhado. As ecovilas existentes no mundo possuem, em geral, entre 20 e 3 mil pessoas e normalmente são gerenciadas por um conselho responsável pela gestão participativa e a tomada de decisões.” (NAKAMURA; 2006 – p. 47).

Cada um dos conceitos apresentados busca um novo paradigma para a construção civil, enfocando em proporção diferente a forma de relacionar-se com a sustentabilidade ambiental, agregando, inclusive, conceitos pertinentes a outras áreas da ciência e tecnologia, como sustentabilidade cultural, socioeconômica...

“Combinando filosofias, técnicas e tecnologias presentes em cada um dos conceitos, na formação de uma corrente de pensamento, práticas de produção e utilização de bens e recursos, contribuindo para o aumento da competitividade no setor e conseqüentemente para a qualidade e o desempenho do produto final”. (LANNES; FARIAS; 2004: p.651).

A permacultura e as ecovilas, por exemplo, procuram criar um estilo de vida diferenciado para os que nelas habitarão com um contato direto com a natureza, minimizando grandemente as interferências no meio ambiente, integrando os conceitos relacionados à sustentabilidade.

Enquanto a permacultura busca uma relação mais estreita com a natureza, utilizando-se de conhecimentos antigos relacionados com a forma de lidar com o meio natural e dele conseguir os recursos necessários para manutenção da qualidade de vida pretendida, as ecovilas

são integradas a conceitos e preocupações com aspectos culturais e socioeconômicos.

Outro conceito que pode ser abordado é o de casa ecológica, cuja escala de trabalho difere da utilizada em ecovilas e em conjuntos habitacionais, nos quais a dimensão é urbana, são destinados a várias famílias; multifamiliar. Naquele se consideram os parâmetros relacionados a construção da unidade habitacional, construção unifamiliar, implantação da construção no terreno, observação dos ventos para melhor aproveitamento com relação à ventilação passiva, iluminação natural e inserção no sítio. São considerados, ainda, alguns condicionantes relativos a ecovilas como: o respeito à cultura local e realidade econômica, porém de forma mais pontual.

*Green building* é um conceito que busca a otimização dos recursos naturais aproximando-se dos recursos tecnológicos existentes.

O arquiteto, sendo o profissional responsável pela criação da obra, precisa, desde o início, observar os principais condicionantes, ter conhecimento dos conceitos e saber utilizar-se do mais adequado para cada situação, além de ser responsável por tomar decisões que refletirão por toda a vida útil do empreendimento.

É importante, portanto, que os outros profissionais ligados à construção civil também conheçam os conceitos relacionados à sustentabilidade, contribuindo cada qual em suas áreas específicas na definição dos rumos do planejamento e no transcorrer da construção.

### **2.1.3. Arquitetura Internacional e Sustentabilidade**

Serão apresentados dois exemplos de construções onde foram aplicados, em diversas dimensões, conceitos de sustentabilidade. Um empreendimento público, a Assembleia Nacional do País de Gales e o condomínio Bed Zed na Inglaterra.

## **Assembleia Nacional do País de Gales**

(Construção de 2003 a 2005).

O projeto para a Nova Assembleia Nacional do País de Gales foi escolhido através de um concurso, vencido pelo arquiteto Richard Rogers.

O arquiteto buscou expressar na arquitetura valores democráticos e incorporar conceitos de sustentabilidade.

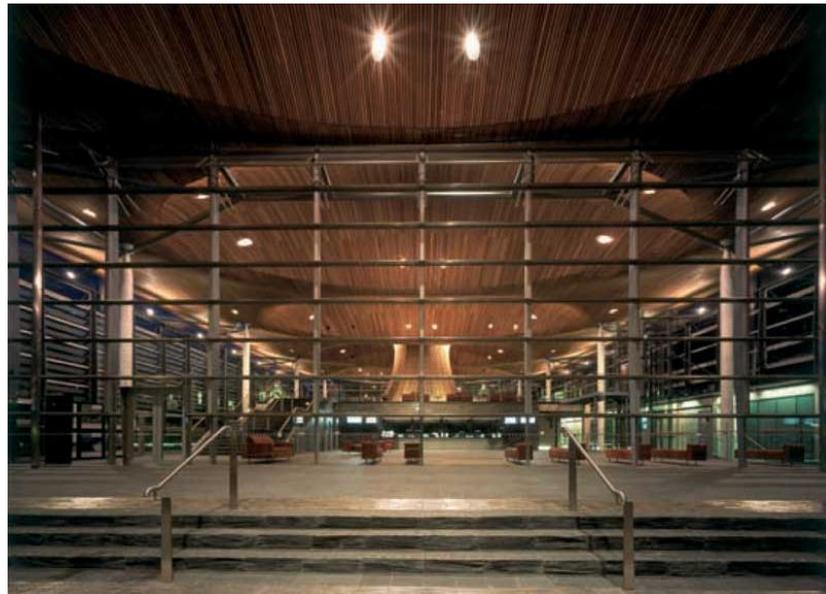


Figura 06: vista da esplanada de acesso à Assembleia Nacional do País de Gales. / Fonte: ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_20071/sustentabilidade/ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).

“O partido do projeto é a transparência e o acesso ao público; dessa maneira o arquiteto explora a interação da população com o plenário, motivando-a a assistir, do alto, os debates ficando assim mais a par das questões parlamentares.(...) ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_20071/sustentabilidade/ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).

Tem destaque um elemento arquitetônico de forma cônica focando o centro da sala da assembleia. Este finaliza em uma chaminé aerodinâmica com função de ventilar e iluminar.

Outras medidas tomadas para explorar esses elementos naturais foram aberturas feitas na cobertura e pátios internos com jardins, que possibilitam a entrada de ar.

Houve ainda a preocupação com a utilização de materiais locais, (...) duráveis e de manutenção fácil, reforçando assim suas medidas sustentáveis; isso gerou aspectos positivos na cidade de Gales, já que 36% do valor

da construção foi investido em materiais e mão-de-obra galeses”. ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_20071/sustentabilidade/ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).

A preocupação do arquiteto foi reunir arquitetura, tecnologia e preocupação com o meio ambiente, a interação de sistemas passivos e ativos de climatização e iluminação é possível com o uso de automação predial.

“A iluminação artificial complementa a natural, além de valorizar o espaço e a obra arquitetônica.(...)”

A fachada nordeste possui brises horizontais translúcidos já que tem a maior incidência de luz solar, se comparada à sudeste, que conta com o prolongamento da cobertura para proteção. Outro fator que ajudou a definir a incidência de luz em cada fachada foi a disposição dos espaços e funções.

Mesmo com as proteções, há incidência de luz no prédio, criando áreas ensolaradas e sombreadas; isso o torna acolhedor, acessível e com uma qualidade ambiental diferenciada para o uso público.” ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_20071/sustentabilidade/ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).



Figura 07: vista dos brises de proteção. Fonte: ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_20071/sustentabilidade/ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).

Foram colocados os espaços que necessitam de maior refrigeração na base como estratégia para proporcionar ventilação natural e conservar a temperatura.

Para incrementar o uso de iluminação natural no interior do edifício foram usados alguns artifícios:

- Um elemento com forma cônica revestido com alumínio para refletir a luz natural além de outros cones espelhados que a direcionam para o interior da sala.

- Nos escritórios a solução adotada foi o uso de elementos zenitais que auxiliam tanto na função de ventilação (com proteção contra ruídos externos) como na iluminação, refletindo a luz natural.
- A entrada de luz é feita por aberturas retangulares acopladas a um protetor translúcido, transmitindo luz difusa para o interior.

“Estudo realizado para saber a influência do vento  
Para o aquecimento ou resfriamento da construção utilizou-se o conceito geotérmico, que respeita a temperatura constante do solo, de entre 54 °C e 56 °C durante todo o ano. Orifícios de 90 m de profundidade foram escavados para a passagem de tubos de plástico que conduzem água. A água volta para o edifício na temperatura do solo e circula por uma bomba de aquecimento que, no verão, joga mais energia térmica na água, aquecendo-a, e, no inverno, extrai dela energia para esquentar os ambientes. Os custos desse sistema podem ser recuperados em cinco ou seis anos graças à economia de eletricidade ou de gás.

Todas essas medidas adotadas reforçam a intenção do governo local de tornar esse edifício como referência de uma arquitetura consciente com as questões ambientais e energéticas.” ([http:// www.arq.ufsc.br/ arq5661/ trabalhos\\_20071/ sustentabilidade/ ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).

Um elemento arquitetônico bastante expressivo é a cobertura que foi projetada para auxiliar nas funções de iluminação e ventilação.

Ela também promove o aproveitamento da água da chuva, devido a sua extensa superfície. São armazenados 100 m<sup>3</sup> de água, que abastecem os lavatórios, bacias e serve para manutenção dos jardins e do edifício.



Figura 08: Maquete da cobertura. Fonte: ([http:// www.arq. ufsc.br/ arq5661/ trabalhos\\_20071/ sustentabilidade/ ble4. htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_20071/sustentabilidade/ble4.htm)).

“O aspecto formal não tem só apelo estético, as estruturas elípticas ajudam na ventilação e iluminação natural, evidentes na chaminé aerodinâmica que se eleva pelo lado de fora da cobertura, se comunicando com o interior, por ser rotativo permite a captação de ventos de todas as direções, o projeto foi ensaiado em túnel de vento e desenhado para obter o máximo desempenho.

A base da chaminé foi fechada com painéis de vidro duplo para permitir a luminosidade, mas bloquear o calor. ([http://www.arq.ufsc.br/ arq5661/ trabalhos\\_2007-1 / sustentabilidade/ ble4.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007-1/sustentabilidade/ble4.htm)).

### **Condomínio Residencial BedZED**

Identificado de longe pelas chaminés coloridas, o condomínio residencial BedZed, localizado na Inglaterra, e projetado pelo arquiteto Bill Dunster, foi além das especulações ambientais. Tem como elementos principais o baixo consumo de energia e de água, buscando auto-sustentabilidade.

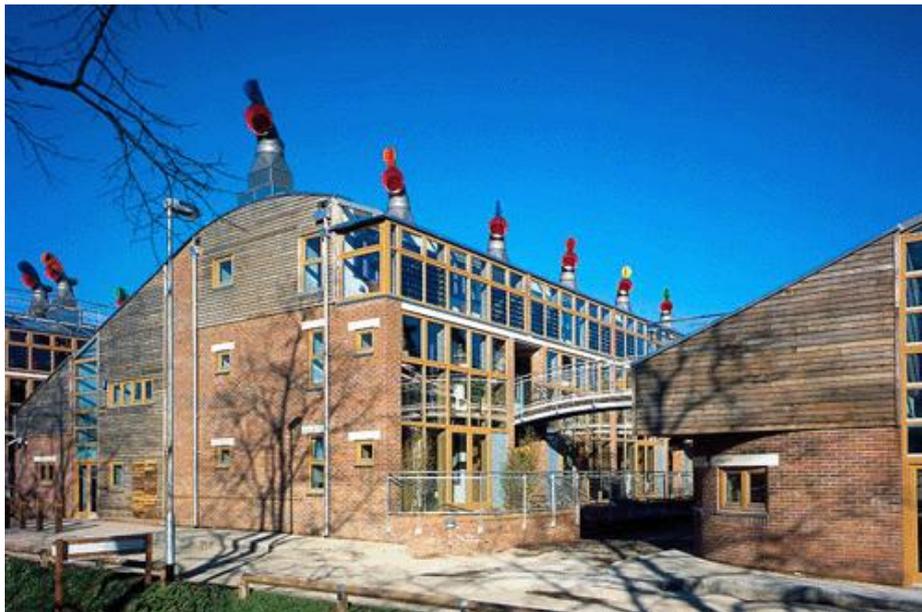


Figura 09: vista parcial do conjunto BedZed. / Fonte: ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2007/1/sustentabilidade/hh.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007/1/sustentabilidade/hh.htm)).

Para tanto, o projeto previu:

- energia consumida é produzida no próprio condomínio;
- 50 % da água é purificada e reutilizada;
- melhor ocupação dos terrenos pela compactação de áreas com uma elevada densidade demográfica, minorando o uso do solo natural;

- Valorização das áreas verdes. Cada unidade residencial possui um jardim ao ar livre, instalado na cobertura dos escritórios. Há também o telhado verde, com plantações de gramíneas, o qual atrai os pássaros proporcionando continuidade ao ecossistema, ajudando a diminuir as enchentes urbanas, pois retém a água da chuva em seu substrato; reduz também o calor urbano e é responsável pelo conforto térmico. O grande poder de insolação térmica no inverno e arrefecimento por evapo-transpiração das plantas no verão, diminui sensivelmente os gastos com energia para aquecimento e resfriamento dos ambientes, além do isolamento acústico.



Figura 10: vista dos jardins instalados na cobertura das casas.  
Fonte:([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2007/1/sustentabilidade/hh.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007/1/sustentabilidade/hh.htm)).

O projeto exige uma mudança no estilo de vida pois de nada adiantaria uma arquitetura com soluções sofisticadas para diminuir o gasto de energia e aumentar a auto-sustentabilidade no condomínio se os moradores não tivessem uma consciência ambiental; os carros quando usados são movidos a energia elétrica, produzidas pelas placas fotovoltaicas existentes nas residências.



Figura 11: vista do pátio interno do conjunto. / Fonte:([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2007/1/sustentabilidade/hh.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007/1/sustentabilidade/hh.htm)).

“A integração das casas e escritórios permitiu uma redução nos custos de construção e também de energia.

As residências voltadas para o sul têm incidência de luz o dia todo, pois o design diagonal da face norte impede que haja sombra na face sul. No entanto, o Sol na face sul não é intenso; proteções contra a insolação não foram necessários.

As paredes contribuem com o isolamento térmico, constituídas por uma parte de blocos de concreto de alta densidade, mais 300 mm de lã mineral, com fechamento em blocos cerâmicos.

As chaminés que se tornaram marco do projeto têm uma função muito além da estética; o sistema de ventilação eólica permite que o ar seja renovado uma vez que giram de acordo com o vento”. ([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2007/1/sustentabilidade/hh.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007/1/sustentabilidade/hh.htm)).

Os conceitos de sustentabilidade foram levados em consideração desde o início do projeto, a começar pelos materiais utilizados; analisou-se a vida útil, potencial de reciclabilidade e o fato de serem ecologicamente corretos.

“Todas as madeiras foram reutilizadas ou vieram de reflorestamento; os materiais da região ganharam prioridade e foram valorizados: o carvalho, por exemplo, e os tijolinhos que revestem as fachadas.

A mão de obra foi da região, gerando empregos e fortalecendo a economia local.

No caso do alumínio a durabilidade foi que contribuiu para a escolha, já que o material possui energia embutida na fabricação, ele protege as partes mais expostas da edificação”.

([http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2007/1/sustentabilidade/hh.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2007/1/sustentabilidade/hh.htm)).

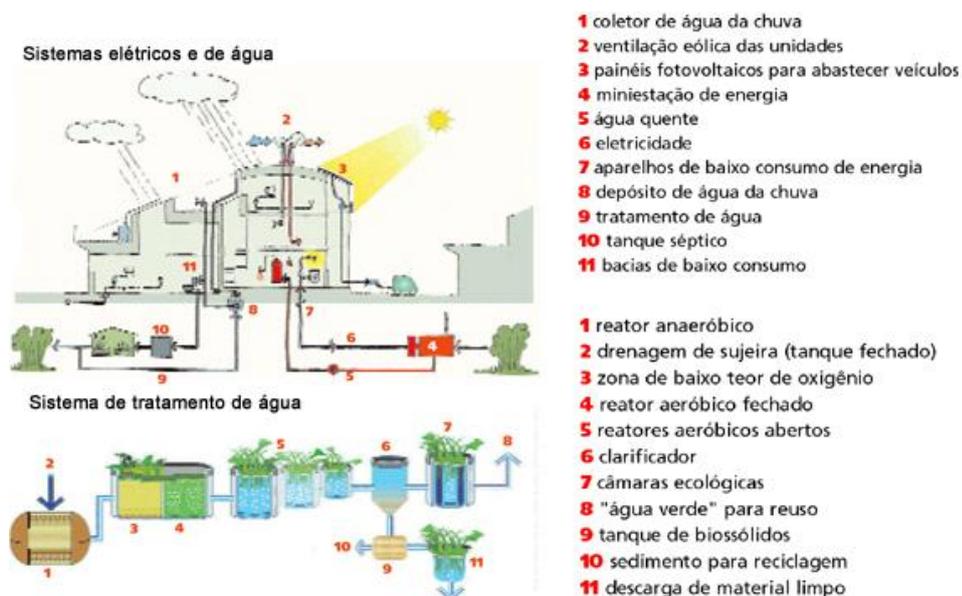


Figura 12 : esquema de captação e tratamento de água.

“Há um tratamento especial para as águas do condomínio; bacias sanitárias, dutos de irrigação e máquinas de lavar usam água da chuva, captadas por tubos que ficam no topo da edificação que após serem filtradas são armazenadas em cisternas no subsolo.

Há também o tratamento para as águas negras, esgoto. São sete tanques com jardins hidropônicos no topo; ali os microorganismos vão proliferar e limpar a água. O primeiro tanque tira o odor; do segundo ao quinto são abertos e cobertos por plantas; o sexto tem a função de clarear a água e no sétimo ocorre nova filtragem. Essa água é utilizada para irrigação de plantas e também nos vasos sanitários.

O BedZed prova que medidas incorporadas ao dia a dia e também no hábito projetual do arquiteto contribuem para um futuro melhor do planeta. A sustentabilidade é complexa e vai além de onde o arquiteto pode chegar, mas exemplos como o desse condomínio é um incentivo para que a arquitetura funcione com novos paradigmas”. ([http://www.arq.ufsc.br/arg5661/trabalhos\\_2007/1/sustentabilidade/hh.htm](http://www.arq.ufsc.br/arg5661/trabalhos_2007/1/sustentabilidade/hh.htm))

#### **2.1.4 Arquitetura Brasileira e Sustentabilidade:**

No Brasil, como no resto do mundo, cada vez mais a preocupação com as mudanças climáticas, o uso consciente dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental ganha mais interesse nos debates entre os estudiosos do tema e na sociedade em geral. Estes debates alcançaram uma dimensão mundial através de ferramentas de comunicação como a internet.

Assim, num mundo globalizado, com trocas de informações constantes entre pessoas das mais diversas partes, a preocupação com a identidade local, também ganha sua importância. Cada um deseja se diferenciar dentro da aldeia global e mostrar ao resto do mundo sua cultura.

Projetos diversos são implementados, desde pequenas casas até grandes edifícios, incluindo materiais desenvolvidos visando a atender a nova demanda por produtos ecologicamente corretos.

Outro condicionante importante é o custo. Para que o projeto se adéque, de alguma forma às necessidades ambientais, não terá, necessariamente, um custo elevado. Há desde uma simples cisterna para armazenar água da chuva até o uso de células fotovoltaicas para produção de energia elétrica convertida da captação da energia solar. O que é relevante é a contribuição individual e coletiva dada no sentido de somar as experiências vivenciadas de forma a possibilitar a minimização dos problemas ambientais atuais e prevenir futuros.

São exemplos de arquitetura sustentável no Brasil

### **CENPES II - O novo centro de pesquisas da Petrobras Rio de Janeiro.**



Figura 13: Maquete CENPES II / Fonte: Gonçalves e Duarte; 2008.

O edifício do CENPES II da Petrobrás é um bom exemplo de edifício com preocupação com sustentabilidade; o edital do concurso para escolha do projeto arquitetônico exigia o mínimo de impacto ambiental.

Localizado no terreno próximo ao CENPES I, na ilha Universitária, na baía de Guanabara, Rio de Janeiro.

**“ Premissas do projeto:**

1. orientação solar adequada
2. forma arquitetônica: adequada aos condicionantes climáticos locais e padrão de uso para a minimização da carga térmica interna
3. material construtivo das superfícies opacas e transparentes: termicamente eficiente
4. superfícies envidraçadas: taxa de WWR (*window wall ratio*) adequada às condições de conforto térmico e luminoso internos
5. proteções Solares Externas: Adequadas às fachadas
6. ventilação Natural: Aproveitamento adequado dos ventos para resfriamento e renovação do ar interno
7. aproveitamento da Luz Natural
8. uso da vegetação
9. sistemas para uso racional de água e reuso
10. materiais de baixo impacto ambiental: dentro do conceito de desenvolvimento sustentável

Fases de desenvolvimento do projeto de eco-eficiência:

**fase 1**– concurso

Integração das exigências de eco-eficiência ao partido arquitetônico: implantação e arquitetura dos edifícios

**fase 2**– consolidação das principais estratégias de projeto

2.1 definição das condições ambientais de exposição: clima, acústica e insolação

2.2 estabelecimento dos critérios de desempenho

**fase 3** – avaliação do desempenho ambiental de edifícios e espaços abertos

3.1 edifícios: conforto térmico, luminoso, acústico e os impactos no consumo de energia

3.2 espaços abertos: conforto térmico

**fase4** –otimização do desempenho ambiental dos edifícios estudo de alternativas para o projeto arquitetônico: distribuição dos espaços internos, detalhamento e especificações.

O projeto previu a busca pela certificação “verde”, através do LEED, Leadership in Energy and Environmental Design (*Green Building Rating System*), DOE, USA,1996”. (Gonçalves, Joana; Duarte, Denise; 2008).

O projeto do CENPES II também funciona como divulgação positiva para Petrobras, empresa brasileira que atua no ramo petrolífero, atividade econômica normalmente vinculada a problemas ambientais.

### **Edifício Sede da Companhia de Saneamento de Pernambuco (Compesa) Recife – PE.**



Figura 14: Maquete do Edifício da COMPESA / Fonte: (Silva; 2008)

O projeto para o novo edifício sede da Companhia de Saneamento de Pernambuco (COMPESA) foi resultado de uma concorrência pública vencida pelo escritório de arquitetura ADM, do Recife.

A empresa pretende viabilizar a construção com a venda ou troca de imóveis de sua propriedade, hoje subutilizados.

Após estudos estratégicos realizados a COMPESA definiu os condicionantes.

- A localização centralizada da Sede,
- A instalação de uma nova Central de Distribuição, e
- A aplicação dos conceitos de sustentabilidade às novas edificações.

O projeto propõe uma pequena taxa de ocupação do terreno, taxa de absorção de calor pelas superfícies externas pequena, para mitigar o efeito ilha de calor na cidade.

“As edificações de escritórios são projetadas para funcionar com seus ambientes sempre climatizados por meio de sistemas de condicionamento mecânicos; ou sempre de forma passiva (quando as atividades nele desenvolvidas permitam).

As águas pluviais coletadas pela cobertura do edifício de escritórios e do bloco da garagem serão reutilizadas nos vasos sanitários e rega dos jardins, após tratamento.

A acessibilidade a pessoas com deficiência tem que ser garantida.

A sustentabilidade de um edifício comercial envolve:

- a concepção do projeto arquitetônico.
- a escolha dos materiais de construção.
- métodos construtivos.

Visa garantir:

- a boa qualidade dos espaços.
- o conforto ambiental dos usuários.
- a eficiência energética.
- o uso racional de recursos naturais como a água.”  
(SILVA; 2008).

### **2.1.5 Etapas da Construção Civil e a Sustentabilidade**

Anteriormente foi narrada a importância do planejamento para se conseguir uma construção sustentável, observando a necessidade de se buscar a sustentabilidade durante todas as etapas de vida de uma construção, que são as seguintes:

- Planejamento.
- Projeto.
- Construção.
- Vida útil.
- Demolição.

Cada uma das etapas envolvidas na construção civil tem suas atribuições e particularidades, sendo necessário identificar qual a maneira com que cada uma delas pode contribuir para o processo de produção. Assim, a busca por resultados que atinjam a dimensão da responsabilidade social esperada para o setor da construção e a sustentabilidade requerida durante todo o ciclo de vida que envolve uma edificação, será determinada pela integração do conjunto dessas etapas.

#### **Sustentabilidade no Planejamento**

O planejamento compreende a etapa na qual a idealização do empreendimento deverá ser definida por parte dos empreendedores.

Os parâmetros que deverão orientar todo o processo e os profissionais envolvidos na construção serão traçados.

Nesta etapa também é definida a forma das contratações, contratação direta, através de uma licitação ou concurso público.

Em todo caso se a intenção for obter um produto de qualidade e sustentável é importante que os investidores deixem claro o objetivo.

O exemplo do concurso da Petrobras para o CENPES II;

“o edital do concurso já deixou claro e o interesse por uma arquitetura de menor impacto ambiental, o projeto deveria atender as normas para buscar pela certificação “verde”, através do LEED, Leadership in Energy and Environmental Design (*Green Building Rating System*), DOE, USA, 1996”. (GONÇALVES E DUARTE; 2008).

Na figura 15, observa-se o ciclo com as etapas da construção, com objetivo de se buscar sustentabilidade e qualidade durante todas as fases do processo construtivo.



Figura 15: Qualidade e Sustentabilidade do Processo de Produção de Edificações / Fonte: "( SPOSTO; 2008).

Para que o processo inicie-se de forma coesa faz-se necessária a escolha e contratação de equipes de trabalho multidisciplinares, (arquitetos, engenheiros...), que possam sempre trabalhar em conjunto, tomando decisões que orientarão a obra para se atingir qualidade e sustentabilidade, requisitos requeridos durante o planejamento.

A sustentabilidade precisa de projetos compatíveis e de profissionais articulados, visando qualidade no decorrer das etapas seguintes do processo construtivo.

## **Sustentabilidade no Projeto**

Após a escolha dos profissionais responsáveis pelos projetos e os objetivos requeridos, resultados esperados, inicia-se a execução dos mesmos.

Na análise das etapas definidas pelos profissionais responsáveis pelos projetos, vê-se que quanto melhor planejada, menores os riscos de acontecerem problemas no decorrer da obra.

O arquiteto é o primeiro profissional envolvido; é ele que dá forma e coordena as equipes responsáveis pelos projetos complementares, (estrutural, elétrico, hidrossanitário...), promove a coesão entre as equipes e a busca por soluções adequadas para que o resultado final tenha qualidade e esta nos leve à sustentabilidade ambiental.

O arquiteto, durante a concepção do projeto, leva em consideração um conjunto de condicionantes, tais como: implantação no terreno, clima, insolação, considerando as questões ambientais, outros são bastante relevantes, por exemplo: energia incorporada ao processo de produção, cultura local e emissão de CO<sup>2</sup>.

“É importante que os problemas ambientais sejam considerados como um dos condicionantes arquitetônicos envolvidos no projeto, desde a etapa de concepção, para formação da imagem mental da tipologia arquitetônica adequada ao clima local.” (Bittencourt, Leonardo; – 2008).

Atualmente qualidade e sustentabilidade são premissas básicas para orientar os projetos arquitetônicos contemporâneos, levando sempre em conta os problemas referentes ao meio ambiente.

Segundo Sposto (2008), para que se obtenha qualidade e sustentabilidade no projeto deve-se:

- “Intervir ordenadamente, com atos antecipatórios, no meio ambiente (produtos, organizações, etc). (Bonsiepe, 1983).
- Gerar critérios de qualidade e ambientais que influenciarão no processo compra.
- Influenciar na qualidade e na sustentabilidade ambiental do processo.
  - Comprometer-se com a incorporação de critérios da qualidade e ambientais que influenciarão no processo compra.”

No projeto, as variáveis relacionadas com as tecnologias e os materiais indicados para obra, obedecem a critérios de escolha relacionados com baixo impacto ambiental.

Na obra, as indicações feitas no projeto são consideradas na execução e na aquisição dos insumos, na busca de qualidade, racionalidade e sustentabilidade da construção, refletindo-se na vida útil e no processo de demolição.

Outros conceitos relativos à sustentabilidade, como vida útil, demolição ou “desmonte”, obra limpa, pegada ecológica e ciclo de vida da edificação, devem ser considerados por influenciarem diretamente na sustentabilidade do produto final.

### **Obra Limpa**

“Para uma obra ser considerada limpa, é preciso refletir sobre sua realização, incluindo detalhamento de projeto e modulação e os cuidados com o grau de impacto do tipo de cada material a ser utilizado. É o que afirma a arquiteta Roberta Consortino Kronka Mülfarth, professora da faculdade de arquitetura e urbanismo - USP”. (apud Nicolósi; 2008 – p. 30).

Mais alguns critérios relacionados com as tecnologias aplicadas para concepção de um produto sustentável, segundo Sposto (2008), são os seguintes:

- Cultura local;
- Desempenho: segurança, habitabilidade e sustentabilidade;
- Racionalização;
- Estética;

Pode-se acrescentar outros critérios relevantes, como:

- Pegada ecológica;
- Ciclo de vida;

### **Cultura Local**

Conhecer a região onde será projetada a edificação. Hábitos do povo, costumes, as tradições construtivas e materiais mais utilizados nas construções, maneira de viver da população, adequação ao clima é de fundamental importância para a arquitetura sustentável, diferentemente do que era proposto em modelos anteriores como o movimento moderno que defendia um modelo universal de arquitetura.



Figura 16: Casa de taipa, típica do litoral nordestino./ Fonte: BITENCOURT; 2008.

O entendimento da cultura local pode auxiliar na realização da obra de engenharia, levando em consideração os materiais, mão de obra, tradições construtivas e o acesso a certos tipos de tecnologias.

No conceito de sustentabilidade na arquitetura, é relevante o conhecimento da arquitetura vernacular.

“Arquitetura vernacular, sem arquitetos, tem historicamente apresentado exemplos de adequação inteligente às particularidades climáticas de diversas regiões do mundo. As formas mais elementares de que se tem conhecimento em arquitetura tinham, antes de tudo, a função de abrigo/proteção contra os efeitos indesejáveis do clima. Esta preocupação também era observada nas soluções de desenho de algumas aglomerações urbanas.” (VELOSO; 1999 – p. 2).

### **Desempenho: segurança, habitabilidade e sustentabilidade.**

A concepção do projeto e a definição de qual tecnologia utilizar devem ter em vista ainda critérios de desempenho em aspectos como segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Estes aspectos referem-se a confiança, conforto e longevidade da edificação, não apenas relacionados com a parte técnica do projeto, mas também ao conforto psicológico do usuário, visto que o mesmo deve ter segurança no local onde vive.

### **Segurança**

Um projeto para uma edificação segura compreende uma estrutura compatível, com os condicionantes locais, tipo de solo, se o local da construção é susceptível a desastres naturais, (terremotos, furacões...), e corresponder aos esforços exigidos.

“Há inúmeros riscos para a saúde em uma casa. Eles variam de terremotos e incêndios a envenenamento por metano de um fogão à gás mal ventilado. Muitos deles podem ser facilmente eliminados, uma vez reconhecidos como um problema”. (ROAF; FUENTES; THOMAS; 2006; p. 140).

Segurança contra fogo, no projeto deve-se tomar cuidado ao considerar os riscos de incêndio, prever rotas de fuga nas edificações, portas-corta-fogo em locais estratégicos e consultar todos os regulamentos locais sobre prevenção de incêndios.

“Esse é um dos piores riscos à saúde contra o qual qualquer casa deveria ser projetada. Com o aquecimento global, o risco de as casas serem tomadas por fogos externos está crescendo ano após ano. Em todo o mundo, há números sem precedentes de grandes incêndios em florestas e campinas nos últimos anos”. (ROAF; FUENTES; THOMAS; 2006 – p. 147).

Antes de fazer a opção por materiais, deve-se pensar cuidadosamente sobre seu comportamento no fogo.

“Materiais não-combustíveis são mais seguros. Cuidado com fios de eletricidade, equipamentos, velas e lâmpadas de soldar. (...) Materiais orgânicos frequentemente produzem produtos de combustão tóxicos, muitas vezes acompanhados por uma fumaça espessa. Deve-se tomar cuidado especial quando os materiais de isolamento forem usados como acabamento de ambientes. Tais acabamentos podem criar condições ideais para que o fogo se espalhe pela superfície, independentemente de o substrato de baixa densidade do isolamento ser combustível ou não. Os materiais plásticos geralmente irão incendiar ou se derreter quando submetidos a calor ou fogo e, como resultado, produzirão calor, fumaça e gases de combustão”. (ROAF, FUENTES, THOMAS; 2006 – p. 148 e 149).

O projeto deve promover ainda, facilidade de uso e de operação dos elementos componentes da edificação, que estas atividades possam ser executadas com toda segurança para o usuário, de forma a evitar acidentes, durante a obra e após a ocupação.

## **Habitabilidade**

O conceito de habitabilidade diz respeito ao conforto proporcionado aos habitantes do imóvel. Características como ventilação e iluminação natural, facilidade de manutenção e limpeza, trazem saúde e bem estar para os ocupantes de uma residência.

Em uma construção sustentável elementos que proporcionam habitabilidade têm papel de destaque pois são itens que além de conforto proporcionam economia de energia, é o caso da ventilação e iluminação, quando pensados de forma passiva.

## **Sustentabilidade**

A sustentabilidade relacionada ao desempenho na edificação, compreende uma residência com baixo custo de manutenção, otimização dos condicionantes naturais, ventilação e iluminação, uso de materiais não agressivos ao meio ambiente o que aumenta a longevidade do imóvel.

## **Ventilação**

“Ventilação é o movimento do ar dentro de um prédio e entre uma edificação e o exterior. O controle da ventilação é uma das preocupações mais sutis e mais importantes do projetista de uma edificação.” (ROAF, FUENTES E THOMAS; 2006; Pg. 112).

Durante o desenvolvimento do projeto arquitetônico, é de importância fundamental o entendimento do comportamento do clima. Em regiões de clima tropical úmido, por exemplo, são necessários artifícios para que haja ventilação passiva e conseqüente conforto térmico para os ocupantes do espaço.

Uma das estratégias para promover ventilação passiva está em fazer o ar circular pelo ambiente, criar aberturas que propiciem a ventilação cruzada. Segundo Holanda; 1976: proteger as fachadas com varandas ou grandes beirais, proporcionar grandes aberturas, possibilitando maior

contato entre o ambiente interno e o externo, criar paredes vazadas, usando cobogós, projetar espaços contínuos, proteger as fachadas com brises da incidência direta do sol, construir frondoso, utilizando-se de poucos elementos, são elementos que agregam conforto às habitações no trópico úmido.



Figura 17: Paredes vazadas por cobogós,

Permitem a saída do ar e filtra a luz solar, criando conforto ao interior da edificação. (Fotos do autor).

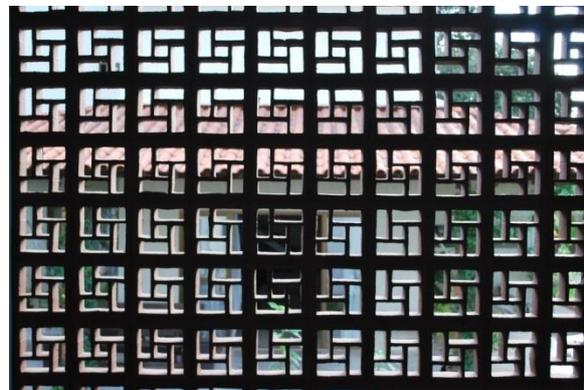


Figura 18: Detalhe desenho do cobogó.

“O ar se move com muita facilidade e sempre sobre um gradiente de pressão. A pressão positiva ocorre no lado dos ventos de uma edificação contra o qual o ar é impelido com alguma força. A pressão negativa ocorre no solta-vento de uma edificação, na área protegida dos ventos, e succiona o ar da estrutura.

O truque é criar tal gradiente de pressão. Isso pode ser obtido de duas formas:

1. Usando diferenças de pressão em torno da edificação causadas pelo vento.
2. Usando diferenças de pressão causadas pelas variações de pressão dentro da casa.

O ar quente é menos denso que o ar frio, assim, as variações de pressão que fazem com que as massas de ar quente subam também fazem com que as massas de ar frio desçam.

Isso é chamado de ‘efeito chaminé’ e pode ser usado para ventilar um espaço. Também pode ser

conflitante com a ventilação cruzada causada pelo vento.” (ROAF, FUENTES E THOMAS; 2006; p. 112).

O conforto térmico não somente trará qualidade de vida aos que habitarem a edificação, como propiciará baixo consumo de energia, visto que não se fará necessário o uso contínuo de aparelhos elétricos de climatização, (condicionadores de ar, por exemplo).

Em caso da necessidade de equipamentos de condicionamento de ar, hoje o mercado oferece grande número de aparelhos com baixo consumo de energia, exigência do público consumidor.

### **Iluminação Natural.**

Proporcionar o uso da iluminação natural é uma maneira econômica de clarear os cômodos de uma edificação durante o dia, além de propiciar ao interior das construções um clima mais natural.

Uma edificação sustentável deve tirar sempre proveito da luz solar; além de proporcionar economia, evitando o uso de iluminação artificial, traz para o interior bem estar e saúde, pois auxilia na eliminação de ácaros, fungos, etc.

Alguns elementos arquitetônicos servem tanto para ventilar como para criar iluminação indireta, filtrando a incidência direta da luz do sol, os cobogós e brises horizontais são bons exemplos.



Figura 19: Ambiente com luz natural difusa



Figura 20: Varanda como proteção da iluminação direta

Na Figura 49 observa-se o brise horizontal, colocado logo acima das aberturas, criando proteção da irradiação direta nas janelas e refletindo, para o teto, a luz que entra pela abertura superior e não diretamente para o interior da sala.

Na tradicional arquitetura do nordeste brasileiro faz-se muito uso de varandas (Figura 50). São áreas de transição que protegem as fachadas do Sol forte da região, além de se constituírem em agradáveis espaços de convivência.

Outro elemento importante são as esquadrias. O seu detalhamento merece muita atenção por parte do projetista. Esquadrias adequadas permitem a passagem de ar, filtram os raios solares e protegem contra as chuvas, além de contribuírem com a segurança dos usuários da edificação.

Luminotécnica é o projeto complementar responsável pela distribuição das luminárias de forma correta e equilibrada, tirando partido inclusive da estética, valorizando a edificação durante o período noturno.

### **Saúde, higiene e qualidade do ar**

Uma edificação saudável, é pensada no projeto, obedecendo a critérios ambientais anteriormente descritos.

Deve-se evitar o uso de produtos acrescidos de biocidas, solventes, amianto entre outros,

Criar espaços com acabamentos de fácil higienização, fazer uso da ventilação cruzada, permitir que o imóvel respire e faça constante troca de ar.

Pensar cuidadosamente em como projetar, não apenas para os aspectos de saúde mais óbvios, mas também para ter paz de espírito, tranquilidade e alegria em suas edificações. A mente e o corpo estão intimamente ligados; uma pessoa relaxada, confortável e tranquila em uma casa provavelmente será mais saudável como consequência". (ROAF; FUENTES; THOMAS; 2006 – p. 140).

## Racionalização

A racionalização pode ser aplicada em métodos construtivos e demais componentes, que contribuam para o bom desempenho da obra: estruturas pré-moldadas e moduladas ao invés das estruturas convencionais que demandam grande quantidade de material para sua execução.



Figura 21: Estrutura Pré-Moldada / Fonte: Sposto; 2008.

Figura 22: Estrutura Convencional / Fonte: Sposto; 2008.

## Estética

O fator estético também interfere na escolha das tecnologias e na concepção do projeto, visto que, dependendo do resultado que se

pretende obter, algumas tecnologias são mais adequadas que outras para se atingir o conceito estético esperado.

O objetivo de se projetar uma construção sustentável e seus condicionantes deve estar bem fixado na mente do arquiteto, apenas desta forma podem-se criar construções esteticamente condizentes com o local, abrindo possibilidade para composições mais criativas.

Segundo Leonardo Bittencourt (2008), “A atual produção arquitetônica parece refletir as características do mundo contemporâneo, onde as formas são mais importantes que os conteúdos. A aparência e a imagem se constituem em condicionantes determinantes da concepção arquitetônica. A forma e a volumetria valem mais que as qualidades espaciais”.



Figura 23: Fachadas envidraçadas X Eficiência Energética

Fonte: Bittencourt; 2008.

Edifícios com grandes superfícies envidraçadas, por exemplo, podem comprometer o conforto dos usuários, se a incidência dos raios solares for excessiva, além de requerer maior tempo de uso de condicionamento de ar, exigindo maior demanda por energia, além de ocasionar uma quantidade excessiva de iluminação, criando um efeito estufa particular no interior do imóvel.

Segundo Sposto (2008), durante a elaboração do projeto distinguem-se três etapas, nas quais é possível a aplicação dos critérios anteriormente expostos.

Fase 1 – Seleção tecnológica e concepção do produto.

Fase 2 – Especificação dos materiais.

Fase 3 – Elaboração do orçamento.

### **Seleção Tecnológica e Concepção do Produto:**

A concepção arquitetônica e a definição das tecnologias para realização da obra, são de extrema importância para se obter uma obra sustentável. Um projeto desenvolvido de forma a obter um produto sustentável deve observar aspectos que busque racionalização, promovendo rapidez, redução de perdas e do desperdício de materiais.

Estruturas com possibilidade de serem desmontadas e reutilizadas em outras edificações, abordando o conceito de reciclagem, estruturas bem concebidas e detalhadas viabilizam o desmonte de uma obra, com o mínimo de perdas, além de promover o prolongamento da vida dos materiais utilizados.

### **Especificação de Materiais:**

O consumo de materiais e componentes usados na construção civil é bastante elevado e, segundo Souza (2005), estima-se em torno de 1000 kg por metro quadrado. ( SOUZA, U.E.L.; 2005).

“ Em relação à qualidade e à sustentabilidade destes materiais e componentes, é necessária a atenção para sua origem e certificação... Ainda na fase de projeto e especificação, devem se considerar as informações existentes, preferencialmente de bases nacionais, de avaliação de ciclo de vida de materiais, incluindo aspectos como: conteúdo de energia incorporada, durabilidade e

emissões de CO<sub>2</sub>, entre outros.” (SPOSTO; OLIVEIRA; BLUMENSCHHEIN; 2008).

Existem “diversos materiais e componentes com a mesma função, mas repercussões ambientais diferentes ao longo do seu ciclo de vida. O que especificar?” (SPOSTO; 2008).

O impacto ambiental de uma construção é condicionado diretamente pela escolha dos materiais.

Os materiais passam necessariamente por processos de fabricação antes que sejam incorporados à edificação. Processamento que requer, inevitavelmente, o uso de energia e resulta na geração de resíduos.

“No Reino Unido, estima-se que a produção de materiais de construção seja responsável por cerca de um décimo do consumo de energia e da emissão de CO<sub>2</sub>.” (ROAF, FUENTES, THOMAS; 2006; p. 50).

Como avaliar o impacto ambiental de um determinado material? Fatores como a qualidade inerente do material e como a incorporação dos materiais a um projeto afeta outros fatores.

“Fatores determinados pelas qualidades dos materiais, são, por exemplo:”

- Energia necessária para produzir o material.
- Emissão de CO<sub>2</sub> resultante da fabricação do material.
- Impacto no meio ambiente local resultante da extração do material.
- Toxicidade do material.
- Transporte do material durante sua fabricação e entrega ao sítio.
- Grau de poluição resultante do material no fim de sua vida útil.

“Fatores afetados pela escolha de materiais e decisões de projeto, incluem:”

- Localização e detalhamento de elementos de arquitetura.
- Manutenção requerida e materiais necessários para manutenção.
- Contribuição do material na redução do impacto ambiental da edificação.
- Flexibilidade de um projeto em acomodar mudanças de uso ao longo do tempo.
- Vida útil do material e seu potencial de reutilização, se a edificação for demolida.”

(ROAF, FUENTES, THOMAS; 2006; p. 51 e 52).

Segundo Sposto, a especificação da tecnologia, de materiais e componentes deverá estar de acordo com a agenda ambiental local, levando em consideração:

- “Racionalização (facilidade na execução – montagem, índice perdas menor e desconstrução);
- Durabilidade e reciclabilidade;
- Maior racionalização de recursos (materiais, energia e água);” (SPOSTO; 2008).

Quais materiais são mais sustentáveis?

Segundo VANDERLEY, 2008; p.31, professor da escola politécnica da USP e conselheiro do CBCS ( Conselho Brasileiro de Construção Sustentável):

“ Materiais contendo resíduos não são mais sustentáveis do que os produzidos com matérias-primas naturais, e nem sempre a madeira é mais sustentável que o concreto armado, por exemplo: se a madeira for produto de extração ilegal, não é sustentável. Por outro lado, se for produzida por manejo florestal (certificada, preferencialmente) somente será

sustentável se aplicada de forma durável. A presença de biocidas também reduz a eco-eficiência do projeto e, dependendo da aplicação, o concreto armado é muito mais ecoeficiente, neste caso, é melhor selecionar um cimento com baixo teor de clínquer ( CPIII e CPIV) e tomar medidas para que o concreto seja produzido com o mínimo de consumo de cimento e apresente elevada durabilidade, (...), durabilidade é combinar os materiais, cada um em uma aplicação na qual é mais ecoeficiente, selecionar fornecedores, projetar de forma a minimizar consumo do mesmo e protegê-lo da degradação”.

Com base nos conceitos apresentados, evidencia-se a importância da especificação dos materiais para sustentabilidade do projeto.

“Para que determinado material seja avaliado quanto ao seu impacto ambiental, não deve ser considerado somente o aspecto ambiental, nem apenas o econômico ou social: é preciso ponderar sobre todos eles”. (NICOLÓSI; 2008 – pg. 30).

Vários aspectos devem ser levados em consideração, quando da escolha dos materiais empregados, transporte, energia incorporada no processo de produção, forma de extração, vida útil.

### **Transporte.**

O item transporte deve ser bem avaliado quando da especificação como na aquisição, a distância percorrida entre o local de fabricação, extração e o local de destino. “Por exemplo: uma grande obra que aproveita e prestigia a mão de obra local de uma cerâmica está agindo de forma mais proveitosa do que se trouxesse madeira de muito longe, mesmo certificada, pois o gasto de combustível e a emissão de poluentes para o transporte seriam absurdo”. ( NICOLÓSI; 2008 – pg. 30 ).

Um material que necessita de percorrer grandes distâncias certamente ocasionará muita energia desprendida, aumentando ainda as emissões de gás carbônico na atmosfera, intensificando o efeito estufa.

Optar por produtos regionais é socialmente mais apropriado, pois incrementa a economia local e prestigia sua mão-de-obra, valorizando os materiais da região.

### **Energia incorporada.**

O consumo energético, relativo tanto à energia usada para fabricação, transporte, como à energia desprendida durante a vida do material, entra no cálculo para se analisar qual material é mais apropriado, quando o objetivo é ser sustentável.

Segundo Roaf (2006), talvez a medida mais importante do impacto ambiental de um objeto seja fornecida pelo conceito de 'energia incorporada'. É a energia usada para produzir um objeto.

O uso ostensivo de energia para produção de materiais é um dos fatores de degradação ambiental, principalmente quando a matriz energética local é oriunda de fontes de energia não renováveis na sua produção.

“A degradação é causada principalmente por duas maneiras:

- Emissão atmosférica, principalmente CO<sub>2</sub>, contribuindo para o aquecimento global.
- Efeitos que outras transformações têm sobre a atmosfera, como a chuva ácida”. (ROAF, FUENTES e THOMAS; 2006; p. 52).

Conhecer a energia incorporada de um material é fator fundamental para poder optar por um material com menor percentual de energia incorporada e contribuir para sustentabilidade da construção.

Produtos como aço, segundo Roberta Consertino, “foi tratado como de alto impacto. Quanto de consumo energético não é exigido do minério de ferro até a viga metálica? Mas a viga tem uma grande durabilidade, excelente flexibilidade e é possível reutilizar esse material.” (apud; NICOLÓSI; 2008 – p. 30 ).

A partir deste diagnóstico, outros conceitos devem ser considerados, ciclo de vida e reuso.

### **Ciclo de Vida dos Materiais.**

O ciclo de vida é um conceito incorporado há pouco tempo, quando nos referimos a material de construção.

Quanto tempo de vida tem um determinado material e quantas intervenções serão necessárias para manter este material em boas condições de uso?

É a durabilidade dos materiais que remete ao conceito de “ciclo de vida da habitação, que inclui desde a extração da matéria-prima, até a fase de produção do material pronto para ser utilizado em construção, sua integração ao prédio, chegando à conclusão de sua vida útil”, segundo Roberta Consortino. (apud; NICOLÓSI; 2008 – pg. 31).

Uma forma de se assegurar do uso e desempenho dos materiais é consultando as normas técnicas, no Brasil o órgão responsável por definir tais normas é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ou verificar se os produtos são certificados. Segundo o professor Vanderley M. John, “está sendo lançado no Brasil um conjunto de certificações de materiais mais sustentáveis, porém sabe-se pouco sobre estas certificações, as regras não estão claras”. (apud; NICOLÓSI; 2008 – pg. 32).

O tempo de vida útil de um determinado material, sem que haja necessidade de manutenção, está diretamente ligado ao tempo de vida útil da construção e ao custo de conservação da mesma.

Obras que necessitem de intervenções constantes tornam-se muito onerosas, sendo assim pouco sustentáveis.

### **Reuso (Reciclamem):**

Após a vida do imóvel novas dúvidas devem ser consideradas: o que acontecerá depois? O prédio terá outro uso? Seus materiais poderão ser desmontados? Se demolido, qual o destino dos seus componentes; podem ser reciclados?

Dependendo dos materiais e do sistema construtivo escolhido pelos projetistas, essas questões podem ser resolvidas, priorizando a reutilização e a reciclagem, evitando materiais que, ao final da vida útil do edifício, gerem grandes volumes de entulhos.

Após tantas considerações pode-se concluir qual o verdadeiro impacto ambiental que determinado material pode provocar, ou seja:

“A sustentabilidade de um material depende de seu processo de produção (matérias-primas, eficiência energética, tipo de combustível, etc), da responsabilidade social da empresa que o produz e de sua utilização (uma combinação de projeto com a ação do usuário)”. ( NICOLÓSI; 2008- pg. 31).

### **Pegada Ecológica:**

A pegada ecológica é um conceito relevante, quando se trata de construção, visto que esta é grande consumidora de matérias-primas e uma atividade produtora de resíduos em grande escala.

A responsabilidade com o meio ambiente não se resume ao local da obra, a escala agora é global.

Produtos extraídos em regiões distantes, como por exemplo, madeira retirada de forma ilegal da floresta amazônica, para suprir a demanda pelo produto no Japão, estará causando danos ao meio ambiente mundial, que é responsabilidade de todos.

Então de onde vêm os insumos e para onde vão os resíduos. Faz-se necessário levar em conta o impacto no meio ambiente existente no

local de extração, seja este no próprio local da construção ou em países distantes; conhecendo os processos de produção das matérias-primas, auxiliando na especificação de insumos que minimizem a “pegada ecológica”.

“Indicador de sustentabilidade, conceito desenvolvido em 1990 pelo Dr. Mathis Wackernagel, (...) basicamente, a pegada ecológica é um método de contagem do consumo de fontes naturais de forma que seja consistente com os princípios termodinâmicos e ecológicos. A análise da pegada mede o uso da natureza quanto ao nível de seu impacto na capacidade regenerativa da biosfera. Ela expressa o uso destes serviços ecológicos em unidades de espaço (geralmente hectares). Em outras palavras, mede o quanto as reservas naturais estão sendo usadas exclusivamente para produzir todos os recursos que determinada pessoa consome e para a absorção dos dejetos que ela produz, usando as tecnologias predominantes.

Os três benefícios chave da pegada ecológica são:

- Ela fornece um indicador do impacto ambiental;
- É facilmente comunicada e prontamente entendida;
- Permite referência de sustentabilidade;

O último item é obtido ao se comparar com a ‘porção da Terra’  
– a quantidade média de área produtiva disponível *per capita*.

Isso é calculado com referência aos dados de disponibilidade de terra global, que atualmente é cerca de 1,9 hectare por pessoa (Chambers ET AL., 2000). ”

(apud; ROAF; FUENTES, THOMAS; 2006; p. 266 e 267).

Spoto (2008) acrescenta ainda, como critérios para seleção de insumos, o método de preferências ambientais: cultura local, índices de perdas e classe CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), (potencial de reciclabilidade).

### **Elaboração do Orçamento.**

O orçamento é uma ferramenta que influirá diretamente na compra dos materiais, além dos custos previstos para obra, ele indica, juntamente

com as especificações, os insumos que deverão ser utilizados durante os serviços, contribuindo para redução de desperdícios de materiais.

### Sustentabilidade na Construção

Toda construção provoca impacto ambiental. O que os profissionais ligados a todos os processos da construção civil podem fazer é mitigar tal impacto.

“O processo de produção de edificações requer o consumo de uma grande quantidade de recursos naturais, incluindo materiais, energia e água, tanto para fabricação de materiais como para a construção, operação e demolição. Além, disso, gera resíduos e poluição ambiental, causando impacto na região de intervenção.” (SPOSTO; OLIVEIRA; BLUMENSCHNEIN; 2008. Pg. 36).

Segundo Gaudin, em 1992, a construção civil era, na Europa, responsável pelo maior consumo de energia, superando os transportes e a indústria.

Como é observado na gráfico 01:

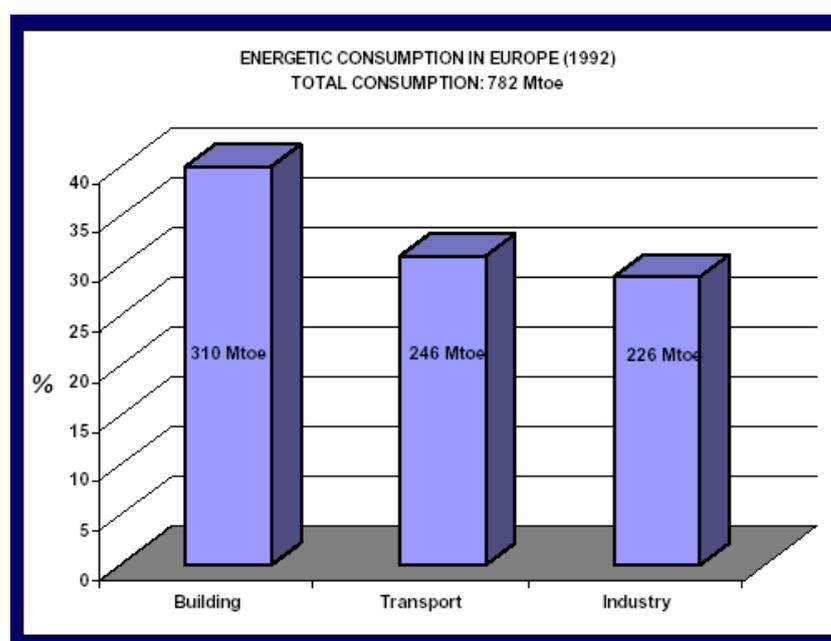


Gráfico 01: Gráfico do consumo energético total na Europa, em 1992 (EEC, Gaudin 2002).

O desafio para os profissionais envolvidos no processo produtivo da construção civil, em produzir obras sustentáveis passa necessariamente por solucionar dois problemas que afetam o setor construtivo a bastante tempo:

- O excessivo consumo de energia despendida durante o processo da construção;
- Reduzir os índices de perdas de matérias primas.

Segundo Sposto, 2006;

“Observa-se que houve um grande avanço na qualidade da construção civil nos últimos anos, obtido principalmente por meio de programas de redução de perdas e implantação de sistemas de gestão da qualidade. Não há dúvidas, porém, que nas próximas décadas, além da qualidade (implantada para a garantia da satisfação do usuário com relação a um produto específico), haverá também uma grande preocupação com a sustentabilidade, antes de tudo, para garantir o próprio futuro da humanidade.”

Nesse sentido, novas estratégias têm sido aplicadas para minimizar antigos problemas e enfrentar os novos desafios que hoje se apresentam, como a adequação do processo construtivo à sustentabilidade. Uma destas ferramentas é a gestão ambiental.

Sposto, at all, 2008-p.36, resalta que;

“faz-se necessário a aplicação de gestão ambiental neste processo, bem como uma série de estratégias visando à redução e o controle destes impactos no meio ambiente. Estas estratégias visam uma mudança de paradigma, devido à nova relação entre o meio ambiente e os negócios. Esta mudança acarreta, segundo Kiperstock (2002), demenadas de mercados por produtos e processos ambientalmente mais corretos, e estimula a adoção voluntária de instrumentos de gestão ambiental como certificação de produtos do tipo selo verde e de processos, por meio da ISSO 14001.”

Para tanto, a gestão ambiental auxiliará diretamente na sustentabilidade de uma construção. Principalmente se aplicada desde o início do processo.

Segundo Robles Jr; Boneli, V.V ( 2006 ),

“ a gestão ambiental é eficaz quando aplicada em todo o ciclo da construção, desde o projeto até a minimização e controle dos resíduos, e deve assegurar, higiene e saúde, além da busca de um relacionamento sadio com a sociedade, que interage com o empreendimento e a empresa.”(apud, SPOSTO; OLIVEIRA; BLUMENSCHHEIN; 2008. Pg. 36).

Assim como um empreendimento construtivo se desenvolve melhor quando as etapas de planejamento e projetos são bem executados, o planejamento e a organização do canteiro de obras é fator decisivo para manutenção da higiene, controle, segurança de uma construção além de contribuir para redução de resíduos e a correta gestão dos materiais.

“A gestão dos materiais no canteiro deve seguir critérios de racionalização, tais como lay-out do canteiro adequado ao processo construtivo utilizado, planos de recebimento e armazenamento de materiais e planejamento do transporte interno, dentre outros.” (SPOSTO; OLIVEIRA; BLUMENSCHHEIN; 2008. Pg. 37).

Uma estratégia interessante para racionalização do canteiro de obra, foi desenvolvido pela construtora Encol S.A. Engenharia, Comércio e Indústria, posteriormente foi utilizada por outras empresas.

A ideia consiste em instalar uma central de produção, para servir a vários canteiros.

“Esta estratégia acarreta a ocupação de menos espaço no canteiro, além da racionalização trazida pelos componentes semiprontos entregues no canteiro como kits de instalações, fôrmas e outros.” (SPOSTO; OLIVEIRA; BLUMENSCHHEIN; 2008. Pg. 37).

A redução de perdas pode ser controlada, usando a gestão de materiais no canteiro, e fazendo sua qualificação em relação aos diversos serviços. Observando os objetivos e as metas da empresa, no que se refere à redução das perdas.

Observa-se que, independente do sistema construtivo empregado, gestão e melhoria da qualidade do processo, sempre haverá geração de perdas e resíduo, em percentuais variáveis.



Figura 24: Perdas de materiais na construção. Fonte: Sposto, (2008;p.38)

Os resíduos gerados pela construção civil são responsáveis por grande impacto ambiental, e são, geralmente, despejados de forma clandestina, em terrenos baldios, outras áreas públicas e aterros.

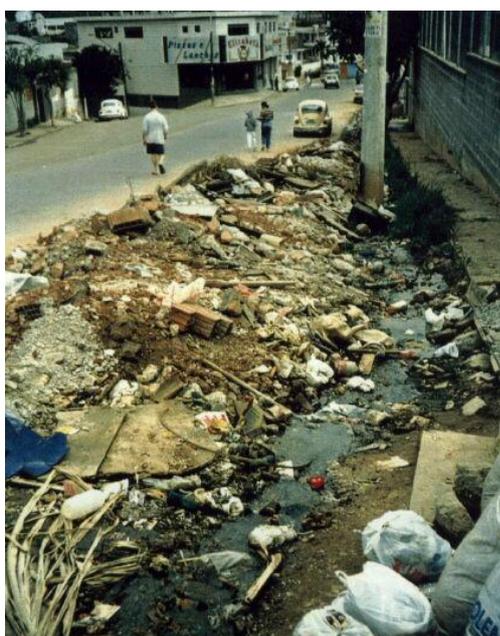


Figura 25: Entulhos colocados na via pública. / Foto: Sposto, ( 2008; p.38).

“Apesar desta prática ainda ser presente na maioria dos centros urbanos, pode-se dizer que nos últimos anos ela tem diminuído, em decorrência principalmente do avanço nas políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, como a criação da Resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão destes resíduos, classificando-os em quatro diferentes classes:

Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (tijolo, concreto, etc);

Classe B – resíduos reutilizáveis / recicláveis para outras indústrias (plástico, papel, etc);

Classe C – resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias viáveis que permitam sua reciclagem (gesso e outros);

Classe D – resíduos perigosos (tintas, solventes, etc), ou contaminados (de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros).” (SPOSTO, 2006).

Ainda segundo Sposto, (2006), estimativas anuais de geração de resíduos na construção civil apontam para índices variáveis. Os países que apresentam alguns dos maiores índices de perdas, De acordo com (JOHN, 2000: 29), são EUA, Japão e Alemanha. Para o Brasil (ÂNGULO et al., 2004: 2) indica 68,5 milhões de toneladas por ano.

(PINTO, 1999: 49), aponta para o Brasil, uma porcentagem destes resíduos em torno de 50% do volume total de resíduos sólidos produzidos pelos grandes centros urbanos. Merecem, pois, uma atenção especial quanto ao seu manejo e disposição. A Tabela 01, a seguir, apresenta algumas estimativas de geração destes resíduos em várias capitais do Brasil.

<b>Município</b>	<b>Santo André</b>	<b>São José do Rio Preto</b>	<b>São José dos Campos</b>	<b>Ribeirão Preto</b>	<b>Jundiaí</b>	<b>Vitória da conquista</b>	<b>Brasília</b>
<b>Quantidade de resíduos (Ton/dia)</b>	1.013	687	733	1043	712	310	4.000

Tabela 01: Tabela de estimativa da geração de resíduos sólidos da construção e demolição em diferentes cidades do Brasil para o ano base de 1997. (PINTO, 1999: 55).

Em pesquisa realizada por (ROCHA & SPOSTO, 2005: 9);

“foi apontada a geração de cerca de 5.500 ton/dia de resíduos sólidos de construção e demolição no Distrito Federal - DF. Ainda, em amostras coletadas em 14 canteiros de obras de Brasília, constatou-se a ocorrência de 85% de resíduos recicláveis (30% de classe A e 55% de classe B).”

Sposto ( 2006) observa ainda

“que a quantidade destes resíduos é elevada, e requer um manejo ambientalmente adequado, com alternativas para a sua redução, reutilização e reciclagem. Isto pode ser viabilizado pela criação de um sistema eficiente de gestão municipal, incluindo a coleta seletiva em canteiros de obra e a oficialização de áreas adequadas para a disposição e reciclagem dos resíduos”.



Figura 26: Exemplo de produção de kits em mini-usinas. / Fonte: Sposto, ( 2008; p.38).

A implantação de mini-usinas de beneficiamento destes resíduos é uma alternativa interessante para dar nova utilização para os entulhos produzidos nas construções.

Visto que como é apresentado por Sposto, ( 2006 ),

“o resíduo da construção apresenta um grande potencial de uso, principalmente em se tratando do resíduo Classe A. Para a viabilização da sua reciclagem, porém, são necessários: mais investimentos em pesquisas nesta área, programas de coleta e gestão adequadas, principalmente nas grandes capitais (maiores geradoras) e construção de usinas de reciclagem em todo o Brasil (conforme já é feito em cidades como Santo André-SP e Belo Horizonte-MG).”

“Em alguns canteiros de obra em Brasília (DF), estimou-se uma média de geração de entulhos de 0,12 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.” (Sposto, 2006).

Assim, para que os impactos causados pelos resíduos da construção no canteiro sejam minimizados, é necessário, segundo Sposto, (2006), “uma sistema de gestão que integre diversos fatores, entre eles, a qualificação destes resíduos, sua forma de geração, acondicionamento, sistemas de coleta e disposição, utilização e destino final.”

Algumas ações simples como a filtragem da água usada na lavagem de betoneiras, já vêm sendo usadas por empresas construtoras, com objetivo de mitigar os impactos ocasionados pelos resíduos gerados.

“Segundo a resolução 307 do CONAMA, hoje as empresas construtoras devem ser responsáveis pelos resíduos gerados nas obras, devendo empreender ações de controles de perdas, coleta seletivo de resíduos e reuso de materiais no canteiro, além da responsabilidade compartilhada na sua disposição final, fora do canteiro.” (Sposto 2006:38).

Um dos insumos intrínsecos aos processos de produção, ligado a toda cadeia produtiva, é a energia.

“A quantidade de energia consumida no processo de produção de uma edificação é expressiva e é devido a:

- Transformação de matéria-prima em materiais e componentes;
- Transporte de matéria-prima, materiais e componentes;
- Construção ou execução da edificação;

- Equipamentos para oferecer condições de habitabilidade referente ao conforto térmico e lumínico para edificação em uso;
- Suprimento de energia aos equipamentos necessários ao bom funcionamento da edificação;
- Demolição ou desmonte da edificação, ao final de sua vida útil. (SPOSTO; 2006; p. 38).

Na fase inicial de uma obra, durante as etapas construtivas de infra-estrutura, superestrutura, alvenaria, instalações e revestimentos, o consumo de energia é muito elevado, devido aos equipamentos utilizados no canteiro.

Segundo Sposto (2006:39), “entre as possibilidades de redução de energia elétrica, podem ser apontadas:

- A utilização nos barracões de obra de telhas translúcidas ou sistema de iluminação natural;
- Instruções de trabalho para produção de argamassas de reboco, assentamento de alvenaria, chapisco e contrapiso com tempo pré-estabelecido para batimento, controlado por timer;
- Instalações de sistemas de captação de entulhos classe A através de dutos nos pavimentos, evitando assim o transporte vertical com elevadores de obra para remoção dos entulhos, reduzindo consideravelmente o consumo de energia do elevador de obra;
- Proposição e utilização de projetos de alvenaria racionalizados, o que reduz a geração de entulhos durante a elevação da alvenaria ou sistemas de instalações embutidos nas alvenarias, para se evitar o uso de máquinas para corte para passagens das instalações e mesmo a redução de entulhos.”

O controle do consumo de energia elétrica visando sua redução, além de ser um fator importante para redução dos custos na obra, é relevante para sustentabilidade ambiental do planeta.

Outro insumo utilizado em grande quantidade em construções é a água.

Segundo a ONU, a água se tornará mais escassa, sendo que no ano de 2025 algumas populações sofrerão a sua falta.

“Neste sentido, o aproveitamento de águas de chuva e águas cinzas, sempre que possível, deve ser praticado, com o cuidado da garantia sanitária para os usuários.” ( Sposto, 2006:39).

A tecnologia de aproveitamento da água pluvial nos canteiros de obras é simples, utilizando-se reservatórios para retenção de água que usada posteriormente.

“Desta forma, é possível estimar o consumo de água para:

- Barracões de obra (banheiro dos funcionários, banheiros da administração, copa e cozinha);
- Consumo de água para serviços tais como: argamassas de reboco, assentamento de alvenaria, emboço, gesso cola, assentamento de revestimentos cerâmico, contrapiso, chapisco, cura de lajes.” (SPOSTO, 2006; p.39).

Reduzindo e reutilizando estes insumos, energia e água, a indústria da construção estará contribuindo para sustentabilidade ambiental do planeta, oferecendo um produto em consonância com uma sociedade mais exigente em nível sócio ambiental.

Apesar dos problemas inerentes ao processo construtivo, para que haja progresso é preciso que haja construções, a população mundial continua em crescimento necessitando de um número cada vez maior de moradias, além de a indústria da construção civil ser responsável por milhares de empregos diretos, contribuindo desta forma para o desenvolvimento das economias.

Quando, nas etapas de projeto e especificação de materiais, são utilizados critérios socioambientais, as diretrizes para aquisição dos insumos já estão orientadas.

Outros critérios somam-se aos anteriores na hora da compra dos materiais. Para Sposto (2008), são exemplos de critérios de seleção de insumos pelo método preferências ambientais:

- A. Cultura local;
- B. Índice de perdas;
- C. Qualidade (conformidade);
- D. Energia incorporada na produção;
- E. Classe CONAMA (potencial reciclabilidade);

**A. Cultura local:**

Respeitar as práticas construtivas, estética, materiais fabricados e utilizados comumente pela população local, compreendendo seus valores e a cultura da região é incorporar características sociais ao projeto.

**B. Índices de perdas:**

Adquirir materiais que possam contribuir para menor índice de perdas, observando que o aspecto referente à estocagem correta destes produtos é imprescindível.

**C. Qualidade (conformidade):**

“Em relação a qualidade e sustentabilidade dos componentes, é necessária atenção para sua origem e certificação. Ao invés de privilegiar o menor preço, na aquisição, é melhor considerar critérios de qualidade e sócio ambientais, que permitam a verificação da origem dos produtos.” ( SPOSTO, 2008; p.37).

**D. Energia incorporada na produção:**

O conceito de energia incorporada foi tratado anteriormente, na fase de especificação dos materiais, trata-se toda a energia utilizada

durante a produção, devendo optar por materiais com menor energia incorporada no processo produtivo, somando-se a este o transporte.

---

## ENERGIA INCORPORADA

### Blocos Cerâmicos



Figura 27: Forno Intermitente 6,3 MJ/Kg  
Fonte: Sposto at al (2007)



Figura 28 Forno Túnel 3,4 MJ/Kg  
Fonte: Sposto at al (2007)

---

### E. Classe CONAMA (potencial de reciclabilidade):

A opção por materiais que possibilitem um novo uso após a vida útil de uma construção é extremamente importante para sustentabilidade da construção.

Além dos critérios anteriormente recomendados faz-se necessário, para se fazer compras responsáveis, segundo Sposto, (2008):

- Capacitar as empresas construtoras para a responsabilidade quanto à qualidade e à sustentabilidade na compra.
- Levantamento dos gargalos no fornecimento, quanto ao cumprimento dos critérios de compras das construtoras.

A aplicação dos critérios de compra de insumos supracitados, procedimentos de organização de canteiros, projetos compatibilizados e

integrados, levam a produtos sustentáveis, exigências cada vez mais presentes num mercado que se preocupa com o meio ambiente.

### **Sustentabilidade Durante o Uso**

Ao finalizar uma construção e entregar o produto sustentável aos proprietários, é importante que estes mantenham o produto como sustentável e tenham consciência ambiental, com isso fecha-se o ciclo, visto que a sustentabilidade é um processo de manutenção de um estado.

Ações simples do dia a dia como separar o lixo domiciliar, evitar desperdício de água, são procedimentos básicos para quem se propõe a ter uma vida ambientalmente responsável.

A manutenção periódica do imóvel é importante, para prolongar a vida útil do mesmo.

Segundo ROAF, et al (2006, p. 70 ),

“Uma vez que a estratégia de projeto esteja clara, materiais de construção locais e aqueles que requerem o mínimo de processamento devem ser selecionados em preferência àqueles altamente processados e de localidades distantes. Produtos não tóxicos devem substituir materiais quimicamente tratados e que contêm toxinas. A durabilidade dos materiais também é muito significativa, já que afeta a vida útil de uma edificação e o quanto uma casa de baixo consumo energético dura; todos os materiais de construção devem ser facilmente recicláveis. Finalmente, o potencial de ocupação flexível ajudará a estender a vida útil de uma edificação”.

Uma casa composta por materiais simples, com facilidade de manutenção que evitam frequentes substituições contribui de forma positiva para diminuir o impacto ambiental.

Faz-se importante prolongar a vida útil da edificação, visto que, quanto mais tempo uma casa tem de vida com menor número de intervenções, mais ela será sustentável.

Além disso, a qualidade de vida para seus ocupantes deve ser o objetivo maior de um bom projeto.

## **Sustentabilidade na Demolição**

Após a vida útil do imóvel, chega-se o momento em que este não tem mais como ser utilizado da forma inicialmente concebida. Então, como ser sustentável na demolição de uma construção?

Quanto maior for a quantidade de materiais com potencial de reciclabilidade, maior será a sustentabilidade de uma obra durante no final da sua vida útil - demolição.

Nos dias atuais não é admissível demolir uma construção e simplesmente despejar os destroços em um lixão.

Atualmente a preocupação em reduzir os entulhos, tem-se buscado formas de reaproveitar os materiais oriundos de uma demolição. Alguns materiais têm potencial para ser reutilizados, necessitando apenas de pequenas intervenções como, limpeza, repintura entre outras. Outros, como alvenaria, mesmo destruída pode ser reciclada podendo ser usada na composição de outros produtos.

Em algumas cidades, vêm surgindo usinas de reciclagem de resíduos da construção civil, mesmo que ainda existam poucas, é uma iniciativa importante para se reduzir os resíduos da construção em aterros clandestinos.

Outra forma de reciclar se refere à mudança de uso do imóvel, ou seja, reformar um imóvel adequando-o a um novo uso, evitando a demolição total da construção.

Dependendo da técnica construtiva aplicada na construção pode-se desmontar um imóvel, construção em madeira ou ferro, por exemplo, que podem ser montadas e desmontadas conforme a necessidade, porém é necessário saber se o custo viabiliza o empreendimento.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa aplicada, qualitativa e exploratória que visa empregar os conceitos de sustentabilidade à arquitetura, tendo como ambiente a cidade do Recife-PE, com suas especificidades climáticas, culturais e sociais.

O trabalho desenvolveu-se em duas etapas distintas.

A primeira se caracterizou por uma extensa revisão bibliográfica para apropriação dos conceitos de sustentabilidade e um aprofundamento naqueles aplicáveis à arquitetura e ao restante da cadeia produtiva da construção civil.

Para tanto, utilizou-se, entre outros, as obras de Roaf, Fuentes e Thomas (2006), o que possibilitou o entendimento da casa ecológica, os conceitos e a inserção nos mais diversos locais do planeta. Já Rosa Maria Sposto (2008), evidenciou a importância da sustentabilidade no processo construtivo e Leonardo Bittencurt (2008), a força da arquitetura regional inserida no contexto global. Além disso, buscou-se, através da leitura de periódicos, acompanhar os debates, propostas e projetos tendo a sustentabilidade como tema central.

A segunda etapa constou da elaboração de um projeto de uma residência de 239m<sup>2</sup>, para uma família de quatro pessoas, em terreno plano de 600m<sup>2</sup> localizado na região metropolitana do Recife-PE. O terreno escolhido localiza-se em uma região alta, do município de Camaragibe, pouco sujeita a inundações, onde ocorrem ainda exemplares da mata atlântica nativa e área de manancial hídrico. O projeto será desenvolvido, conforme aplicados os requisitos legais exigidos pelos órgãos reguladores: Prefeitura, Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH), entre outros.

Incorporando os princípios de sustentabilidade condizentes com o padrão construtivo de classe média da região. São eles: captação de água

das chuvas, reaproveitamento de água, captação de energia solar, ventilação e iluminação passiva.

Com o objetivo de preservar área de solo natural, permeável, a residência será disposta em dois níveis, térreo e primeiro pavimentos, desenvolvidos em um programa comumente utilizado em residências para a classe média.

Os materiais propostos no projeto são: alvenaria em tijolos cerâmicos rebocados, estrutura em concreto armado, elementos vazados (cobogós cerâmicos) e vedação feita com caixilhos em madeira e vidro.

Como resultado destas duas etapas, o projeto proposto buscou um diálogo entre as teorias estudadas aplicando-as de forma a inserir o meio construtivo aos novos paradigmas, resultando em habitações que tragam qualidade de vida com harmonia ambiental.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da investigação dos conceitos de sustentabilidade e sua aplicação na cadeia produtiva da construção civil, o presente trabalho busca averiguar quais dos conceitos têm viabilidade para serem aplicados em um projeto para uma residência unifamiliar.

O conceito de sustentabilidade, inicialmente relacionado com o meio ambiente, hoje é colocado como novo paradigma para as várias áreas da ciência e da tecnologia, significando manutenção de uma situação.

A sustentabilidade vem ocupando cada dia mais espaço nas discussões científicas, incentivando pesquisas que atenuem os danos causados ao meio ambiente pelo padrão de consumo atual, assim como a emissão de gases poluentes na atmosfera, causadores, entre outros, do efeito estufa.

A preocupação com o aquecimento global hoje faz parte da agenda política dos líderes mundiais, que se reúnem com a comunidade científica propondo metas de redução de carbono, como no caso do protocolo de Kioto, além de alternativas que possam minimizar os danos ambientais existentes.

Nos encontros promovidos pelas Nações Unidas (ONU), nem sempre os resultados são os esperados. Impasses gerados pelo interesse das grandes economias, que não querem abrir mão do modelo econômico vigente, dificultam os avanços mais expressivos com relação ao meio ambiente.

A construção civil, como consumidora de grande quantidade de insumos e energia, não poderia ficar de fora deste debate. A habitação é uma necessidade do ser humano e portanto, precisa incorporar conceitos relativos à sustentabilidade.

A casa, assim como foi tratado nos capítulos anteriores, vem se adequando, desde o início da história da humanidade, ao modo de vida da população. A construção vem absorvendo novos conhecimentos e técnicas e utilizando novos materiais descobertos pelo homem.

Nesse sentido, a casa contemporânea deve ter incorporada, sempre que possível, à sustentabilidade em todas as etapas de sua vida útil.

O projeto será localizado na região metropolitana da cidade do Recife, no estado de Pernambuco, caracterizada por ter clima quente e úmido e temperatura média de 25,2<sup>o</sup> C. A cidade do Recife, capital do estado, estende-se por uma planície costeira cercada por morros.

A região não apresenta grandes problemas com o clima e a geografia, já que não ocorrem fenômenos climáticos de grande magnitude como terremotos, furacões, entre outros. Porém, as áreas de planície estão sujeitas a alagamentos em dias de chuvas intensas, problema ocasionado principalmente pela impermeabilização do solo, acúmulo de lixo nas áreas de escoamento, falta de investimentos e manutenção na infraestrutura de drenagem.

No projeto, os ambientes foram distribuídos em dois planos, da seguinte forma, no térreo: terraço, sala de estar em dois ambientes, sala de jantar, lavabo, cozinha, área de serviço, quarto de serviço, banheiro de serviço, depósito e jardim interno. No pavimento superior: escritório, três quartos (sendo uma suíte com closet), banheiro social e banheiro da suíte.

A tabela 02 demonstra os cômodos e suas respectivas áreas.

<b>TABELA DE CÔMODOS</b>	
<b>Ambientes</b>	<b>Áreas</b>
<b>PAVIMENTO TÉRREO</b>	<b>155,53 m<sup>2</sup></b>
Terraço	61,09 m <sup>2</sup>
Sala de Estar (TV)	21,60 m <sup>2</sup>
Sala de Estar	13,32 m <sup>2</sup>
Sala de Jantar	13,32 m <sup>2</sup>
Lavabo	3,97 m <sup>2</sup>
Cozinha	12,80 m <sup>2</sup>
Área de Serviço	6,70 m <sup>2</sup>
Quarto de Serviço	5,80 m <sup>2</sup>
Banheiro de Serviço	2,00 m <sup>2</sup>
Depósito	6,70 m <sup>2</sup>
Jardim interno (escada)	8,23 m <sup>2</sup>
<b>PAVIMENTO SUPERIOR</b>	<b>67,25 m<sup>2</sup></b>
Circulação	2,70 m <sup>2</sup>
Escritório	7,17 m <sup>2</sup>
Quarto 01	12,16 m <sup>2</sup>
Quarto 02	12,16 m <sup>2</sup>
Banheiro Social	4,04 m <sup>2</sup>
Suíte	15,52 m <sup>2</sup>
Closet	7,50 m <sup>2</sup>
Banheiro da Suíte	6,00 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL ÁREA ÚTIL</b>	<b>222,78m<sup>2</sup></b>

Tabela 02: Tabela de áreas dos cômodos.

O projeto procura incorporar elementos tradicionais recorrentes na região, referentes à forma de construir e morar, resgatando valores referentes à casa tais como segurança, conforto, local de agregação familiar. Faz-se necessária ainda, a utilização de novos conceitos identificados com o estilo de vida atual, que requer mais praticidade no dia a dia.

Em consonância com a arquitetura contemporânea, buscou-se um projeto dotado de espaços amplos e interligados, para facilitar a aeração, fluxo e versatilidade espacial, além da maior distribuição da luz natural e facilidade de manutenção e limpeza.

Nas figuras 29 e 30 são apresentadas as plantas baixas dos pavimentos térreo e superior.



Figura 29: Planta Baixa Pavimento Térreo.

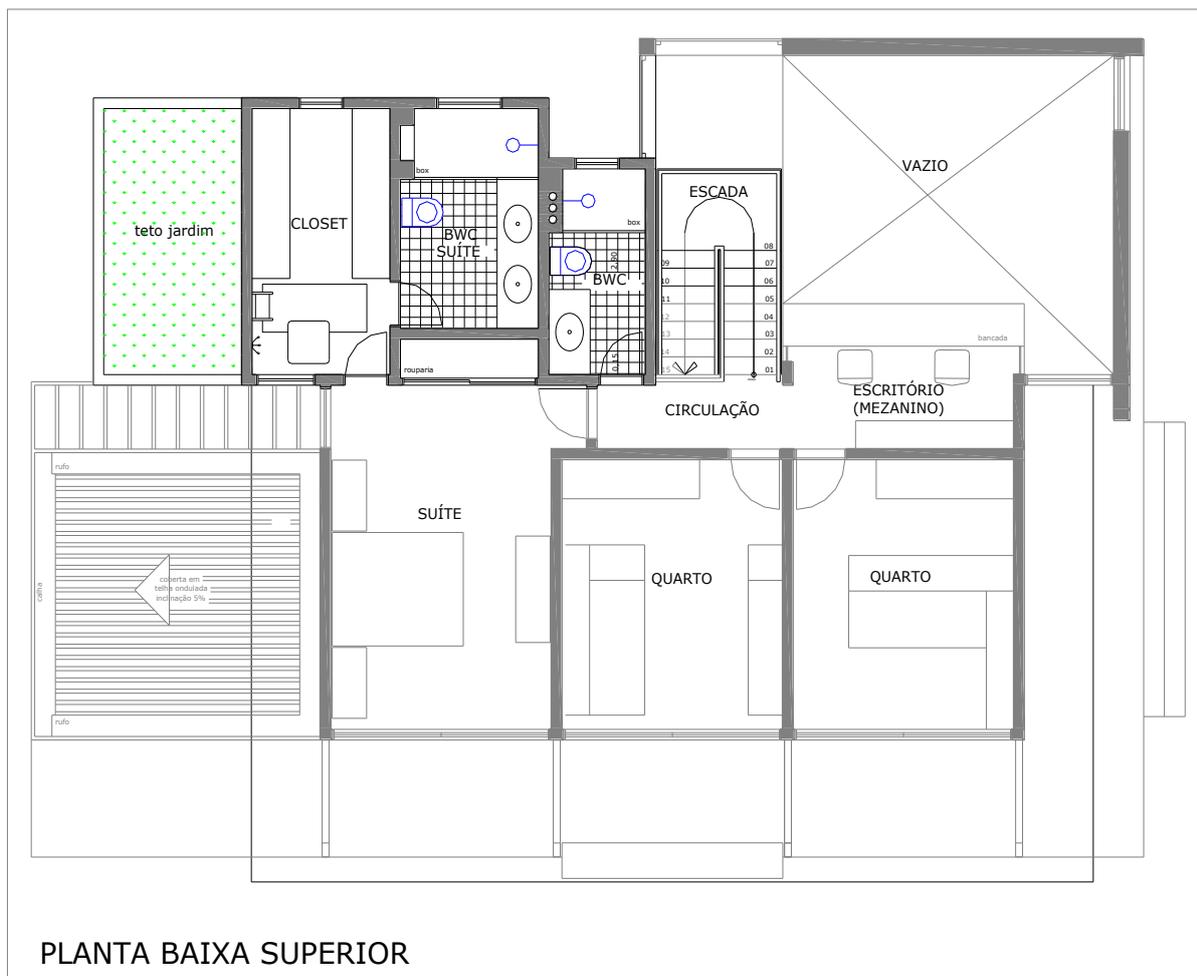


Figura 30: Planta Baixa Pavimento Superior.

Nas plantas baixas, nota-se a preocupação do autor em integrar os ambientes, inclusive os dois pavimentos, através do pé-direito duplo existente na sala de estar. Esta preocupação é relevante, visto que a integração espacial possibilitará ao projeto intensificar a ventilação cruzada e a melhor distribuição da iluminação natural pelos ambientes da casa. Importante observar ainda que todos os cômodos têm aberturas para o exterior, sendo assim iluminados e ventilados naturalmente.

Para isso, é importante prover as residências de luz solar e ventilação, minimizando a propagação de mofo e a incidência de ácaros, colaborando para evitar o aparecimento de alergias nos moradores.

O aproveitamento do sol, como fonte de energia limpa, inesgotável e abundante, vem sendo constantemente pesquisado de forma a tornar a tecnologia mais eficiente e acessível a toda população, contribuindo para amenizar o problema energético e o aquecimento global.

A energia solar pode ser utilizada de várias formas, tais como fonte para aquecimento da água, produção de energia captada através de células fotovoltaicas e como fonte de iluminação natural.

Como fonte de aquecimento de água em substituição aos chuveiros elétricos, é uma alternativa viável, que vem chamando a atenção da população por baratear o consumo de energia das residências. Estes equipamentos são facilmente encontrados no mercado, existindo muitos fabricantes, o que contribui para reduzir seu preço. Seria importante incentivar seu uso pela população, através de redução de impostos, o que certamente seria compensado pela redução do consumo energético residencial.

No projeto, o equipamento utilizado deverá ser um aquecedor composto por duas placas de captação de energia solar e um *boiler* com capacidade para 300 litros, para servir aos chuveiros.

Como produção de energia elétrica, há tecnologias que captam a luz solar para transformá-la em energia elétrica através de placas fotovoltaicas. Porém, essa tecnologia tem alto custo financeiro, por utilizar o silício como matéria prima. Os cientistas vêm pesquisando novas alternativas de materiais para substituir o silício e assim baratear o sistema. Em alguns locais, esta tecnologia vem sendo experimentada, como é o caso do condomínio BedZed na Inglaterra, apresentado neste trabalho. Nesse condomínio inglês, a produção de energia abastece as casas, os automóveis, e o excedente é vendido à concessionária de energia local.

As células fotovoltaicas não foram recomendadas para o projeto pelo seu alto valor, porém em caso futuro essa tecnologia poderá ser

incorporada à construção como uma alternativa de transformar a casa em produtora de energia.

A força do vento é outra forma de obtenção de energia limpa, principalmente em regiões onde este ocorra em abundância, caso do nordeste. Nessa região têm ocorrido bons investimentos nessa tecnologia. No mercado brasileiro já existem turbinas eólicas para uso em residências.

Como iluminação natural, o sol, além de ser uma matriz energética importante para a sustentabilidade mundial, é também responsável pela vida no planeta. Assim, deve ser sempre usado racionalmente pelos arquitetos.

Como usar a luz solar de forma racional? Quando se fala em utilizar a luz natural para iluminação dos ambientes de um imóvel, tem que se pensar nas aberturas, janelas e portas. Não se trata apenas de prover a edificação de fachadas envidraçadas, recurso estético amplamente utilizado pelos arquitetos modernos.

Edifícios com fachadas em vidro, apesar do grande apelo estético, deixam que os raios solares penetrem sem controle, podendo gerar incômodo para os ocupantes. Em projetos para edifícios em regiões tropicais é necessário resgatar elementos da arquitetura local, identificando aqueles que foram utilizados em uma determinada época e possam contribuir para proteger as esquadrias e fachadas. Neste sentido é interessante utilizar beirais, brises, varandas, além de proporcionar equilíbrio nas aberturas, evitando que ocorra superaquecimento no interior dos cômodos.

Integrar as áreas internas com as externas, permitindo a visualização dos jardins, trazer o verde para dentro da casa, é outra preocupação do autor na escolha das esquadrias, visto que o contato com a natureza trará bem estar aos moradores.

Para tanto, é imprescindível o correto detalhamento das esquadrias e seus componentes, permitindo que estas iluminem adequadamente e proporcionem um ambiente sempre arejado.

Para tal propósito, as esquadrias são compostas de vidro temperado, a fim de permitir a interação com a área externa, com caixilhos em madeira. Como as superfícies de vidro não permitem a passagem do vento, serão propostos basculantes também em vidro temperado sobre as esquadrias, com intenção de propiciar a circulação de ar.

Para proteger as esquadrias da luz solar excessiva e das chuvas fortes, deverão ser projetados beirais e brises horizontais. Os brises horizontais também serão colocados sobre as janelas logo abaixo do basculante, servindo para refletir parte da luz que incidiria diretamente no interior dos cômodos, evitando iluminação excessiva. Tal recurso permite que a luz penetre de forma difusa, amena e agradável, como demonstrado na figura 31.

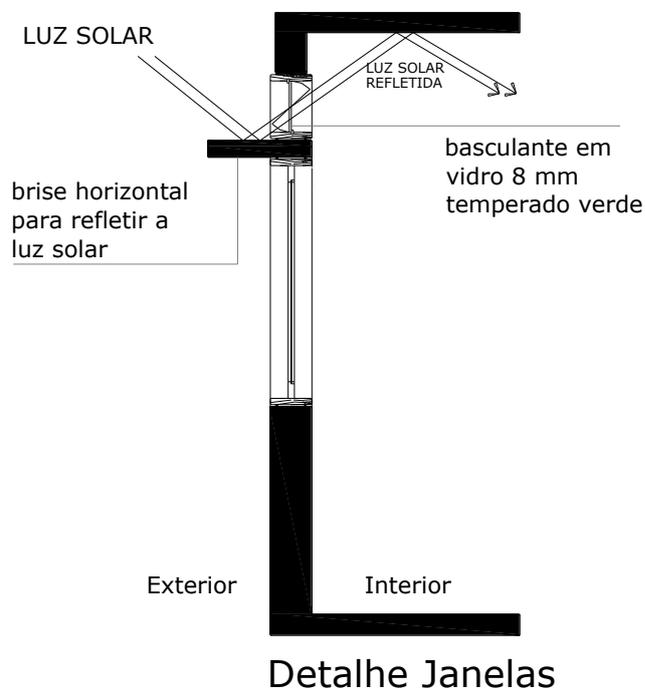


Figura 31: Detalhe da janela em corte.

Ainda com relação à proteção das esquadrias, na lateral leste, mais propícia a receber ventos e chuvas frequentes e onde estão localizadas as

aberturas de maior dimensão, a cobertura será estendida por três metros; cobrindo o terraço e tornando-se ainda um forte atrativo estético do projeto, como se observa na figura 32.



Figura 32: Maquete eletrônica do projeto, vista da cobertura sobre o terraço.

Alguns elementos construtivos exercem dupla função, contribuindo para iluminação e ventilação passivas. Como exemplos, podem ser citados os cobogós, as venezianas e as treliças de madeira.

O cobogó é um material de construção característico da arquitetura nordestina. Este possui variados modelos que compõem grafismos bastante interessantes, podendo agregar valor estético à casa. O cobogó permite que a parede respire, fazendo a troca constante de ar e filtrando a luz solar.

Para tanto, o cobogó foi utilizado nas áreas de saída do ar, fachada oeste. É nestas paredes onde os raios solares incidem durante o período da tarde, transferindo o calor para o interior da casa à noite. Na tentativa de amenizar a absorção de calor pela face oeste, serão construídas duas paredes em cobogó: uma próxima ao jardim interno e outra próxima à escada. A localização destas paredes de cobogós no jardim é providencial, pois, quando houver respingos das chuvas, estes cairão sobre as plantas. Já no caso da escada, por ser um elemento de passagem e não local de

permanência, esta permite a maior incidência de luz solar que penetra através dos cobogós.

Outro local onde serão implantados os cobogós é no encontro dos dois tipos de cobertura. A proposta é de utilizar uma cobertura mista, ou seja, parte em laje pré-moldada e o restante em telha cerâmica sobre estrutura de madeira, esta, inclinada.

Neste sentido, identificam-se elementos de dois tipos de arquitetura, a laje plana, que é referência do modernismo, e a cobertura inclinada, em telha cerâmica, que insere no projeto características da arquitetura tradicional local.

Um recurso de sustentabilidade utilizado para amenizar a insolação causada pelo sol sobre a laje é a cobertura vegetal sobre a cobertura. Utilizando plantas com pouca necessidade de manutenção, este artifício é também interessante por atrair aves em busca de alimentos. Desta forma, a vegetação sobre cobertura contribui para amenizar o calor no interior da residência, como é demonstrado na figura 33.



Figura 33: Maquete eletrônica do projeto, vista da cobertura mista, plantada.

O encontro das duas cobertas cria um telhado em *shed*, onde deverão ser colocados painéis de cobogó. O telhado em *shed* faz com que o ar quente seja impulsionado para fora pelo ar fresco que entra pelas aberturas existentes nas fachadas voltadas para o leste, melhor ponto de captação dos ventos (figura 34).

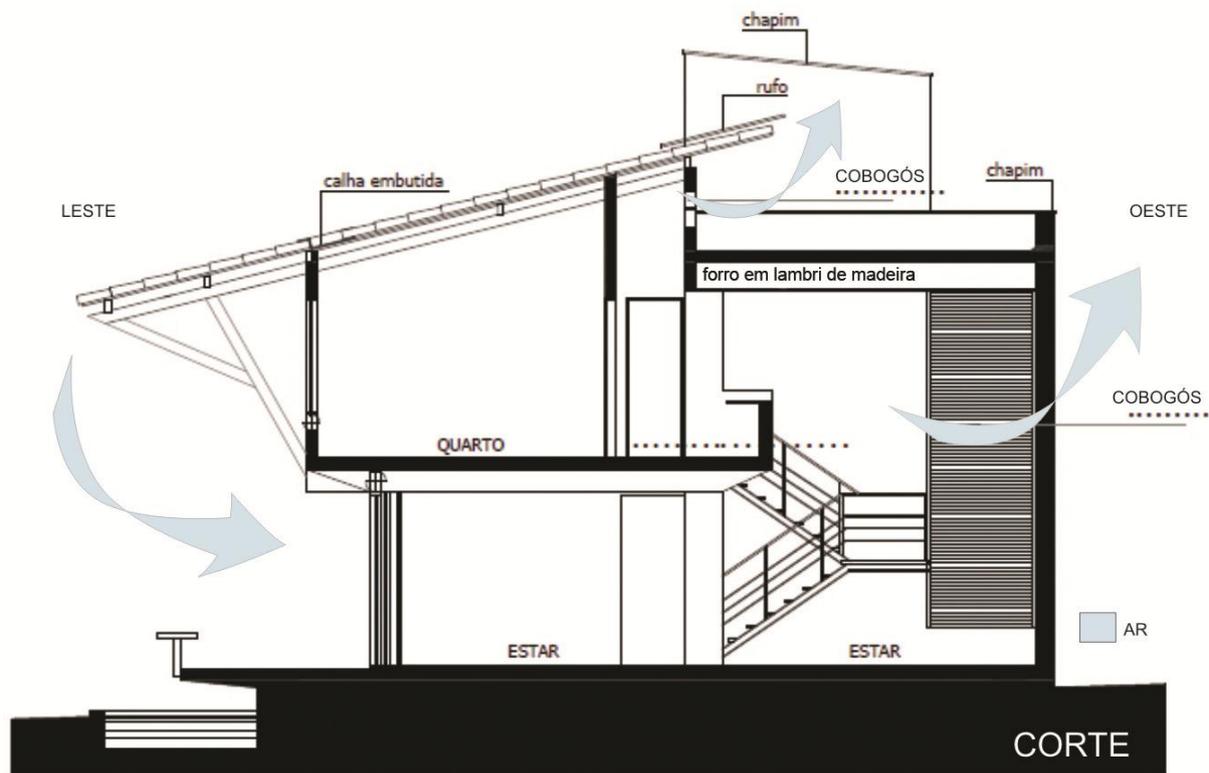


Figura 34: Corte, observar o encontro das duas cobertas, com cobogós no *shed*.

Utilizar-se de variados artifícios para promover a troca de ar no interior da edificação torna-se imprescindível no clima quente e úmido, a fim de evitar que o ar parado torne o ambiente abafado e incômodo para os ocupantes.

A ventilação passiva também faz com que não seja necessário o uso constante de aparelhos eletrodomésticos para refrescar o ambiente, reduzindo o consumo de energia.

A água potável é um recurso natural cada vez mais escasso, por este motivo o sistema hidro ssanitário deve ser pensado de forma a evitar desperdícios.

Dotar a casa de reservatórios para acumular água e prever mecanismos que permitam a reutilização da mesma são medidas responsáveis pela manutenção de um recurso fundamental à sustentabilidade do planeta.

No projeto, foi proposto um sistema duplo de acúmulo de água, um abastecido pela rede pública e outro pela captação pluvial. Outra opção é o reuso das águas servidas, após tratamento com filtros, podendo ser utilizadas para regar plantas e para limpeza de pisos externos, ou ainda na descarga.

Para garantir que a casa sempre esteja abastecida com água, será implantado um reservatório de 9.000 litros, onde se acumula a água fornecida pela rede pública. O segundo sistema é abastecido pelas águas das chuvas captadas pelas cobertas e conduzidas através de tubulações até um filtro, e deste ao reservatório inferior. Do reservatório inferior, formado por uma cisterna com capacidade de 10.000 litros, a água é bombeada ao reservatório superior sendo enfim utilizada nas descargas.

Será prevista ainda filtragem da água utilizada em torneiras e lavadoras, direcionando-a para o espelho d'água e utilizando-a na rega do jardim. O espelho d'água será mais uma tentativa de inserir no projeto elementos da natureza, propiciando um local para contemplação, onde serão criados peixes ornamentais.

Existem ainda formas de reaproveitamento da água das descargas. Porém este recurso exige uma filtragem mais complexa e não será utilizado no projeto em questão.

Uma das finalidades do projeto de arquitetura é a especificação dos materiais e técnicas a serem aplicados.

Na especificação dos materiais e componentes para construção, a sustentabilidade dos produtos pode ser medida através do conhecimento do ciclo de produção destes. Como ciclo produtivo dos materiais devem ser considerados: o método de extração, a mão de obra utilizada em sua

produção, a emissão de CO<sup>2</sup> resultante de sua fabricação, a energia necessária para produzi-lo, o transporte, a toxicidade e a poluição resultante ao final de sua vida útil.

Outros fatores que devem ser considerados na escolha dos materiais são: a manutenção requerida, além dos materiais necessários para esta, o potencial de reutilização e a pegada ecológica.

É importante ainda, a utilização de materiais cuja produção envolva mão de obra local, não necessitando assim serem transportados por longas distâncias. Como exemplo, é possível apontar os tijolos produzidos em locais próximos à construção. Materiais como madeira certificada, oriunda de manejo florestal, podem ser menos sustentáveis se o local de extração for muito longe, neste caso incorporando energia ao processo produtivo, além de emitir grande quantidade de CO<sup>2</sup>.

Priorizar materiais e técnicas construtivas conhecidas pela mão de obra da região é importante para que a execução da obra seja de qualidade.

Especificar materiais e optar por técnicas sustentáveis contribuirá para reduzir o ônus ambiental causado pela construção. Esta atitude influenciará decisivamente no processo de compra dos insumos.

Neste sentido, foi feita a opção por superestrutura em concreto armado e alvenaria em blocos cerâmicos normatizados e produzidos em cerâmica local.

O cimento indicado será o CP III, fabricado com escória de alto-forno, ou CP IV, de pozolana, por produzir menor quantidade de gás carbônico durante o processo químico conhecido como calor de hidratação, visto que tem menor quantidade de *clinker* na sua fabricação.

Alguns materiais como o aço serão utilizados nas ferragens e em componentes de acabamento.

A madeira utilizada deverá ser de origem legal, extraída de área de manejo florestal ou reflorestamento e ter certificado de origem. Este material deve ter sempre uso nobre, ou seja, deve ser aplicado em espaços que permitam vida útil prolongada. No projeto, a madeira será utilizada nos caixilhos das esquadrias, estrutura da cobertura, detalhes de piso e na estrutura do terraço.

Para o piso, a opção será pela cerâmica artesanal, produzidos em indústrias existentes na região.

Outros materiais também muito utilizados, porém apenas durante a construção, são as tábuas e os madeirites usados para fazer fôrmas da estrutura de concreto, assim como as estroncas de eucalipto normalmente colocadas como escoras.

Com a finalidade de minorar o consumo destes materiais durante a construção, recomenda-se uso de andaimes e escoras metálicas, equipamentos que substituem as estroncas e tábuas, e que podem ser montados e desmontados conforme a necessidade. Além disso, esses materiais podem ser transportados para várias outras construções.

Outra forma de racionar a utilização de madeira é substituí-la nas fôrmas do cinturão da base das paredes e das cintas por canaletas pré-moldadas de concreto. Este procedimento contribui ainda para a redução de resíduos durante a obra.

Como já foi citado anteriormente, a construção civil é uma grande consumidora de insumos, gerando grande quantidade de resíduos. A redução deste excedente é um desafio, há algum tempo enfrentado pelas empresas de construção.

Uma providência para controlar com maior eficiência os materiais na obra é a organização do canteiro. Definir os locais onde serão depositados os materiais ordenadamente, preocupando-se com a descarga e transporte dentro da obra. É necessário reservar um local para depositar

os resíduos separadamente, possibilitando que estes possam ser reciclados ou reutilizados.

Outros tipos de resíduos com algum potencial tóxico podem contaminar o solo. Estes devem ser destinados a um local apropriado onde possam ser depositados, sem perigo de vazamentos, para que posteriormente sejam descartados em local apropriado. Assim, filtrar a água oriunda da lavagem das betoneiras é uma ação responsável para manter a qualidade da água do lençol freático.

Ações que visem o bem estar e a segurança dos funcionários da construção também são sustentáveis, visto que uma obra sem ocorrências de acidentes, com trabalhadores satisfeitos e corretamente remunerados decorre em ganhos sociais, contribuindo para a sustentabilidade social.

Uma construção conduzida com preocupações ambientais e sociais resultará em um produto em sintonia com as exigências do mercado atual, cabendo aos proprietários a manutenção do imóvel, prolongando assim a vida útil do mesmo.

Após o recebimento e ocupação da casa, é necessário ter em mãos uma programação para a manutenção desta, principalmente no que se refere à limpeza dos reservatórios de água e calhas, além da vistoria da cobertura, corrigindo possíveis vazamentos.

Para manter a fachada íntegra, deve-se conservar a pintura (feita preferencialmente com tintas à base d'água), utilizando chapim sobre as platibandas, elemento importantíssimo para evitar também o destacamento das cerâmicas da fachada.

A vida útil do imóvel está diretamente ligada à prática da manutenção preventiva periódica, evitando intervenções maiores e mais onerosas para os proprietários.

A qualidade e a forma de vida dos moradores serão responsáveis pela “alma” da casa, pessoas satisfeitas com a moradia certamente terão reflexos para o imóvel.

Após a vida útil, a demolição poderá ser o destino da casa. Se na escolha dos materiais e componentes durante a fase de construção, for considerado o potencial de reutilização destes, boa parte poderá ser extraída para futuramente ser novamente usada ou reciclada. Esta cultura ainda não está muito fixada, mas vem se expandindo, como no caso das usinas de tratamento de resíduos da construção civil, que estão começando a ser instaladas em alguns municípios de Pernambuco; caso de Petrolina e Camaragibe, dando novo uso ao que antes servia para entulhar as calçadas das cidades.

Alguns arquitetos têm usado, em construções novas, materiais como portas, madeiramento de cobertas e até tijolos maciços extraídos de casas antigas que foram demolidas.

O desenvolvimento de projetos concebidos em estruturas que podem ser montadas e desmontadas em outro terreno demonstra uma nova visão do arquiteto em relação às casas.

No caso do projeto proposto, foram escolhidos materiais e métodos construtivos que fazem parte do repertório arquitetônico local. Evidenciou-se o uso prolongado do imóvel, sendo feitas manutenções periódicas, permitindo prolongar a sua vida útil. (Figura 38).



Figura 35: Maquete eletrônica do projeto, vista geral.

Um projeto arquitetônico bem executado, objetivando a sustentabilidade durante o processo construtivo e a vida útil do imóvel, contemplando ainda a demolição ou desmonte, proporcionará aos habitantes conforto e qualidade de vida, felicidade no lar.

O autor defende que a sustentabilidade na cadeia produtiva da construção civil não veio como conceito passageiro, mas sim, como um novo paradigma para a sociedade. Sociedade esta que deve se mobilizar através de ações das mais simples até o envolvimento de grandes projetos que visem a sustentabilidade do planeta, praticando consumo consciente e buscando uma relação mais respeitosa entre a produção e o meio ambiente.

O autor defende, ainda, que os agentes envolvidos na cadeia produtiva da construção civil e em toda vida útil do imóvel devem contribuir para que o mesmo mantenha-se sustentável. Isto proporcionará aos moradores qualidade de vida com baixo custo e menor impacto ambiental, colaborando assim para um futuro em que haja mais harmonia entre o homem e a natureza.

## 5. CONCLUSÃO

Tomando por base os estudos dos conceitos pertinentes à sustentabilidade, sua repercussão na produção de casas no trópico úmido e sua aplicação na construção civil, constatou-se que a sustentabilidade no sentido de manutenção, apesar de ser um termo novo, vem sendo usado de diversas formas no decorrer dos tempos pelos profissionais ligados à construção.

A preocupação com o clima e sua influência na construção, a implantação no terreno, aproveitando a direção dos ventos e tentando produzir construções sólidas e duráveis, são atitudes sustentáveis que há tempos preocupa os arquitetos e engenheiros.

Atualmente, a descoberta do buraco na camada de ozônio, o aquecimento global e a intensificação dos problemas ambientais, em todo planeta vêm exigindo dos meios produtivos encontrar novos caminhos para adequar as atividades econômicas ao novo paradigma, a sustentabilidade ambiental.

Nesse sentido, a arquitetura, como parte da cadeia produtiva da construção civil, deve adicionar ao seu repertório a sustentabilidade, projetando edificações que não só minimizem o impacto sobre o meio natural, mas também tire partido desse paradigma para conceber construções cada vez mais inseridas em seu sítio.

É necessário considerar o clima, a geografia, agregando conceitos como a identificação com a cultura local, especificando e adquirindo materiais cujo processo produtivo tenha pouco impacto sobre o meio ambiente, inclusive tendo preocupação com a pegada ecológica.

Nesse sentido, criar artifícios para facilitar a manutenção do imóvel, tendo como objetivo ampliar a vida útil do mesmo, retarda a possibilidade de maiores intervenções corretivas.

Planejar antecipando a possibilidade de reciclar ou reutilizar os materiais e os componentes da construção, no final de sua vida útil, é uma ação que pode qualificar uma obra como sustentável.

Constatou-se ainda que a sustentabilidade pode se apresentar em diferentes níveis de uma construção, dependendo da quantidade de itens que serão agregados.

O autor defende que a sustentabilidade, diferente de movimentos que marcam uma determinada época, como o modernismo, é atemporal. Isso significa que pode ser agregada a todos os estilos arquitetônicos, possibilitando projetos de edificações originais e eficientes, em consonância com seu tempo e cultura, reduzindo o impacto que a construção civil exerce sobre o meio ambiente.

Desta forma, a sustentabilidade, segundo o autor, tem toda possibilidade de ser aplicada em construções novas ou em edificações concebidas em épocas em que a preocupação com os recursos naturais não existiam.

Contribuir para reverter a degradação causada ao meio ambiente pelo modo de vida até hoje vigente e garantir que as futuras gerações tenham a possibilidade de desfrutar da natureza é responsabilidade de todos. Assim, é imprescindível e urgente que cada um possa dar sua parcela de contribuição para que se tenha uma relação amistosa com o meio ambiente, transmitindo para as próximas gerações uma melhor forma de conviver com respeito à natureza.

## **6. SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS**

O tema abordado neste trabalho ainda tem muito que ser pesquisado, visto que a sustentabilidade não faz parte apenas de discussões momentâneas, mas sim de um tema que terá influência sobre o futuro da humanidade.

Nesse sentido, sugere-se pesquisar a possibilidade de aplicar elementos sustentáveis em edifícios antigos e ineficientes, atendendo às exigências cada vez maiores dos dias atuais.

É importante estudar a relação de custo entre os edifícios comuns e os sustentáveis, para então traçar uma relação econômica entre os dois modelos.

Assim, é imprescindível continuar pesquisando assuntos que levem as pessoas a ter sempre melhor qualidade de vida, e que esta esteja ao alcance de todos, de forma igualitária e em harmonia com todo o ecossistema do qual o homem faz parte.

## REFERÊNCIAS.

ALVAREZ, Cristina Engel; DANTAS, Patrícia M. Cony; FIOROTTI, Marcelo S.; GAVA, Maristela; MELO, Julio Eustáquio; “Casa Ecológica: Uma proposta que reúne tecnologia, conforto e princípios ambientais”; – junho de 2001.

ÂNGULO, S. C. et al. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados separados por líquidos densos. Anais. In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável. São Paulo, 2004, 13 p.

AZEVEDO Virgílio ; ([www.expresso.pt](http://www.expresso.pt)), 12 de Novembro de 2009).

BITTENCOURT, Leonardo; Sustentabilidade como tendência da arquitetura contemporânea; Seminário Arquitetura de compromisso; Recife – 2008).

BRANDT ET AL.: "North-South: A programme for survival" Report of the Independent Commission on International Development Issues, Pan Books London 1980).

BRASIL, Leis. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO nº. 307, de julho de 2002.

HOLANDA, Armando de; Roteiro para construir no nordeste; Universidade Federal de Pernambuco - Recife – 1976).

JOHN, V. M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo, 2000, 102 p. Tese (Livre docência). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

JUNIOR, Ailton Lannes; FILHO, José Rodrigues de Farias; “O conceito *Lean Green de construção: proposta de integração dos modelos Lean Construction, e Green Building, aplicado à indústria da construção civil,*

subsetor edificações”; XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov de 2004).

MIRANDA, Daniela Janaína Pereira; *Permacultura: inovação, princípios e responsabilidade sócio ambiental*; Seminário Sustentabilidade – 2009 – pg. 06 – WWW.fae.edu/seminario\_sustentabilidade).

MOLLISON, BILL. *Introdução à permacultura*. National Libray of Austrália. 1991.

NAKAMURA, Juliana; *Arquitetura Sustentável: A respeito do meio ambiente*; AU – Arquitetura e Urbanismo – Nº 142 – janeiro de 2006 – pg. 42 – Editora Pini).

NICOLÓSI, Marcelo; *Revista Sistemas Prediais – Nº 9 – outubro de 2008 – Nova Técnica Editorial Ltda*).

OLIVEIRA, Patrícia; *Cadernos do III setor: “Marketing verde: vida ou morte para as florestas tropicais”*, Revista Integração, setembro 2008, FGVSP.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo, 1999, 190 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ROAF, Susan; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie; Tradução: Salvaterra, Alexandre. *Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável*. – 2ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROCHA, E. G. de A.; SPOSTO, R. M.. *Quantificação e caracterização dos resíduos da construção civil da cidade de Brasília*. **Anais**: In: IV SIBRAGEQ – I ELAGEC Porto Alegre, 24 a 26 de novembro, 2005.

SILVA, Marcos Germano S.; *ADM - Arquitetos; Novo Edifício Sede da Compesa – Recife; Seminário Arquitetura de Compromisso - Recife – Outubro de 2008*).

SOUZA, U.E.L.; *Como reduzir perdas nos canteiros: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil*. Ed. Pini, São Paulo, 2005.

SPOSTO, Rosa Maria; OLIVEIRA, J. A. da Cunha; BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves; *Estratégias de gestão ambiental em canteiros de obras de empresas construtoras*. Revista Sistemas Prediais – Nº 9 –Nova Técnica Editorial Ltda, São Paulo, 2008. Pg. 36).

SPOSTO, R. M. – Resíduos da Construção civil; problema ou solução? In: *Revista Eletrônica Espaço Acadêmico*, Maringá, v. 61, n. VI, 2006).

VELOSO, Máisa; *Adequação da arquitetura a climas quente e seco: O caso da arquitetura vernacular no sertão nordestino – V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído – Fortaleza 1999.*