



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Maria da Gloria de Sousa Brandão

A INCORPORAÇÃO DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM PROJETOS DE
ARQUITETURA: O Edifício Solar Hemiciclo

Rio de Janeiro
2012



UFRJ

Maria da Gloria de Sousa Brandão

A INCORPORAÇÃO DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM PROJETOS DE
ARQUITETURA: O Edifício Solar Hemiciclo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana,
Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte
dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia
Urbana.

Orientadores: Elaine Garrido Vazquez e Luis Otávio Cocito Araújo

Rio de Janeiro
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Brandão, Maria da Gloria de Sousa

A Incorporação de Condições Climáticas em Projetos de Arquitetura: O Edifício Solar Hemiciclo. – 2012.

f.: il.; 30 cm. 100P

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2012.

Orientador(es): Elaine Garrido Vazquez e Luis Otávio Cocito Araújo

1. Arquitetura Bioclimática. 2. Construção Sustentável. 3. Estudo de Caso. 4. Edifício Hemiciclo Solar – Teses. I.Vazquez, Elaine Garrido (Orient.). Araújo, Luis Otávio Cocito (Orient.). II.Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. III,Título.



UFRJ

A INCORPORAÇÃO DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM PROJETOS DE ARQUITETURA: O Edifício Solar Hemiciclo

Maria da Gloria de Sousa Brandão

Orientadores: Elaine Garrido Vazquez e Luis Otávio Cocito Araújo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Elaine Garrido Vazquez., Doutorado, PEU/Poli/UFRJ

Luis Otávio Cocito Araújo, Doutorado, PEU/Poli/UFRJ

Rosane Martins Alves, Doutorado, PEU/Poli/UFRJ

Sylvia Meimaridou Rola, Doutorado, FAU/UFRJ

Rio de Janeiro
2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais Maria e Francisco, que sempre estiveram por perto me auxiliando e incentivando, a quem devo minha educação e muito da minha formação.

As minhas irmãs e amigas Elaine Cristina e Georgia Estela que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e alegrando.

Ao Othon, meu marido, sócio, companheiro e colega de mestrado, parceiro na elaboração de artigos e trabalhos das disciplinas do curso, sempre presente, me fazendo feliz, me incentivando e me encorajando neste desafio.

Aos meus tios e avós, que mesmo longe sempre torceram pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Depois de tantos desafios e obstáculos, finalmente com algum sacrifício finalizo o tão desejado mestrado.

Deixo meus agradecimentos a todos os professores do programa de Engenharia Urbana que contribuíram de alguma maneira para minha formação.

Ao meu professor co-orientador Luis Otávio Cocito Araújo, sempre solícito e paciente.

E, especialmente, a minha professora orientadora Elaine Garrido Vazquez, uma pessoa essencial na conclusão desta e de outras etapas. Sempre dedicada, me orientando, aconselhando e incentivando, seja na elaboração de artigos ou da dissertação do mestrado, entendendo minhas dificuldades e confiando no meu trabalho o que me deu coragem para continuar.

A Deus, por Sua presença constante em todos os momentos da minha vida.

Resumo da Dissertação apresentada ao PEU / UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Urbana (M.Sc.)

BRANDÃO, Maria da Gloria de Sousa. A Incorporação de Condições Climáticas em Projetos de Arquitetura: O Edifício Solar Hemiciclo.

O conceito de planejar cidades mais sustentáveis é de interesse mundial frente ao proeminente caos ambiental atual. A construção civil é uma das maiores provocadoras da destruição do meio ambiente, em virtude da extração de matéria-prima natural para a fabricação de materiais de construção, geração de entulho ao longo do processo de obra e alto consumo energético durante a vida útil dos edifícios.

Diante disso, este trabalho visa propor uma possibilidade de construção de baixo impacto ambiental, através da incorporação de condições climáticas em obras arquitetônicas, minimizando impactos ambientais, através de projetos bioclimáticos.

A Arquitetura Bioclimática explora as características naturais do terreno, interage harmonicamente com o clima, fauna, flora, relevo da região, utilizando-os como variáveis para soluções projetuais, através do uso de soluções de fontes energéticas renováveis (eficiência energética), matérias-primas e sistemas construtivos de baixo impacto ambiental, com o objetivo de diminuir a degradação ambiental provocada pelas construções, propiciar também melhores condições de conforto e qualidade de vida ao usuário.

Com esta pesquisa, busca-se promover o aumento de construções com impacto ambiental nocivo reduzido e cidades mais saudáveis, através do emprego de sistemas passivos para iluminação e ventilação natural, por serem soluções simples e baratas, tratando-se muitas vezes apenas de funcionalidade formal (desenho de projeto), sem o uso de tecnologias de alto custo e complexidade. Foi realizado um estudo em uma edificação multifamiliar na Europa - edifício espanhol Hemiciclo Solar, tendo em vista que no contexto brasileiro, para esta tipologia arquitetônica, ainda existem poucos projetos contemporâneos que levem em consideração a bioclimatologia como premissa de concepção do produto. Os resultados do estudo fornecem subsídios para a discussão e recomendações de projetos bioclimáticos nas edificações brasileiras.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática, Construção Sustentável, Sistemas passivos, Hemiciclo Solar

Abstract of dissertation presented to PEU / UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

BRANDÃO, Maria da Gloria de Sousa. The Incorporation of Climatic Conditions in Architecture Projects: The Solar Semicircle Building.

The concept of planning sustainable cities is of global interest due to the current environmental chaos. The civil construction is one of the major causes of the destruction of the environment. The extraction of raw materials necessary to create construction materials, construction waste generated, and the high uses of electricity during the lifetime of the building are some of the main reasons for such devastation.

Therefore, this project aims to propose a possibility of construction with low environmental impact. This would be viable through the integration of climatic conditions in architectural works, minimizing environmental impacts with bioclimatic design.

The bioclimatic architecture explores the natural terrain features, interacting harmoniously with the climate, flora, fauna and topography of the region. Consequently, using them as variables for design solutions through the use of renewable energy sources (energy efficiency), raw materials and construction systems with reduced environmental impact. We aim to reduce environmental degradation caused by the construction while providing the best conditions of comfort and quality of life for the user.

With this research, we seek to promote the increase of buildings with reduced noxious environmental impact and healthier cities. Instead of using technologies of high cost and complexity, we encourage the use of a passive system for lighting and natural ventilation solutions, which are simple and inexpensive, since it is only a formal feature (project design). A case study has been conducted around the Spanish building Hemiciclo Solar, because it is a contemporary bioclimatic work that addresses the current needs of society. The study's results provide support for the discussion and recommendations for bioclimatic projects in Brazil.

Palavras-chave: Bioclimatic Architecture, Sustainable Construction, Passive Systems, Hemiciclo Solar

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO	10
1.2 A EVOLUÇÃO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E AS ORIGENS DO CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	19
1.3 OBJETIVO	28
1.4 JUSTIFICATIVA	30
1.5 METODOLOGIA	32
1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	33
1.7 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	33
CAPÍTULO 2 - O PAPEL DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO	36
2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE	36
CAPÍTULO 3 - ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	52
3.1 O CONCEITO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	52
3.2 OS PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	59
3.3. A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA NO BRASIL	66
CAPÍTULO 4 - EDIFÍCIO HEMICICLO SOLAR	77
4.1 O EXEMPLO DO EDIFÍCIO ESPANHOL HEMICICLO SOLAR COMO ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	77
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Ao longo do processo de desenvolvimento das cidades, a sociedade promoveu a exploração contínua do meio ambiente natural, o que se deu através da utilização do solo, disposição de resíduos, e principalmente, pela extração desenfreada de recursos naturais.

A degradação ambiental causada pelo uso indiscriminado de recursos naturais teve início na Revolução Industrial, por volta do século XVIII, com a demanda por bens e serviços gerada pela sociedade capitalista. As demandas cada vez mais intensificadas pelo consumismo desenfreado originaram novos processos de produção e distribuição, com o objetivo de fabricar cada vez mais unidades, e em menor tempo, para agilizar a comercialização dos produtos. Desta forma, o conceito mecanicista e materialista de natureza consolida-se, os recursos naturais são rotulados como matéria-prima capaz de gerar novos produtos e a natureza é falsamente considerada como fonte inesgotável (ROSS, 1996).

“A Revolução Industrial decorre da intensificação do comércio, a contar dos descobrimentos – revolução comercial – e da valorização da natureza e gosto da investigação, levando a novas atitudes – revolução intelectual. O mercado cresce, o consumidor tem mais nível aquisitivo, é exigente: daí o trabalho sob outros padrões, sem limites da antiga corporação e com o culto do conforto”. (IGLÉSIAS, 2002 apud SILVA, 2006).

A figura 1 ilustra as modificações na paisagem e na qualidade do ambiente decorrentes da Revolução Industrial.



Figura 1 – Pintura *Afternoon View of Coalbrookdale* de WILLIAMS, W., 1777 – Fonte: Shrewsbury Museums Service.

Em paralelo à revolução industrial, iniciou-se um rápido processo de migração do homem do campo em direção à metrópole, em busca de melhores condições de vida. Porém as capacidades de desenvolvimento civilizatório e industrial não acompanharam a velocidade deste processo migratório, o que resultou em desemprego, desigualdade social e qualidade de vida subumana. (FREITAS, 2001).

Em sua maioria, as residências dos operários apresentavam-se densamente habitadas, localizavam-se em ruas estreitas à periferia dos grandes centros e pólos industriais. Eram desprovidas de segurança, de sistema de abastecimento de água e esgoto, sem iluminação natural, mal arejadas, e com condições bastante precárias de higiene. Tal situação tornava propícia a poluição dos cursos de água e do solo, além de disseminar uma série de doenças (FREITAS, 2001).

Os avanços tecnológicos que beneficiaram o homem trouxeram consigo grandes desequilíbrios ambientais, aumentando a miséria, a degradação e a poluição.

No continente europeu, por volta do século XIX, iniciaram-se as lutas por reformas sociais, políticas e espaciais, em busca de soluções para suprir as necessidades da população carente por habitações, infra-estrutura urbana, e acima de tudo, por qualidade de vida. Durante este período, surgiram diversas propostas e realizações urbanas na Europa, destacando-se, sob a ótica, do desenvolvimento urbano sustentável a “Cidade Jardim” do inglês Ebenezer Howard (ANDRADE, 2003).

O conceito de “Cidade Jardim” apresentava aspectos totalmente opostos ao caos originário da cidade-industrial. Além de propor a harmonia entre homem e natureza, apresentava uma política de cunho social, buscando maior equilíbrio entre as diferentes classes sociais, amenizando as disparidades financeiras ao oferecer melhor qualidade de vida e salubridade (ANDRADE, 2003).

No projeto da Cidade-Jardim, Howard, buscando solucionar os problemas de insalubridade, pobreza e poluição, utilizou-se de uma estratégia de planejamento regional. Através do traçado urbano para possibilitar uma relação direta de interdependência entre o campo e a cidade, integrando as diferentes atividades econômicas (industriais ou agrícolas). Esta diretriz, conseqüentemente viria a oferecer oportunidades de negócios a todos os mercados, diminuindo assim o fluxo migratório originário do desemprego no campo, o que evitaria possíveis problemas sociais como os gerados pela revolução industrial. Esta ligação entre o campo e a cidade seria realizada por transportes públicos eficientes, diminuindo as distâncias

não apenas comerciais, mas de lazer e de contato com a natureza, o casamento ideal entre oportunidade e entretenimento (ANDRADE, 2003).

Uma característica importante, é que os conjuntos habitacionais destinados aos operários iriam se localizar próximos às indústrias, diminuindo o tempo de deslocamento e custo com transporte, o que proporcionaria melhores condições de trabalho, e conseqüentemente geraria uma produtividade maior e mais eficaz (ANDRADE, 2003).

As “Cidades Jardins” consistiam, teoricamente, em uma comunidade autônoma, onde a cidade possuía formato circular, dividida em seis setores delimitados por bulevares de trinta e seis metros de largura, os quais faziam parte da estrutura viária, juntamente com cinco avenidas concêntricas. As “Cidades Jardins”, deveriam ter capacidade máxima de habitantes (75 habitantes por hectare nas áreas urbanas – total de 400 hectares e 1 habitante por hectare nas áreas rurais – total de 2.020 hectares), de forma a preservar a qualidade de vida de seus moradores, conforme ilustrado na figura 2 (ANDRADE, 2003).

Os ideais propostos por Howard surgiram em um período em que discussões em torno de desenvolvimento sustentável e ecologia ainda não haviam sido expostas, no entanto o programa das “Cidades Jardins”, já apresenta uma preocupação com os impactos ambientais provocados pelo desenvolvimento urbano (ANDRADE, 2003).

Segundo Howard (2006), “... cidade e campo devem estar casados, e dessa feliz união nascerá uma nova esperança, uma nova vida, uma nova civilização”.

Incentivados pela urgência da necessidade de organização e planejamento espacial, ainda no século XX, uma série de países europeus adotaram modelos urbanos semelhantes ao de Howard, com enfoque sócio-ambiental, onde priorizaram-se medidas de conservação ambiental e o planejamento regional. Desta forma, no período pós-primeira guerra mundial, o conceito de Cidade-Jardim tornou-se uma ferramenta de construção de novas cidades na Inglaterra. Porém, a necessidade imediatista de viabilizar um número maior de unidades habitacionais para suprir as necessidades da população atingida pelos conflitos, fugiu do padrão limitador de espaço e população imposto pela filosofia de Howard. Este novo contexto levou a formação de novos programas que atendessem além da sustentabilidade do ambiente construído, a quantidade imediatista de moradias. O efeito desta reformulação de programa causou a sub-urbanização do espacial das novas cidades, uma vez que estas propostas, conhecidas como *New Towns Act*, baseavam-se no zoneamento das cidades em faixas comerciais, industriais e residenciais, bastante distanciadas, o que trouxe uma nova necessidade: o automóvel, e com ele, os impactos ambientais como poluição, desmatamento

(abertura de vias), concentração de pobreza nas áreas centrais (população sem poder aquisitivo para adquirir um automóvel), a diminuição espírito de interação entre os diferentes mercados (ANDRADE, 2003).

Metodologias de organização espacial com caráter ecoeficiente são cada vez mais necessárias no atual quadro de degradação ambiental enfrentado pelo planeta, porém, tal percepção de que as atitudes degradantes do homem nos levariam ao desastre ecológico é um acontecimento recente, as discussões em torno do meio ambiente só tiveram início a partir da metade do século XX, dando enfoque a questões como: o consumo energético, o aquecimento global, a chuva ácida, diminuição da camada de ozônio e a exposição de resíduos tóxicos, o desmatamento e a desertificação. O quadro 1, a seguir, indica os principais impactos ambientais causados pelas atividades humanas.

Quadro 1 – Principais Impactos das Atividade Humanas sobre o Meio Ambiente

ATIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTAIS
Desmatamento	Alterações climáticas Danos à flora e a fauna Erosão do solo Empobrecimento do solo Assoreamento de recursos hídricos Aumento do escoamento da água Redução de infiltração da água Inundações
Movimentos de terra	Alterações na drenagem das águas Erosão do solo Assoreamento dos recursos hídricos
Impermeabilização do solo	Aumento do escoamento das águas Redução da infiltração da água Problemas de drenagem Inundações
Aterros de rios, riachos, lagoas, etc.	Problemas de drenagem Assoreamento Inundações Prejuízos econômicos e sociais
Destruição de ecossistemas	Danos à fauna e flora Desfiguração da paisagem Problemas ecológicos Prejuízos às atividades do homem Danos sociais e econômicos
Emissão de resíduos	Poluição ambiental <ul style="list-style-type: none"> • Prejuízos à saúde do homem • Danos à fauna e flora • Danos materiais • Prejuízos às atividades • Danos econômicos e sociais
Emissão de gás carbono, clorofluorcarbono, metano, etc.	Alterações de caráter global: <ul style="list-style-type: none"> • Efeito estufa (aumento da temperatura; elevação do nível de oceanos, alterações na precipitação; desaparecimento de espécies animais e vegetais) • Destruição da camada de ozônio (aumento da radiação ultravioleta; riscos à diversidade genética; câncer de pele, catarata)

Fonte: ABIKO, e MORAES, 2009 apud MOTTA, 1999.

A cidade pode ser caracterizada como um ecossistema complexo formado por um conjunto de organismos que se inter-relacionam com a natureza. Partindo-se desta premissa, a unidade construída pode ser considerada um organismo vivo passível de trocas, sejam elas de calor (ventilação natural), de energia (captação solar), ou ainda de fluidos (captação de água da chuva e reuso de águas cinza). A unidade edificada é a base de toda a formação da cidade, e a disseminação de unidades que ofereçam menor impacto ambiental é essencial para promover o desenvolvimento urbano sustentável.

A construção civil tem um importante papel na concepção do espaço urbanizado, sendo a responsável pela formação da infraestrutura indispensável à continuidade do processo de desenvolvimento das cidades, edificando pontes, estradas, indústrias, imóveis e demais elementos que compõem o ambiente urbano. Se por um lado a existência de tais equipamentos tem trazido melhorias na qualidade de vida do homem, provendo opções de deslocamento, habitação, comércio, lazer, por outro, também vem causando o aumento do consumo de energia, de extração de matéria-prima, geração de entulho, poluição do ar, solo e água, provocando danos irreparáveis ao meio ambiente.

De acordo com Carneiro *et al* (2001), a indústria da construção civil é qualificada como uma das atividades que mais alteram o meio ambiente, desde a fase de extração de bens naturais, até o fim da vida útil da edificação, sendo uma das principais fontes de degradação da natureza.

A construção de grandes empreendimentos imobiliários pode atingir de forma bastante negativa a natureza. Desta forma, o emprego de técnicas construtivas bioclimáticas nas unidades construídas é essencial para amenização dos impactos ambientais trazidos pelas massas edificadas.

“A boa notícia é que sabemos o que precisa ser feito. (...) Temos todas as tecnologias que precisamos; outras mais estão sendo desenvolvidas. E, a medida que se tornam disponíveis e ficam mais baratas quando produzidas em escala, essas tecnologias facilitarão o nosso trabalho. Mas não devemos esperar, não podemos esperar, não vamos esperar.” (AL GORE, 2005 apud KEELER, 2010)

1.2 A EVOLUÇÃO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E AS ORIGENS DO CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Apesar da preservação do meio ambiente ser indispensável à existência da vida no planeta, a preocupação com a harmonia entre o homem e a natureza só começou a fazer parte de discussões internacionais entre os anos 50 e 60, quando o mundo passou a presenciar uma série de catástrofes que revelaram a fragilidade do meio ambiente e do próprio homem frente ao progresso avassalador da humanidade. Textos e artigos inovadores surgiram neste período com o propósito de motivar comunidades e países a uma mudança de paradigma. Um dos livros de maior destaque foi o de Rachel Carson “Primavera Silenciosa” (GEO-3, 2004).

No livro “Primavera Silenciosa”, a autora alertava quanto a má utilização dos pesticidas e seus impactos sobre o homem e a natureza. Carson era bióloga e pesquisadora e viu-se diante de um alarmante desastre ambiental em 1945, na cidade de Maryland, onde a pulverização do pesticida DDT (*Dicloro-difenil-tricloreto*) estava matando inúmeros pássaros e infectando diversas espécies de animais silvestres. Na ocasião, a autora buscou publicar artigos sobre o fato junto a Reader’s Digest, porém por diversas vezes teve seu texto negado, com isso decidiu por publicar um livro sobre o assunto, transformando-o em uma fábula passada em uma cidade fictícia. O livro foi publicado em 1962, obtendo grande sucesso, forçando a investigar sobre o uso do DDT, levando logo em seguida a sua proibição. O título remete ao silêncio dos pássaros mortos pelos pesticidas (GODOY, 2009).

No ano de 2000, o livro foi consagrado como uma das maiores reportagens investigativas do século XX. Em 2006, a autora foi premiada *in memoriam* pelo jornal britânico *The Guardian* por sua luta em prol do meio ambiente, conquistando a primeira colocação entre as 100 pessoas que mais agiram para a preservação ambiental até então.(RIBEIRO, 2010).

“Nós permitimos que esses produtos químicos fossem utilizados com pouca ou nenhuma pesquisa prévia sobre seu efeito no solo, na água, animais selvagens e sobre o próprio homem”(CARSON, 1962 apud KRAEMER, 2004).

Ao final da década de 60, a convite do industrial Aurélio Peccei e do cientista Alexander King, foi formado um pequeno grupo de profissionais internacionais de diversas áreas (políticos, cientistas, industriais, entre outros), buscando identificar os problemas cruciais que determinariam o futuro da humanidade, com a finalidade de contribuir de forma sistêmica e interdisciplinar com soluções para um mundo melhor. O Clube de Roma, como se intitularam, ganhou atenção mundial com sua publicação *The Limits to Growth* (“Os Limites do Crescimento”), onde exibiam uma série de cenários sobre o futuro da sociedade concluindo que o progresso só seria sustentável se o crescimento da população e da economia fossem limitados, caso contrário até o ano de 2000 o planeta entraria em colapso. Com suas exposições o Clube de Roma trouxe as questões ambientais para o topo das discussões globais, alimentando ainda mais a necessidade de providências políticas internacionais (CLUB OF ROME, 2011).

Em 1972, a comunidade internacional vivenciou um evento que veio a se tornar o marco da inclusão das questões relacionadas ao meio ambiente na pauta

internacional - a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972, em Estocolmo, cuja intenção era debater sobre as atividades humanas em conexão ao meio ambiente e às mudanças climáticas. A conferência chamou a atenção para a degradação do meio ambiente causada pelas ações humanas, as quais ofereciam severos riscos para o bem-estar e até mesmo para a sobrevivência da humanidade, expressando o direito do homem de viver “em um ambiente de qualidade que permita uma vida com dignidade e bem-estar” (PNUMA, 2004).

Participaram desta conferência, representantes de 113 países, organizações-não-governamentais e dos organismos da ONU. Como resultado da conferência tem-se a Declaração sobre o Meio Ambiente Humano onde elaborou-se 26 princípios de comportamento e responsabilidade que deveriam guiar as decisões concernentes a questões ambientais, e um Plano de Ação, composto por 109 recomendações, que convocava todos os países, os organismos das Nações Unidas, bem como todas as organizações internacionais a cooperarem na busca de soluções para problemas ambientais, elaborando planos que resolvessem dentro de seus países questões sobre a preservação ambiental, direitos humanos e desenvolvimento urbano. Outro feito da Conferência foi a instituição da PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2004).

A partir de Estocolmo 72, diversas leis ambientais foram aprovadas em países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico¹ (OCDE), e o meio ambiente ingressou na lista de prioridades das pautas nacionais e regionais.

¹ Organização internacional e intergovernamental formada pelos países mais industrializados da economia do mercado. Fonte: <http://www.cgu.gov.br/ocde/sobre/informacoes/index.asp>

Acredita-se que a conferência também foi o ponto de partida para uma série de decisões de cunho ambiental, por exemplo, o número de países com ministérios ou departamentos responsáveis pelo setor do meio ambiente passou de 10 para 110 até 1982 (CLARKE E TIMBERLAKE, 1982 apud PNUMA, 2004).

Ainda durante a Conferência de Estocolmo (1972), identificou-se uma grande lacuna no conhecimento e consciência sobre os impactos ambientais, e principalmente sobre como as decisões políticas e econômicas podem influenciar no futuro no desenvolvimento sustentável da sociedade como um todo. De modo a monitorar continuamente o estado do meio ambiente global; alertar as nações quanto a problemas e ameaças ao meio ambiente e indicar possibilidades para melhoria da qualidade de vida da população sem os recursos naturais das futuras gerações foi criado o PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. A Conferência de Estocolmo, foi por si só, um reflexo do espírito da época, ou ao menos da visão de muitos no Ocidente” (PNUMA, 2004).

Sediado em Nairóbi, no Quênia, o PNUMA se subdivide em uma rede de escritórios distribuídos em por diversos países (entre eles o Brasil), com o intuito de apoiar instituições e órgãos políticos quanto a acordos, programas e projetos sustentáveis, promovendo e difundir pela sociedade informações relevantes de temática ambiental que compõem as agendas global e nacional (PNUMA, 2004).

Entre as principais publicações do PNUMA, encontram-se os relatórios *GEO*²: os quais são formados com base em uma série de coletas de dados, pesquisas,

² Global Environment Outlook

tendências e perspectivas sobre o meio ambiente e os impactos ambientais causados pelas atividades humanas, com o objetivo de se obter informações precisas e atualizadas que possam guiar líderes governamentais no mapeamento de estratégias políticas que imprimam melhor administração e preservação do meio ambiente, garantindo um ambiente natural saudável para as gerações futuras (GEO-3, 2004).

Em meados da década de 80, a ONU retomou o debate das questões ambientais, criando a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, liderada pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. O objetivo da comissão era realizar estudos por todo o mundo a fim de elaborar um relatório contendo as questões internacionais relacionadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento. O resultado final dos estudos foi o documento *Our Common Future* (“Nosso Futuro Comum”), também conhecido como Relatório Brundtland (GEO-3, 2004).

O relatório de Brundtland concebeu o conceito de Desenvolvimento Sustentável, definindo-o como aquele “que atende às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade de gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. (CMMAD, 1987 apud PNUMA, 2004).

De acordo com o PNUMA (2004), o desenvolvimento sustentável é formado por três componentes principais que devem relacionar-se harmonicamente: sustentabilidade social, sustentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental, os quais têm as seguintes atribuições:

Quadro 2 – Componentes principais do Desenvolvimento Sustentável

Principais Atribuições dos Componentes principais do Desenvolvimento Sustentável	
Sustentabilidade social	Promoção do equilíbrio social entre as diferentes classes econômicas e elevar a qualidade de vida da população
Sustentabilidade econômica	As decisões devem avaliar não somente o lucro, mas os custos justos que promovam menores impactos sociais e ambientais.
Sustentabilidade ambiental	Manutenção e preservação do ecossistema, de modo que o meio ambiente continue fornecendo os recursos naturais necessários a sobrevivência humana.

Fonte: PNUMA, 2004.

Em 1992, no Rio de Janeiro, sediou, a maior reunião sobre o meio ambiente urbano e desenvolvimento humano já realizada, a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, ou Rio-92.

Diferentemente da Conferência de Estocolmo 72, onde apenas 2 chefes de Estado compareceram, a Cúpula da Terra (como o evento também era chamado), contou com a presença de mais de 100 líderes, e um total 176 países participantes, aproximadamente 10 mil delegados, 1.400 organizações não-governamentais (ONGs) e cerca de 9 mil jornalistas (DEMKINE, 2000 apud PNUMA, 2004), um indicativo do aumento da preocupação mundial quanto às questões ambientais.

Ao término desta conferência foram elaborados os mais importantes acordos ambientais globais da história como a Agenda 21 (registro com 2.500 sugestões de ações ambientais para se implantar a sustentabilidade ambiental), o Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, a Convenção sobre Diversidade Biológica, a Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, os Princípios para

o Manejo Sustentável das Florestas, além da criação da CDS – Comissão de Desenvolvimento Sustentável. (PNUMA, 2004).

Dando continuidade ao Rio 92, ocorreu em New York o evento "Rio+5", cujo objetivo foi avaliar os cinco primeiros anos de implementação da Agenda 21 (principais dificuldades para a implementação dos princípios sugeridos pelo documento, sugestões de ações para os anos seguintes e incentivos a continuidade das negociações ambientais em andamento), culminando com uma "Declaração de Compromisso", na qual os representantes de determinadas nações comprometeram-se em manter seus países fieis aos princípios e programas contidos na Declaração do Rio e na Agenda 21, com o objetivo de dar seguimento a sua prática (GEO-3, 2004).

Os preceitos do desenvolvimento sustentável foram se solidificando ao longo dos anos 90, resultando em diversos importantes eventos internacionais, como a Conferência Mundial dos Direitos Humanos (em Viena, 1993), a Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento (no Cairo, em 1994); a Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável dos Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (Barbados, 1994), a Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Social (Copenhague, 1995), a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre os Assentamentos Humanos (realizada em Istambul, 1996), entre outros (GEO-3, 2004).

No ano de 1997, originado de um dos itens de ações estabelecidas pela Cúpula da Terra em 1992, constituiu-se o Protocolo de Quioto. Este protocolo tinha como

proposta a redução das emissões dos gases que provocam o efeito estufa na atmosfera. As metas de redução diferiam entre os países signatários, e os países “em desenvolvimento” como Brasil, que não possuíam metas determinadas. Até o ano de 2008, 182 países fizeram suas ratificações, e propuseram-se a minimizar suas emissões. O acordo prevê a diminuição das emissões de GHGs (*Greenhouse Gas Protocol* ou GEE - Protocolo dos Gases do Efeito Estufa), em no mínimo 5% abaixo entre os anos de 2008 a 2012. Os Estados Unidos, até a década de 90 eram responsáveis por 36,1 % das emissões carbono no ambiente, mas não aderiram ao protocolo, e se propuseram a elaborar um plano alternativo chamado *Clear Skies Initiative* (Iniciativa de Limpeza dos Céus), que até o ano 2004 não apresentou evolução ou funcionamento (DINIZ, 2004).

Em paralelo às evoluções no protocolo de Quioto, no ano de 2002, ocorreu a Conferência de Joanesburgo (Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida por Rio+10), onde reafirmou-se o desenvolvimento sustentável como o objeto central da pauta internacional, identificando-o como uma ótima oportunidade para a humanidade, sob as ópticas: econômica (geração de empregos e construção de mercados), social (combate à exclusão), político (alianças), e ambiental (proteção dos ecossistemas).

Frente às discussões trazidas na Conferência de Estocolmo (1972) e seus desdobramentos até os dias de hoje, muito se evoluiu a cerca da conscientização ambiental. Criaram-se leis ambientais, determinaram-se pactos de preservação, e os modos de vida de muitos indivíduos e sociedades foi influenciado por escolhas mais sustentáveis, porém muitas situações mantêm-se inertes em parte da sociedade, como a pobreza e o consumo demasiado, o que compromete o progresso do

desenvolvimento sustentável e dá continuidade ao processo de deterioração ambiental.

“O Desenvolvimento Sustentável é, portanto um modelo de desenvolvimento pautado em princípios e ações que considerem, em igualdade de importância, os aspectos ambientais, sócio-culturais e econômicos, como um tripé de equilíbrio, onde, em se desconsiderando um dos aspectos, o desenvolvimento deixa de ser sustentável” (ZAMBRANO, 2008).

O quadro a seguir (quadro 3), enumera as principais conferências e tratados internacionais relacionados ao meio ambiente e mudanças climáticas realizados desde a década de 1970 até o ano de 2012.

Quadro 3 – As Conferências e Tratados Internacionais relacionados ao Meio Ambiente.

Principais Conferências e Tratados Internacionais sobre o Meio Ambiente – 1972 a 2012		
Ano	Local	Conferência
1972	Estocolmo, Suécia	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano
1984	Genebra, Suíça	Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
1987	Montreal, Canadá	Protocolo de Montreal para Substâncias que Destroem a camada de Ozônio
1992	Rio de Janeiro, Brasil	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
1995	Berlin, Alemanha	A primeira Conferência das Partes – Mandato de Berlin - Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
1996	Geneva, Suíça	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
1997	Quioto, Japão	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – Protocolo de Quioto
1998	Buenos Aires, Argentina	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
1999	Bonn, Alemanha	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (apenas reunião técnica)
1999	Istambul, Turquia	Segunda Conferência da ONU sobre Assentamentos Humanos
2000	Haia, Holanda	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2000	New York, Estados Unidos	Cúpula do Milênio

2001	Bonn, Alemanha	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2001	Marrakech, Marrocos	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2002	Joanesburgo, África do Sul	Reunião de Cúpula Mundial das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável
2002	Nova Delhi, Índia	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas - Declaração Ministerial de Delhi
2003	Milão, Itália	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2004	Buenos Aires, Argentina	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas - Plano de Ações de Buenos Aires
2005	Montreal, Canadá	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas Plano de Ação de Montreal
2006	Nairobi, Kenya	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2007	Bali, Indonésia	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas - Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – Plano de Ações de Bali
2008	Poznan, Polônia	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2009	Copenhague, Dinamarca	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2010	Nagoya, Japão	Convenção sobre Diversidade Biológica
2010	Cancun, México	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2011	Durban, África do Sul	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas
2012	Rio de Janeiro, Brasil	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
Previsto para 2012	Doha, Qatar	Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas

Fonte: The United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://unfccc.int/2860.php>

1.3 OBJETIVO

O conceito de desenvolvimento sustentável é cada vez mais indispensável frente ao atual cenário de falência do meio ambiente. Este trabalho está inserido na temática de Sustentabilidade aplicada ao setor da Construção Civil, e pretende-se com este, estudar possibilidades e vantagens de projetos com características bioclimáticas.

A Arquitetura Bioclimática baseia-se na maneira sustentável de se projetar, considerando-se as características naturais do terreno (clima, fauna, flora, relevo entre outras), como variáveis para a elaboração de soluções projetuais, propiciando o equilíbrio entre ambiente natural e ambiente construído, através da seleção de soluções de fontes energéticas renováveis (eficiência energética), matérias-primas e sistemas construtivos de baixo impacto ambiental. A finalidade da Arquitetura Bioclimática é minimizar os danos ambientais provocados pela edificação e, assim, propiciar melhores condições de conforto e qualidade de vida a sociedade.

O trabalho se desenvolverá até o exemplo edifício *Hemiciclo Solar*, localizado em Madri, cujas premissas projetuais foram alicerçadas no conceito de arquitetura bioclimática, onde incorporou-se fatores climáticos no funcionamento do edifício, tais como o uso de recursos passivos para captação de energia solar, ventilação e iluminação natural. No Brasil ainda há a carência de edifícios contemporâneos que incorporem premissas projetuais bioclimáticas o que tem se tornado prática comum em alguns países europeus, como a Espanha, onde os estudos sobre a arquitetura bioclimática encontram-se bastante evoluídos.

Espera-se que com esta pesquisa seja possível oferecer aos profissionais das áreas de arquitetura e engenharia civil o acesso a soluções ecoeficientes para a aplicação em projetos futuros, e assim contribuir para o surgimento de edificações que propiciem maior qualidade de vida a população em harmonia com o meio ambiente.

1.4 JUSTIFICATIVA

A conscientização ambiental e preocupação quanto aos padrões de produção e consumo da sociedade têm mobilizado diversos organismos ao longo das últimas décadas, não tão somente por um discurso de idealismo ambiental, mas sim, devido aos reflexos de degradação expostos no nosso cotidiano. O objetivo principal das discussões é obter as condições ambientais necessárias para a sobrevivência das gerações futuras, através do conceito desenvolvimento sustentável.

No relatório *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), produzido pela ONU para o evento Rio 92, principal referência quanto ao Desenvolvimento Sustentável, ressalta-se intensidade da problemática do ambiente construído, explicitando que é completamente insustentável manter modelo de ocupação urbana que tem sido adotado desde os séculos passados (ZAMBRANO, 2008).

Nos Estados Unidos e Europa, nota-se a preocupação do setor da construção civil em reduzir os impactos causados por suas atividades, através do emprego de materiais menos nocivos, soluções passivas de iluminação e ventilação e estratégias para economia de água e luz. Um dos conceitos adotados para incorporar este novo paradigma é o da arquitetura bioclimática, aquela que se adapta ao meio físico, social e cultural em que está inserida utilizando matérias-primas, técnicas construtivas e tipologias regionais de modo a manter a harmonia entre funcionalidade, estética e meio ambiente. (CORREA, 2002).

As edificações observadas nas metrópoles brasileiras não contribuem para a geração de ambientes mais confortáveis ou agradáveis, pelo contrário, no Brasil, os grandes centros caracterizam-se pela precariedade de manutenção dos edifícios, abandono e propagação de periferias desprovidas de infraestrutura e salubridade, um cenário que remete ao modelo urbano característico da Revolução Industrial.

O conceito de sustentabilidade é fundamental para a formação do espaço construído em harmonia com o ambiente natural, mas para que isso seja possível, é necessária uma reformulação na indústria da construção civil. Estima-se que entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta são direcionados a construção civil (SCHNEIDER, 2003), e no Brasil, nas cidades de médio e grande porte, de 40% a 70% dos resíduos urbanos são provenientes de construções e demolições causando com isto um impacto ambiental praticamente irreparável (PINTO, 1999),

Um dos principais fatores para se obter sustentabilidade ao ambiente construído é a capacidade de elaborar multiplicadores de pontos de eco-desenvolvimento (imprimir em unidades edificadas características ecoeficientes), o que pode ser possível quando são adotadas premissas ou tipologias construtivas com intenções reguladoras. No Brasil ainda não existem regulamentações e diretrizes que exijam em projetos arquitetônicos o desempenho mínimo capaz de conferir ao ambiente construído qualidade, durabilidade e sustentabilidade.

Desta forma, este trabalho se justifica, pela necessidade do estudo da viabilidade de se incorporar fatores ambientais nos projetos de arquitetura, visando, ainda que

conceitualmente, diminuir os impactos ambientais provenientes da construção civil e melhorar a qualidade de vida da população.

1.5 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada baseou-se em modelos internacionais para fornecer dados que tragam possibilidades de aplicação no contexto brasileiro, de modo a melhorar a qualidade do ciclo de vida da edificação e minimizar os impactos ambientais originários da construção civil nacional.

O trabalho se desenvolverá através da coleta de dados em artigos de jornais, revistas técnicas, periódicos especializados, dissertações de mestrado, teses de doutorado e livros sobre o tema Arquitetura Bioclimática.

De modo a investigar de forma mais precisa as características da Arquitetura Bioclimática, selecionou-se como exemplo o Edifício *Hemiciclo Solar*, localizado em *Móstoles* (Madri, ES.), cujas características projetuais basearam-se em fatores ambientais da região de sua inserção, trazendo benefícios ao ambiente construído e à população. O projeto de autoria do escritório de arquitetura RUIZ-LARREA & ASOCIADOS tem recebido diversos prêmios relacionadas às características sustentáveis do edifício, entre eles o Prêmio em Construção Sustentável de Castilla e Leon ³ 2010, O Prêmio ENDESA⁴ 2010, Prêmio ASPRIMA-SIMA⁵ 2010 e a

³ Os Prêmios de Construção Sustentável de Castilla e Leon são concedidos pelo Departamento de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Junta de Castilla e Leon às edificações que apresentam baixos impactos ambientais e maior qualidade de vida a população, como estratégia de incentivo e promoção das edificações sustentáveis.

Distinção COAM⁶ 2010. Tais distinções ressaltam a importância da escolha deste edifício para a evolução das pesquisas em torno da temática a ser abordada.

1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Não está no escopo desse trabalho estudos de impacto da construção civil no meio ambiente, nem pesquisas acerca da reciclagem na construção civil e análise de ciclo de vida.

O trabalho limita-se à pesquisa em torno de arquitetura bioclimática, sendo assim não foram feitos estudos aprofundados sobre outros desafios para se alcançar a sustentabilidade, tais como: rede transportes público, processos de reciclagem, emissões de CO₂, controle da qualidade do ar e da água, gerenciamento de resíduos, preservação da vegetação, estímulo de negócios sustentáveis, desenho urbano, dentre outros.

1.7 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

CAPÍTULO 01: INTRODUÇÃO

Para introduzir pesquisa, os textos iniciais discorrem sobre o histórico da evolução da **Consciência Ambiental** até a concepção do conceito de **Desenvolvimento Sustentável**, citando as principais conferências e reuniões internacionais que

4 Companhia espanhola de distribuição e geração de energia elétrica e gás natural. O prêmio ENDESA tem o objetivo de divulgar e fomentar a construção sustentável, através do reconhecimento de projetos e empresas que trabalhem para a minimização dos impactos ambientais.

⁵ *Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid*. Os prêmios ASPRIMA-SIMA visam o reconhecimento público das atividades imobiliárias que se estendem a sua qualidade, adaptação e integração no ambiente.

⁶ Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. As "Distinções COAM" tem como objetivo premiar projetos que se destaquem por suas qualidades formais e funcionais.

levaram a busca por um estilo de vida menos degradante. A história do ambientalismo é bastante complexa e abrangente, envolve questões sociais, políticas e científicas. Neste capítulo buscou-se apresentar uma visão geral sobre o tema, de modo a introduzi-lo, apresentando-se ainda que resumidamente os marcos ambientais mais importantes da história e de forma simplificada contextualizou-os ao tema estudado nesta dissertação.

CAPÍTULO 02: O PAPEL DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

No Capítulo 2 abrange **O Papel da Construção Civil na Sustentabilidade do Ambiente Construído**, analisando-se as possíveis soluções para a realização de obras que imprimam menor impacto ambiental. O mesmo capítulo aborda resumidamente os principais “selos verdes” (certificação e avaliação ambiental), seus aspectos e tentativas de aplicação no Brasil.

CAPÍTULO 03: ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

O Capítulo 3 aborda a **Arquitetura Bioclimática**, seu surgimento, princípios, custos x benefícios e alguns exemplos deste modelo de construção no exterior e no Brasil. Também serão apresentadas neste capítulo, as Zonas Bioclimáticas Brasileiras (norma de zoneamento bioclimático), e as necessidades para projetos a serem executados nas respectivas regiões.

CAPÍTULO 04: O EDIFÍCIO HEMICICLO

O Capítulo 4 apresenta o exemplo do edifício espanhol **Hemiciclo**, localizado em Madrid, o qual tem todo seu escopo baseado nos princípios da Arquitetura Bioclimática.

CAPÍTULO 05: CONCLUSÃO

No capítulo 5, será apresentada a conclusão da pesquisa, suas considerações finais e propostas de recomendações para futuros projetos brasileiros baseando-se nos exemplos práticos e conceitos de arquitetura bioclimática.

CAPÍTULO 2 - O PAPEL DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE

De acordo com Commoner⁷, em seu livro *The Closing Circle: Nature, Man and Technology* (1971), toda a natureza está conectada entre si e com o ambiente em que vivem (ar, água e terra), e os seres vivos das mais diferentes espécies vivem em uma relação de interdependência para se manterem em constante equilíbrio. Por exemplo, um animal herbívoro depende de plantas para sua alimentação, como as plantas dependem da ação das bactérias para a obtenção de nutrientes, e assim sucessivamente. De modo a manter a harmonia deste ecossistema, cabe seguir algumas diretrizes, desta forma, Commoner, estabeleceu as “*Four laws of ecology*” (“Quatro leis da ecologia”), descritas no quadro a seguir.

Quadro 4 – As quatro leis da ecologia.

Four laws of ecology (leis da ecologia)		
1	<i>Everything is Connected to Everything Else</i> (Tudo está conectado a todo o resto)	Os seres humanos e as outras espécies estão conectados a si e ao planeta em uma relação de dependência.
2	<i>Everything Must Go Somewhere</i> (Tudo se destina a um lugar)	Não importa o que você faz, ou que material utilize, o descarte de qualquer material deve ter um destino definido.
3	<i>Nature Knows Best</i> (A natureza sabe melhor)	Qualquer mudança importante realizada pelo homem em um sistema natural é susceptível a ser prejudicial ao sistema, acarretando em conseqüências alarmantes. Por exemplo, o aquecimento global ocasionado pela emissão de gases poluentes.
4	<i>There is No such Thing as A Free Lunch</i> (Não existe almoço grátis)	Pare se obter algo, basicamente, deve-se fazer algo. O ecossistema global é um todo conectado, no qual nada pode ser ganho ou perdido, desta forma se algo for retirado do meio ambiente pelo homem, deverá necessariamente ser repostado, de modo a dar continuidade ao funcionamento natural do ecossistema.

Fonte: COMMONER, 1971

⁷ Biólogo e ecologista americano conhecido como um dos precursores do movimento ambientalista.

De acordo com Roaf (2006), as edificações fazem parte de uma complexa e dinâmica interação entre seres humanos, natureza e as construções em si.

As edificações estão diretamente conectadas as pessoas e a natureza, transformando o ambiente natural, desde a extração dos recursos que formam as matérias-primas da construção, ao uso da natureza para a geração da energia elétrica, abastecimento de água, gás, além de outros bens que dão a elas o funcionamento, o que torna o setor da construção civil totalmente dependente do meio ambiente. Partindo-se deste princípio de dependência, a preservação dos recursos naturais passa a ser uma questão de extrema necessidade.

A construção civil é uma das atividades mais antigas e importantes realizadas pelo homem. Ao longo da história da humanidade, através do aprendizado empírico, as técnicas construtivas foram sendo aprimoradas, tornando-se mais sofisticadas e funcionais, fazendo com que o homem atingisse grandes avanços na capacidade de construir. Se por um lado estes avanços têm trazido uma série de facilidades ao cotidiano humano, por outro, vem transformando a natureza, ocasionando impactos ambientais preocupantes (JOHN, V.M., 2000).

A indústria da construção civil gera impactos ambientais ao longo de toda sua cadeia produtiva, iniciando o processo de degradação ambiental ainda em sua fase inicial (de captação de insumos básicos), passando pelo processo de distribuição de matéria-prima, execução, até a fase de uso da edificação e sua possível demolição ao final do seu ciclo de vida. (JOHN, V.M., 2000).

Com o passar dos anos, boa parte dos princípios básicos de conforto no ambiente construído, consideradas premissas de boas práticas arquitetônicas, foram sendo substituídos por interesses econômicos, estéticos, ou ainda, por se acreditar que a tecnologia poderia se tornar grande aliada para proporcionar soluções de iluminação e climatização artificiais.

O alto consumo energético dos edifícios, o desperdício de água e o uso indiscriminado dos mais variados recursos naturais tornaram a construção civil um dos principais vilões para o meio ambiente. Alcançando o uso de 75% de recursos naturais disponíveis. (JOHN, V.M., 2000)

No início dos anos 70, de acordo com cientistas haveria uma diminuição considerável nas reservas de petróleo e gás em poucos anos, o que levaria a escassez de tais combustíveis. Tal informação aliada ao alto valor dos combustíveis fósseis nesta década iniciou um movimento de construção de habitações que utilizassem energia solar, de modo a retardar a exaustão dos combustíveis fósseis. Estas edificações solares baseavam-se no uso de energia solar passiva e aquecimento solar de água (ROAF, S., 2006).

Nos Estados Unidos, o surgimento e evolução das construções sustentáveis estão diretamente ligados a marcos econômicos e ambientais deste país. A crise do petróleo transformou a necessidade de minimizar o consumo de energia em oportunidade para o desenvolvimento e criação de técnicas alternativas para obtenção e racionamento de energia. Cabe ressaltar, que nos Estados Unidos, 48% do consumo de energia total corresponde as edificações, sendo cerca de, 73%

voltado para eletricidade, o que justifica indiscutivelmente o incentivo ao uso de sistemas solares de captação de energia e calor. (BURKE, e KEELER, 2010). A figura 3, a seguir, ilustra o consumo de energia nos Estados Unidos.

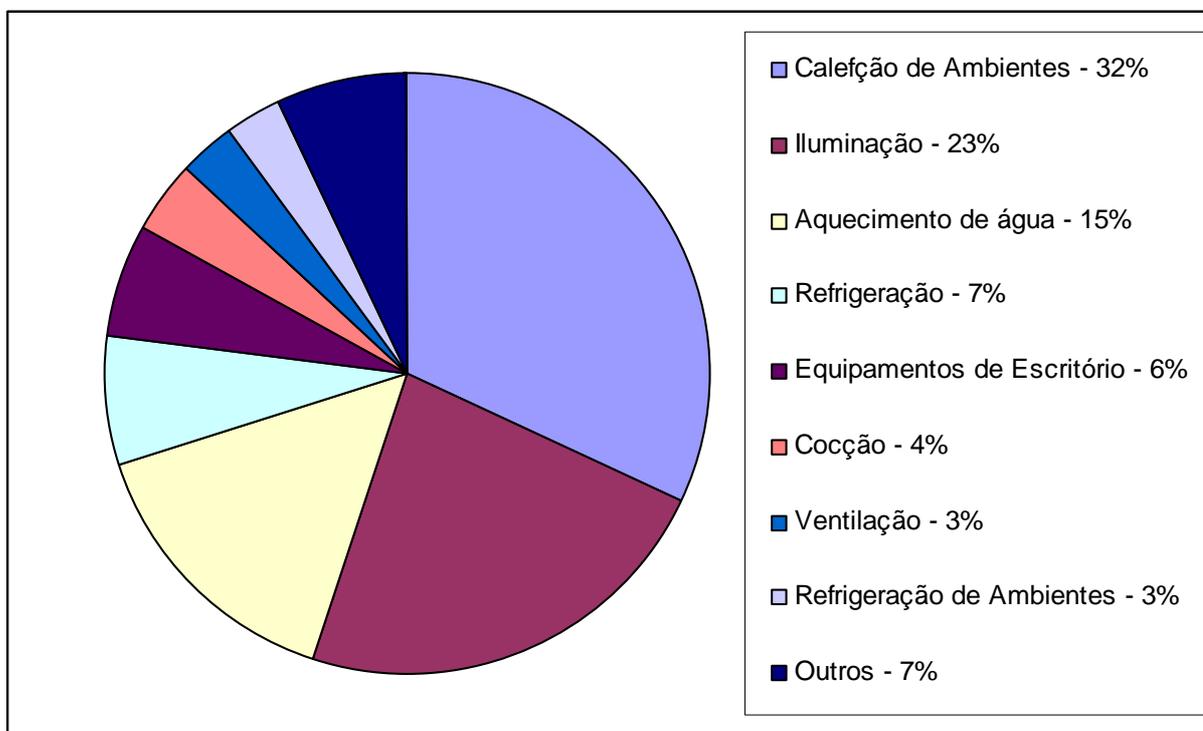


Figura 3 – Consumo de Energia nos Estados Unidos. Fonte: KEELER, e BURKE, 2010 apud *Architecture 2030 e 2003 Commercial Buildings Energy Consumption Suevey*.

Na década de 80, a situação planetária torna-se novamente alarmante, através das mudanças climáticas ocorridas em decorrência da diminuição da camada de ozônio e o aumento do efeito estufa (ROAF, 2006).

As queimas de combustíveis fósseis sejam nas centrais termoelétricas (para geração de energia), ou através dos meios de transporte liberam uma série de gases poluentes, entre eles, o CO₂ (gás carbônico), o qual contribui para a retenção da radiação solar na Terra, causando o aumento do efeito estufa (fenômeno natural que mantém a Terra aquecida), e conseqüentemente a elevação da temperatura no planeta.

A concentração de dióxido de carbono originária do uso de combustíveis fósseis e destruição das florestas aumenta em cerca de, 0,4% ao ano, concomitantemente a elevação da produção de gases metano e os clorofluorcarbonetos (BORTHOLIN e GUEDES, 2012).

O carbono é um elemento químico presente na maior parte das atividades ecológicas, desde o período pré-histórico, possuindo um papel fundamental da estabilização da temperatura global (estimado entre 2° e 6° nos próximos 100 anos). Ao longo do processo de evolução humana culminando com o advento da revolução industrial, grandes quantidades deste elemento vêm sendo liberadas na atmosfera por meio da queima de combustíveis fósseis, na forma de gás (CO₂). De acordo com o IPCC (Painel Internacional de Mudanças Climáticas), entre os anos de 1980 e 1998, houve um aumento de 65% das emissões de CO₂ no planeta, e conseqüentemente um progresso do efeito estufa.

Os oceanos absorvem parte do carbono liberado na atmosfera, porém são as plantas as principais aliadas no combate ao efeito estufa, uma vez que estas absorvem o carbono através do processo de fotossíntese, por isso a cada dia torna-se mais importante o reflorestamento e conseqüente neutralização do carbono. A figura 4, a seguir, resume este processo de absorção e liberação de CO₂, também conhecido por “ciclo do carbono” (BRAZ, GAMA e LANHAM, 2004).

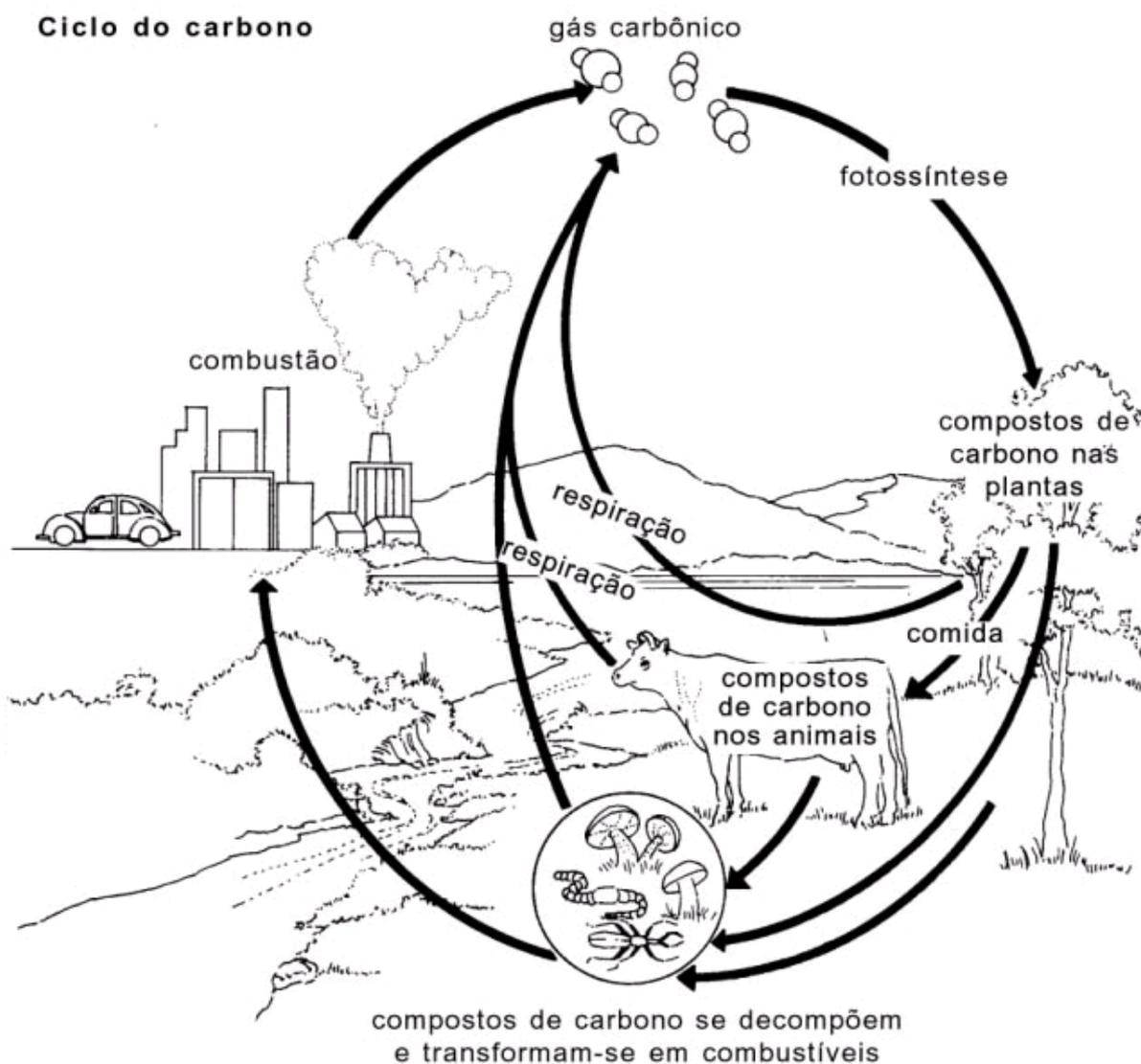


Figura 4: Desenho esquemático do ciclo do carbono. Fonte: BRAZ, GAMA, e LANHAM, 2004.

Além do CO_2 , obtido pela queima de combustíveis, outros gases nocivos têm sido liberados na atmosfera, através do uso de equipamentos elétricos como refrigeradores e aparelhos de ar condicionado, entre estes gases estão os CFC's (clorofluorcarbono), principais agentes de destruição da ozonfera, formando os chamados "buracos da camada de ozônio", a redução da espessura da camada de ozônio na atmosfera (BRAZ, GAMA e LANHAM, 2004).

A camada de ozônio é a principal proteção da superfície da Terra contra os raios ultravioletas emitidos pelo sol, contribuindo para a manutenção da temperatura global. O efeito estufa mantém a temperatura e a camada de ozônio “filtra” os raios solares, minimizando o calor emitido (BRAZ, GAMA e LANHAM, 2004).

O aumento do efeito estufa e a destruição da camada de ozônio causam uma série de distúrbios no ecossistema, uma vez que a elevação da temperatura do planeta desencadeia o aquecimento global e suas conseqüências, entre elas as mudanças climáticas (regiões de temperaturas baixas sofrem elevações e lugares úmidos passam por períodos de estiagem), processo de desertificação (de terrenos que tornam-se inférteis devido a variação de umidade do solo), incidência de grandes tempestades, maremotos, furacões e tornados, extinção de espécies da fauna e da flora (perda do ambiente natural), degelo das calotas polares (provocando elevação níveis dos oceanos e mares, o que afetará as milhares de famílias que habitam áreas costeiras) etc (PINHEIRO, 2010).

Diante do caos provocado pelo aquecimento global, cabe ressaltar que o trabalho da arquitetura tem um papel bastante importante: buscar soluções ecoeficientes que minimizem os impactos ambientais. A execução de projetos que apenas protegem e combatem o aquecimento global, através de medidas paliativas, podem ser bastante perigosas, uma vez que a instalação de instrumentos eletrônicos de climatização do ar (ar condicionado) pode fechar o “círculo vicioso” do aquecimento global (usa-se o ar condicionado para refrigeração do ambiente, e por outro lado, o uso deste aparelho libera os gases que provocam o aumento do efeito estufa e a destruição da

ozonosfera ocasionando o aquecimento global). A figura 5, a seguir, apresenta um desenho esquemático e resumido do círculo vicioso do aquecimento global.

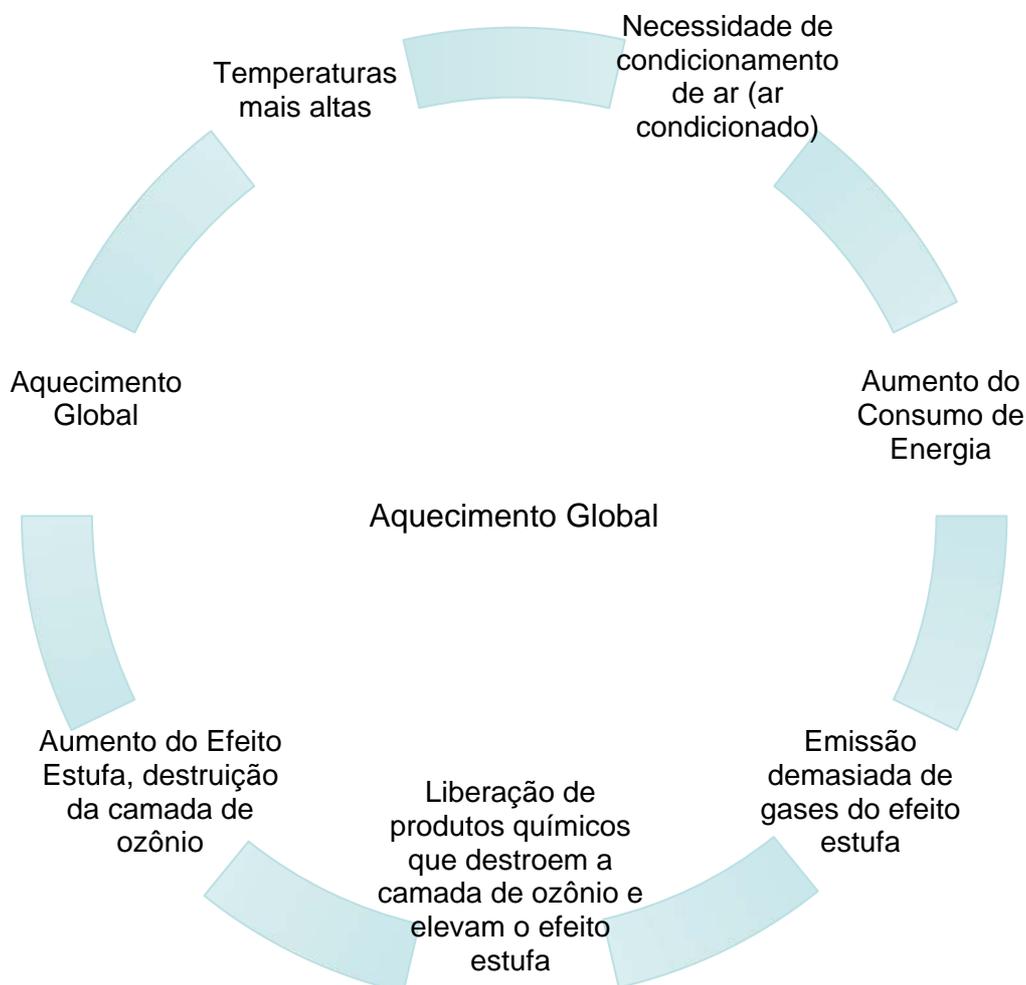


Figura 5: Círculo vicioso do Aquecimento Global – Fonte: BURKE e KEELER, 2010.

As construções sustentáveis imprimem em seus projetos premissas (decisões de projeto), que minimizam os impactos ambientais, tais como ventilação e iluminação naturais, além do uso de sistemas solares de captação de energia, aquecimento de água, promovendo, assim, o consumo consciente, através da diminuição do desperdício de água e energia elétrica, reduzindo as emissões de gases na atmosfera durante o processo de execução da construção até o fim da vida útil da edificação. Além disso, em alguns casos, também se faz o uso de matéria-prima

sustentável (com baixa energia incorporada em sua fabricação ou o uso de materiais reciclados).

O emprego de soluções sustentáveis na construção civil ainda atravessa dificuldades e resistência por parte de empresários do ramo imobiliário e seus consumidores, no que concerne a vantagens e viabilidade de se investir nesta categoria de empreendimento. Porém, estudos em torno dos edifícios sustentáveis, também conhecidos como “verdes”, em comparação com edifícios convencionais, indicam que os imóveis ditos sustentáveis estão cada vez mais valorizados no mercado, tornando-se bastante atrativos com relação às economias que proporcionam (energia e água principalmente), apresentando taxas de ocupação superiores as dos convencionais, e velocidade de compra também superior, o que descarta a necessidade de preocupação em investir em empreendimentos imobiliários desta categoria (BLANCO, 2008).

De acordo com a incorporadora Tishman Speyer do Brasil⁸, os investimentos adicionais para obtenção de energia e água com sistemas ecoeficientes de captação, giram em torno de 5%, o que representa um aumento de até 3% no preço de venda do imóvel. Por outro lado, o consumidor que optar por este investimento terá uma economia de até 50% nas despesas mensais com condomínio (devido a economia de água e luz), e em 34 meses recuperará o valor extra investido. A figura 6, a seguir, apresenta comparações entre edifícios convencionais (na cor vermelha)

⁸ A Tishman Speyer é uma das maiores operadoras, desenvolvedoras e gestoras de investimentos imobiliários de alto padrão internacional. Entre suas principais criações estão alguns dos mais importantes edifícios do mundo permeando entre clássico da construção civil tradicional a marcos da arquitetura sustentável, entre eles o Rockefeller Center, Chrysler Center e Hearst Tower em New York, Opfern Turm, na Alemanha, CBX Tower, na França, Rochaverá Corporate Towers e Ventura Corporate Towers, no Brasil.

e edifícios ecoeficientes, com incrementos em água e energia elétrica (na cor verde) indicando os custos operacionais de cada um, nota-se que os edifícios “verdes” possuem um custo de operação bastante inferior, representando economia ao usuário (proprietário ou locatário), e maior rentabilidade.

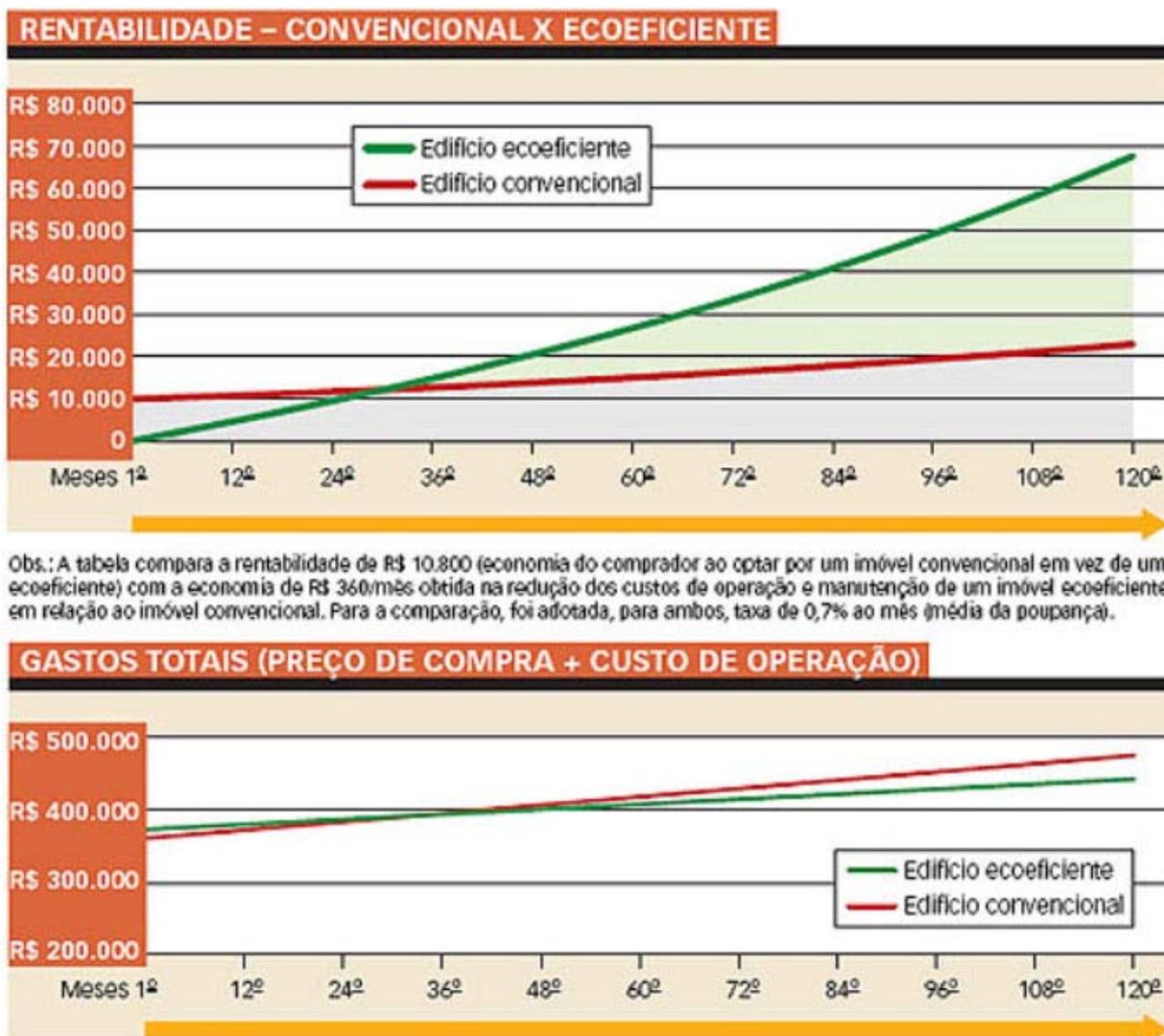


Figura 6: Comparações de custos operacionais entre o edifício convencional e edifícios com incrementos em água e energia elétrica. Fonte: Tishman Speyer do Brasil, 2008, apud BLANCO, M., 2008.

De acordo com Ceotto, diretor de projetos da Tishman Speyer, "O ganho com o investimento mensal de R\$ 360 (economia que ele obtém com a opção sustentável) supera o ganho com o rendimento de R\$ 10.800 (se ele deixar no banco e comprar um edifício não sustentável) após 34 meses, quando o comprador terá no banco R\$ 13.765 contra R\$ 13.596 (opção de não investimento em um edifício sustentável)". Em 50 anos de uso, a economia obtida pelo destas soluções é tão alta, que o valor poupado ao longo destes anos chega a ser até 6 vezes maior que o investimento realizado, comprovando que investir em tecnologias ecoeficientes nas edificações compensa (BLANCO, 2008).

O tabela 1, a seguir, faz uma breve comparação entre os custos operacionais por metro quadrado (m²), de edifícios convencionais e edifícios que utilizam recursos para redução do desperdício de água e energia, mostrando o valor que pode ser economizado nas taxas de condomínio e impostos (concessionárias de água e energia elétrica).

Tabela 1 – Comparações de custos operacionais entre o edifício convencional e edifícios com incrementos em água e energia elétrica e o resultado .

Custo de operação	Edifício convencional	Edifício com incrementos em água e energia	Economia
Condomínio	R\$ 5,0/m ²	R\$ 3,0/m ²	R\$ 2,0/m ²
Concessionárias	R\$ 3,0/m ²	R\$ 2,0/m ²	R\$ 1,0/m ²
Total	R\$ 8,0/m ²	R\$ 5,0/m ²	R\$ 3,0/m ²

Fonte: Tishman Speyer do Brasil, 2008, apud BLANCO, M., 2008.

De acordo Vanderley John, em entrevistas à Revista Técnica (2006), é possível adotar tecnologias sustentáveis a qualquer empreendimento, mesmo nos edifícios existentes, sendo necessária apenas a seleção das opções viáveis, e ainda que

estas opções não alcancem 100% dos resultados, já terão de alguma forma, trazido benefícios aos usuários e a sustentabilidade do ambiente (BARRETO e MITIDIERI FILHO, 2006). A substituição de louças sanitárias, torneiras, redutores de vazão de descarga, caixas acopladas, instalação de medição individual de água, entre outras tecnologias, podem ser soluções viáveis para edifícios já construídos, representando uma redução de cerca de, 35% do consumo de água. (BARRETO e MITIDIERI FILHO, 2006).

Cabe ressaltar, que além das tecnologias ecoeficientes, o *design* de uma arquitetura passiva (ventilação e iluminação naturais), contribui bastante para a eficiência energética dos edifícios (BARRETO e MITIDIERI FILHO, 2006).

“Um bom começo é o projeto arquitetônico estar adequado ao clima onde será implantado e ser eficiente na avaliação dos sistemas de iluminação e de ar-condicionado convenientes para cada situação”. (LAMBERTS apud BARRETO e MITIDIERI FILHO, 2006).

Soluções construtivas por si sós não são capazes de solucionar os problemas ambientais do planeta, porém, ajudam a minimizar os impactos originados da indústria da construção civil.

2.2 INSTRUMENTOS DE CERTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Uma cidade sustentável não é tão somente a soma de diversas edificações sustentáveis aliadas a infraestrutura urbana ecológica. A indústria da construção civil

é apenas um dos setores no qual podemos atuar em prol da preservação do meio ambiente.

Visando alcançar o “consumidor verde”, cada vez mais consciente e exigente, o mercado da construção civil passou a investir em produtos e edificações com baixo impacto ambiental, com qualidade e eficiência, trazendo consigo vantagens competitivas frente à construção civil tradicional. Frente às novas necessidades de consumo, surgem os selos verdes, uma forma de certificar a sustentabilidade destes produtos. (ABASCAL e SANTOS, 2012).

Os sistemas de certificação (também chamados “selos verdes”) são ferramentas de avaliação (pareceres técnicos), dos impactos ambientais das edificações, onde são analisados critérios que tornam ou não um edifício sustentável, tais como o uso racional da água e da energia, conforto térmico, baixa emissão de resíduos, entre outros.

A certificação pode ser considerada um incentivo para a implementação de práticas sustentáveis na construção civil, uma vez que formaliza as características sustentáveis de edificações e produtos, valorizando seu custo no mercado (KISS, 2008).

A partir da década de 1990, muitos países passaram a desenvolver mecanismos para a avaliação e certificação do desempenho ambiental de edifícios, visando sempre às necessidades locais. O quadro 5 mostra o comparativo das sistemáticas

de avaliação dos “selos verdes” em vigência, apresentando desde o escopo da avaliação aos tipos de classificação (KISS, 2008).

Quadro 5 – Sistemas de certificação e avaliação ambiental.

Selo	Escopo da avaliação	Método de aplicação	Categorias avaliadas	Resultados / Classificações
BREEAM (Reino Unido)	Ambiental	Atendimento de itens obrigatórios e classificatórios. Classificação do edifício.	Saúde, poluição, conforto, uso de energia, uso de água, uso de materiais, uso do solo, ecologia local, transporte.	Classificação em vários níveis, pontuação total obtida.
LEED (Estados Unidos)	Ambiental	Atendimento de itens obrigatórios e classificatórios. Classificação do edifício.	Sítios sustentáveis, energia e atmosfera, uso eficiente da água, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno, inovação e processo de projeto.	Quatro níveis, pontuação total obtida.
HQE (França)	Ambiental	Atendimento de perfil ambiental. Classificação ou não do edifício.	Impactos no meio ambiente, gestão de recursos, conforto e saúde do usuário.	Não há classificação. A certificação é obtida a partir do atendimento ao perfil de desempenho ambiental escolhido.
GBTOOL (Europa, Ásia e América)	Ambiental e econômica	Verificação do atendimento dos itens.	Uso de recursos, cargas ambientais, qualidade do ambiente interno e dos serviços, aspectos econômicos, gestão de transportes.	Pontuação global do desempenho por categoria.
CASBEE (Japão)	Ambiental	Verificação do atendimento dos itens. Classificação do edifício.	Ambiente interno, qualidade dos serviços, ambiente externo (dentro do terreno), energia, recursos e materiais, ambiente.	Cinco níveis de classificação, indicador global de eficiência.
IPT (Brasil)	Ambiental e desempenho técnico	Atendimento de itens obrigatórios e classificatórios. Classificação do edifício.	Impactos no ambiente, materiais e resíduos, energia e atmosfera, uso racional de água, conforto e salubridade.	Cinco níveis de classificação, pontuação total obtida.

Autor: KISS, 2008. Fonte: Revista Técnica – Artigo 77962-2 (<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/133/artigo77962-2.asp>: 25/08/2008).

Boa parte das ferramentas de avaliação ambiental de edifícios enfoca não somente seu “corpo” (interior e exterior), mas sua relação com o exterior (cidade e meio ambiente), e baseia-se em indicadores de desempenho atribui uma pontuação

técnica de acordo com o nível de atendimento das condições relativas aos aspectos construtivos, climáticos e ambientais (KISS, 2008).

Há uma grande variedade de metodologias empregadas para a certificação dos edifícios, o que se dá em virtude da diversidade sócio-econômica, cultural, aspectos geográficos e clima de cada região ao qual se empregam. Dessa forma, para a realização de um empreendimento imobiliário num local onde ainda não existe certificação vigente, deve-se analisar primeiramente se é realmente aceitável a adaptação e aplicabilidade de um selo externo na região, uma vez que cada local possui características e necessidades muito distintas (KISS, 2008).

No Brasil, ainda há uma grande carência em normas e legislações sobre o tema, porém, já existem algumas iniciativas que buscam um melhor desempenho ambiental nas edificações (KISS, 2008).

Em 2003, foi instituído pela ELETROBRAS/PROCEL, o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente (PROCEL, 2012).

A construtora Tecnisa realizou uma pesquisa, para saber a visão do consumidor sobre adaptações feitas em seus empreendimentos imobiliários para alcançar a etiqueta PROCEL EDIFICA. Cerca de 40% dos clientes conhecia o selo, desta porcentagem, 62% disseram terem sido influenciados positivamente pelo selo na hora da compra, e 65% aceitariam pagar até 5% a mais em um produto que

possibilitasse a economia de gás e água. Através desta pesquisa, nota-se a possibilidade de um mercado competitivo no Brasil entre os “edifícios verdes” e os tradicionais, o que também representa a possibilidade de um lucro maior para a construtora que investir na incorporação de tecnologias ecoeficientes em suas obras, uma vez que o consumidor mostra-se favorável a pagar um percentual extra por um benefício que se transformará em economia constante, e conseqüentemente, em retorno do valor investido (ROCHA, 2011).

No ano de 2010, a Caixa Econômica Federal lançou o manual “Selo Casa Azul da CAIXA: Boas Práticas pa Habitação mais Sustentável”, produzido por especialistas da USP, UNICAMP e UFSC, baseado na realidade das habitações brasileiras, direcionado a projetistas e empreendedores da construção civil dando suporte a estes na elaboração de projetos ambientalmente sustentáveis. O Selo Casa Azul é um sistema de classificação que dá reconhecimento a projetos que prezem pela redução dos impactos ambientais através de melhorarias no desempenho ambiental das construções habitacionais, com o emprego de sistemas ecoeficientes para captação de energia, uso da água, conforto e além de práticas sociais, incentivando assim, as boas práticas de arquitetura sustentável (LABEEE, 2012).

CAPÍTULO 3 - ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

3.1 O CONCEITO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Frente à possibilidade de esgotamento das reservas mundiais de petróleo, o uso de fontes renováveis de energia têm se tornado um dos principais temas de pesquisa na área (GALDINO, et al, 2004).

O Sol, indispensável para a existência de vida na Terra, é também fonte de energia inesgotável, tornando este astro uma das principais alternativas energéticas em detrimento às demais. A energia solar pode ser captada através do uso de painéis fotovoltaicos, que são instrumentos capazes de captar os raios solares e convertê-los em energia (considerada “limpa”- que não causa poluição).

Os painéis fotovoltaicos possuem uma série de vantagens relacionadas a outras fontes de energia, entre elas: não emite gases poluentes como o CO₂, NO_x ou SO₂, é uma tecnologia móvel (podem ser trocadas de edificações, transportada), não demanda a construção de usinas, exige pouca manutenção, fornece energia durante *blackouts* (uma vez que pode ser independente), geram energia *in loco* (produzem poucas perdas com a transmissão), e é universalmente disponível. A figura 7 apresenta a média anual de incidência de radiação solar na Terra e a quantidade de energia que pode ser produzida em cada região (por hora/m²). Próximo a linha do equador, onde o sol é mais vertical, sua projeção é mais intensa, logo, nas regiões localizadas próximas a esta linha imaginária a densidade de energia produzida pelo sol é maior, tornando-as bastante propícias ao uso de sistemas fotovoltaicos. O

Brasil encontra-se geograficamente na Zona Tropical, tornando-o um país com um grande potencial energético solar, porém ainda são poucos os investimentos neste setor.

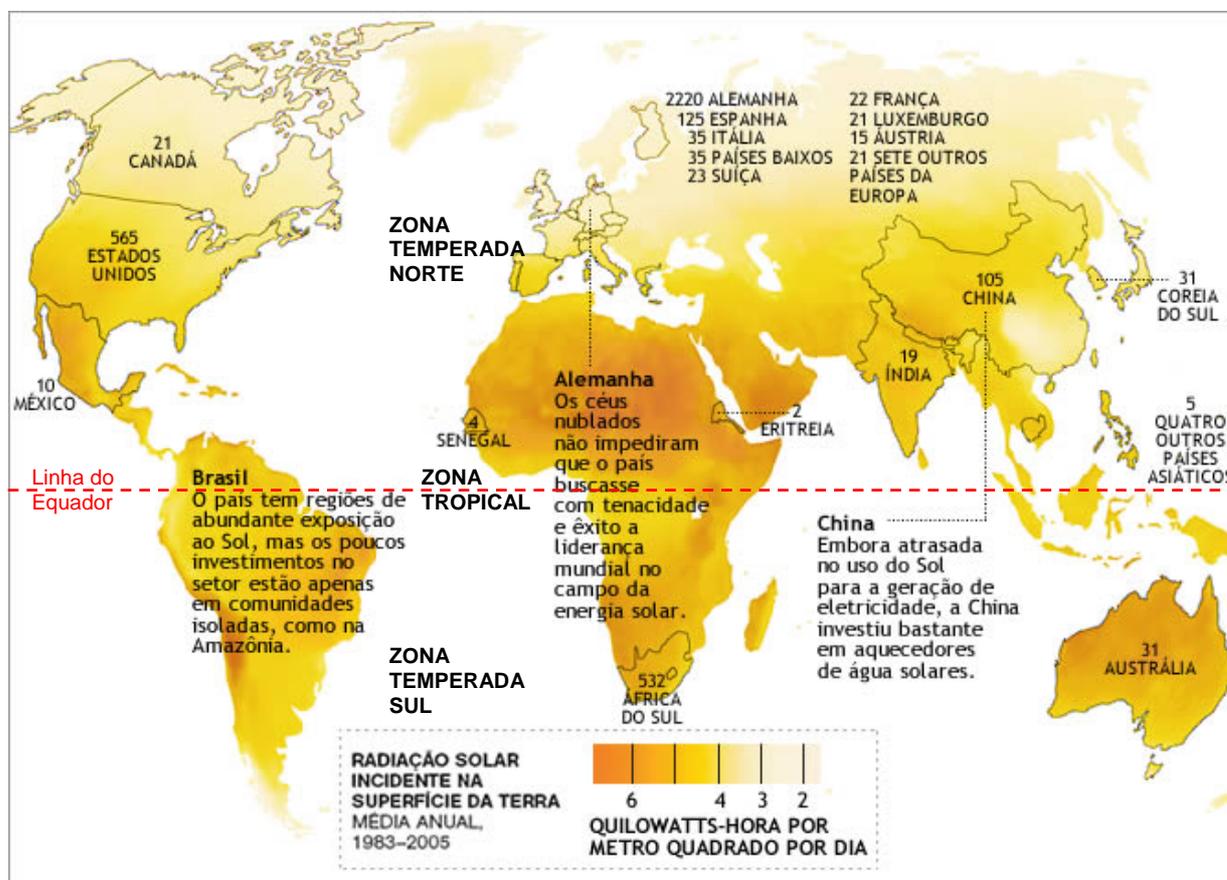


Figura 7 – Média anual de incidência solar na Terra e a quantidade de energia solar produzida por hora e metro quadrado por dia. Fonte: KUWAHARA e RADKE, 2009. Disponível em: <http://jcientifico.wordpress.com/2009/11/23/sol-energia-para-o-futuro/>

Países como Estados Unidos, Japão e nações europeias, tem utilizado sistemas fotovoltaicos, para captação de energia solar, conectados a rede de energia elétrica convencional (ROAF, S., 2006). O grande desafio desta opção está em seu maior aproveitamento e uso em larga escala, uma vez que o Sol apresenta variações geográficas e temporais (GALDINO et al, 2004).

Através de sistemas fotovoltaicos é possível o abastecimento de energia em regiões onde não há qualquer tipo de fornecimento de eletricidade, uma vez que esta aparelhagem independe de qualquer tipo de rede elétrica, podendo ser utilizado sozinho. Sendo assim, os países em desenvolvimento, tem adotado a energia solar para suprir as necessidades de eletricidade de comunidades isoladas, como em zonas rurais, por exemplo.

No Brasil, o PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios), criado em 1999, pelo Ministério das Minas e Energia, atende localidades com carência de energia elétrica promovida por redes convencionais, através do uso de fontes de energia renováveis locais, para o fornecimento de energia elétrica, buscando assim, promover o desenvolvimento: sustentável, social e econômico, desses locais (PNUD, 2012).

Ressalta-se que para tornar possível a implementação de qualquer tipo de sistema de captação de energia, deve-se inicialmente analisar a demanda e o potencial energético da região para o sistema o qual se deseja utilizar. A partir desse estudo é possível identificar qual o nível de eficiência do sistema para o local, e desta forma evitar desperdícios ou subutilização.

Dentro deste quadro de crise energética, e o alto consumo das edificações ao longo de sua vida útil (conforme abordado anteriormente), destaca-se enquanto tipologia arquitetônica, a bioclimática, que visa além da redução dos custos com consumo energético, a utilização de sistemas passivos para obtenção de energia,

luminosidade e conforto térmico, tendo com principal auxiliar para obtenção destes benefícios o Sol.

A Arquitetura Bioclimática, também conhecida como arquitetura solar passiva, visa à eficiência energética, redução dos impactos ambientais e ao conforto higrotérmico através da harmonização das construções com as características físicas do terreno (clima, insolação, ventos dominantes, vegetação e topografia). Este equilíbrio entre edificação e ambiente se dá a partir de artifícios de desenho de projeto que permitem o máximo de aproveitamento das condições naturais da área da edificação (RUSSI, SANTOS e VETTORAZZI, 2010).

A Arquitetura Bioclimática tem origem na Bioclimatologia, a ciência que tem como objeto o estudo das interações entre biosfera e atmosfera terrestre, baseando-se na climatologia.

A Bioclimatologia foi inicialmente aplicada à arquitetura por volta da década de 60, através de estudos do arquiteto Victor e seu irmão gêmeo Aladar Olgyay, que propuseram o primeiro procedimento sistemático para adequar o projeto arquitetônico às condições climáticas da região, conhecido como Carta Bioclimática (XAVIER e LAMBERTS, 1999), ilustrada a seguir, na figura 8.

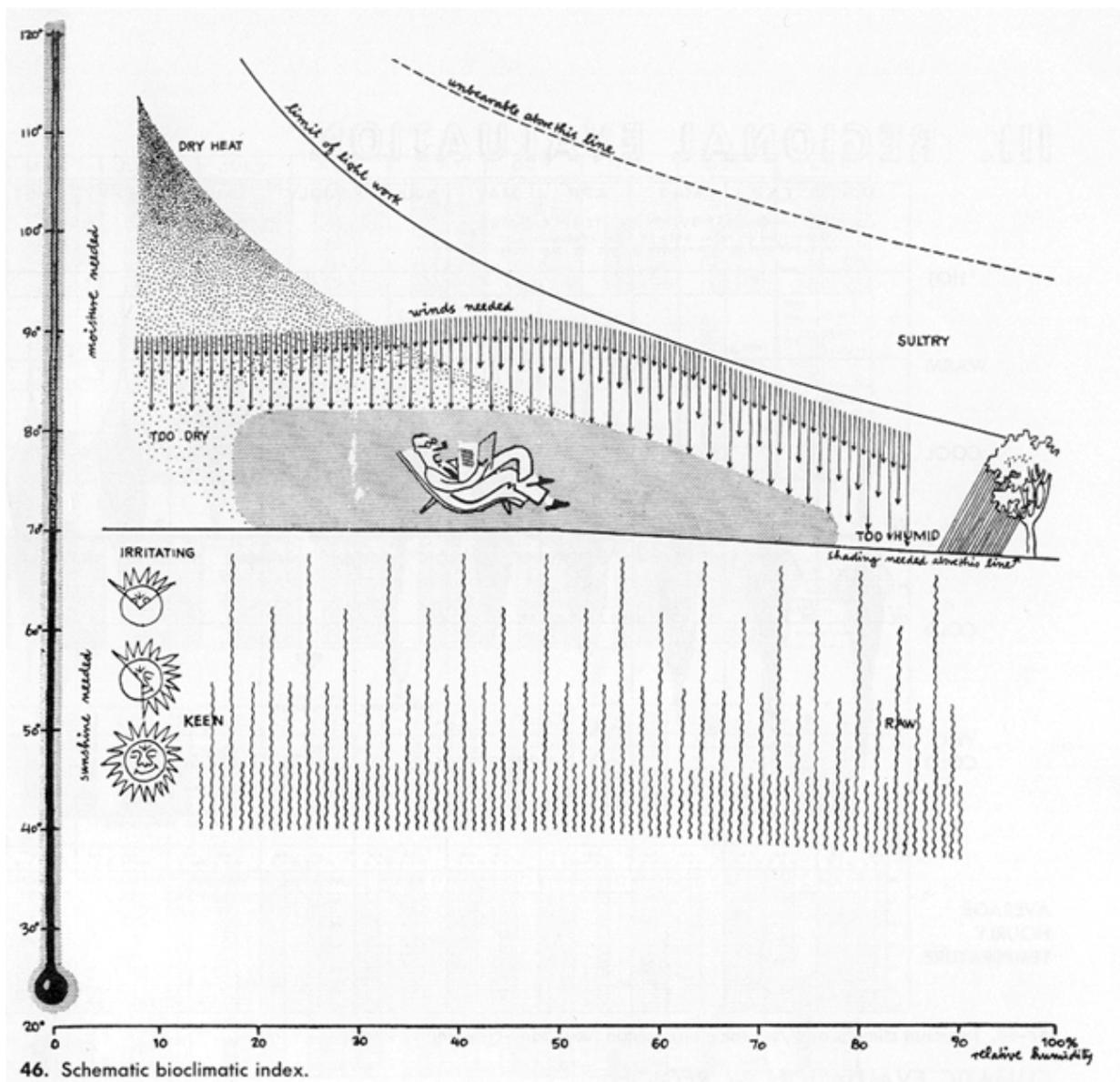
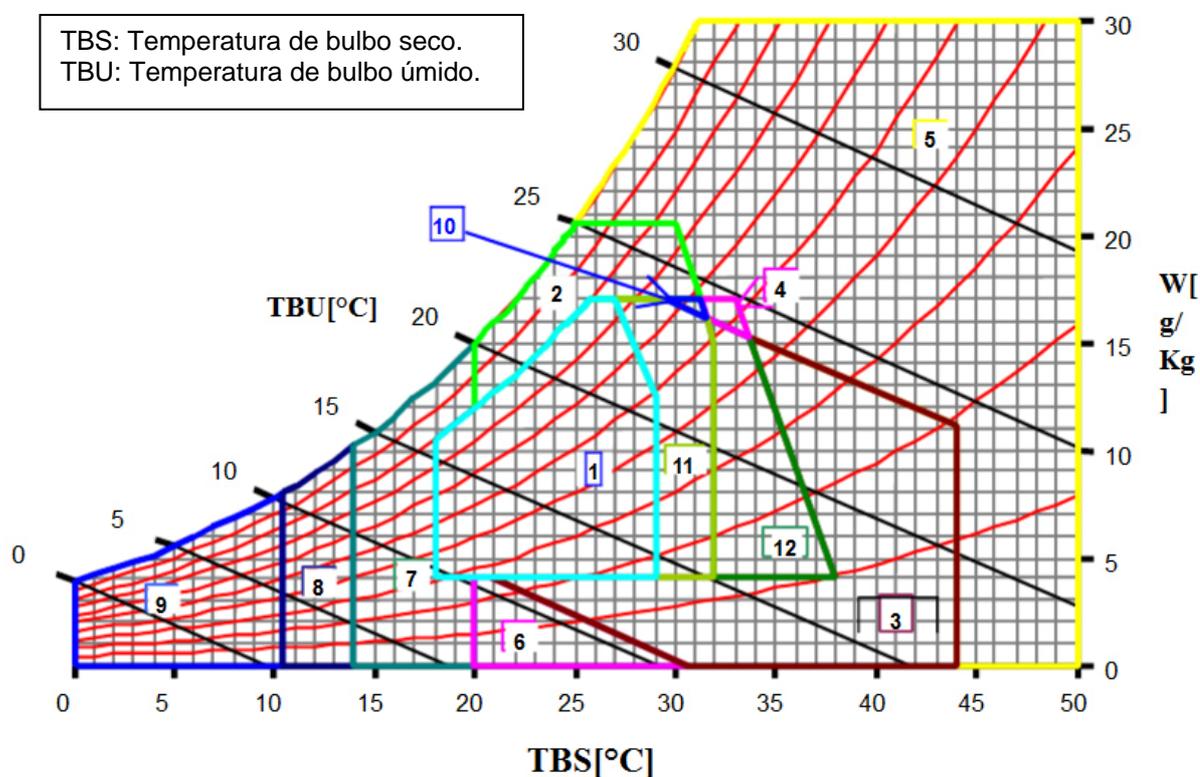


Figura 8 – Carta bioclimática, proposta por Victor Olgay (década de 1960). Autor: OLGAY, 2010.

A carta bioclimática Olgay baseia-se em uma carta bioclimática ilustrando a zona de conforto humano relacionada às condições externas do edifício (terreno), como temperatura, umidade do ar, temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e resfriamento evaporativo da região do terreno (OLGAY, 2010).

Através dos dados obtidos pela carta bioclimática Olgay, podem ser adicionados ao projeto da edificação, elementos arquitetônicos, para a obtenção de conforto higrotérmico e pouco consumo energético (RUSSI, SANTOS e VETTORAZZI, 2010).

Em 1969, o arquiteto Givoni, apresentou evoluções em torno dos estudos de arquitetura bioclimática, identificando a importância da análise do microclima esperado no interior da edificação e não tão somente do clima externo ao edifício (o que o método de Olgay avaliava). Em sua proposta, Givoni utilizou o Índice de Estresse Térmico na avaliação das necessidades humanas para o conforto, elaborando o chamado Diagrama de Givoni, apresentado na figura 9 (XAVIER e LAMBERTS, 1999).



Legenda:

zona	Estratégias mais eficientes
1	Conforto higrotérmico
2	Ventilação
3	Resfriamento evaporativo
4	Massa térmica para resfriamento
5	Ar condicionado
6	Umidificação
7	Massa térmica e aquecimento solar
8	Aquecimento solar passivo
9	Aquecimento artificial
10	Ventilação + massa térmica para resfriamento
11	Ventilação + massa térmica para resfriamento. + Resfriamento evaporativo
12	Massa térmica para resfriamento. + Resfriamento evaporativo

Figura 9 – Diagrama de Givoni. Fonte: Givoni in LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA. Eficiência Energética em Arquitetura. Programa Analysis 2 .0 Bio - UFSC - ECV - Lab EEE – NPC.

O diagrama de Givoni é composto pela análise do clima, opções para aquisição de condições internas para conforto em climas quentes e variáveis climáticas.

Uma série de outros estudos sobre a Arquitetura Bioclimática tem sido realizados ao longo dos anos, com a mesma intenção: estabelecer zonas ou limites de conforto, propondo elementos arquitetônicos que proporcionem o conforto higrotérmico do usuário.

Através da Arquitetura Bioclimática, as relações entre homem e natureza são otimizadas, tanto no que diz respeito à redução de impactos ambientais quanto à melhoria da qualidade de vida humana, através do conforto ambiental e racionalização do consumo energético.

3.2 OS PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Os projetos bioclimáticos têm por base, conforme descrito anteriormente, o uso da radiação solar, sombreamento, ventilação e iluminação naturais, com os objetivos de propiciar ao usuário, conforto térmico e racionalização de energia elétrica.

Os entendimentos do clima e da geografia da região podem ser considerados como essenciais no planejamento de um projeto bioclimático.

O estudo climatológico possibilita a aplicação de sistemas passivos de iluminação e ventilação natural, uma vez que o ambiente pode ser projetado de acordo com o clima, evitando o consumo energético com aparelhagem para a climatização artificial do ambiente, além de oferecer boas condições de conforto ao homem.

Os climas terrestres variam muito, podendo ser resumidamente: frios, quentes, secos e úmidos. O quadro 6, a seguir apresenta as principais aspectos destes climas, sugerindo características projetuais que podem ser adotadas para garantir o conforto térmico de edificações construídas sob as condições climáticas descritas.

Quadro 6 – Soluções de projeto de arquitetura em função do clima.

CLIMA X EDIFÍCIO		
Clima	Edifício	
Tipos	Necessidades	Possíveis Soluções
Frio	<ul style="list-style-type: none"> • Conservação de calor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Edificações com pouca área; • Pequenas aberturas para ventilação.
Quente e Seco	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento térmico; • Umidificação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Edificações compactas; • Poucos vãos; • Paredes espessas (inércia térmica); • Pátio interno (com o uso de água para evaporação e umidificação do ambiente).
Quente e Úmido	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilação; • Proteção contra radiação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Telhados altos e extensos (criação de áreas sombreadas); • Construções retangulares no eixo leste-oeste; • Janelas paralelas para propiciar a ventilação cruzada.
Temperados	<ul style="list-style-type: none"> • Complexas, uma vez que as temperaturas oscilam bastante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas flexíveis (que se adaptem ao calor ou frio); • Formas alongadas orientadas sentido leste-oeste.

Fonte: OLGAY, 1998 *apud* MASCARELLO, 2005.

De acordo com Olgay (2010), os efeitos do meio ambiente incidem diretamente sobre a energia e o corpo humano. A pele funciona como um termoregularizador, pois as trocas de calor entre corpo e ambiente ocorrem através dela. Por sua vez, as roupas, são os isolantes térmicos, trabalhando como uma espécie de barreira para as trocas de calor. O clima e movimentos do ar aliados às atividades do homem e suas vestimentas geram sensações de frescor ou calor, que podem ser entendidas por condições de conforto térmico.

A localização da construção (terreno), deve ser cuidadosamente analisada, uma vez que esse estudo influenciará diretamente no conforto térmico da edificação. É

importante identificar os pontos de sombreamento, luminosidade, os ventos predominantes e intensidade do sol.

De acordo com Roaf (2007), três princípios devem ser aplicados em todos os projetos de edificações: o primeiro, “projetar para um clima”, o segundo, “projetar para o meio ambiente social e físico”, e o terceiro, “projetar para o tempo” (dia/noite, estação do ano, vida útil etc).

A implantação do edifício pode interferir diretamente no custo da obra, sendo aspecto extremamente relevante no que se diz respeito ao potencial energético da construção. Por exemplo, um edifício localizado em uma região de alta temperatura, onde não houve preocupação projetual com os ventos dominantes pode trazer um microclima de temperatura também elevada, o que demandará o uso de climatizadores de ar, e conseqüentemente elevará os custos com energia elétrica. Por outro lado, um edifício projetado para o clima da região, pode utilizar as características dos ventos locais e gerar um microclima com temperatura menor, possibilitando o conforto térmico do usuário sem que para isso seja necessário o uso de aparelhos eletrônicos.

A ventilação natural é uma ferramenta importante para manter o conforto térmico e salubridade do ambiente (resfriamento e desumidificação), sendo assim, a identificação dos ventos predominantes no sítio deve ser realizada no início do processo do projeto bioclimático, de modo que sejam aproveitados de forma passiva na edificação, permitindo a circulação de ar através do edifício por meio de suas

aberturas, provocando efeitos como o de ventilação cruzada e chaminé, por exemplo, (MASCARELLO, 2005).

Outro importante fator a ser considerado em projetos bioclimáticos é o estudo da geometria solar (trajetória solar), que serve para identificar a melhor posição da construção em relação ao sol ao longo do ano. O entendimento da posição solar quanto ao edifício é capaz de indicar as possíveis projeções de áreas sombreadas ou de penetração dos raios solares, estes itens podem implicar nas cargas térmicas sobre a edificação - que podem torná-la quente, fria ou confortável (MASCARELLO, 2005).

O sol é capaz de fornecer energia limpa e gratuita (através da captação solar por meio de sistemas fotovoltaicos e aquecedores solares); iluminação natural (através de clarabóias, janelas e vãos) e conforto térmico (ao trabalhar na projeção de áreas sombreadas), porém, considerando-se o sol como importante fonte de calor, a edificação deve ser projetada considerando a intensidade da radiação solar sobre suas superfícies (uma vez que estas repassarão para o interior do edifício o ganho de calor solar), caso contrário, o sol pode passar de aliado ao “vilão” da construção, uma vez que a falta de um bom controle climático na edificação pode provocar o superaquecimento mesmo em regiões com climas frios ou temperados (ROAF, 2006).

A figura 10 apresenta um exemplo do emprego de sistemas de captação solar térmica e fotovoltaica.



Figura 10: Casa Solar Eficiente, do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB, utilizada para pesquisas energéticas. Apresenta a utilização de energia solar térmica e fotovoltaica, assim como técnicas de combate aos desperdício energético. – Fonte: CRESESB, 2012.

Outra importante função do sol é o provimento de iluminação natural. De acordo com Lamberts (1997 *apud* MASCARELLO, 2005), além da função de minimizar a necessidade de iluminação artificial (e conseqüentemente economizar energia elétrica), a luz natural é fundamental ao funcionamento do relógio biológico humano, “informando” noções de tempo e espaço, o que implica problemas psicológicos e fisiológicos (MARBERRY, 1995; MALKIN, 1992 *apud* MASCARELLO, 2005). No entanto, ao se realizar um projeto solar passivo, no campo da iluminação natural, deve-se analisar se a incidência de radiação solar não implicará em superaquecimento do edifício, uma vez que o uma grande quantidade de raios solares pode elevar a temperatura do ambiente se não possuir barreiras para incidência indireta (MASCARELLO, 2005).

A figura 11, apresenta a cúpula do *Guggenheim Museum*, (localizado em Nova Iorque, nos Estados Unidos da América), a partir de onde pode-se obter iluminação natural para o interior do edifício.



Figura 11 - Cúpula do Guggenheim Museum. Fonte: Autor.

A figura 12 é do edifício projetado pelo arquiteto Norman Foster para a prefeitura de Londres, *City Hall* (prefeitura), onde se destacam alguns dos elementos da arquitetura bioclimática, como o controle passivo de iluminação e ventilação naturais, além de forma e implantação favoráveis ao clima. Sua inclinação para o sul serve para a otimização do sistema fotovoltaico de captação de energia solar, além de permitir a geração de sombra na região de maior insolação.



Figura 12 – *City Hall* – Londres. Fonte: Foster and Partners Website.

Roaf (2006), destaca cinco importantes características que devem ser analisadas em projetos solares passivos (quadro 7):

Quadro 7 – Pontos básicos a serem analisados em projetos solares passivos.

1	Intensidade do sol no sítio em diferentes períodos do ano.
2	Posição relativa do sol na região do terreno em diferentes períodos do ano.
3	Necessidade de calor solar na edificação ao longo do ano.
4	Capacidade de conservação de calor em relação à necessidade da edificação.
5	Verificar as necessidades de controle ou ganho térmico na edificação, como podem ser atendidas, as formas da edificação (para melhorar o desempenho) e a ventilação.

Fonte: ROAF, 2006.

Também influenciam em projetos bioclimáticos os valores não fixos de azimute solar (ângulo horizontal de projeção solar), altura do sol (ângulo vertical de projeção solar), e a projeção de sombras no sítio em virtude da posição da terra em relação

ao sol ao longo das horas e dos dias (ROAF, 2006). Estes ângulos podem ser previstos através de cartas solares.

A arquitetura contemporânea tem produzido ao longo dos anos inúmeros exemplos de má aplicação de condições climáticas nas edificações, uma vez que por muito muitos anos o mercado imobiliário tem tido como objetivo a produção de grande quantidade de unidades habitacionais, não necessariamente com qualidade formal, principalmente por ter tecnologia disponível para produção de ambientes artificialmente climatizados, contrastando com a arquitetura moderna (escola anterior), onde os projetos bioclimáticos tiveram grande destaque, e a preocupação com o conforto ambiental era prioridade, não por partido arquitetônico, mas por princípio e boa prática da profissão.

3.3. A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA NO BRASIL

Sabe-se que Brasil é um país rico em recursos naturais, localizado na linha do Equador possuindo quase a totalidade de seu território na zona térmica tropical do planeta, o que o beneficia a luminosidade e calor proveniente do sol. No entanto, de acordo com Correa (2011), devido à falta de aproveitamento das características geográficas e climáticas do Brasil, grande número de edificações são reféns da tecnologia para obter iluminação, aquecimento e ventilação naturais em seus interiores. Conforme descrito anteriormente, através de estratégias passivas (projeto bioclimático) que incorporem as necessidades do edifício em paralelo ao ambiente no qual está inserido, pode-se obter o condicionamento natural e da construção, sem que para isso haja consumo de energia. Cabe informar que grande parte dos

brasileiros não possui renda o suficiente para manter sistemas de climatização artificiais, o que ressalta a importância dos projetos solares passivos (CORREA, 2011).

Comparando o Brasil aos países desenvolvidos que já adotam o Sol como fonte de energia elétrica, o território brasileiro possui grande vantagem, uma vez que se encontra posicionado numa faixa de latitude onde a incidência de radiação solar é bastante elevada em relação aos outros países americanos e europeus (GALDINO, *et al*, 2012).

De acordo com a norma NBR 15220-3 (ABNT, 1998), que apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e as Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, o Brasil é dividido em oito zonas bioclimáticas (figura 13), com necessidades bastante semelhantes no que se diz respeito aos projetos solares passivos. A NBR 15220-3, baseadas em Givoni (1992 *apud* LAMBERTS, R. *et al*, 2010) e nas planilhas de Mahoney (KOENIGSBERGER, 1977 *apud* LAMBERTS *et al*, 2010), apresenta estratégias de condicionamento ambiental para habitações populares unifamiliares, entre elas estão: as dimensões dos vãos para ventilação; vedações internas e externas (paredes e coberturas); condicionamento passivo (aquecimento solar, ventilação cruzada, resfriamento evaporativo, massa térmica, ventilação seletiva) e projeções de aberturas (LAMBERTS *et al*, 2010).

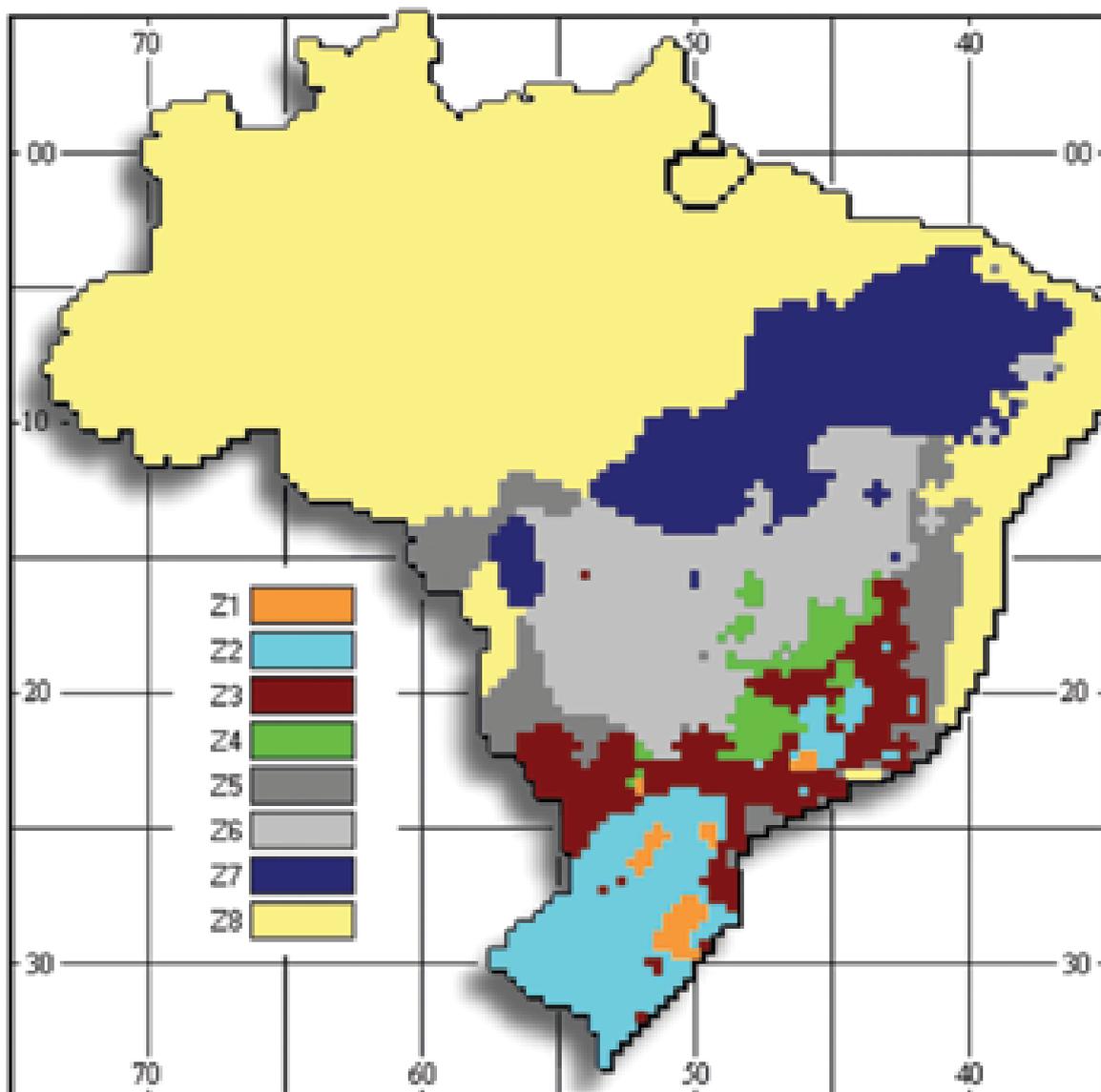


Figura 13 – Zoneamento bioclimático brasileiro. (Fonte: Software ZZBR *apud* LAMBERTS et al., 2010).

De acordo com Lamberts *et al* (2010), embora a NBR 15220-3 seja voltada para habitações de interesse social sua premissa pode se aplicada a edificações de outros usos, uma vez que referem-se a adequação climática e otimização do desempenho térmico de edificações.

No período que se estendeu entre os anos de 1930 a 1960, no Brasil vivenciou-se algumas experiências de projetos passivos condicionados, através da arquitetura modernista. Influenciados pelas teorias do arquiteto francês Le Corbusier (responsável pelos alicerces da arquitetura modernista), destacaram-se os arquitetos brasileiros Lúcio Costa (responsável pelo projeto urbano de Brasília), Oscar Niemeyer (responsável pelos projetos dos principais edifícios públicos da Brasília), Lina Bo Bardi (MASP – Museu de Arte de São Paulo), Jorge Machado Moreira (responsável pelo plano urbanístico e arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro na Ilha do Fundão), entre outros. Dentre as estratégias bioclimáticas e características corbusianas⁹, destacaram-se o uso de *brises soleil* (quebra-sóis), clarabóias, terraço jardim, janela em fita, fachada livre (edificação sob pilotis), espelhos d'água, cobogós para obtenção de microclimas, ventilação e iluminação naturais (GALDINO *et al*, 2012).

Os princípios corbusianos foram, sem dúvida, fundamentais para a evolução da arquitetura bioclimática brasileira, tanto em termos estéticos, quanto em técnicas projetuais capazes solucionar aspectos climáticos e proporcionar conforto térmico e qualidade de vida aos usuários (MASCARELLO, 2005).

Nas imagens a seguir (figura 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20), são apresentados alguns dos edifícios brasileiros que representam a arquitetura moderna do país, dotados de algumas características bioclimáticas.

⁹ Tipologia baseada nos princípios de Le Corbusier (arquiteto, urbanista e pintor francês), principal incentivador do movimento de arquitetura modernista no Brasil, autor de “Cinco pontos para uma nova arquitetura”, versão moderna das cinco ordens clássicas da arquitetura, onde sistematizou o uso de pilotis, planta livre, fachada livre, janela em fita e terraço jardim, elementos básicos da arquitetura moderna. Seu objetivo com estes elementos era solucionar problemas climáticos e de conforto ambiental.



Figura 14 – Edifícios Nova Cintra, Bristol e Caledônia, Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1954 (Arquiteto: Lúcio Costa). Fonte: Nelson Kon.

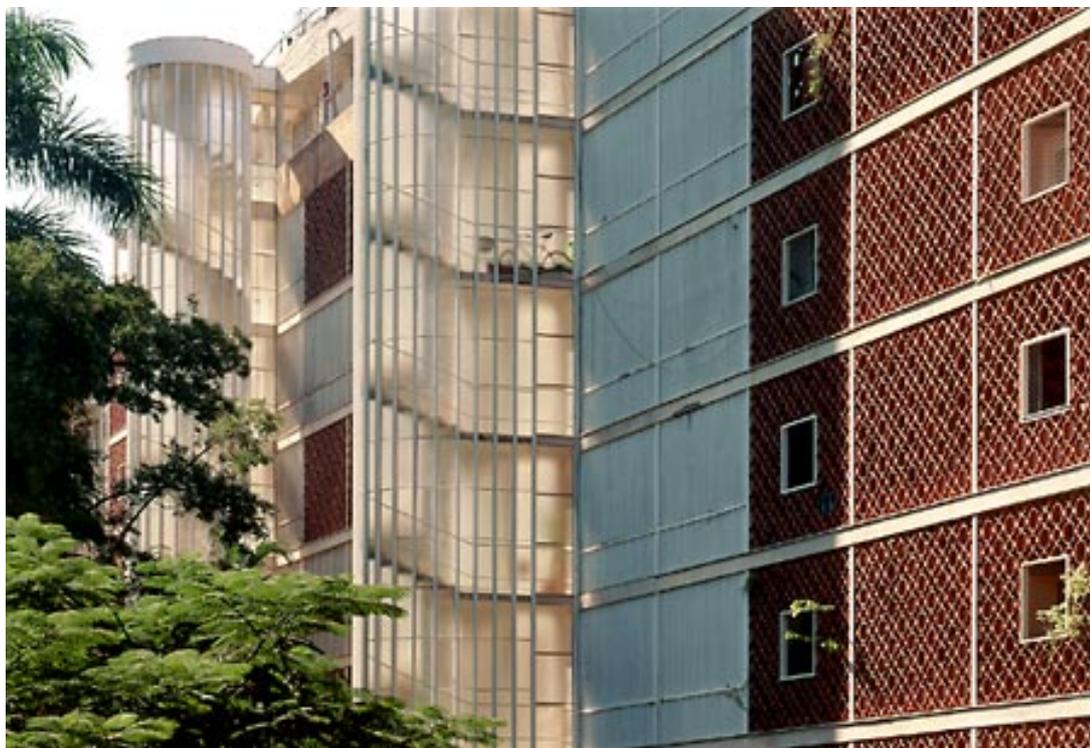


Figura 15 – Edifícios Nova Cintra, Bristol e Caledônia, 1954 – detalhe dos brises-soleils das fachadas, Parque Guinle, Rio de Janeiro (Arquiteto: Lúcio Costa). Fonte: Nelson Kon.

Os edifícios Nova Cintra, Bristol e Caledônia, da década de 50 (figuras 14 e 15) foram projetados com fachadas longitudinais orientadas para oeste, dotadas de *brise-soleils* e cobogós, que as protege da insolação.



Figura 16 – Palácio Capanema (Arquiteto: Oscar Niemeyer, Lúcio Costa, Affonso Reidy, Joege Moreira, Carlos Leão e Ernani Vasconcelos – com consultoria de Le Corbusier), Rio de Janeiro, , 1947. Fonte: Nelson Kon.

O Palácio Capanema, da década de 40 (figura 16), apresenta como características bioclimáticas não apenas pela proteção da fachada norte com *brise-soleils* móveis, mas a planta de situação devidamente estudada com o objetivo de aproveitar as condições naturais do terreno, localizado em frente à barra da Baía de Guanabara, que dispõem de ventilação natural constante.



Figura 17 – Conjunto Residencial Pedregulho (Arquiteto: Affonso Reidy), Rio de Janeiro, 1947.
Fonte: Andres Otero.



Figura 18 – Conjunto Residencial Pedregulho – imagem da circulação de acesso aos apartamentos.
(Arquiteto: Affonso Reidy), Rio de Janeiro, 1947. Fonte: Alfredo Brito.



Figura 19 – Conjunto Residencial Pedregulho. (Arquiteto: Affonso Reidy), Rio de Janeiro, 1947.
Fonte: Helga Santos da Silva.



Figura 20 – Conjunto Residencial Pedregulho. (Arquiteto: Affonso Reidy), Rio de Janeiro, 1947.
Fonte: Helga Santos da Silva.

As figuras 17, 18, 19 e 20, são do Conjunto Residencial Prefeito Mendes de Moraes, também conhecido por Predregulho, uma das obras mais importantes da década de 40, que imprimia além dos valores arquitetônico (que primavam não só pela qualidade interna dos ambientes em termos de conforto climático), questões sociais.

O complexo, de autoria do arquiteto Affonso Reidy, localizado no bairro de São Cristóvão na cidade do Rio de Janeiro, era composto por blocos residenciais, escola, centro de saúde, mercado, lavanderia, ginásio e piscina. O projeto do edifício residencial foi concebido para abrigar 468 famílias de funcionários da prefeitura carioca com baixo poder aquisitivo. Para ter acesso ao benefício de moradia e infraestrutura do complexo, os moradores pagavam um aluguel simbólico, bastante abaixo do mercado, que era deduzido de seus salários mensalmente (CAVALCANTI, 2001).

Assim como nos edifícios Nova Cintra, Bristol e Caledônia, de Lúcio Costa, em termos estéticos e técnicos, o projeto do Pedregulho apresenta claramente os princípios corbusianos, nas preocupações funcionais de controle climático através do uso de soluções formais para o controle da luz solar e da ventilação (uso de cobogós, *brise-soleils* fixos, faixas contínuas de guarda-corpo e venezianas, por exemplo). O corredor de acesso aos apartamentos protege a área de estar da insolação, enquanto isso, a fachada oposta possui janelas que favorecem a ventilação cruzada com os quartos através das janelas altas destes. As varandas do alternam fechamentos entre grades de ferro baixas e cobogós (CAVALCANTI, L., 2001).

No setor de Habitação Popular Brasileira, o Conjunto Pedregulho é uma das obras modernistas brasileiras mais conhecidas de sua época, porém, não é um projeto isolado, ele faz parte de uma série de iniciativas habitacionais realizadas entre as décadas de 30 e 50 no Brasil, como o Conjunto Habitacional Marquês de São Vicente, também conhecido como Minhocão, da década de 50, autoria do arquiteto Reidy (figura 21), que imprimia os mesmos valores corbusianos e sociais.



Figura 21 – Conjunto Residencial Marquês de São Vicente. (Arquiteto: Affonso Reidy), Rio de Janeiro.: Conjunto habitacional da Gávea, 1952. Fonte: O Globo

Nota-se nos projetos modernistas brasileiros a simplicidade formal aliada à funcionalidade do edifício em relação ao ambiente em que está inserido, uma compatibilização entre economia, praticidade, soluções técnicas e meio ambiente.

As obras da arquitetura moderna brasileira entre décadas de 30 e 60 imprimiam conceitos de arquitetura bioclimática numa época em que as questões ambientais ainda não faziam parte das agendas mundiais, porém, havia uma grande preocupação com a qualidade de vida do usuário, que se perdeu ao longo dos tempos, acredita-se que em virtude da especulação imobiliária, onde a maior preocupação passou a ser a quantidade de unidades construídas e não a qualidade destas, felizmente, mediante o atual quadro de devastação ambiental, este conceito vem sendo revistos, através dos edifícios “verdes”, prezando novamente pela qualidade de vida do usuário.

No próximo capítulo, será apresentado como exemplo o edifício contemporâneo localizado na Espanha, nomeado Hemiciclo Solar, que como os edifícios modernos brasileiros, apresenta uma série de características bioclimáticas condizentes com as necessidades mundiais atuais. Conforme o Pedregulho e o Minhocão, o Hemiciclo Solar é uma habitação social com aluguel simbólico, porém voltado a jovens que pela primeira vez estão alugando um imóvel (primeiro aluguel social).

CAPÍTULO 4 - EDIFÍCIO HEMICICLO SOLAR

4.1 O EXEMPLO DO EDIFÍCIO ESPANHOL HEMICICLO SOLAR COMO ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

No capítulo 1, através do contexto histórico deste trabalho, mostrou-se a importância da consciência ambiental e a evolução histórica dos princípios da sustentabilidade ambiental, no capítulo 2 pode-se observar a importância da aplicação de sistemas ecoeficientes (principalmente para redução do desperdício de água e energia), na indústria da construção civil, uma vez que a utilização destas técnicas pode baratear os custos de operação dos edifícios, além de minimizar impactos ambientais. No capítulo 3 foram realizadas revisões conceituais sobre a arquitetura bioclimática (ou solar passiva), seus princípios e pertinência enquanto ferramenta para alcançar o conforto ambiental e a economia de energia elétrica no ambiente construído, principalmente, frente ao contínuo processo de esgotamento das fontes de energia fósseis mundiais. A partir dos estudos realizados tornou-se necessária a apresentação de um exemplo de arquitetura bioclimática, de modo que os conceitos fossem apresentados em um modelo real onde tenham sido aplicados recentemente mostrando que os conceitos de arquitetura bioclimática continuam representando soluções eficientes de projeto. No Brasil ainda são poucos os projetos contemporâneos com características bioclimáticas, especialmente no setor habitacional, desta forma buscou-se um exemplo no exterior que pudesse exemplificar o emprego de sistemas bioclimáticos na edificação.

O objeto de estudo selecionado foi o edifício Hemiciclo Solar, localizado em Madri (Espanha), na cidade de Mosteles Sur (a figura 22 indica sua situação e a figura 23, mostra sua fachada principal). O Hemiciclo Solar, de autoria do escritório de Arquitetura Ruiz-Larrea e Associados é fruto de um concurso limitado (para equipes convidadas), organizado em 2004 pelo Instituto Municipal de Terras da cidade. Sua construção foi finalizada em 2009, mas desde a fase de projeto vem ganhando reconhecimento por suas boas práticas projetuais, que incluem características bioclimáticas e sustentáveis, garantindo inclusive premiações e distinções de arquitetura, entre elas o primeiro prêmio em Construção Sustentável de Castela e Leão 2010, primeira colocação no ENDESA 2010, a distinção COAM 2010 e o primeiro lugar no ASPRIMA-SIMA 2010. (LARREA, 2010).

A Espanha é um dos países pioneiros em estudos acerca da arquitetura bioclimática, sendo conhecido mundialmente nesta área de pesquisa, tendo aplicado suas técnicas inclusive em projetos de habitação social. O país também tem passado pelo *boom* imobiliário nos últimos 10 anos, atravessando experiências de erros e acertos em seus projetos habitacionais, o que vem chamando a atenção do governo brasileiro, que em 2010 (durante o 5º Fórum Mundial Urbano das Nações Unidas), iniciou negociações para estabelecer uma parceria de cooperação com técnicos espanhóis, com a finalidade de aplicar os benefícios da arquitetura bioclimática em projetos de programas habitacionais brasileiros.



Figura 22 – Planta de situação do Hemiciclo Solar. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.



Figura 23– Hemiciclo Solar, fachada principal. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

O *Hemiciclo Solar* é composto por 92 unidades habitacionais, dispostas em 6 pavimentos, possuindo ainda sótão, porão, 118 vagas de garagem e área de lazer, ocupando uma área total de 11.000 m². Possui a forma de fita em arco (semi-círculo), cujo desenho acompanha o movimento diário do sol, de modo a coletar raios solares no inverno e gerar áreas sombreadas no verão, promovendo o conforto térmico ao edifício. Além disso, a forma do edifício e seu posicionamento no terreno propiciam a iluminação e ventilação natural, minimizando o consumo de energia. (LARREA, 2010). A figura 24, a seguir, ilustra seus pavimentos tipos.

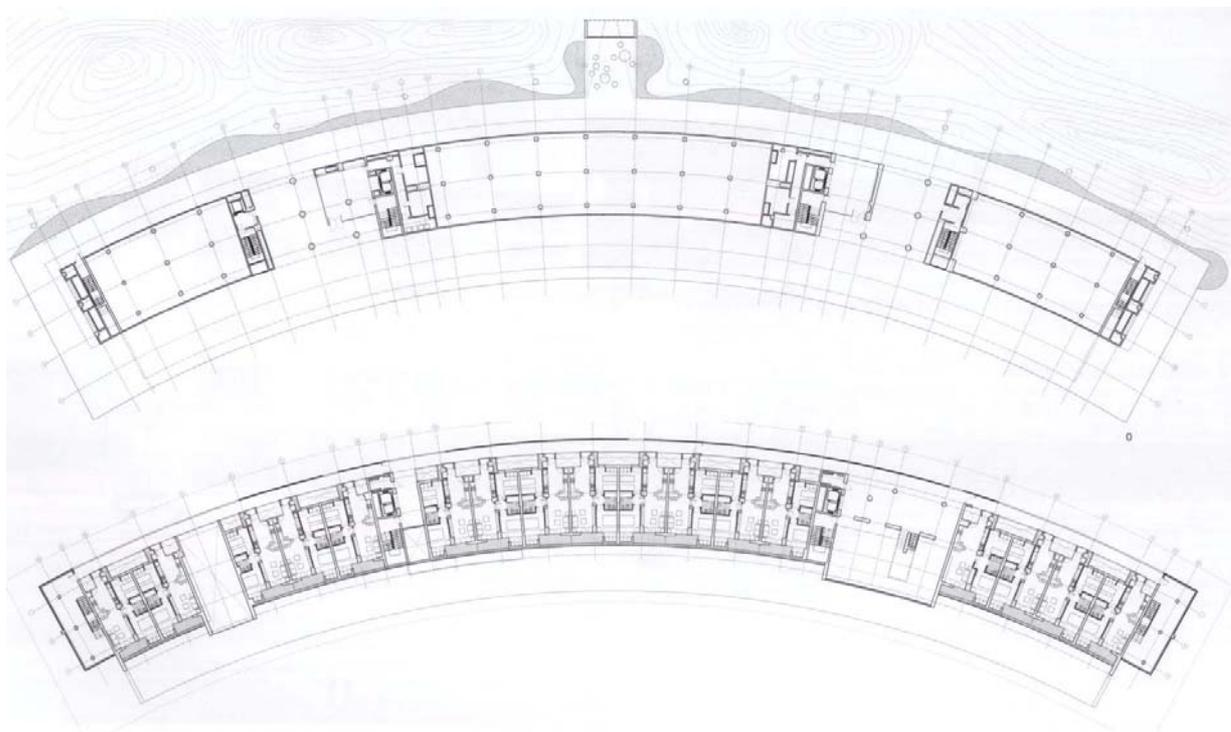


Figura 24 – Pavimentos tipo do Hemiciclo Solar. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

O Hemiciclo Solar pode ser considerado uma edificação sustentável, não por suas matérias-primas, uma vez que utilizaram materiais tradicionais para baratear a construção, mas por recorrer a estratégias passivas e ativas de economia de energia e redução das emissões de CO₂ (cerca de, 87% a menos que as edificações

tradicionais), no entanto é mais adequado identificá-lo com um edifício bioclimático (LARREA, 2010).

Os principais materiais de construção aplicados no edifício são bastante convencionais: fundações e estrutura em concreto armado *in situ*, blocos de concreto, concreto pré-moldado, os painéis celulares de policarbonato, vidro, paredes de gesso acartonado, lã de rocha, tubulações de hidráulica e esgoto em pvc, entre outros.

A fachada sul (figura 25), concebida como “coletor solar”, é guarnecida de *brises-soleils* móveis (figura 26), à frente das janelas dos apartamentos, este mecanismo auxilia na projeção de sombras, controle de entrada de luz solar no interior das residências possibilitando desta forma, entrada de radiação solar ao longo do ano de acordo com a necessidade do usuário.



Figura 25 – Fachada sul Hemiciclo solar. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

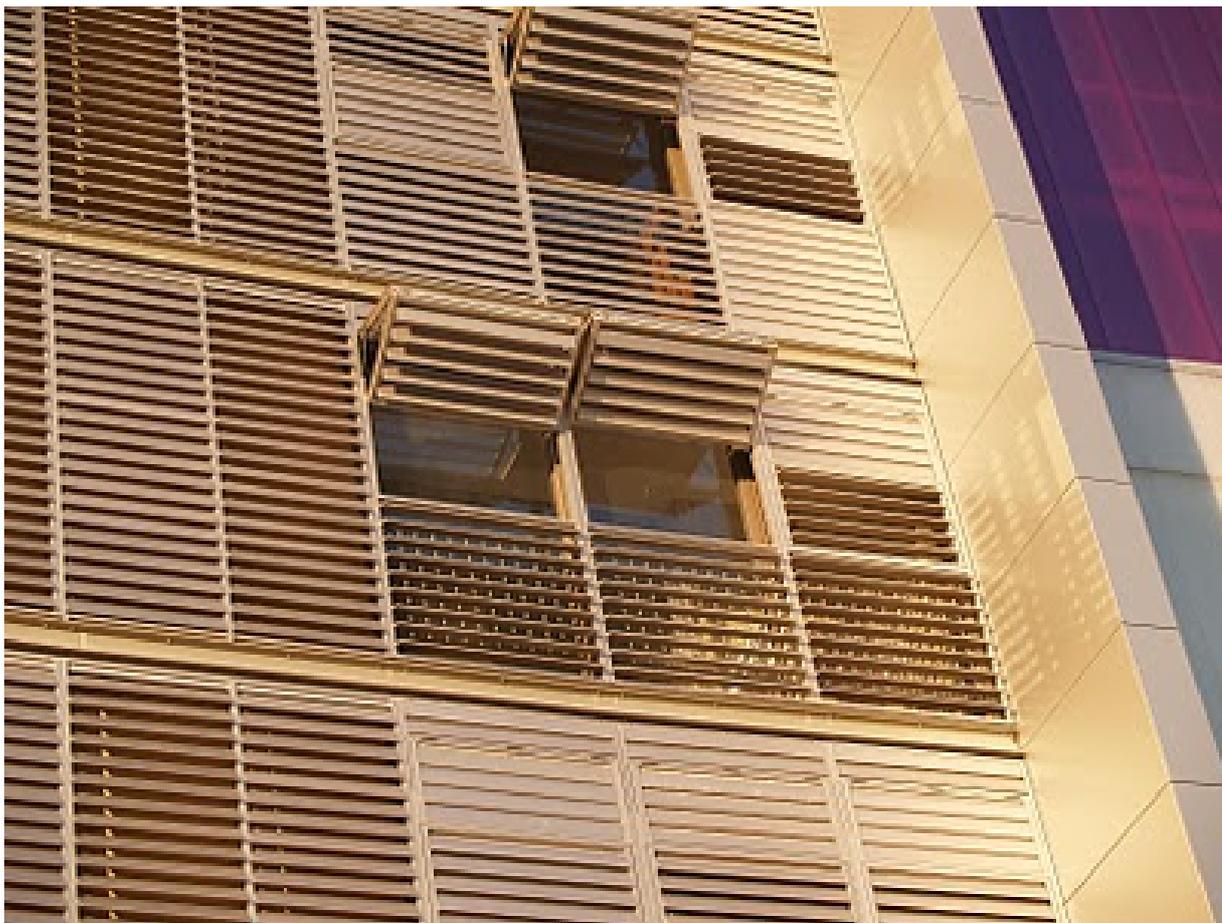
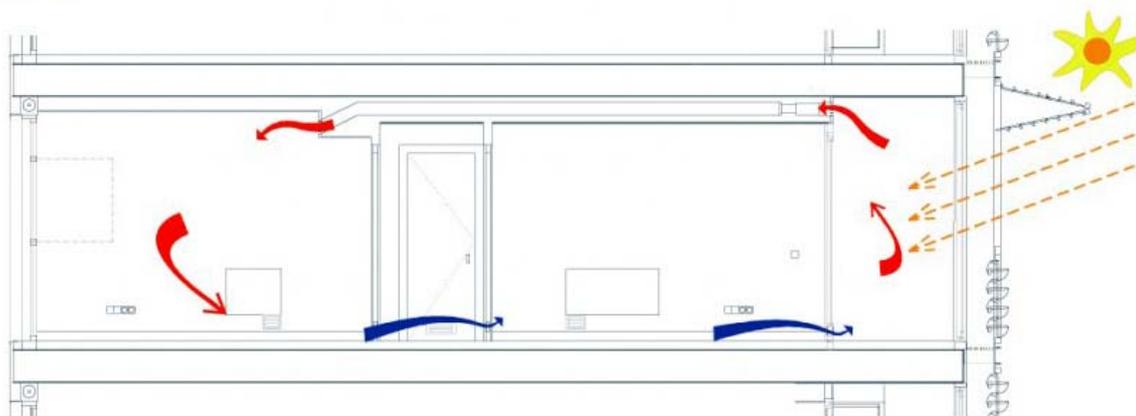


Figura 26 – *Brisés soleil* móveis na fachada sul Hemiciclo solar. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

A figura 27, a seguir, ilustra esquematicamente como funciona o sistema de *brises soleil* do edifício. Durante o inverno, parte dos *brises soleil* podem ser recolhidos, puxados para cima, permitindo maior penetração do sol no interior do ambiente, e conseqüentemente, maior aquecimento ao interior da residência. No período de verão, os painéis em *brises soleil* devem ser mantidos fechados, de modo a manter o ambiente interno mais fresco.

invierno



verano

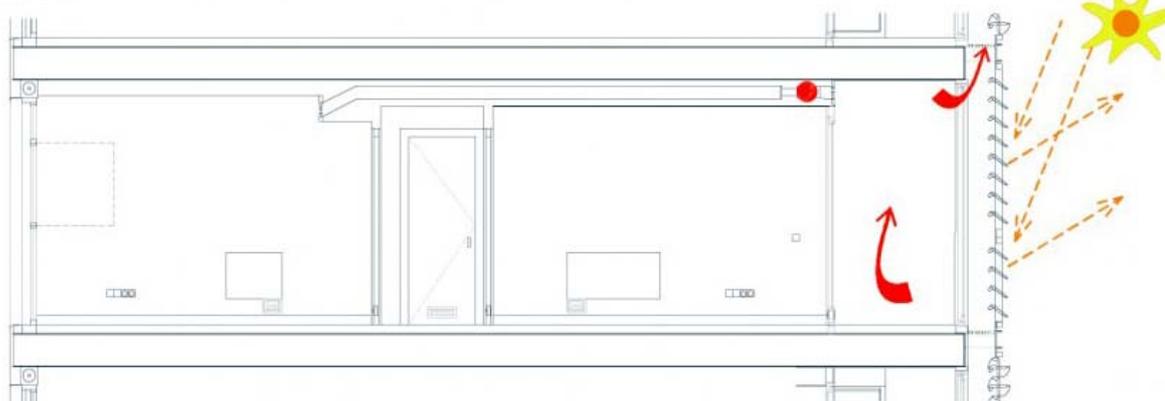


Figura 27 – Desenho esquemático sobre a incidência dos raios solares e o uso dos brises soleil. A disposição das aletas dos brises soleils favorece o movimento de convecção do ar no interior do ambiente, proporcionando o resfriamento ou o aquecimento ao longo do ano. As setas vermelhas representam os movimentos do ar quente e as azuis do ar frio. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Ainda na fachada sul, entre o sistema de *brises soleil* e os ambientes de sala de estar há uma galeria, o acesso a este local é dado por uma lâmina de vidro (uma espécie de esquadria), sua função é concentrar o calor da radiação solar (como uma estufa), utilizando-o para aquecer os ambientes fechados. A parte superior da galeria possui uma grelha metálica e um circulador de ar (ventilador), que conduz o ar quente através de um duto direcionado ao quarto (localizado na fachada norte), tal sistema pode ser visto na figura 28. Nos períodos de temperatura mais alta, como

no verão, por exemplo, este duto pode ser fechado, impedindo que o ar quente seja transportado aos quartos.



Figura 28 – interior de ambiente localizado na fachada sul, exibindo o corredor entre a lâmina de vidro e os brises soleil. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

A fachada norte, onde localizam-se os corredores de acesso aos apartamentos (figura 29), foi projetada para permitir que os ventos noturnos do verão pudessem resfriar o edifício, porém para protegê-lo das baixas temperaturas dos ventos de inverno, projetou-se painéis de policarbonato, que além de servir de barreira para

sons e ventos permitem a passagem de luz para as casas, sem comprometer a privacidade dos ambientes.

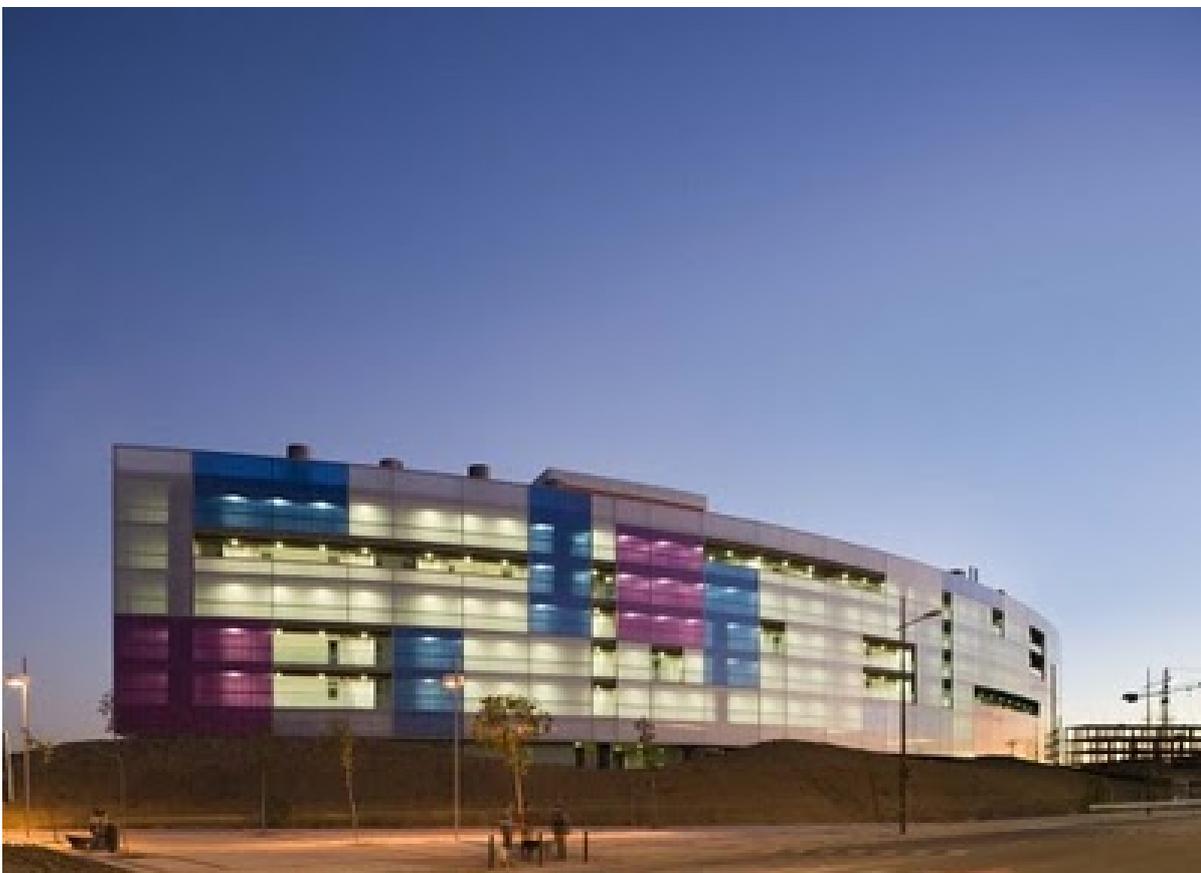


Figura 29 – Fachada norte do Hemiciclo solar. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Na figura 30, mostrou-se de forma mais detalhada os painéis em policarbonato localizados na fachada norte.

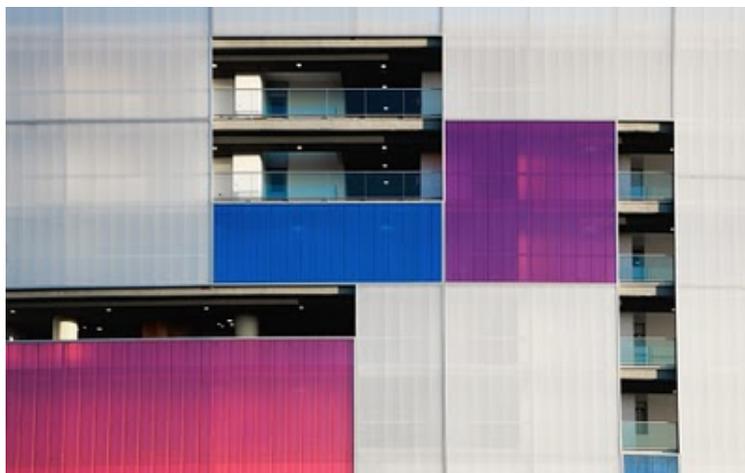


Figura 30 – Painéis de policarbonato. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

A figura 31, a seguir, apresenta o corredor de circulação que dá acesso aos apartamentos.



Figura 31 – Circulações de acesso aos apartamentos. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Uma das maiores razões para destacá-lo diante das demais construções bioclimáticas espanholas é o uso do sistema passivo de climatização natural por poços canadense, um trocador de calor geotérmico baseado na capacidade térmica do solo, diferença de temperatura entre o subsolo e a superfície, com o objetivo de

fazer a circulação de ar dentro da terra, permitindo o resfriamento no verão e o aquecimento no inverno, sem que para isso sejam necessários sistemas artificiais (aquecedores e ar condicionado).

Nas unidades habitacionais, o ar é introduzido pré-aquecido a 18°C (verão e inverno), distribuído por meio de tubulações embutidas nas paredes, sendo liberado por grelhas próximas ao chão, localizadas na sala e quartos (LARREA, 2010).

O ar dos dutos circula entre 35 e 40 m abaixo do solo, a esta profundidade, sua temperatura é praticamente constante ao longo do ano, variando entre 14°C e 16°C. Através deste sistema é possível de reduzir cerca de 60% do consumo de energia da edificação, uma vez que a energia utilizada pelas UTAs¹⁰ é baixíssima, sendo direcionada apenas ao funcionamento de circuladores de ar – espécie de ventiladores, que distribuem o ar obtido nos poços canadenses para os apartamentos e áreas comuns do edifício (LARREA, 2010). As figuras 31 e 32 exibem, esquematicamente, o sistema de poços canadenses. Os poços canadenses localizam-se próximos a fachada norte, onde há maior ventilação.

Na figura 32, as setas azuis representam os ventos frios e as setas vermelhas representam os ventos quentes (o mesmo acontecerá na figura 32, na seqüência). Durante o inverno o ar frio é coletado pelos poços canadenses e conduzido por dutos verticais ao topo do edifício, onde são liberados, evitando o resfriamento dos ambientes em períodos onde a demanda é por aquecimento. Por sua vez, as galerias localizadas na fachada sul, captam o calor proveniente dos raios solares e o

¹⁰ Unidades de Tratamento de Ar do Edifício Hemiciclo Solar. Sistema responsável pela distribuição e tratamento do ar obtido pelos poços canadenses.

distribui para os ambientes internos por meio de dutos de circulação, caso o calor proveniente de fontes naturais não seja o suficiente para manter o ambiente aquecido, os apartamentos são guarnecidos por aquecedores elétricos que complementam o aquecimento dos ambientes.

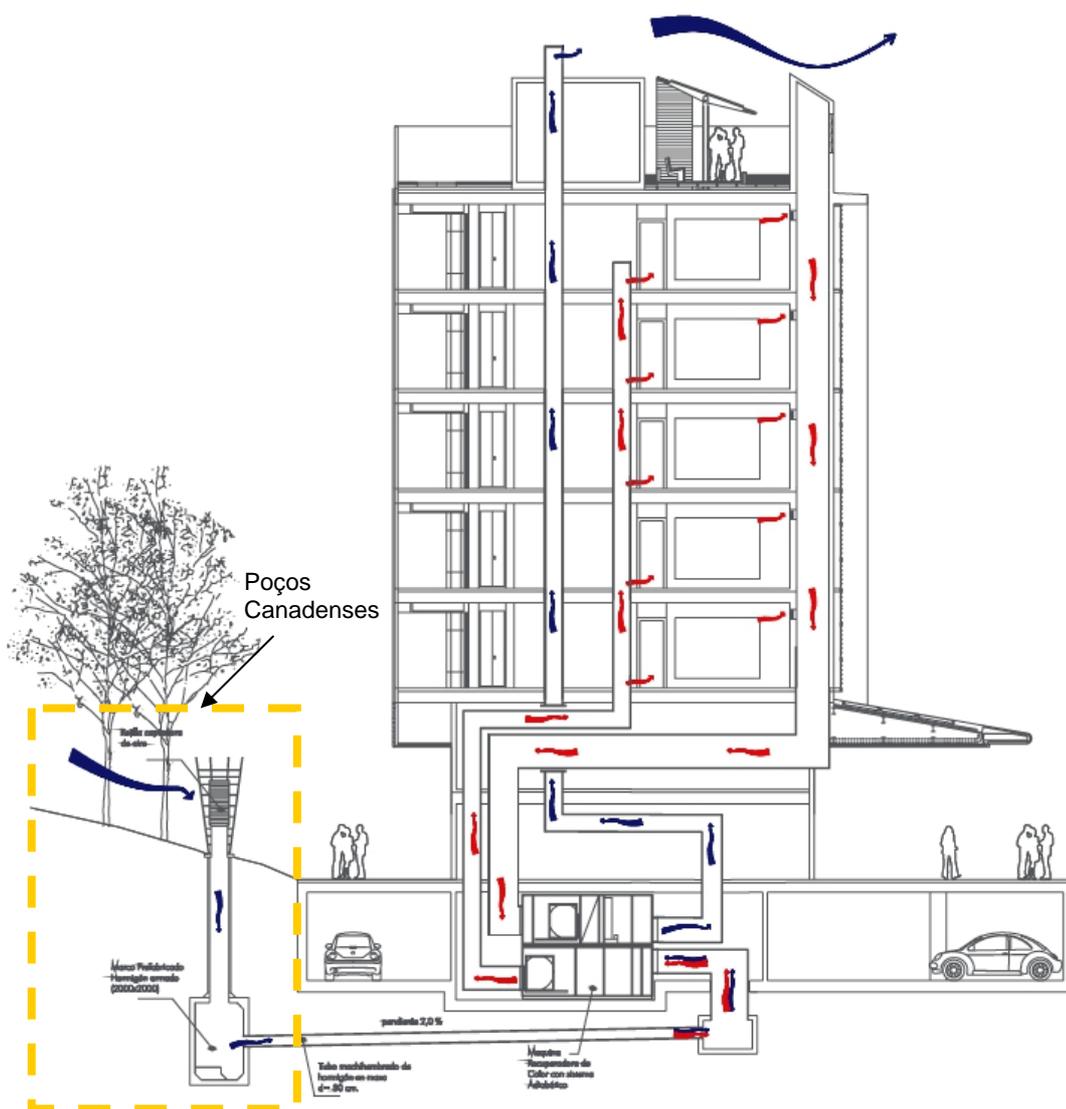


Figura 32 - Figura esquemática representado o funcionamento do sistema de poços canadenses durante o inverno. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Durante os períodos mais quentes do ano, o sistema de poços canadenses permanece funcionando, porém de outra forma, conforme ilustrado na figura 33, a seguir. Os ventos quentes são captados pelos poços canadenses, passam por um sistema elétrico de resfriamento (que consome pouca energia elétrica), em seguida

o ar refrigerado é distribuído aos apartamentos por meio de dutos de ventilação, e liberado aos apartamentos por meio de grelhas localizadas nos cômodos de quarto e sala. O ar quente proveniente da fachada sul não é distribuído para os apartamentos, os dutos que fazem esta condução permanecem fechados nos períodos de calor, e o ar quente, é liberado através de chaminés localizadas na cobertura.

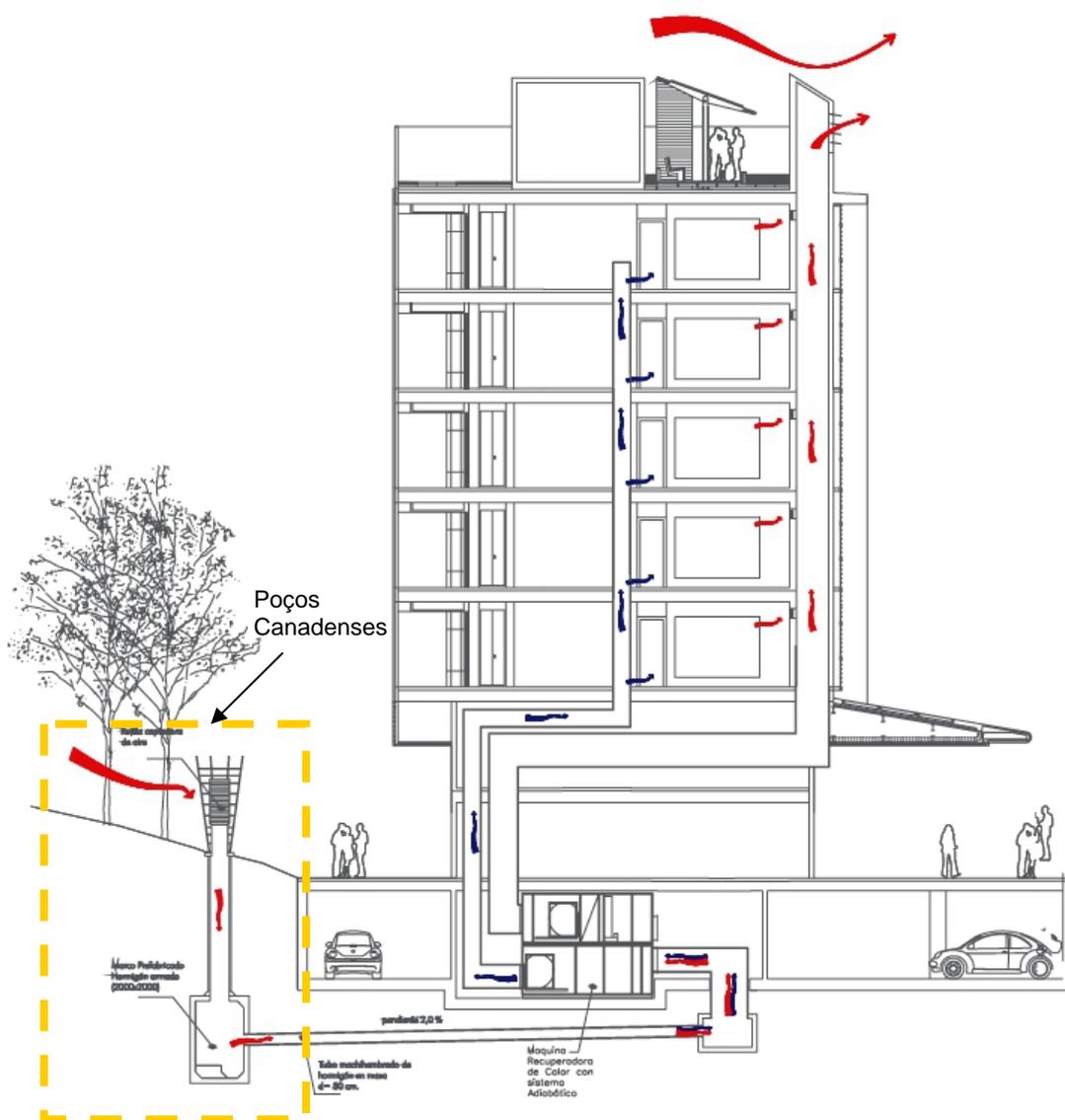


Figura 33 - Figura esquemática representado o funcionamento do sistema de poços canadenses durante o verão. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Nos sistemas de climatização natural do edifício também se incluem as chaminés solares (figura 34), que trabalham em sinergia com o sistema de energia geotérmica. Próximo à laje da cobertura localizam-se chaminés contendo venezianas metálicas que captam ar quente derivado do sol, este ar é transportado por meio de convecção natural e distribuído através de sistema tubulações.

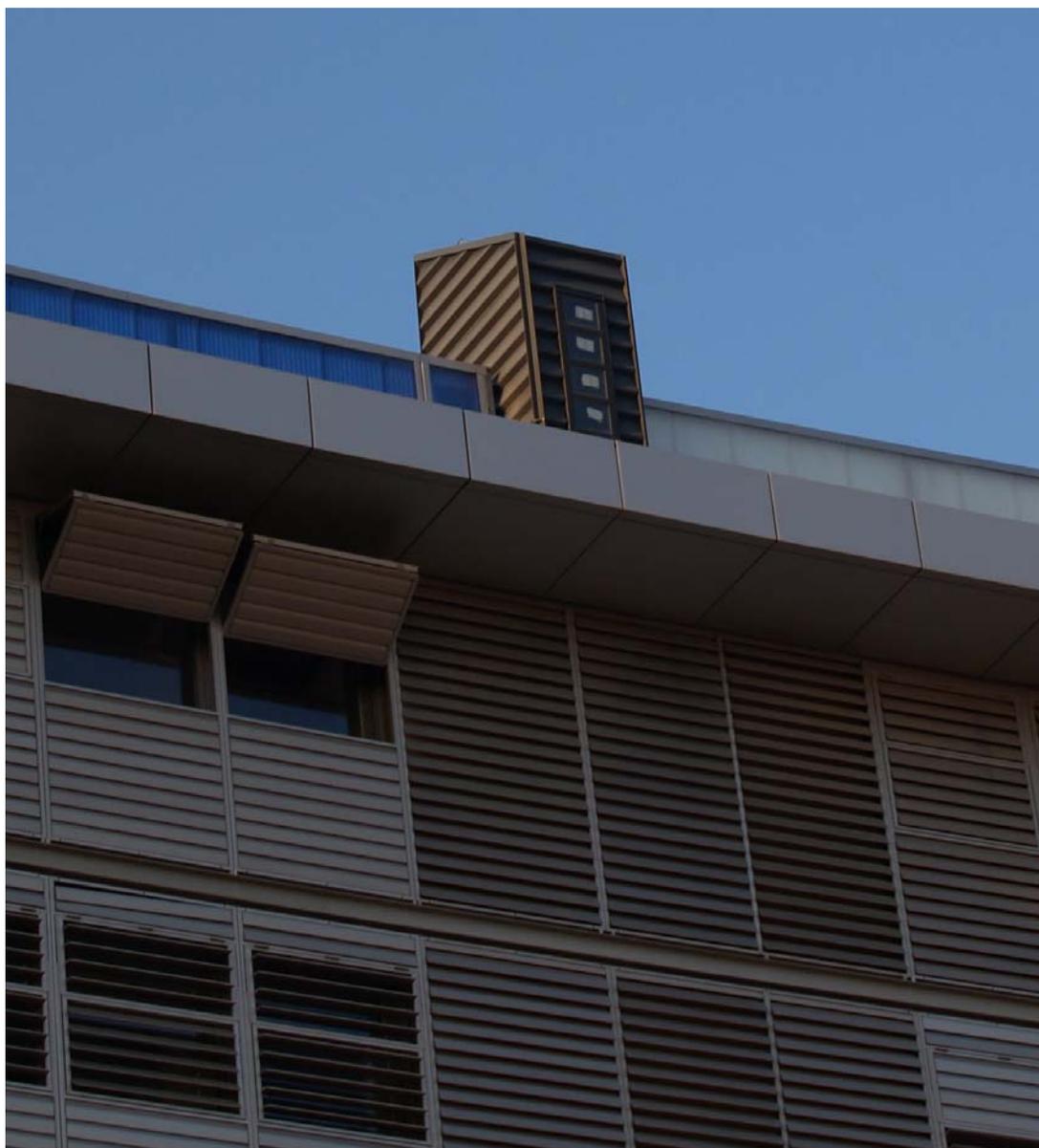


Figura 34 – Chaminé solar. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Complementando as estratégias passivas do projeto bioclimático do edifício, na cobertura do edifício foram instalados quatro grupos de painéis solares fotovoltaicos com uma capacidade total instalada de 20 KW (figura 35), utilizados para a geração de energia. A eletricidade produzida é derivada da rede e serve para compensar o consumo UTAs.



Figura 35– Painéis fotovoltaicos sobre cobertura. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

Toda a superfície aberta da cobertura possui tratamento paisagístico *xeriscape*¹¹ (figura 36), sendo revestida por vegetação (telhado verde), parcialmente

¹¹ Escola do paisagismo que visa a redução ou até mesmo eliminação da necessidade de água de irrigação suplementar, com o objetivo de economizar água. Para este estilo paisagístico, são utilizadas plantas nativas (por já estarem adaptadas ao clima regional), que armazenam água ou resistentes a longos períodos de estiagem.

compensado as emissões de CO₂ e melhora a proteção solar das habitações dos pavimentos superiores (reduzindo os ganhos de calor da luz solar direta no verão).



Figura 36 – Paisagismo *xeriscape* da cobertura. Fonte: Ruiz Larrea e Associados, 2010.

A orientação e forma do edifício foram dois dos principais fatores de influencia na redução dos custos com energia elétrica, uma vez que suas fachadas permitem, de forma bastante funcional, a obtenção de benefícios provenientes do ambiente, tais como, iluminação, condicionamento térmico e ventilação cruzada natural, além disso, a fachada sul funcionando como coletor solar permite maior aproveitamento da radiação solar, possibilitando o uso dos raios solares para a geração de energia.

O Hemiciclo Solar é um exemplo de boas práticas para arquitetura contemporânea, mostrando que é possível sim aliar a construção civil ao meio ambiente sem a

necessidade de alto investimento em tecnologias, porém com o uso de soluções funcionais de projetos bioclimáticos (incorporação de fatores ambientais ao projeto), conferindo ao edifício eficiência energética, redução das emissões de CO₂ (uma vez que não há a necessidade de climatizadores artificiais) e economia para seus usuários, tornando-se um exemplo a ser seguido por países como o Brasil, que ao longo dos anos vem apresentando um rápido crescimento no setor imobiliário, demandado a construção de novas habitações, ganhando a oportunidade de desenvolver-se executando projetos de baixo impacto ambiental e custos reduzidos, que reverterão em benefícios para a sociedade e meio ambiente. Cabe ressaltar que a construção de novas habitações ou construções em geral, implica em uma maior demanda das redes de fornecimento de energia, água, entre outras, a utilização de sistemas alternativos que possam diminuir a necessidade exclusiva dos sistemas tradicionais de distribuição pode evitar um colapso destes.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

A construção civil é uma das atividades que mais causam impactos no meio ambiente desde a extração de matéria-prima, ao descarte de materiais (entulho), até a fase de uso do edifício. No atual quadro de devastação ambiental em que o planeta se encontra, torna-se cada vez mais urgente à utilização de sistemas construtivos que demandem menor degradação, de modo a tornar sustentável e harmônica a convivência entre edificação e meio ambiente.

Dentro de toda a gama que há de sistemas construtivos, a arquitetura bioclimática se destaca enquanto uma das que mais contribui para eficiência energética de edifícios, uma vez que tira proveito de técnicas passivas de ventilação e iluminação, possibilitando a climatização e luminosidade de ambientes internos sem o consumo excessivo de energia elétrica, e em muitos casos, anulando-se totalmente a necessidade de uso da rede de distribuição de energia elétrica, dependendo apenas da energia solar para seus abastecimentos. Para que isso ocorra, é necessário apenas que o projeto arquitetônico esteja adequado ao clima da região no qual será implantado, respeitando as diretrizes solares do local e sua geografia.

Estratégias bioclimáticas aplicadas à construção civil vão além das questões de conforto ambiental e eficiência energética. O somatório das características dos projetos bioclimáticos às suas variáveis (materiais, energia limpa, uso da água entre outros), tem sido cada vez mais exploradas com a intenção de minimização dos impactos ambientais.

Baseados no desafio de proteção ambiental, uma nova geração de edifícios “verdes” (sustentáveis) vem surgindo para responder às necessidades cada vez mais urgentes de diminuição da degradação do ambiente natural. A arquitetura bioclimática sintetiza em suas obras projeto e fatores ambientais para se estabelecer a harmonia entre ambiente natural e meio urbano, tornando-se uma importante ferramenta para a construção civil consciente.

O exemplo do edifício *Hemiciclo Solar* demonstra o bom desempenho da arquitetura bioclimática, exemplificando que é possível aliar boas práticas arquitetônicas (incorporação de sistemas passivos em projetos arquitetônicos), ao meio ambiente em prol da sustentabilidade ambiental, sem que para isso sejam necessários altos investimentos com tecnologias. Em países como o Brasil, onde o clima e geografia são propícios para a arquitetura bioclimática, torna-se uma opção bastante viável, principalmente em termos de valor, onde a implantação de sistemas passivos muitas vezes representa custo quase zero, tratando-se apenas de uma implantação favorável.

O edifício é um elemento bastante importante para a sustentabilidade urbana, a otimização do consumo de recursos, como água e energia, originados em projetos bioclimáticos, são revertidas em economia para os consumidores, preservação do meio ambiente e maior qualidade de vida. A disseminação deste conceito pode minimizar importantes impactos ambientais.

No Brasil, diante da atual situação do setor energético, que vem apresentando falhas que estampam a fragilidade das redes de distribuição elétrica, as utilizações de

sistemas passivos para ventilação e iluminação naturais tornam-se alternativas bastante eficientes e necessárias, além de serem totalmente viáveis, dependendo apenas de projetos que imprimam características bioclimáticas. Estratégias passivas, aliadas a sistemas ativos, como a utilização de painéis fotovoltaicos para captação de energia solar, podem, sem dúvida, proporcionar o conforto ambiental que propõem, economia e diminuição de impactos ambientais. Ressalta-se que grande parte da população brasileira não possui poder aquisitivo para manter sistemas de climatização artificiais, uma vez que os custos com as concessionárias de energia elétrica seriam altíssimos, as soluções passivas podem ser aplicadas a esta população proporcionando o benefício da gratuidade do conforto térmico.

O Brasil é um país rico em recursos naturais e tem no clima temperado um de seus principais aliados para a aplicação de conceitos bioclimáticos em projetos de arquitetura, podendo promover iluminação, refrigeração e aquecimento naturais (e gratuitos!), além disso a incidência dos raios solares em nosso país propicia o uso de sistemas ativos de captação solar de energia, podendo ser aplicado em qualquer região do país, especialmente as mais isoladas.

Outro fator que favorece o uso da arquitetura bioclimática no Brasil está nos exemplos dos edifícios modernos construídos entre as décadas de 30 e 60, citados no capítulo 3, mundialmente conhecidos por suas qualidades funcionais de uma arquitetura adaptada ao seu meio de inserção ambiental, ou seja, é possível sim a construção de projetos brasileiros que prezem pelas boas práticas arquitetônicas, o que infelizmente por um longo período deixou ser priorizado nos projetos arquitetônicos nacionais, acredita-se que devido a especulação imobiliária, onde a

necessidade por maior quantidade de unidades construídas sobressaiu-se erroneamente, a qualidade das mesmas.

No contexto brasileiro atual, a arquitetura bioclimática ainda é muito pouco empregada, principalmente em edifícios habitacionais. Porém alguns projetos contemporâneos brasileiros (em sua maioria comerciais ou institucionais) já vêm apresentado características sustentáveis, o que mostra que a consciência ambiental e o conforto ambiental passaram a se tornar premissa projetuais, é o caso de edifícios como o CENPES 2 (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello) da Petrobrás, de autoria dos arquitetos Siegbert Zanettini e José Wagner Garcia (no Rio de Janeiro), o edifício Cidade Nova (também localizado na capital carioca), do escritório de arquitetura Ruy Rezende, a Rede Sarah de hospitais, de autoria de João Filgueiras Lima (Lelé), entre outros exemplos.

Políticas públicas de incentivo ao uso de artifícios bioclimáticos em projetos arquitetônicos podem ser um dos caminhos a se tomar, o que pode ser analisado em trabalhos futuros.

A vanguarda da arquitetura bioclimática está longe de seus conceitos já empregados há anos, mas está presente na consciência de que a continuidade do processo de degradação ambiental originado na construção civil tradicional e despreocupada pode nos levar a um colapso ambiental sem conserto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASCAL, E. H. S. e SANTOS, M. F. **Certificação LEED e arquitetura sustentável: edifício Eldorado Business Tower**. Revista Arquitectos. Vitruvius. nº 140.03 ano 12, jan 2012. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/12.140/4126>>. Acesso: 21 de fevereiro de 2012.

ABIKO, A. e MORAES, O. B. **Desenvolvimento Urbano Sustentável**. Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2009.

ANDRADE, L. M. S. **O Conceito de Cidades-Jardins: Uma Adaptação para as Cidades Sustentáveis**. Vitruvius. Arquitectos. Ano IV. Novembro, 2003. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/04.042/637>>. Acesso: 15 de outubro de 2010.

BARRETO, D. ; MITIDIERI FILHO, C. V. **Construções eficientes: Tecnologias não asseguram uma gestão adequada da água e energia. É preciso projetar para economizar**. Técnica. Revista de Tecnologia da Construção. v. 111, p. 1-6. São Paulo 2006. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/111/artigo22896-1.asp>>. Acesso: 21 de fevereiro de 2012.

BLANCO, M. **Ecoeficiência**. Reportagem. Revista Construção Mercado: Negócios de Incorporação e Construção. São Paulo: Editora Pini. Outubro ,2008.

BORTHOLIN, E. e GUEDES, B.D. **Efeito Estufa**. Instrumentação para o ensino Prof. Dr. Dietrich Schiel. USP. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Exatas. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/Efeito_Estufa.html>. Acesso: 8 de fevereiro de 2012.

BRAZ, R., GAMA, P. e LANHAM, A. **Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de Inovação e Futuro**. Seminários de Inovação. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 14 de junho de 2004. Disponível em: <http://www.gsd.inescid.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf>. Acesso: 12 de dezembro de 2011.

BURKE, B. e KEELER, M. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CARNEIRO, A. P; BURGOS, P. C; ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, 2001.

CAVALCANTI, L. **Quando o Brasil Era Moderno: Guia de Arquitetura 1928-1960**. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Casa Solar Eficiente** – CRESESB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/casa_solar/visitavirtual.htm>. Acesso : 2 de maio de 2012.

CLUB OF ROME. Acesso: <<http://www.clubofrome.org>>. Disponível em: 18 de outubro de 2011.

COMMONER, B. **The Closing Circle: Nature, Man and Technology**. New York: N.Y., Alfred Knopf, 1971. Disponível em: <www3.niu.edu/~td0raf1/history261/nov1910.htm>. Acesso: 12 de dezembro de 2011.

CORREA, C. B. **Arquitetura bioclimática. Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural**. Drops, São Paulo, 02.004, Vitruvius. Abril/2002. Disponível em: <<http://vitruvius.es/revistas/read/drops/02.004/1590>>. Acesso: 17 de outubro de 2011.

COSTA, M. E. **Em Defesa do Palácio Capanema**. Vitruvius. A Minha Cidade. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.042/637>>. Acesso: 26 de maio de 2012.

DINIZ, E.M. **Brasil e o Protocolo de Quioto - a situação do país na implementação do acordo**. CONPET. Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. São Paulo. 2004. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/artigos/jartigo.php?segmento=&id_artigo=5>. Acesso: 8 de fevereiro de 2012.

FREITAS, C. G. L. **Habitação e Meio Ambiente – Abordagem Integrada em Empreendimentos de Interesse Social**. Coleção Habitare. São Paulo: IPT. 2001.

GALDINO, M. A. E., LIMA, J. H. G., RIBEIRO, C. M. e SERRA, E. T. **Energias Renováveis: O Contexto das Energias Renováveis no Brasil**. Revista da Direng. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>>. Acesso em 03 de março de 2012.

GODOY, A. M. G. Texto **“A Primavera Silenciosa” (Silent Spring)** – sobre o livro de mesmo título. Março, 2009. Disponível em: <<http://amaliagodoy.blogspot.com/2009/03/primavera-silenciosa-silent-spring.html>>. Acesso: 18 de outubro de 2011.

HOWARD, E. **Cidades-Jardins de Amanhã**. Tradução: Marco Aurélio Lagonego, Introdução: Dácio Araújo Benedito Otoni. Estudos Urbanos, Série Arte e Vida Urbana, São Paulo: Hucitec. 1996. il.col.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduo de construção: contribuição para uma metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (livre docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

KISS, P. **Avaliação ambiental**. *Téchne. Revista de Tecnologia da Construção*. v.133, p. 72-76. São Paulo, 2008.

KRAEMER, M.E.P., **A Universidade do Século XXI Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. *Revista eletrônica de Ciência Administrativa – RECADM*. Faculdade Cenecista de Campo Largo - Coordenação do Curso de Administração. V. 3, N. 2, nov./2004. Disponível em: <<http://revistas.facecla.com.br/index.php/recadm/>>. Acesso: 4 de dezembro de 2011.

LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa>. Acesso: 2 de julho de 2012.

LAMBERTS, R. [et al.]. **Casa eficiente : Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. v. 1. UFSC/LabEEE: Florianópolis, 2010.il.col

LARREA, C. R., GÓMEZ, A. e PRIETO E. **Hemiciclo Solar: La Energía Como Material Del Proyecto de Arquitectura**. FATECSA OBRAS S.A.U.: Madrid, 2010. il.col

MASCARELLO, V. L. D. **Princípios Bioclimáticos e Princípios de Arquitetura Moderna: Evidências no Edifício Hospitalar**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. 1ª edição. Editorial Gustavo Gili, SL (GG). Barcelona, 2010.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

PINHEIRO, T. **Efeito estufa + camada de ozônio: os cobertores da Terra**. *Revista Nova Escola. Especial Meio Ambiente – maio, 2010*. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/educacao/efeito-estufa-camada-ozonio-cobertores-terra-novaescola-594789.shtml>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2010.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). **Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (Prodeem)**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/projetos/meio_ambiente/visualiza.php?id07=35>. Acesso em: 10 de março de 2012.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). **GEO 3 – Global Environment Outlook 3** - Perspectivas do Meio Ambiente Mundial – No Brasil publicado em português pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis em parceria com a Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA). 2004.

PROCEL INFO. **PROCEL EDIFICA - Eficiência Energética nas Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={623FE2A5-B1B9-4017-918D-B1611B04FA2B}&Team=¶ms=itemID={C46E0FFD-BD12-4A01-97D2-587926254722}%3BLumisAdmin=1%3B&UIPartUID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898}>>>. Acesso: 22 de fevereiro de 2012.

RIBEIRO, R. **Clássico: Primavera Silenciosa de Rachel Carson é reeditado no Brasil**. Site Observatório Eco: Direito Ambiental. Notícia do dia 1 de junho de 2010. Disponível em: <<http://www.observatorioeco.com.br/classico-primavera-silenciosa-de-rachel-carson-e-reeditado-no-brasil/>>. Acesso: 20 de outubro de 2011.

ROAF, S. **Ecohouse: A Casa Ambientalmente Sustentável**. 2ª. Edição. Porto Alegre. Bookman. 2006.

ROCHA, A. P. **Especialistas destacam importância de certificações para melhorar o desempenho edifícios: Com investimento pequeno ambiental dos, Tecnisa adapta empreendimento de acordo com os critérios do Procel Edifica e gera economia nos gastos com energia elétrica e água**. Revista Construção Mercado: Negócios de Incorporação e Construção. São Paulo: Editora Pini. Agosto, 2011.

ROSS, J. S. (org). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996.

RUSSI, M., SANTOS, J. P. e VETTORAZZI, E. **A utilização de estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar**. In: Anais - Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre - RS, 2010.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Saúde Pública. São Paulo, 2003.

The United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: <<http://unfccc.int/2860.php>>. Acesso: 21 de fevereiro de 2012.

TRAMONTANO, M. C. **Novos modos de vida, novos espaços de morar - Paris, São Paulo, Tokyo: uma reflexão sobre a habitação contemporânea**. Tese de doutorado, São Paulo: FAUUSP, 1998.

XAVIER, A. A. P. e LAMBERTS, R. **Proposta de Zona de Conforto Térmico Obtida a Partir de Estudos de Campo em Florianópolis**. In - Anais: V Encontro Nacional de Conforto Térmico no Ambiente Construído e II Encontro Latino – Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, 1999.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. Tese de doutorado. PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fevereiro, 2008.