

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
LEONARDO HENRIQUE MISTURINI**

**FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: PROJETOS SUSTENTÁVEIS:
COMPARATIVO DE SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS.**

CASCADEL

2018

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
LEONARDO HENRIQUE MISTURINI**

**FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: PROJETOS SUSTENTÁVEIS:
COMPARATIVO DE SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Arquitetura e Urbanismo, da FAG, apresentado na modalidade Teórico-conceitual, como requisito parcial para a aprovação na disciplina: Trabalho de Curso: Qualificação.

Professor Orientador: Arq^a. Msc. Cássia
Rafaela Brum Souza

CASCADEL

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
LEONARDO HENRIQUE MISTURINI

FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: PROJETOS SUSTENTÁVEIS:
COMPARATIVO DE SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS.

Trabalho apresentado no Curso de Arquitetura e Urbanismo, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Professora Arq.Urb. Mestra Cassia Rafaela Brum Souza.

BANCA EXAMINADORA

Professora Orientadora
Centro Universitário Assis Gurgacz
Prof. Msc. Cassia Rafaela Brum Souza

Professor Avaliador
Centro Universitário Assis Gurgacz
Profº Arqº Esp. Guilherme Ribeiro de Souza Marcon

Cascavel/PR, 29 de maio de 2018

RESUMO

A necessidade de alternativas que busquem a eficiência energética e economia de custos estão cada vez mais sendo discutidas nos dias atuais. A energia renovável vem sendo optada, pois muitos recursos naturais, os considerados não renováveis, estão se esgotando devido ao uso abusivo e inconsciente que houve durante toda a evolução das civilizações. Partindo ao lado dessas preocupações, estudos vem se desenvolvendo desde o século passado na área da arquitetura e construção, em busca de obter melhores condições de conforto nos ambientes internos de forma sustentável, através de soluções passivas que diminuam os gastos energéticos desnecessários e que sejam ambientalmente corretas, tendo em vista que cada edifício se comporta diferentemente em cada local e ocasião. Com essas demandas, aborda-se o tema da Arquitetura Bioclimática, que abrange diversos conceitos, métodos, procedimentos e normas que se aplicam nas edificações em paralelo com a sustentabilidade. Além disso, destacam-se algumas estratégias e abordagens desde os primeiros passos, dos primeiros sistemas criados, até alguns projetos aplicados nos dias atuais.

Palavras chave: Arquitetura Bioclimática, Arquitetura Sustentável, Conforto Térmico, Eficiência Energética

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carta bioclimática adotada para o Brasil.	25
Figura 2 - Detalhe brise soleil na fachada do edifício sede do Ministério da Saúde Pública no Rio de Janeiro – Le Corbusier.	28
Figura 3 - Ministério da Educação e Saúde / Lúcio Costa e equipe (Detalhe da fachada com Brise Soleil na posição horizontal).	29
Figura 4 - Croqui demonstrativo sobre o funcionamento de um Brise Soleil com três aletas móveis, semelhante ao sistema proposto por Le Corbusier no Edifício do Ministério de Educação e Saúde.	30
Figura 5 - Detalhe do sistema de controle solar tipo brise do Eastleigh College (à esquerda os brises verdes na vertical, e na direita, os painéis perfurados na cor dourada).	32
Figura 6 - Sistema de quebra-sol nomeado “Folding & Sliding Shutters” da marca HunterDouglas Architectural® em diferentes aplicações – a esquerda o sistema deslizante e a direita o sistema articulado.	33
Figura 7 - Algumas opções de inlayers – Folding & Sliding Shutters – sendo respectivamente: brise de madeira, painel perfurado, brise de metal, placas onduladas e malhas de tecido metálico.	34
Figura 8 - Opções de aberturas zenitais para captação de iluminação natural.	35
Figura 9 - Tipologias convencionais de iluminação zenital em projetos.	35
Figura 10 - À esquerda camada de ar retida sem renovação, à direita a melhor solução para saída do ar.	36
Figura 11 - À esquerda ventilação cruzada baixa com ar retido no forro, à direita ventilação cruzada com entrada de ar baixa e saída alta e baixa.	37
Figura 12 - Exemplo comum do corte de um telhado com sheds, detalhando iluminação e ventilação natural, as calhas, venezianas ou vidros.	39
Figura 13 - Croqui do Lelé para o Hospital Sarah Salvador demonstrando a brisa dominante, a circulação dos ventos interno-externo e o funcionamento dos sheds.	40
Figura 14 - À esquerda uma imagem externa do CTRS e à direita a imagem da abertura das janelas basculantes dos sheds olhando através do meio interno.	41
Figura 15 - À esquerda o sistema dos sheds e à direita a cobertura da fachada do bloco de internação do hospital SARAH Fortaleza.	42
Figura 16 - Comparativo do sistema de ventilação e iluminação natural do hospital SARAH de Salvador à esquerda e o de Fortaleza à direita.	43

Figura 17 - Perspectiva externa da adega L'Angolo Estate, demonstração de como a cobertura se forma e a imagem da direita mostra o fechamento com iluminação zenital.	44
Figura 18 - Ilustração das correntes de vento frias em azul, que parte adentra nos interiores pela porta central da frente e empurra o ar quente e baixa pressão que sai pelo clerestório. ...	45
Figura 19 - Representação do efeito dos ventos em dois exemplos de formas.	46
Figura 20 - Detalhe externo da Casa da Música.	46
Figura 21 - À esquerda o corredor que une os laboratórios arredondados ao centro do edifício.	47
Figura 22 - Diagrama ilustrativo da estratégia bioclimática da Casa da Música.	48

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BEN – Balanço Energético Nacional

BIG - Bjark Ingels Group

BME - Boletim Mensal de Energia

CMED - Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CTRS - Centro de Tecnologia da Rede SARAH

NBR 15220 – Norma Brasileira: desempenho térmico de edificações

OIE - Oferta Interna de Energia

OIEE - Oferta Interna de Energia Elétrica

ONU - Organização das Nações Unidas

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

ZC - Zona de Conforto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 ASSUNTO/TEMA:	8
1.2 JUSTIFICATIVA:	8
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	8
1.4 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	8
1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA	9
1.5.1 Objetivo geral	9
1.5.2 Objetivos específicos.....	9
1.6 MARCO TEÓRICO	9
1.7 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: CONCEITUAÇÃO DO TEMA	12
2.1 PANORAMA: DAS CIVILIZAÇÕES ATÉ OS DIAS ATUAIS.....	12
2.2 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	14
2.3 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	16
2.3.1 Códigos e normas da arquitetura sustentável.	19
2.3.2 O conceito de Conforto Térmico	19
2.4 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	21
2.4.1 Consumo Energético no Brasil:.....	22
2.5 A BIOCLIMATOLOGIA NA ARQUITETURA.....	23
2.5.1 Diagrama bioclimático de Olgyay e Givoni:.....	24
3. ABORDAGENS E PROJETOS CORRELATOS	26
3.1 SISTEMAS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	26
3.1.1 O Brise Soleil: Das primeiras premissas até a sua evolução tecnológica.....	27
3.1.2 Estratégias de iluminação e ventilação naturais através de aberturas zenitais.	34
3.2 CORRELATOS	37
3.2.1 Rede de Hospitais Sarah / João Filgueiras Lima (Lelé)	38
3.2.2 L'Angolo Estate / LEVER Architecture.....	43
3.2.3 Casa da Música / Mario Cucinella Architects	46
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

1.1 ASSUNTO/TEMA:

O assunto é referente aos projetos arquitetônicos sustentáveis e o tema é Arquitetura Bioclimática.

1.2 JUSTIFICATIVA:

O interesse em obter melhores soluções arquitetônicas com responsabilidade ambiental, buscando analisar a partir de diferentes tipos de projetos, procedimentos técnicos passivos que resultam em modos mais sustentáveis de projetos de eficiência energética, melhorando o conforto interno dos ambientes e unindo ao fato de que há também preocupações quanto à estética dos edifícios, foi o que motivou para a pesquisa e desenvolvimento dessa pesquisa.

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

É possível obter soluções arquitetônicas sustentáveis associadas ao conforto interno dos ambientes contribuindo com a eficiência energética, aderindo as novas tecnologias e ainda assim sendo esteticamente agradável?

1.4 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

- Que as técnicas arquitetônicas bioclimáticas de alguns arquitetos do passado contribuem até hoje para o desenvolvimento sustentável;
- Projetos bem planejados podem reduzir o gasto no uso de sistemas de climatização nos ambientes;
- Que o investimento imobiliário preliminar pode contribuir com a diminuição de gastos energéticos, recuperando-se o valor gasto em até 10 anos;
- A arquitetura bioclimática aumenta o valor de venda de uma edificação;
- Que existem soluções técnicas de eficiência em projeto esteticamente agradáveis.

1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

As cidades estão cada vez se tornando mais lotadas de construções. A cidade existe e não há como evitar seu crescimento, o que significa que os arquitetos e designers têm a capacidade e a responsabilidade de pensar em soluções criativas e inovadoras, buscando beneficiar a vida da sociedade atual e suas necessidades contemporâneas, realizando além dos sonhos e desejos de um indivíduo humano, mas de uma cidade que necessita de melhorias para resolver os problemas causados devido a diversos fatores, como o demasiado crescimento populacional e urbano. Precisa-se estudar a arquitetura bioclimática, explorando melhor os espaços, a fim de projetar de maneira ecológica e econômica e contribuindo com a sustentabilidade. Mas não se deve apenas buscar criar novas tecnologias, mas sim, encontrar novas políticas de projeto que tragam vantagem acima das tecnologias que já temos. E não devemos pensar só no edifício, e sim na cidade como um todo, pois é nela que vivemos. Tais conteúdos serão apresentados dentro dos subcapítulos abaixo.

1.5.1 Objetivo geral

Comparar e analisar como técnicas arquitetônicas bioclimáticas de outros períodos da arquitetura ainda se mantêm na contemporaneidade.

1.5.2 Objetivos específicos

- Pesquisar e contextualizar projetos de arquitetura sustentável;
- Apresentar as premissas da arquitetura bioclimática;
- Pesquisar obras que possuem soluções bioclimáticas;
- Abordar e comparar as técnicas arquitetônicas utilizadas nas obras correlatas;
- Concluir com fundamentos que comprovem ou neguem as hipóteses.

1.6 MARCO TEÓRICO

Bjark Ingels (2009) insiste no fato de que há uma necessidade de falarmos sobre a falha do modernismo, da disjunção causada pelos métodos obsoletos e redundantes, e da necessidade de mudanças do desenho espacial para resolver problemas emergenciais.

Segundo ele vivemos em um momento em que precisamos estar suscetíveis à novas possibilidades de mudanças. Não é à toa falar de sustentabilidade, visto que durante muito tempo se houve gastos desnecessários nos projetos.

A arquitetura sustentável, de acordo com Ching e Shapiro (2017):

Um projeto de arquitetura sustentável não deve consistir exclusivamente em adicionar características e funcionalidades para tornar as edificações mais ecológicas. Aumentar o isolamento térmico acarreta uma maior eficiência no consumo de energia de uma edificação, e adicionar sistemas solares fotovoltaicos acarreta uma redução da necessidade de eletricidade oriunda de fontes de energia não renováveis. [...] Seria possível, por exemplo, optar por superfícies mais refletoras para o acabamento dos interiores, o que demandaria uma quantidade menor de fontes de energia sem afetar os níveis de iluminação. [...] (CHING; SHAPIRO, 2017. pg 05).

Existe diversos objetivos para tornar uma arquitetura sustentável, mas nem por isso devemos utilizar todos eles em uma edificação. Segundo Ching e Shapiro (2017), algumas edificações que ganharam certificados de ecológicas ou sustentáveis resultaram em altas consumidoras energéticas ou até mais poluentes em diferentes aspectos. Para eles, há um longo caminho a ser percorrido para que se possa garantir um alto nível de eficiência energética ou um baixo nível de poluição, e quando se trabalha com as decisões de planejamento de uma edificação, devemos nos perguntar qual é a abordagem mais ecológica para cada tipo de abordagem e também qual permanece boa ao longo do tempo, ou seja, a vida útil.

Analisa-se o uso dos “sheds”, ou telhados em forma de serra que contém planos em vidros que possibilitam a iluminação natural no ambiente interno, muito utilizado nas obras de João Filgueiras Lima, mostrando que o resultado da forma desse tem grande importância no conforto nos ambientes e na eficiência energética das unidades hospitalares projetadas por ele. Os *sheds* e a forma da cobertura não estão relacionados apenas a valores estéticos, mas sim uma solução projetual inteligente para as situações climáticas do local. (GUIMARÃES, 2010).

Outro conceito que Bjark Ingels também comenta é a sustentabilidade hedonista, termo criado pela equipe do BIG. Kai-Uwe Bergmann, parceiro e líder do desenvolvimento de negócios do BIG, explica que a percepção geral da sustentabilidade é a ideia de um código

moral: quanto de nossa qualidade de vida existente pode ser sacrificada para que possa ser tornar sustentável? Esta é uma percepção protestante que diz que tem que doer para ser bom e de que uma vida sustentável significa fazer menos que uma vida normal. (BERGMANN, 2013)

Bjark Ingels (2011) cita em um documentário no TEDx Talks que sustentabilidade não deveria ser algo que as pessoas precisem abrir mão do seu estilo de vida. Para Bergmann (2013), as pessoas podem viver exatamente do modo em que desejam, ou até melhor, porque o mundo e a cidade são desenhadas de tal maneira, que elas realmente podem fazer isso. Para ele a essência é mostrar a questão de sustentabilidade não como um dilema moral, mas como um desafio de design.

1.7 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O encaminhamento da pesquisa aborda uma prévia consulta de fontes bibliográficas, pois conforme Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia tornada pública como “[...] jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses [...]”, tendo como objetivo final colocar o leitor em diante de todo o material teórico referente ao tema da pesquisa sobre determinado assunto, e, nesse caso podemos citar como marco teórico o livro “Yes is More”, do estúdio renomado Bjark Ingels Group. (MARCONI & LAKATOS, 2003, p. 183)

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: CONCEITUAÇÃO DO TEMA

2.1 PANORAMA: DAS CIVILIZAÇÕES ATÉ OS DIAS ATUAIS

Se analisarmos historicamente, é comum verificarmos no comportamento humano o seu interesse em capturar e dissipar dos recursos naturais e até mesmo guerrear pela posse deles. Desde os primórdios da humanidade, o homem vem utilizando a natureza para a sua sobrevivência, seja para construir um abrigo ou até criar ferramentas de caça. Os recursos naturais eram relativamente abundantes se for comparado com a densidade populacional quando no princípio ainda era baixa. Então existia certo conforto e equilíbrio quanto a tudo isso. Contudo, desde o homem primitivo até atualmente houve um constante crescimento na população mundial, e, conseqüentemente, a necessidade de explorar cada vez mais o meio ambiente e isso é uma atrocidade e deixa suas marcas para a vida contemporânea, inclusive relacionada às alterações climáticas que os cientistas estudam há décadas. (KEELER e BURKE, 2010).

Dentre os recursos naturais existentes, as fontes de energia renováveis são aquelas que podem ser repostas facilmente em curto prazo (solar, maremotriz, ondas, hidráulica, eólica, geotermal, biomassa) e as fontes de energia não-renováveis, que como são o oposto das anteriores, podem se esgotar ou requerem um tempo geológico para serem repostas (carvão mineral, petróleo e derivados, gás natural e de materiais fósseis nuclear). A lenha, por exemplo, é uma fonte-renovável desde que seja feito um reflorestamento após a sua extração. O problema é que durante a expansão da civilização, os estoques de madeira que foram retirados não foram repostos, e é por isso que podemos notar o desaparecimento de muitas florestas virgens, principalmente na região do Mediterrâneo, pois foram utilizados em abundância para a produção de energia (queima), construção de embarcações, edificações, armamentos, dentre outros (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Para Cândido e Lira (2013), um dos problemas mais evidentes atualmente é o uso descontrolado dos recursos naturais, e que há uma exigência de o modelo de desenvolvimento rever, mudar e orientar a metodologia de produção, pois os recursos naturais não são infinitos. Acontece que, pois, como cita Goldemberg e Lucon (2007), após a industrialização e conseqüentemente a evolução da máquina a vapor para motores de combustão interna, fortaleceu para o consumo desenfreado de derivados de petróleo, como gasolina e diesel, além das máquinas que utilizam de outras fontes fósseis como carvão mineral e o gás natural, sendo

todas as fontes de energia citadas como recursos não-renováveis, e, a maior parte desse consumo vem dos países desenvolvidos. Existe um limite nas reservas disponíveis e as estimativas são de que resta apenas cerca da metade do petróleo que o planeta continha antes da exploração do homem.

Resultados do relatório de dados em “Perspectivas da População Mundial: Revisão de 2017”, organizada pela ONU – Organização das Nações Unidas – declaram que a população mundial na metade do ano de 2017 era de aproximadamente 7,6 bilhões de pessoas, o que significa um crescimento de um bilhão de pessoas ao longo dos últimos 12 anos. Hoje em dia a população mundial continua a crescer, é claro que em uma velocidade menor comparado ao passado recente. Por exemplo, há 10 anos a população crescia 1,24% por ano, quando atualmente o crescimento é de 1,10% ao ano. A estimativa da ONU é que em 2050 a população chegue a 9,8 bilhões de pessoas e em 2100 com 11,2 bilhões de pessoas. Comparado ao ano de 1950 quando, segundo estimativas da ONU, a população mundial era de aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas, houve-se um crescimento de aproximadamente 5,1 bilhões de pessoas. (ONU, 2017).

Portanto, o acelerado aumento populacional não é o mais grave dos problemas atuais visto que a taxa de crescimento anual está diminuindo. As preocupações são mais amplas e envolvem principalmente o desafio de conter a questão da alta exploração que o homem faz sobre os mais diversos recursos naturais necessários para “abastecer” o planeta e minimizar o impacto ambiental que mostra cada vez mais profundas consequências. (JACOBI, 2003; ONU, 2017).

Tais consequências da destruição ambiental são explicadas por Keeler e Burke,

“O período em que vivemos fornece inúmeros exemplos de tal destruição: a extinção de espécies, a destruição das florestas tropicais, a carência de plantações, a exaustão do solo, a pesca e as práticas florestais irresponsáveis, e os danos aos pântanos e rios devido à poluição industrial. A mudança climática está entre as expressões mais abrangentes das ameaças à saúde do meio ambiente e dos seres humanos, uma vez que, além de resultar da intervenção humana, ela contribui para a destruição ambiental descrita anteriormente.” (2010, p.29).

Algumas pesquisas que vem sendo realizadas informam que a alta liberação de gases poluentes na atmosfera revela ser altamente perigoso, podendo causar um fenômeno chamado efeito estufa, com efeitos irreversíveis no clima, aumentando a temperatura do planeta e trazem impactos à saúde. Dentre os gases do efeito estufa, hoje a preocupação maior é a alta

emissão dióxido de carbono (CO₂) que provém das emissões da queima dos combustíveis fósseis, principalmente o petróleo. (BRASIL, 1999).

Conforme cita Rogers (2001), é perceptível que necessitamos de um controle sobre a quantidade poluentes que são liberados para o ecossistema. A qualidade do ar piorou na atualidade devido à poluição, e atinge principalmente os países mais industrializados como nos Estados Unidos da América, na Europa Oriental e principalmente na China. Além disso, o destino do lixo também vem sendo um problema tão alarmante quanto o consumo indiscriminado de recursos naturais.

É importante ressaltar que também se faz necessário a conscientização social. Segundo Jacobi (2003), é possível sensibilizar as pessoas incentivando a consciência ambiental, através dos mais importantes meios de informação, como a internet, ciberespaço e multimídia, para possivelmente transformar o cenário da degradação ambiental. A educação ambiental representa a busca por melhor qualidade de vida com práticas e alternativas que possibilitam paulatinamente um rumo ao desenvolvimento sustentável.

Rogers (2001) complementa que o aumento da conscientização ecológica, da tecnologia das comunicações e da produção automatizada são os três fatores que mais contribuem para o desenvolvimento da responsabilidade ambiental na sociedade, mas que também, em paralelo, o desenvolvimento da tecnologia e as inovações são de papéis importantíssimos na ecologia e na economia, desde que não tenham objetivo de apenas lucrar, e sim, com uma proposta de tornar maior a viabilidade rumo às cidades sustentáveis.

2.2 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O termo sustentabilidade surgiu à partir de uma sucessão de acontecimentos, provavelmente próximo à década de 1960 quando os movimentos sociais de grandes proporções começaram a emergir pelas discussões sobre a alteração de valores sociais, condições de vida, atitudes humanas, principalmente com os movimentos ambientalistas que exigiam da preservação do sistema natural terrestre, com o uso racional dos recursos naturais, diminuição da poluição, do impacto ambiental das novas tecnologias, e a questão do crescimento econômico e populacional. No mesmo cenário, com o ritmo acelerado do avanço da discussão sobre meio ambiente, devido à necessidade de uma ampla discussão científica dos fatos, surgem então duas conferências ambientais de nível internacional, a “Conferência da Biosfera” no ano de 1968, e, a “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente

Humano” (também conhecida como “Conferência do Estocolmo”), no ano de 1972 e também um programa para tratar exclusivamente das questões ambientais, o “Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente” (PNUMA). (AFONSO, 2006).

Segundo Lago (2006), a Conferência do Estocolmo em 1972 foi a maior da época em termos globais para as questões de desenvolvimento, contendo a participação de 115 países, e, o Plano de Ação foi dividido em seis temas para três comissões:

“Primeira Comissão: planejamento e administração de assentamentos humanos com vistas à qualidade ambiental (tema 1) e aspectos educacionais de informação, sociais e culturais dos assuntos do meio ambiente (tema 4); Segunda Comissão: administração de recursos naturais (tema 2) e desenvolvimento e meio ambiente (tema 5); e Terceira Comissão, presidida pelo Embaixador brasileiro Carlos Calero Rodrigues: identificação e controle dos poluentes de amplo significado internacional (tema 3) e consequências institucionais no plano internacional (tema 6).” (LAGO, 2006 p. 43).

O conceito de desenvolvimento sustentável veio a ter uma definição evidente e quase “oficial” após a publicação do Relatório Brundtland (1987), chamado “Nosso Futuro Comum”, proposta através da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMED), que tinha como conceito a ideia de que “desenvolvimento sustentável é desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”. (GANEM, 2012; LAGO, 2006). Deste modo, o desenvolvimento sustentável tem como objetivo final de deixar para as gerações do futuro uma quantidade de recursos naturais igual ou maior do que há em nossa própria geração (ROGERS, 2001).

Posteriormente, uma nova conferência acontece no Rio de Janeiro em 1992, baseado nas preocupações do Relatório de Brundtland, e nomeado como Eco-92, com participação de 172 países e aprovou cinco documentos: a Declaração do Rio, a Agenda 21, a Convenção sobre a Diversidade Biológica, a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima e a Declaração sobre Florestas. Os princípios eram vários, e tiveram um papel muito importante no avanço dos acordos internacionais, iniciando pelo ser humano sendo o centro das preocupações, passando pelo combate à pobreza, necessidades especiais para os países menos desenvolvidos e os vulneráveis, eliminação de padrões insustentáveis da produção e consumo, o intercâmbio de conhecimento e tecnologias, controle rígido sobre a questão da poluição, proteção dos recursos naturais, direito à indenização sobre impactos ambientais causados, desenvolvimento ambiental como parte fundamental no planejamento econômico, além do estímulo à

participação social e o reconhecimento do papel da mulher, dos jovens, das populações indígenas e promover a paz e não as guerras (GANEM, 2012).

Uma década depois da Eco-92, outra grande conferência foi realizada em Johannesburg, em 2002 chamada Rio+10. Os debates nessas reuniões trouxeram diversas disputas ideológicas e econômicas e o desafio permanecia, pois, muitos impactos ambientais ainda não foram solucionados (DUARTE E GONÇALVES, 2006).

Podemos notar então que os critérios do desenvolvimento sustentável abrangem muitas complexidades, envolvendo questões ambientais, tecnológicas, econômica, em uma esfera cultural e política, implicando mudanças na nossa maneira de viver, produzir, consumir, etc., e que, portanto, é considerado um paradigma atual que será continuamente discutido por muitos anos (FRANCO, 2008).

As conferências tiveram influência também na arquitetura, sendo que os conceitos de sustentabilidade envolvem as edificações e o planejamento urbano em busca pela qualidade de vida das pessoas, com preocupação com o meio ambiente e aspectos econômicos. Dentro do desenvolvimento sustentável podemos ter diversos pontos de aplicação em construções, sendo assim, a arquitetura sustentável, a construção bioclimática, a casa ecológica, a permacultura, ecovilas, empreendimentos verdes, dentre outros (SOUZA, 2016).

2.3 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

A arquitetura segundo Rogers (2001), teve seu surgimento devido as necessidades do homem por uma morada, posteriormente uma expressão da habilidade tecnológica e dos objetivos sociais e espirituais. Além disso, a arquitetura sempre buscou cumprir um papel importante em obter principalmente a funcionalidade espacial, e, em sua alma, uma intenção de ordem estética, onde a beleza é fundamental.

Logo as edificações devem cumprir e servir funcionalidades distintas aos usuários e é essencial que os protejam das calamidades que possam haver nos fatores externos dela, papel que geralmente é exercido pelas camadas e extremidades da obra que protegem das cargas como das variações de temperatura e climáticas externas, do sol ardente até vendavais e tempestades chuvosas (CHING & SHAPIRO, 2017).

Segundo Pallasmaa (2011), o espaço construído abrange diversas áreas da experiência sensorial que compartilham uma grande sensação conjunta, não sendo algo apenas visual ou dos cinco sentidos clássicos.

“Pelo menos até certo ponto qualquer lugar pode ser lembrado, em parte por ser único, mas também por ter afetado nossos corpos e produzido associações suficientes para que fosse impresso em nossos mundos pessoais”. (PALLASMAA, 2011, p.38-39).

Para Corbella e Yannas (2003), o arquiteto é quem cria os espaços onde o homem irá exercer suas atividades, devendo utilizar dos conhecimentos que existem sobre construção, desde as tecnologias e técnicas, até a cultura, a estética, a ética e a história, e os autores ainda complementam dizendo que tudo deve ser feito “sempre pensando na satisfação e no desejo do usuário”.

Porém, no mundo atual em que vivemos, podemos notar que muitas construções foram feitas sem nenhum método sustentável, sem pensar no meio natural, com ambientes fechados, ventilados com a utilização de ar-condicionado, que aumenta o risco à saúde humana, o gasto com energia e desvincula cada vez mais a vida nas condições do ambiente externo. Alguns dados revelam que o estilo de vida dos norte-americanos, por exemplo, grande parte dos adultos passam 62% do tempo dentro de casa, sendo que, durante um dia normal, passam 7% do tempo dirigindo um meio de transporte fechado, com o ar-condicionado ligado, para se locomover de um edifício para outro, com mais 25% do tempo gasto em outros ambientes internos e restando o tempo em contato com o ambiente externo que é de apenas 6%. Além disso, vale ressaltar que os norte-americanos passam 5 vezes mais tempo em um carro do que se exercitando ou praticando esportes. Tudo isso contribui para o sedentarismo, a obesidade, a falta de interação com o meio social e provavelmente tem impacto a nossa saúde mental (FARR, 2013).

“Todo esse tempo gasto em ambientes fechados priva os seres humanos dos benefícios físicos e mentais proporcionados por caminhadas, exercícios em ambientes abertos e imersão na natureza. Muitos dos novos empreendimentos imobiliários são criados para desestimular a vida ao ar livre. As novas passagens urbanas são hostis aos pedestres e desestimulam o deslocamento a pé. As edificações novas são projetadas para a vida enclausurada, para terem ar-condicionado em vez de janelas abertas e portas que levem as pessoas para a rua.” (FARR, 2013 p.6-7)

Mas se olharmos para a história da arquitetura e das cidades, pode-se notar que foi relativamente curto o período de tempo em que as questões sobre o conforto ambiental e o consumo de energia não eram tidas como primordiais. A arquitetura bioclimática passou a ter grande importância quando começou a se buscar climatização e iluminação artificial nos ambientes internos. Porém, paralelamente, estudos sobre eficiência energética e melhores

condições de conforto, inclusive sobre materiais, técnicas construtivas, além de outras tecnologias, vinham sendo feitos em prol da sustentabilidade ambiental na arquitetura. Na década de 1970, após as preocupações com o consumo de energia, fez com que ampliasse ainda mais o tema da arquitetura sustentável, aumentando a discussão sobre impacto ambiental tanto da construção como da industrialização dos materiais e a busca por sistemas prediais eficazes. (DUARTE e GOLÇALVES, 2006).

Por conta do quadro geral, atualmente o desafio dos arquitetos é desenvolver edifícios com parâmetros sustentáveis, mas que não dependam apenas da tecnologia ativa que possui um alto gasto energético, e sim, na busca de explorar das soluções tecnológicas passivas, que utilizam energia dos recursos naturais e renováveis (como plantas, vento, sol, terra e água). (ROGERS, 2001).

Sendo assim, é segundo Corbella e Yannas (2003):

“A Arquitetura Sustentável é a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torna-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as futuras gerações.” (CORBELLA & YANNAS, 2003, p.17).

Portanto, são várias as decisões necessárias para se concluir uma única edificação. Deve-se ser analisada qual opção possui menor impacto ambiental, que ainda permaneça com os mesmos parâmetros funcionais, de bom desempenho energético, e, que atenda as necessidades dos seus ocupantes, sendo, portanto, agradável à mente, à alma e ao espírito destes. Além disso, existe o maior desafio que é de se construir uma edificação sustentável economicamente viável, por isso alguns princípios buscam nortear e auxiliar a gerenciar o modo de lidar com tais desafios. (CHING e SHAPIRO, 2017).

Para Lúcio Costa (1962), os arquitetos de grande relevância são aqueles cuja adaptam a arquitetura conforme as necessidades e exigências de uma realidade, e, não envolve apenas talento, mas sim, uma junção de conhecimentos para fazer com que a obra se adapte mesmo que a realidade se transforme.

[...] se, em determinadas épocas, certos arquitetos de gênio revelam-se aos contemporâneos desconcertantemente originais (Brunellesco no começo do século XV, atualmente, Le Corbusier), isto apenas significa que neles se concentram em um

dato instante preciso – cristalizando-se de maneira clara e definitiva em suas obras – as possibilidades, até então sem rumo, de uma nova arquitetura. Daí não se infere que, tendo apenas talento, se possa repetir a façanha: a tarefa destes, como a nossa – que não temos nem um nem outro – limita-se em adaptá-la às imposições de uma realidade que sempre se transforma [...] (COSTA, 1962, p. 24).

2.3.1 Códigos e normas da arquitetura sustentável.

Segundo a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003), a norma que estabelece e define procedimentos de avaliação relacionados ao desempenho térmico de edificações é a NBR 15220.

As orientações construtivas são caracterizadas diferentemente conforme cada zona bioclimática e é avaliado conforme o atendimento de cada parâmetro incluso na norma, que envolve tamanhos das aberturas que fornecem ventilação, estratégias de condicionamento térmico passivo, proteção e vedação das aberturas e também das paredes externas e cobertura, devendo ser informado o tipo de vedação (se é leve ou pesada, refletora ou isolada). (LAMBERTS, GHISI, PEREIRA e BATISTA, 2010).

2.3.2 O conceito de Conforto Térmico

“O homem é um ser homeotérmico”, citam os autores Lamberts, Dutra e Pereira (2004) sobre o fato de que a temperatura interna do corpo humano necessitar de uma temperatura que permaneça constante, independentemente do local onde a pessoa está e as condições do clima. O calor interno do corpo é gerado através da queima metabólica dos alimentos ingeridos que os transforma em energia.

O conforto térmico é um dos estudos que envolve uma função muito importante dentro da arquitetura que é de criar ambientes com condições favoráveis à sensação de equilíbrio térmico do homem. O corpo funciona como uma máquina, que produz e libera calor de acordo com sua atividade. Se as sensações térmicas forem de calor ou frio, significa que o corpo está perdendo mais ou menos calor que o necessário para o ambiente, podendo causar desconforto, diminuir parcialmente o rendimento no trabalho e em alguns casos até prejudicar a saúde. Já a sensação de conforto térmico acontece quando as trocas de calor do corpo humano e o ambiente ocorrem sem esforço nenhum, estabelecendo assim uma capacidade de trabalho máxima e bem-estar ao indivíduo. (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Para Ching e Shapiro,

Historicamente, o fator que mais influenciou o conforto foi a temperatura do ar nos interiores, o que é compreensível. Porém, com o passar do tempo, consolidou-se o entendimento de que outros fatores também afetavam o conforto, como a umidade relativa do ar; os fluxos de ar; a vestimenta; o nível de atividade dos usuários; as temperaturas das superfícies do espaço (como paredes e pisos); a área de janelas através das quais ocorrem as transferências térmicas por radiação; e outros fatores físicos. (2017, p.180).

Corbella e Yannas (2003) também alegam que a sensação de conforto não depende só da temperatura, mas de vários outros parâmetros como a umidade relativa, a radiação infravermelha (das superfícies – chão, paredes, vidros, cortinas, etc.), o vento, a radiação solar, ou seja, as variáveis ambientais, além da atividade física exercida pelo indivíduo e do seu vestuário que serve como uma resistência térmica adicional sobre a pele. O autor ainda cita que a neutralidade térmica onde a pessoa se sente confortável acontece quando a temperatura da pele se mantém próximo a 35°C. Já para Frota e Schiffer (2003), temperatura interna do organismo humano deve ser mantida na ordem de 37°C.

Para calcular o conforto nos interiores dos ambientes geralmente é feito através da medição da temperatura do ar e da umidade. Além disso, para obter diagnósticos mais detalhados sobre um tipo de espaço particular para um uso específico dos usuários, incluem-se estudos sobre a velocidade do ar, temperatura radiante, tipo de vestimenta das pessoas, a pressão do ar e a taxa de metabolismo (CHING & SHAPIRO, 2017).

A carta psicométrica parte de uma análise da variação diária de dois parâmetros do conforto térmico, a temperatura e a umidade do ar, em relação a um dia típico no local que se quer analisar, estabelecendo uma linha para cada mês do ano, e, portanto, define-se quais os pontos que estão dentro ou fora da zona de conforto ou ZC. Segundo Corbella e Yannas (2003), “Os pontos dentro da ZC representam estados de temperatura e umidade da mistura ar-água, nos quais a maioria das pessoas se sente bem.”. Os resultados encontrados serão apresentados no capítulo de Bioclimatologia, definidos pelas nove Zonas de atuação da carta, que definem metodologias para se chegar em resultados melhores, a fim de obter a zona de conforto.

Ademais, estudos sobre as massas de ar também são bem relevantes. A massa de ar quente sempre buscará chegar a um equilíbrio, direcionando-se em sentido a uma massa de ar mais fria, pois “As moléculas do ar quente contêm mais energia do que as do ar frio.” (HEYWOOD, 2015, p.126). Desse modo, se o ar exterior estiver mais quente e o ar interior mais frio, o ambiente externo serve como uma fonte de calor e vice-versa. O mesmo funciona

quando um ambiente de ar quente serve de fonte de calor para outros ambientes mais frios, e, essa dinâmica térmica deve ser utilizada a favor da edificação.

O princípio básico é que o ar quente sobe por ser mais leve que o ar frio. Heywood (2015) fala também que uma edificação deve coletar o vento a fim de obter uma ventilação natural e assim promover um conforto térmico, além de um oxigênio mais fresco e sem odores. A ventilação cruzada é uma técnica utilizada nesse caso e se baseia na diferença de pressão entre as fachadas. Citação: O vento que incide sobre uma edificação cria uma diferença de pressão entre as faces de barlavento e sota-vento (isto é, de pressão positiva e negativa), e isso promove a ventilação.

A inércia térmica é uma estratégia arquitetônica bioclimática que concentra cargas energéticas nos materiais empregados nos sistemas construtivos, e que, é utilizado para otimizar o conforto interno dos ambientes, evitar o uso tecnologias ativas e consequentemente o diminuir o desperdício energético, que segundo Dornelles (2004, p.38) corresponde a “capacidade que tem uma edificação de armazenar calor e libertá-lo algum tempo depois”.

Lamberts, Dutra e Pereira (2004), afirmam que quanto maior a massa térmica, maior o calor retido e que isso pode ser utilizado em um local onde as temperaturas variam entre valores altos durante o dia e baixos à noite. É como conclui Frota e Schiffer (2003, p.49) “Uma parede apresenta maior ou menor inércia segundo seu peso e sua espessura. Mas os revestimentos desempenham importante papel, pois revestimentos isolantes reduzem as trocas de calor com a parede e reduzem sua inércia.”.

Uma parede de Trombe, por exemplo, é um sistema de ganhos solares indiretos construído com um material de grande massa (inércia térmica), como alvenaria ou concreto e geralmente pintada de preto para absorver maior calor. Ela deve equivaler a 10% da área do piso da edificação que será aquecida. (HEYWOOD, 2015).

2.4 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Um dos assuntos que provavelmente são de maior importância na arquitetura sustentável é na área de conservação de energia. A razão disso é tanto devido a crise do petróleo da década de 1970 quanto as preocupações existentes sobre as alterações climáticas. (CHING & SHAPIRO, 2017). No mesmo período começam a surgir algumas diretrizes mostrando estratégias para utilizar menos energia, principalmente das que usam de

combustíveis fósseis que são esgotáveis. Romero cita que “Os estudos que surgem buscam a utilização de energia de fontes naturais (água, sol e vento) na construção e na climatização das edificações.”. Além de tudo, o autor complementa sobre outros estudos de outros autores, entre 1973 até 1979, que investigam as principais causas do consumo, do uso e da obtenção das energias de fontes não renováveis nas construções. (ROMERO, 2001, p.18)

Conforte afirma Heywood (2015), grande parte da energia que produzimos no mundo é necessária para que as edificações sejam construídas, e a maior parte advém principalmente da queima de combustíveis fósseis, que além de serem recursos naturais finitos, resulta na liberação de dióxido de carbono (CO₂), um dos gases de efeito estufa altamente poluentes. Se somarmos desde a fabricação, execução, o transporte e ainda a energia que será consumida ao longo de sua vida útil, uma edificação é responsável por cerca de 75% do consumo global de energia.

Além de tudo, Rogers (2001) cita que “Três quartos do uso diário de energia nos edifícios é atribuído a iluminação artificial, aquecimento e resfriamento, em proporções bastante semelhantes.”. Isso tudo é necessário devido à falta de planejamento típico de um edifício comercial e de escritórios, por exemplo.

Por isso, a cada momento surgem novos equipamentos para serem utilizados nos edifícios e que buscam apresentar um baixo consumo e maior eficiência energética, como por exemplo, lâmpadas e eletrodomésticos. Além dos recursos tecnológicos, existem outros métodos que procuram melhorar a eficiência da arquitetura envolvendo estudos técnicos de cada tipo de solução específica para a elaboração de projetos e o conhecimento sobre o comportamento energético desses e dos materiais, para assim obter melhores resultados e também economizar nos custos da obra. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004).

“A Eficiência Energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.” (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004, p.14)

2.4.1 Consumo Energético no Brasil:

O Ministério das Minas de Energia é o órgão responsável por calcular o consumo de energia no Brasil nos principais setores de atividade econômica e também a produção de energia, tanto das fontes primárias como secundárias. Eles criaram um documento chamado

BEN – Balanço Energético Nacional, o qual demonstra a demanda total de energia do país, denominada a Oferta Interna de Energia – OIE (JORGE FILHO, 2013).

Segundo dados do Boletim Mensal de Energia – BME (2017), o consumo de eletricidade subiu 2,9% em janeiro de 2017. O uso da energia subiu 4,3% em áreas industriais o residencial com 1,2%, e o comercial 0,3%. Já a OIE estimou um crescimento de 1,7% em todo o ano de 2017. As fontes renováveis mantêm uma participação próxima a 83% na OIEE (Oferta Interna de Energia Elétrica), com 68,6% da hidroelétrica, 5,3% da eólica, 8,8% de biomassa.

Do mesmo modo, a produção do petróleo permanece subindo, com taxa de 15,3% tanto no início de janeiro de 2016 como de 2017. Acontece o mesmo com o gás natural, com aumento de 13,1% em janeiro de 2017 (BME, 2017).

2.5 A BIOCLIMATOLOGIA NA ARQUITETURA

Após os estudos realizados anteriormente, das preocupações sobre os impactos ambientais das edificações, o conforto térmico do homem, eficiência energética, e de todas as razões que nos fizeram chegar até aqui, entraremos em um dos pontos de grande importância de atuação na arquitetura: a bioclimatologia dos espaços construídos.

A arquitetura bioclimática tem função, a partir do próprio desenho arquitetônico, aperfeiçoar suas relações energéticas com o entorno o meio ambiente, abrangendo conceitos e soluções sobre a utilização do sol no inverno e de como evitar a alta incidência no verão, dos benefícios de empregar a ventilação natural para combater a umidade e extrair o ar quente dos ambientes internos e também das camadas de isolamento que desempenham papel importante na redução das trocas térmicas com o exterior. (ROMERO, 2001). Logo, a arquitetura bioclimática se preocupa principalmente com o conforto homeotérmico nas edificações, por isso estudos buscam orientar melhor o que é necessário para cada tipo de situação, e, para que funcione em todas as estações do ano.

Será abordado, nos próximos subcapítulos, conceitos de alguns autores que são considerados clássicos nos estudos da bioclimatologia, como os do arquiteto técnico húngaro Victor Olgyay e os de Baruch Givoni, que segundo Romero (2001), ambos possuem grande preocupação com o ambiente e a relação do homem com o meio, e, seus trabalhos permanecem influenciando com muitas informações teóricas e técnicas que colaboram na elaboração de projetos arquitetônicos com conforto térmico.

2.5.1 Diagrama bioclimático de Olgyay e Givoni:

Utilizando a partir dos estudos do conforto térmico humano, os irmãos Olgyay empregaram a bioclimatologia na arquitetura, buscando assim obter conhecimento das possíveis estratégias que poderiam vir a adaptar a arquitetura a fim de satisfazer o conforto térmico do homem, e, desenvolveram assim um diagrama bioclimático, propondo um esquema para construir uma cada estável, definido em 4 etapas sequenciais: investigar informações climáticas da região, analisar biologicamente baseada nas sensações humanas, soluções tecnológicas para impedir as consequências impróprias do clima, e, para finalizar, uma aplicação arquitetônica dos saberes obtidos nos três primeiros passos. (ROMERO, 2001).

“O procedimento ideal seria trabalhar com e não contra as forças da natureza e fazer uso de seu potencial para criar melhores condições de moradia. A estrutura que, num meio dado, reduz as forças negativas e, ao mesmo tempo, utiliza todos os recursos naturais favoráveis ao conforto humano pode ser chamada estável com relação ao clima.” (OLGYAY, 1968 apud ROMERO, 2001, p.16).

Após a verificação de algumas limitações do diagrama de Olgyay, principalmente por ser melhor aplicada em condições externas, em 1969, Givoni cria a carta bioclimática se baseando no interior das edificações aprimorando o diagrama psicométrico da relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa. Além disso, Givoni em outra pesquisa em 1992 mostra que pessoas que moram em edifícios ventilados naturalmente, aceitam melhor a uma grande variação de temperatura e velocidade do ar, diferente das que estão acostumadas a apenas ventilação condicionada. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004).

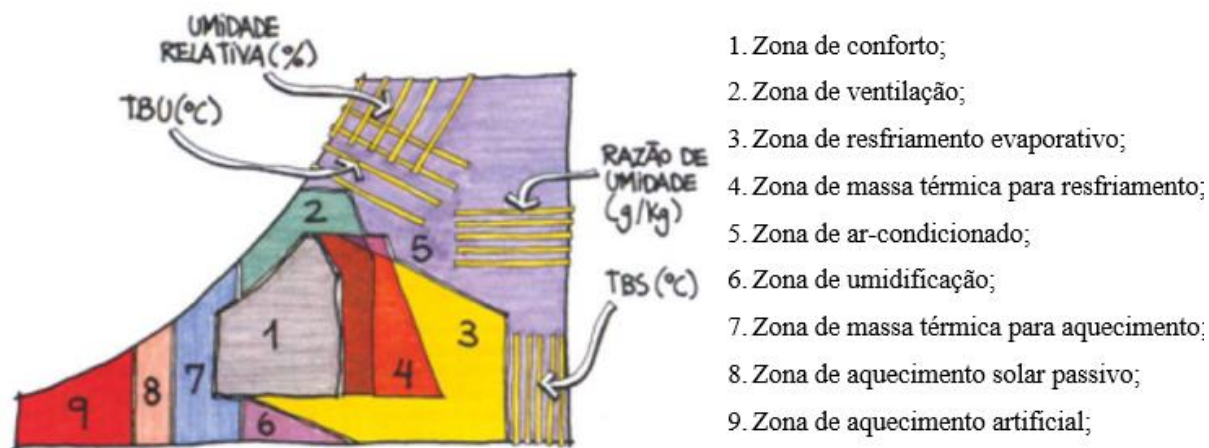
Segundo Romero (2001), no primeiro estudo de Givoni, ele buscou analisar os elementos de transferência de calor entre o homem e o seu ambiente térmico, a partir das respostas fisiológicas e sensoriais à pressão térmica e aos fatores ambientais. Já no segundo estudo, Givoni faz um estudo sobre os efeitos diretos das variáveis climáticas sobre a superfície externa dos edifícios, analisando as propriedades termo física dos edifícios, tal como a condutibilidade térmica, a condutância e o coeficiente de superfície.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), a carta de Givoni de 1992 é a que melhor se adapta para as condições brasileiras. Ela é estabelecida para países em desenvolvimento e pode guiar um arquiteto a saber qual estratégia bioclimática deve ser adotada em um edifício

baseado nos valores encontrados a partir das variáveis dos principais períodos do ano climático da situação em questão.

O resultado dos dados define nove zonas de atuação na carta, que segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004) são respectivamente como na Figura 1:

Figura 1 - Carta bioclimática adotada para o Brasil.



Fonte: LAMBERTS, PEREIRA & DUTRA (2004, p.105)

3. ABORDAGENS E PROJETOS CORRELATOS

No presente capítulo será abordado inicialmente alguns sistemas, elementos construtivos e tipologias arquitetônicas, citando algumas edificações relacionadas, e, logo em sequência, projetos correlatos como os hospitais da Rede SARAÍ de João Filgueiras Lima, Lelé, também uma adega e uma escola de música que são ventiladas e iluminadas naturalmente através de estratégias aplicadas pelos arquitetos.

3.1 SISTEMAS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

O sol, por exemplo, é uma fonte passiva que pode aquecer as edificações no inverno, contudo, a radiação solar pode se tornar uma desvantagem no verão, por isso há uma necessidade de melhor adaptar o edifício para obter maiores ganhos térmicos no inverno e menores no verão (WASSOUF, 2014).

Segundo Péren (2006), para usufruir do sol, deve-se analisar a insolação local e como ela atuará sobre as superfícies do edifício, sendo premissas projetuais indispensáveis para o arquiteto definir a melhor orientação no terreno, o desenho de aberturas ou janelas, e, caso seja necessário, os elementos de proteção contra incidência de luz solar direta, como o *brise soleil*, ou sistemas que permitam a entrada da iluminação natural difusa, através dos *sheds*. Vale ressaltar que no Brasil, a face norte é a que recebe maior incidência solar na maior parte do ano, e, é claro, que o sol nasce no Leste e se põe no Oeste.

O estudo da forma dos edifícios e a sua orientação tem relação direta com a bioclimatologia, visto que afetam no ganho de iluminação natural como também da ventilação natural, como na exposição das faces abertas às brisas do verão, por exemplo, para melhor explorar a questão do resfriamento e aquecimento dos ambientes. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004)

“[...]a forma dos edifícios vem sendo marcadamente influenciada pelos requisitos climáticos e pela ação do Sol e, por isso, para que o arquiteto possa desenvolver adequadamente seu trabalho, é necessário que compreenda o efeito do Sol sobre a Terra. Através de dispositivos de sombreamento, os arquitetos podem evitar que o sol tenha a oportunidade de penetrar no edifício aquecendo-o demasiadamente.” (ARONIN, 1953 apud MARAGNO, 2000, p. 09).

Além disso, estudar a geografia, a paisagem, como a natureza se comporta e principalmente o clima da região e do local onde a edificação será implantada é de grande importância nas decisões projetuais, sendo os estudos preliminares para encontrar as melhores soluções e estratégias bioclimáticas. A partir desses estudos que devem ser escolhidos os tipos de fechamentos, grossura das paredes, sombreamentos, estruturas, aberturas, além da localização e tipo dos materiais de cada detalhe, sempre em busca de otimizar a eficiência dos resultados de acordo com cada local.

Assim, como já citado anteriormente, para aumentar a performance de uma casa, deve-se tirar proveito ao máximo da ventilação e iluminação natural, de modo que tragam claridade ao ambiente, conforto ambiental, eficiência energética e economia de custos.

Por isso algumas propostas serão abordadas nos subcapítulos a seguir, mostrando como é que se pode chegar a melhores soluções de projeto e algumas possibilidades que o mercado atual tem a oferecer para isso.

3.1.1 O Brise Soleil: Das primeiras premissas até a sua evolução tecnológica

Por volta da década de vinte do século passado, Le Corbusier notou alguns problemas em alguns de seus edifícios construídos, inclusive no seu próprio apartamento, que esquentavam muito no verão e eram extremamente frios no inverno. Após uma análise aprofundada, notou-se que tais problemas eram mais graves em países quentes, e, que ocorriam devido a utilização de grandes áreas envidraçadas e outras membranas finas nas fachadas, comum na maioria dos edifícios modernos da época. (BAKER, 1998).

As proteções solares internas, como cortinas e persianas, possuem uma ótima flexibilidade por cumprir a funcionalidade de abrir ou fechar de acordo com a necessidade, porém, elas retêm o calor dos raios atingidos transformando em radiação de onda longa, criando o efeito estufa no interior do ambiente. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004).

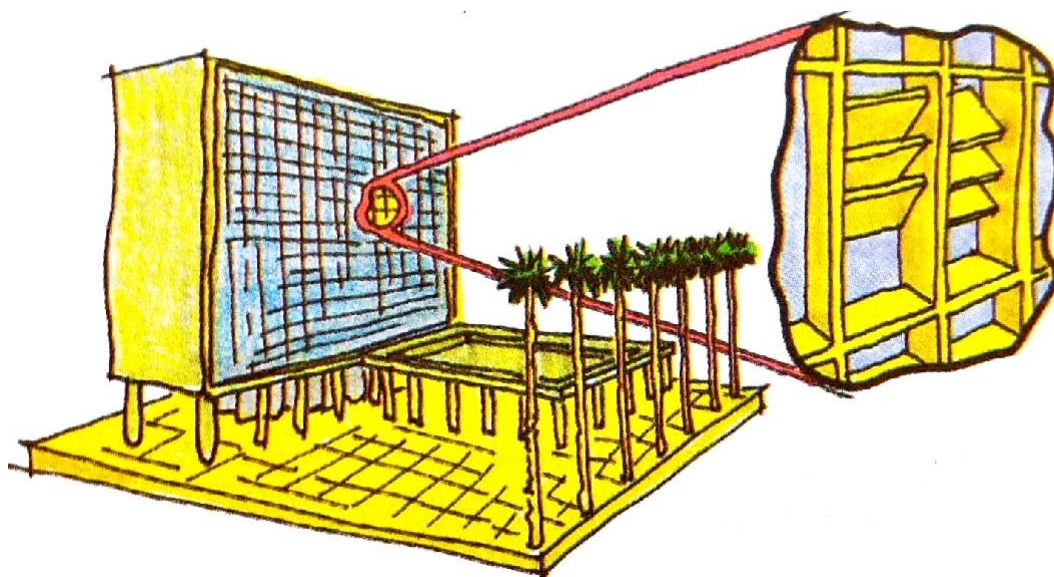
A fim de solucionar os problemas de superaquecimento nos ambientes internos de seus projetos, conforme afirma Baker (1998), Le Corbusier adotou um anteparo solar externo nomeado como *brise soleil*, termo em francês que ficou popularmente conhecido no Brasil apenas como “brise”, um sistema que protege os raios solares de atingirem as aberturas como um todo.

“O *brise soleil* atua como um filtro, criando uma película permeável ao redor do edifício que permite a penetração no espaço interno e suaviza o impacto da forma, tendo um efeito muito semelhante do peristilo de um templo grego, o qual suaviza a relação entre a massa e o espaço circundante.” (BAKER, 1998, p. 344).

Quando Le Corbusier estava no Brasil em 1936, ele aplicou o *brise soleil* no projeto do edifício do Ministério da Educação, construído no Rio de Janeiro, o qual ele atuava como consultor de projeto, elaborado com a presença de uma equipe onde todos os seis eram formados pela Escola de Belas-Artes, sendo Lúcio Costa como diretor, Affonso Eduardo Reidy como assistente de Warchavchik na cadeira de composição arquitetônica, e, como alunos, Oscar Niemeyer, Carlos Leão, Jorge Moreira e Ernani Vasconcellos. (FRACALOSSI, 2013; BRUAND, 2005).

A solução através de uma proteção externa é mais apropriado, para controlar o efeito estufa, desde que, conforme Lamberts, Dutra e Pereira (2004, p.71), “[...]houver um dimensionamento que garanta a redução da incidência da radiação solar, quando necessária, sem interferir na luz natural.”. Os autores ainda complementam que as proteções externas também funcionam para definir a fachada arquitetônica, sendo um elemento que pode criar a linguagem arquitetônica de um edifício (Figura 2).

Figura 2 - Detalhe brise soleil na fachada do edifício sede do Ministério da Saúde Pública no Rio de Janeiro – Le Corbusier.



Fonte: LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA (2004, p. 71)

Quando a inclinação da incidência solar for alta, deve-se utilizar, no caso de uma proteção solar fixa, elementos com sentido horizontal. Já no inverno, quando o sol incide com ângulos baixos, o brise vertical é o mais indicado nas orientações leste e oeste. (WASSOUF, 2014).

Após o estudo da inclinação do sol e a sua trajetória, Costa (1962) afirmou que seria preferível, no projeto do Ministério da Educação, ser constituído por placas horizontais na frente das aberturas, pois, da outra maneira (na vertical), perderia a visibilidade ao externo. Bruand (2005) também cita o fato de que havia uma baía na orientação a qual eles gostariam de valorizar a vista, e, além disso, que deveriam ser necessariamente móveis, pois os brises fixos não dão a possibilidade de regular a luminosidade de acordo com a incidência solar, o que fez a equipe brasileira optar pelo sistema móvel, que continha vantagem tanto em dias claros como em dias escuros.

Por isso, o edifício do Ministério da Educação foi construído portando de uma moldura na vertical, pintada na cor branca, que sustenta as aletas posicionadas na horizontal e pintadas na cor azul, o elemento como um todo constitui um sistema básico de um *brise soleil*. (Figura 3). (FRACALOSSI, 2013).

Figura 3 - Ministério da Educação e Saúde / Lúcio Costa e equipe (Detalhe da fachada com Brise Soleil na posição horizontal).



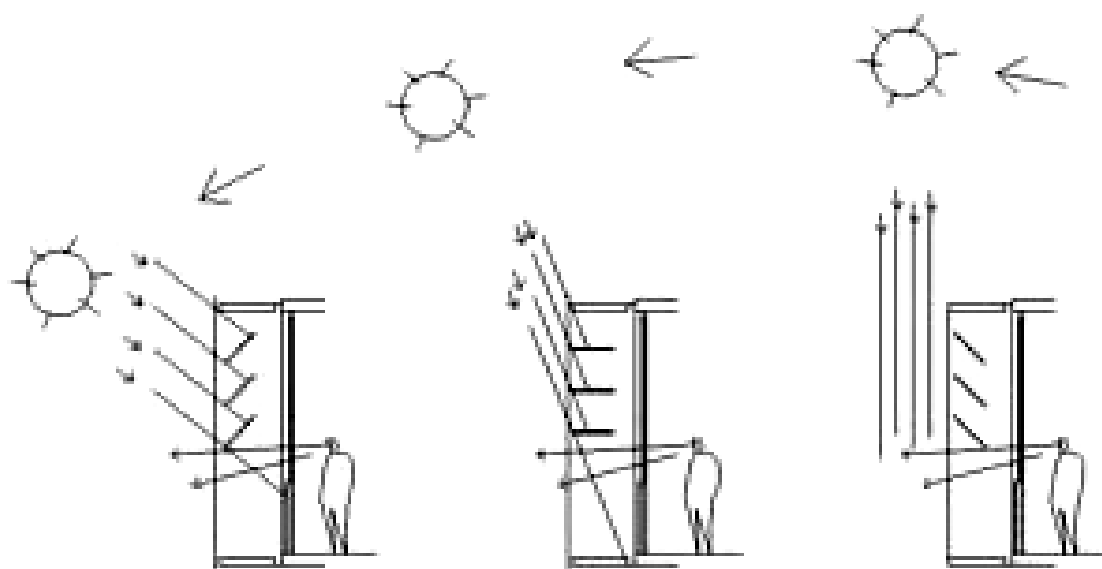
Fonte: ArchDaily – FRACALOSSI (2013)

O edifício do Ministério não foi o primeiro a ser construído no país com a utilização do *brise-soleil*, pois em 1937 os irmãos Maurício e Milton Roberto aplicaram brises verticais nas

duas fachadas principais de uma edificação realizada um concurso de projetos para a sede da Associação Brasileira de Imprensa, no Rio de Janeiro, o qual eles venceram. Na mesma época, Oscar Niemeyer no Rio de Janeiro implantaria também os brises verticais na fachada da Obra do Berço, concluída em 1939, e, a partir de tudo isso, estes e outros arquitetos passaram a utilizar desse elemento em seus projetos (MARAGNO, 2000).

Em zonas tropicais onde a temperatura média durante os dias no inverno não baixa de 18°C, a proteção solar (brises e beirais) tem funcionalidade em todas as estações. É por isso que, segundo o autor, pode-se notar grande uso de brises fixos na arquitetura em muitas zonas tropicais. Os brises fixos costumam ser mais econômicos e não necessitam de tanta manutenção, mas são menos adaptáveis às variáveis climáticas. Já os brises móveis (Figura 4) possuem como vantagem a sua dinâmica em relação às necessidades, pois, por exemplo, há dias em que seria interessante aquecer mais o edifício com o sol e vice-versa. A regulação dos brises móveis podem ser feitas tanto manualmente, quanto de maneira automatizada, controlada em função da intensidade da luz que incide, do ofuscamento e de outros fatores. Além disso, há também sistemas inteligentes, aqueles quais “[...] se conectam com sistemas de informação meteorológicas, adotando estratégias baseadas em suas previsões quando os espaços se encontram desocupados (por exemplo, fins de semana ou férias).” (WASSOUF, 2014, p.29).

Figura 4 - Croqui demonstrativo sobre o funcionamento de um Brise Soleil com três aletas móveis, semelhante ao sistema proposto por Le Corbusier no Edifício do Ministério de Educação e Saúde.



Fonte: Vitruvius – MELENDO (2004)

Os brises móveis, se adequam melhor nas fachadas leste e oeste, ou seja, as que recebem a radiação quase que perpendicularmente, o que torna difícil obter proteção com a utilização da lâmina fixa. Contudo, o controle do brise deve ser de fácil utilização, acompanhando a angulação solar durante o dia todo ou para diferentes estações do ano, no caso da fachada norte (MARAGNO, 2000).

Mas para obter baixo consumo energético nas edificações, os elementos de proteção solar devem ser analisados e otimizados conforme cada zona climática. Caso seja feito um estudo errôneo, aplicando-se uma quantidade maior de aletas necessárias, pode-se ocorrer problemas maiores, como na iluminação interna durante o dia (WASSOUF, 2014).

“Em geral, as proteções solares não deveriam piorar o desempenho da iluminação nos interiores. Nas edificações de escritórios, principalmente, uma proteção solar excessiva pode aumentar a demanda energética devido ao maior consumo elétrico de iluminação artificial necessária para os locais de trabalho.” (WASSOUF, 2014, p. 24).

Segundo Maragno (2000), são diversas possibilidades e alternativas de composições arquitetônicas e que novas variações podem ser criadas pela livre expressão artística dos projetistas, porém, ele critica alguns projetistas que muitas vezes são conduzidos a utilizações apenas por questões formais, sem se basear nos critérios técnicos de proteção e a funcionalidade acaba por não ser efetiva.

Mesmo assim, é claro que houveram evoluções tecnológicas desde os tempos do o Le Corbusier até atualmente, e que se transformaram de diversas maneiras estabelecendo novos conceitos. Podemos citar como exemplo a marca Levolux®, que contam com diversos sistemas de controle solar, de sombreamento e de ventilação, inclusive os totalmente automatizados, e, que criam uma ótima solução para todos os tipos de construções, como em edifícios escritórios, hotéis, comerciais, e até escolas, hospitais e museus. (LEVOLUX, 2018)

Um exemplo dos sistemas da marca Levolux tipo *brise soleil* de alta tecnologia pode ser encontrado no projeto do *Eastleigh College*, construído em Hampshire na Inglaterra, o qual possui estruturas equipadas com soluções atraentes que providenciam o sombreamento e trazem característica marcante a obra, que na fachada sul (no hemisfério norte a fachada sul é a que recebe mais incidência solar), possui uma grelha com o total de 50 aletas verticais perfuradas, cada um medindo 6,2 metros de altura por 550mm de largura, apoiadas por uma

nervuras horizontais, em alumínio, com 1 metro de distância uma da outra, e que, como a própria marca Levolux (2018) explica, contrastam com a edificação com seu tom de verde claro e sua forma curvada e aerodinâmica (Figura 5). A marca ainda cita que é comprovado que as barbatanas perforadas como essas reduzem significativamente o ganho de calor solar durante o verão, ajudando a manter um ambiente confortavelmente fresco para professores e alunos, sem a necessidade de ar condicionado.

Ainda no mesmo projeto, a Levolux também providenciou uma solução para a elevação leste do edifício, formada por painéis de alumínio perfurados e pintados na cor cobre. Três tipos de painéis foram criados com padrões diferentes de perfurações e aberturas.

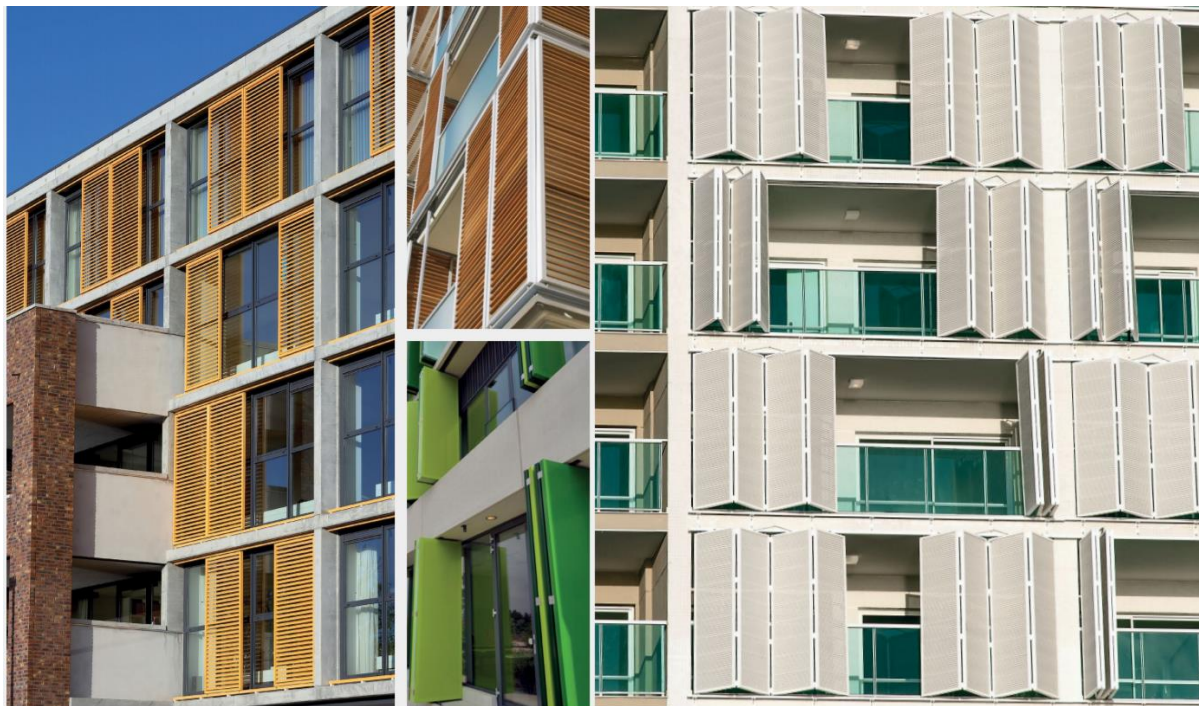
Figura 5 - Detalhe do sistema de controle solar tipo brise do Eastleigh College (à esquerda os brises verdes na vertical, e na direita, os painéis perfurados na cor dourada).



Fonte: LEVOLUX (2018) - <https://www.levolux.com/company/>

Outro exemplo de proteção solar moderna com alto desempenho de conforto térmico, tipo *brise soleil*, é o sistema nomeado *Folding & Sliding Shutters*, da marca *HunterDouglas Architectural®*, o qual é composto tanto por painéis articulados, quanto por deslizantes (Figura 6), os quais possibilitam uma aplicação de maneira dinâmica na fachada, tanto pelas disponibilidade de diferentes layouts das posições dos painéis, que podem se mover sobre os trilhos (abrindo e fechando conforme necessidade de sombreamento), quanto pela grande quantidade de opções de cores e materiais que caracterizam o design visual, “[...]unindo as necessidades técnicas a uma arquitetura conceitual e de identidade única a cada aplicação.” (HUNTERDOUGLAS, 2016, p.02).

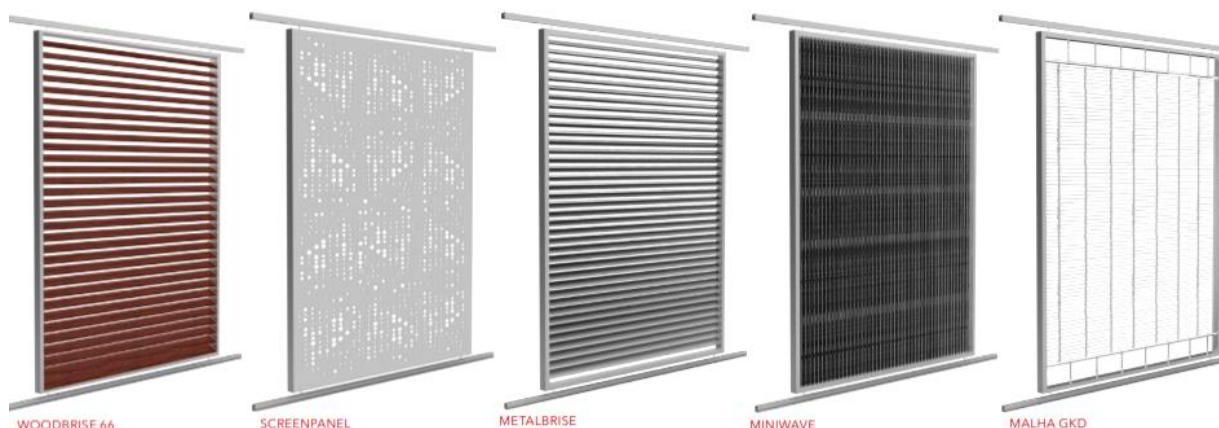
Figura 6 - Sistema de quebra-sol nomeado “Folding & Sliding Shutters” da marca HunterDouglas Architectural® em diferentes aplicações – a esquerda o sistema deslizante e a direita o sistema articulado.



Fonte: HUNTERDOUGLAS® (2016).

A marca HunterDouglas® (2016) garante resistência e longevidade do produto à partir dos sistemas de fixação e seus acessórios feitos em perfis de alumínio, podendo ser aplicado em diversos tipos de edificações e localidades. Além dos modelos em madeira, como mostrados na Figura 6, outras opções de “inlayers” e sistemas de fechamento tipo *brise-soleil* são possíveis, como brises de metal, painéis perfurados, placas onduladas, malhas de tecido metálico e telas (Figura 7).

Figura 7 - Algumas opções de inlayers – Folding & Sliding Shutters – sendo respectivamente: brise de madeira, painel perfurado, brise de metal, placas onduladas e malhas de tecido metálico.



Fonte: HUNTERDOUGLAS® (2016)

3.1.2 Estratégias de iluminação e ventilação naturais através de aberturas zenitais.

Sabe-se que a demanda de energia nos edifícios é elevada e algumas estratégias podem ser adotadas para reduzir o consumo no setor de iluminação, utilizando do aproveitamento da luz natural diurna e de sistemas de iluminação artificial mais eficientes, e, de preferência que ambos trabalhem em conjunto. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004).

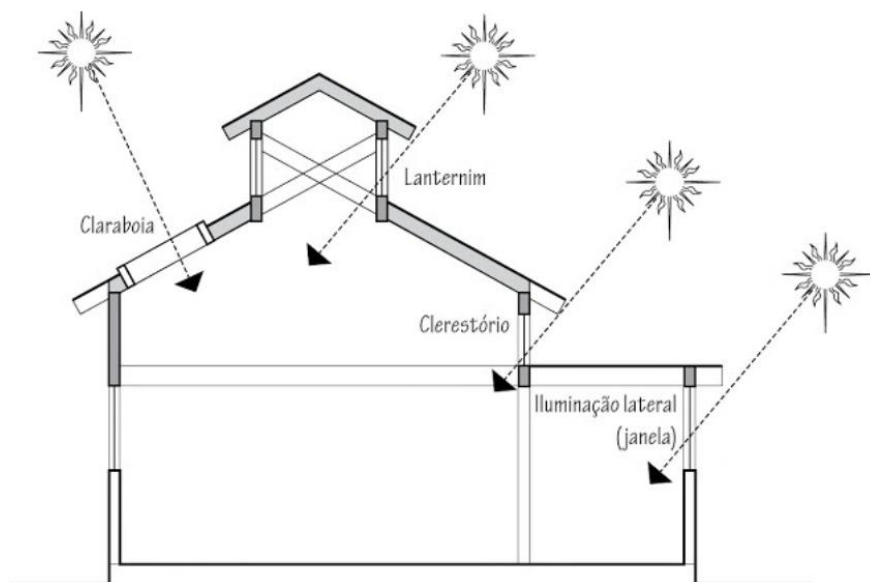
Ainda assim, conforme foi visto no subcapítulo 3.1.1 sobre *brise soleil*, o qual mostra que Le Corbusier criou tal sistema para resolver os problemas no conforto térmico de seus edifícios, devido as grandes áreas envidraçadas, Lamberts, Dutra e Pereira afirmam que:

“Aumentar a taxa de iluminação natural não significa necessariamente aumentar a área de aberturas, pois isto poderia incorrer em maiores ganhos de calor solar indesejáveis. Além das aberturas tradicionais, pode-se explorar a luz natural através de diversos recursos arquitetônicos, como *brises light shelf*, dutos de iluminação com espelhos, persianas reflexivas, paredes transparentes (tijolo de vidro), poços de luz, telhados com shed, refletores externos, clarabóias e outros, dependendo do repertório e criatividade do arquiteto.” (2004, p. 164).

Portanto, segundo Ching & Shapiro, “a melhor abordagem à iluminação natural é usar aberturas zenitais espaçadas homoganeamente em uma cobertura plana, trazendo uma luz também homogênea.”. As aberturas zenitais permitem que a iluminação natural diurna seja captada para o interior da edificação, através de sistemas na cobertura tipo claraboias e

lanternins (Figura 8), por exemplo, e, são propostos a fim de economizar energia se substituindo ou se somando à luz artificial. (2017, p. 99).

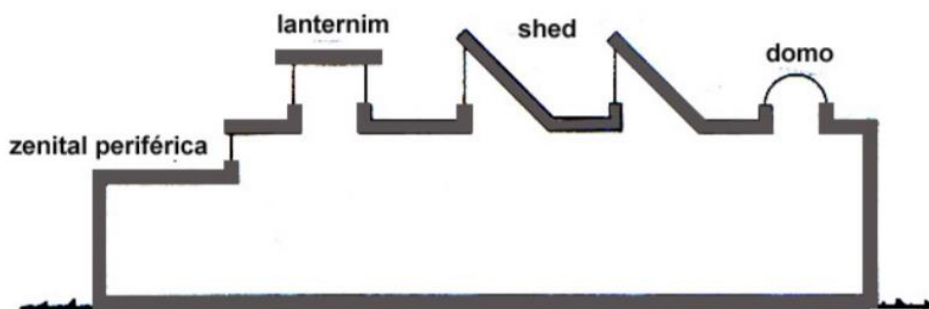
Figura 8 - Opções de aberturas zenitais para captação de iluminação natural.



Fonte: CHING & SHAPIRO (2017, p.99).

A iluminação zenital é utilizada principalmente em espaços profundos e quanto maior o pé-direito do espaço, maior a uniformidade de distribuição da luz. Além disso, esses sistemas podem tanto ter um custo inicial mais alto, como podem necessitar de cuidados e manutenções. Os tipos mais comuns de iluminação zenital são a periférica (ou janela de cobertura), o lanternim, os sheds (ou cobertura dente de serra), além dos domos, claraboias e cúpulas (Figura 9) (PEREIRA, 2006).

Figura 9 - Tipologias convencionais de iluminação zenital em projetos.



Fonte: Illuminating Engineering of North America (1999) *apud* PEREIRA (2006)

Ainda segundo Pereira (2006) os tipos de iluminação zenital são definidos como:

Lanternim: estrutura com pelo menos duas faces opostas iluminantes, onde a recomendação é que as partes abertas fiquem orientadas norte-sul, podendo-se prever elementos externos (como brises) para tratar da insolação. Também é um sistema que pode conter aberturas para circulação de ar (saída do ar quente).

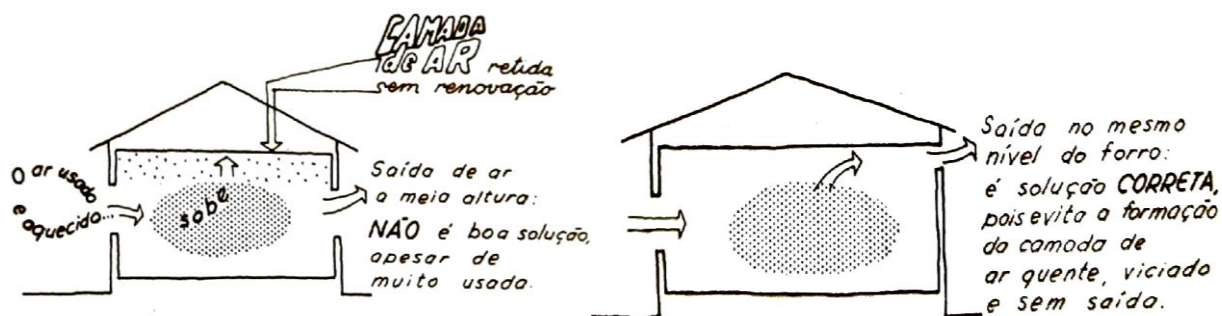
Sheds ou cobertura dente de serra: tipologia comum em barracões industriais, onde a cobertura tem superfícies inclinadas paralelas com aberturas geralmente verticais que permite a iluminação, como também é utilizada para ventilação em alguns casos. A recomendação é que seja orientada na face sul.

Iluminação zenital periférica ou janela de cobertura: são tipos de aberturas que podem ficar acima da cobertura ou outras partes da edificação onde está localizada em uma parede no alto (na Figura 8 de Ching & Shapiro é semelhante ao clerestório).

Domo, claraboia e cúpula: São aberturas predominantemente horizontais que normalmente necessitam de alta manutenção. Não são recomendadas no Brasil em áreas superiores a 10% da projeção da cobertura pela dificuldade de sombreamento externo. Comumente encontrado em museus, galerias, edifícios comerciais e espaços culturais.

Além da iluminação, tais tipologias também podem cumprir função para melhorar a ventilação, pois segundo Montenegro (1984), as aberturas feitas na parte mais alta de um ambiente tem função de principalmente permitir a saída do ar quente (Figura 10) (serão abordados exemplos nos correlatos). A seguir será discutido uma breve conceituação de como se comporta os ar principalmente a questão da sua entrada e saída, mostrando a ventilação dentro dos ambientes.

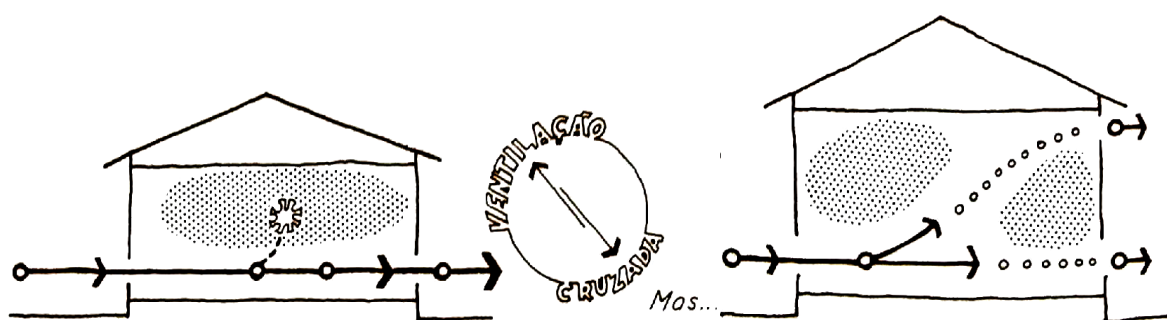
Figura 10 - À esquerda camada de ar retida sem renovação, à direita a melhor solução para saída do ar.



Fonte: MONTENEGRO (1984, p.07).

Assim como o comportamento do ar quente, subir e buscar a saída por cima, é tão importante quanto, que exista também a entrada de ar frio (ou menos quente) pela parte inferior. Além disso, a ventilação cruzada melhora a circulação do ar favorecendo para que haja renovação. Porém a entrada de ar baixa com saída de ar baixa faz com que parte do circule apenas no nível do piso, deixando outra parte retida no forro (Figura 11 à esquerda). A disposição com melhor funcionamento seria, portanto, uma opção de entrada de ar baixa com saída alta (Figura 11 à direita) (MONTENEGRO, 1984).

Figura 11 - À esquerda ventilação cruzada baixa com ar retido no forro, à direita ventilação cruzada com entrada de ar baixa e saída alta e baixa.



Fonte: MONTENEGRO, 1984, p.16.

A existência de uma corrente de ar é responsável por boa parte da sensação de bem-estar. A temperatura também favorece o bem-estar, mas, em temperaturas elevadas, digamos em torno de 30°C, a sensação de conforto é bem maior em ambiente que possua boa circulação de ar do que em um local confinado. A temperatura elevada provoca a transpiração e a movimentação do ar facilita a evaporação, baixando consequentemente a temperatura do corpo; daí a sensação de relativo conforto. Onde não há circulação do ar, a evaporação do suor se faz mais lentamente gerando desconforto. (MONTENEGRO, 1984, p.17).

3.2 CORRELATOS

Nesse capítulo será apresentado projetos correlatos com relação direta ao tema da pesquisa, cujo objetivo é resgatar um pouco dos conceitos antigos, bem como, analisar alguns avanços atuais dos sistemas e elementos construtivos apresentados, além de verificar como os arquitetos têm enfrentado com tais abordagens em seus projetos, rumo a conscientização de que a arquitetura tem seu papel fundamental em decisões de projeto,

unindo o conforto térmico paralelamente com o conforto visual, provando que, utilizando dos bons fundamentos, seguindo orientações corretamente conforme as instruções de projeto, pode-se obter soluções e resultados efetivos e surpreendentes.

Vale lembrar que cada tipologia se comporta diferentemente em cada situação, pois os locais podem ser divergentes, fazendo com que cada projeto seja específico, por isso se torna tão importante fazer um estudo preliminar das orientações do sol e direções dos ventos, buscar entender como tirar proveito dos métodos passivos, além de outras questões que visam uma obra mais sustentável.

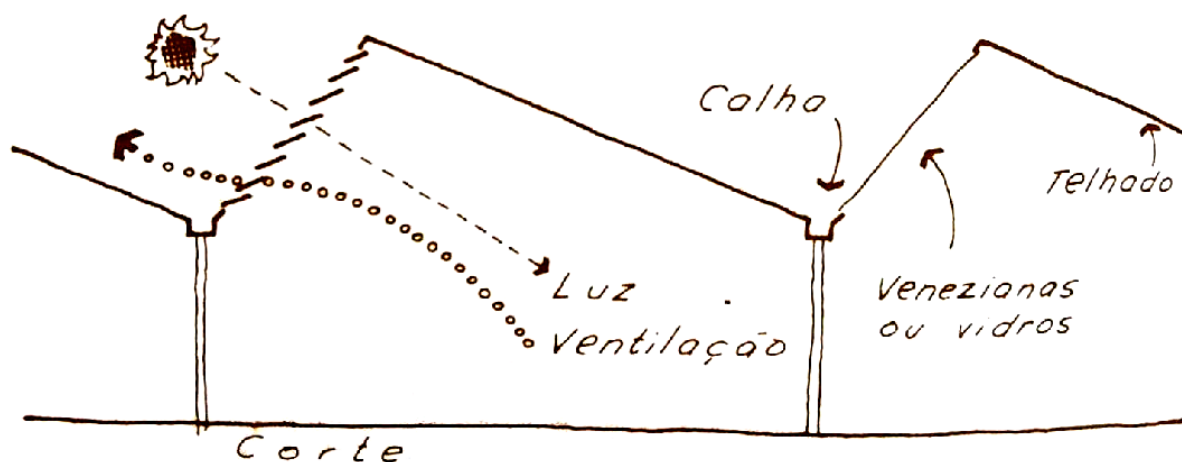
Não há intenções de que as obras citadas sejam seguidas de maneira rígida, pois o objetivo não é propagar um manual de soluções inflexíveis, até porque as variações dos elementos podem ser infinitas. A finalidade dos correlatos é para análise geral das propostas, e para que as invenções sirvam de influências para novas criações, pois assim, novos conceitos podem surgir.

3.2.1 Rede de Hospitais Sarah / João Filgueiras Lima (Lelé)

Não há como não falar de um dos arquitetos brasileiros mais importantes na construção de muitas obras no Brasil, desde do desenvolvimento da argamassa até a produção em série do pré-fabricado, João Filgueiras Lima, Lelé, nascido no Rio de Janeiro em 1931 e formado na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1955. Lelé trabalhou em diversos escritórios, mas foi sob o governo de Juscelino Kubitschek, durante a construção de Brasília, que novas oportunidades surgiram para os jovens arquitetos, inclusive ele, o qual pôde acompanhar e projetar ao lado de grandes nomes da arquitetura brasileira como Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, dentre outros. Lelé é também muito reconhecido dentro da arquitetura bioclimática, pois trabalhou com o conforto ambiental em suas obras, em destaque na Rede de Hospitais SARAH, onde suas preocupações envolvem principalmente a iluminação e ventilação natural com inovações tecnológicas e invenções de sua própria autoria. (PERÉN, 2006).

Os hospitais da Rede SARAH são muito conhecidos por conterem telhados *sheds* (discutidos anteriormente), e que conforme Montenegro (1984), é um telhado adequado para resolver o problema dos grandes vãos com sistemas de ventilação natural e a iluminação natural, sendo de grande aplicação no projeto de fábricas. Podemos observar na Figura 12 um exemplo comum de sheds em uma cobertura com linhas mais retas.

Figura 12 - Exemplo comum do corte de um telhado com sheds, detalhando iluminação e ventilação natural, as calhas, venezianas ou vidros.



Fonte: MONTENEGRO, 1984, p. 78.

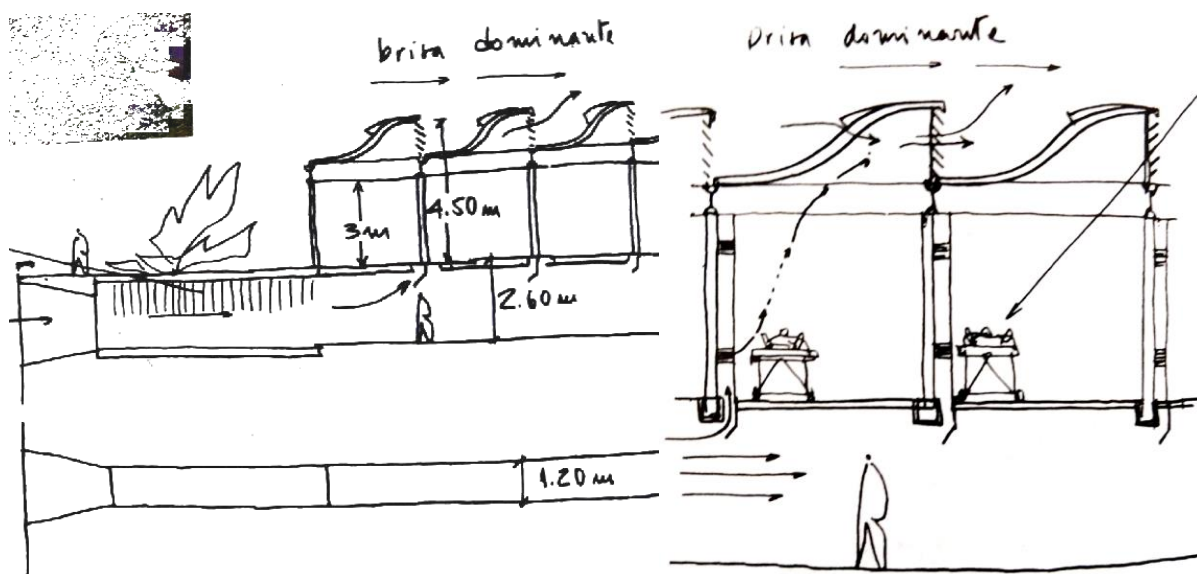
Lelé adotou formas mais curvadas na concepção dos sheds na cobertura dos hospitais, fazendo com que os ventos percorram de maneira funcional e aerodinâmica, além de criar um visual estético que se forma tanto no interior quanto no exterior.

Segundo Lima (1999), foi o hospital Sarah Brasília que originou à criação da Rede SARAH, projeto concluído em 1980 na área urbana de Brasília em um lote relativamente pequeno, o que fez com que ampliações fossem necessárias tanto no local como também em outras áreas da cidade.

Posteriormente, com o sucesso das obras, foi inaugurado o hospital da Rede SARAH em Salvador, em 1994, o qual foi o primeiro hospital em que as galerias de manutenção das instalações foram utilizadas também como dutos para a distribuição de ar fresco na maioria dos ambientes do edifício (LIMA, 1999).

Pode-se notar na (Figura 13) que ar circula entre o subsolo, passam pelas tubulações adentrando no ambiente e posteriormente são extraídos pelos sheds que se abrem sentido a brisa dominante.

Figura 13 - Croqui do Lelé para o Hospital Sarah Salvador demonstrando a brisa dominante, a circulação dos ventos interno-externo e o funcionamento dos sheds.



Fonte: LIMA (1999, p.24).

O Hospital Sarah Salvador foi um marco importante pois estabeleceu um conjunto de metas, em contrato com a Fundação das Pioneiras Sociais e o Governo Federal, onde se concluiu que deveria ampliar a rede, por isso foi construído o Centro de Tecnologia da Rede Sarah – CTRS, local onde iria ser discutido os objetivos a serem seguidos, desde o projeto, execução e manutenção das obras destinadas à implantação da rede, como dos equipamentos hospitalares necessários e todo os trâmites envolvidos, incluindo-se estudos econômicos e de qualidade (LATORRACA, 1999).

Pode se perceber no Centro de Tecnologia da Rede Sarah a presença das coberturas dente de serra com o uso de brises que ajudam no controle da iluminação que entra pelos sheds, além das janelas basculantes que permitem a entrada e saída de ventilação de acordo com a necessidade (Figura 14).

Figura 14 - À esquerda uma imagem externa do CTRS e à direita a imagem da abertura das janelas basculantes dos sheds olhando através do meio interno.

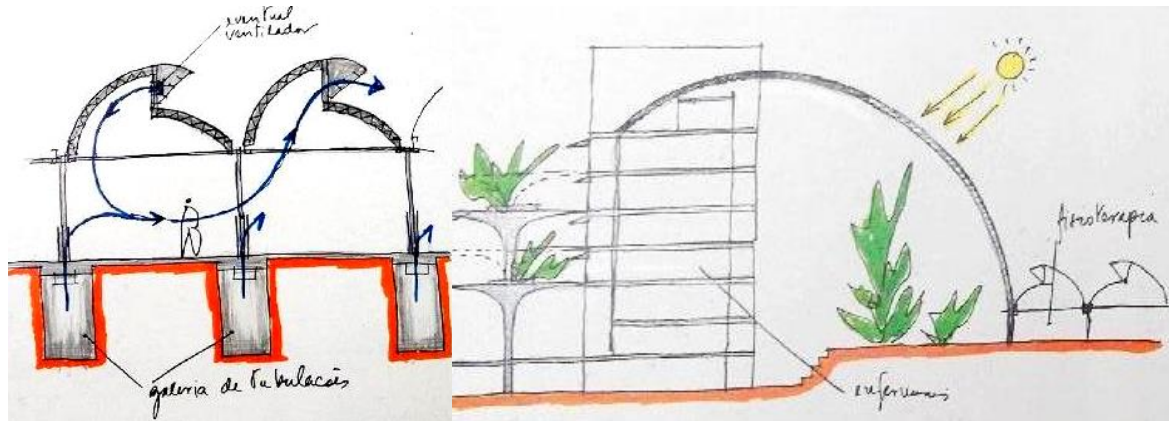


Fonte: LATORRACA (1999, p.201)

Já no hospital da Rede SARAH em Fortaleza o conforto térmico ambiental é realizado através de dois sistemas que podem trabalhar juntos. O primeiro é o sistema de convecção, que assim como no hospital de Salvador, o ar frio é inserido através das galerias de tubulações que ficam no subsolo e então é extraído pelos sheds que ficam com as suas faces abertas na direção e a favor dos ventos dominantes. O segundo sistema é o de ventilação cruzada, através de dois sheds em cada ambiente, sendo que um deles dota de um equipamento mecânico de exaustão localizado em sua abertura (Figura 15, croqui à esquerda). (LATORRACA,1999)

Já a fachada do bloco de internação do hospital SARAH Fortaleza, possui uma cobertura em arco metálico para a proteção solar na face Norte. Segundo Latorraca (1999, p.204), a cobertura cobre o térreo onde contém um espaço verde "que se integra à fisioterapia, hall principal, circulação do setor de internação e alta administração dos serviços gerais no subsolo" (Figura 15, croqui à direita).

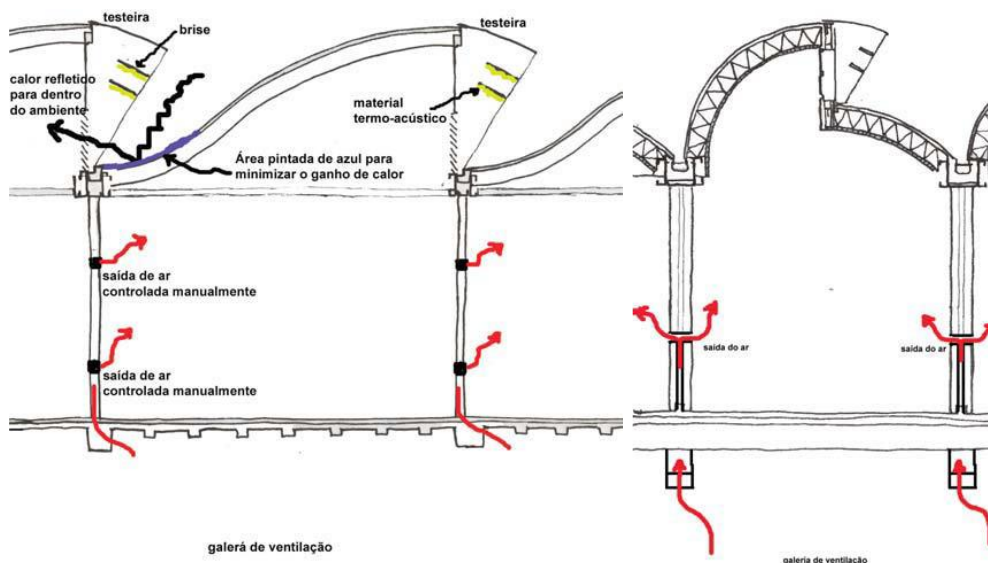
Figura 15 - À esquerda o sistema dos sheds e à direita a cobertura da fachada do bloco de internação do hospital SARAH Fortaleza.



Fonte: LATORRACA (1999, p.204)

É possível observarmos então que, conforme cada projeto se completava, a tipologia dos sheds passava a ser aprimorada por Lelé encima das estratégias já resolvidas. Posteriormente então mais alguns mecanismos foram implantados para otimizar o funcionamento dos sistemas, pois novos conceitos se formavam e novas resoluções surgiam. Se compararmos por exemplo o hospital SARAH de Salvador e o de Fortaleza (Figura 16), podemos notar que as coberturas variam um pouco apesar de conterem um desenho semelhante.

Figura 16 - Comparativo do sistema de ventilação e iluminação natural do hospital SARAH de Salvador à esquerda e o de Fortaleza à direita.



Fonte: PÉREN (2006, p.167)

3.2.2 L'Angolo Estate / LEVER Architecture

Nesse subcapítulo será referenciado um exemplo aplicado de janela de cobertura, também conhecido como clerestório, que está presente na residência L'angolo Estate, uma adega familiar para um vale de 23 hectares, localizado na periferia rural de Newberg, Oregon, no estado norte-americano, onde os arquitetos da LEVER Architecture criaram duas estruturas de madeira que se encontram, fazendo com que uma avance sobre a outra, formando a cobertura da recepção à sala de degustação (Figura 17). A intenção da equipe de projeto era de criar uma filosofia familiar da vinificação, inspirada no solo, no clima e nos materiais, principalmente a madeira dos carvalhos nativos do local. (DELAQUA, 2018).

Figura 17 - Perspectiva externa da adega L'Angolo Estate, demonstração de como a cobertura se forma e a imagem da direita mostra o fechamento com iluminação zenital.

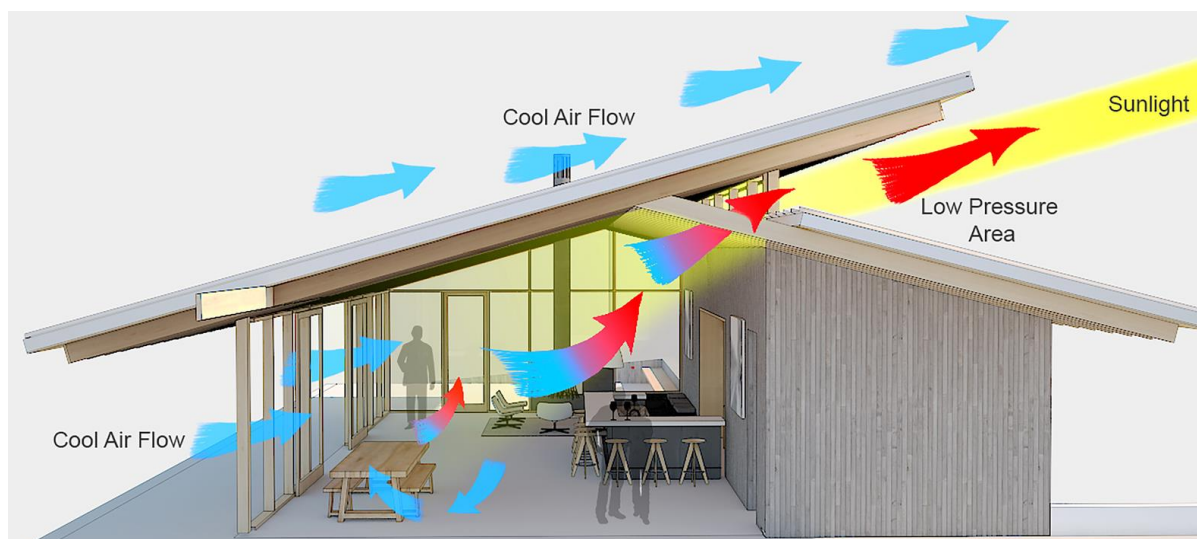


Fonte: ArchDaily - DELAQUA (2018).

Além de uma das faces possuir grande entrada de luz pelas grandes vidraças, pouco após o encontro da cobertura, é possível notar a utilização de uma janela entre as duas coberturas a qual também possibilita a entrada de luz natural, mas esse não é seu propósito principal. As aberturas superiores possuem também a funcionalidade de ventilação, pois segundo Delaqua (2018), as janelas do clerestório servem como um sistema de resfriamento passivo no verão.

O exemplo da (Figura 18) exemplifica a abordagem da iluminação e ventilação zenital, onde duas portas de correr centradas na sala de degustação possibilitam a entrada do ar frio e de alta pressão, e, ele cruza a edificação sentido a janela do clerestório, conforme o ar se aquece e baixa a pressão, principalmente quando a alta incidência solar estiver entrando pela abertura zenital, fazendo com que o fluxo do ar busque sair por ela, em direção a região de maior calor.

Figura 18 - Ilustração das correntes de vento frias em azul, que parte adentra nos interiores pela porta central da frente e empurra o ar quente e baixa pressão que sai pelo clerestório.

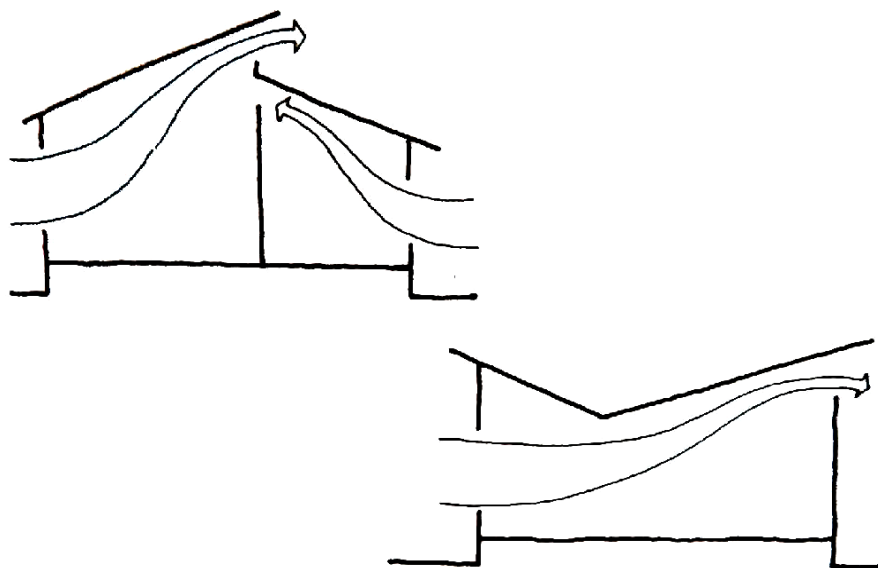


Fonte: Archdaily – DELAQUA (2018)

É possível perceber que os arquitetos buscaram uma solução de forma e orientação que contribuam com a funcionalidade do projeto, além dos sistemas, sendo algumas das premissas para uma arquitetura bioclimática, como citado anteriormente.

Pode-se notar semelhança, por exemplo, na estratégia em um dos exemplos de Montenegro (1984), que representa as alterações na circulação do ar em função das aberturas feitas nas paredes (Figura 19), podendo-se concluir então as estratégias sustentáveis de ventilação de coberturas.

Figura 19 - Representação do efeito dos ventos em dois exemplos de formas.



Fonte: MONTENEGRO (1984, p. 41)

3.2.3 Casa da Música / Mario Cuccinella Architects

A construção a seguir é sobre um edifício onde a sua arquitetura é influenciada na música, os materiais influenciados nos próprios instrumentos musicais e a forma do edifício como resultado das salas acústicas (Figura 20). A Casa da Música, projetada em Bolonha, Itália, pelo estúdio Mario Cuccinella Architects, uma edificação que acomoda duas propostas: promover concertos da Sociedade de Música de Pieve di Cento, e, o ensino musical no município (CAVALCANTE, 2017).

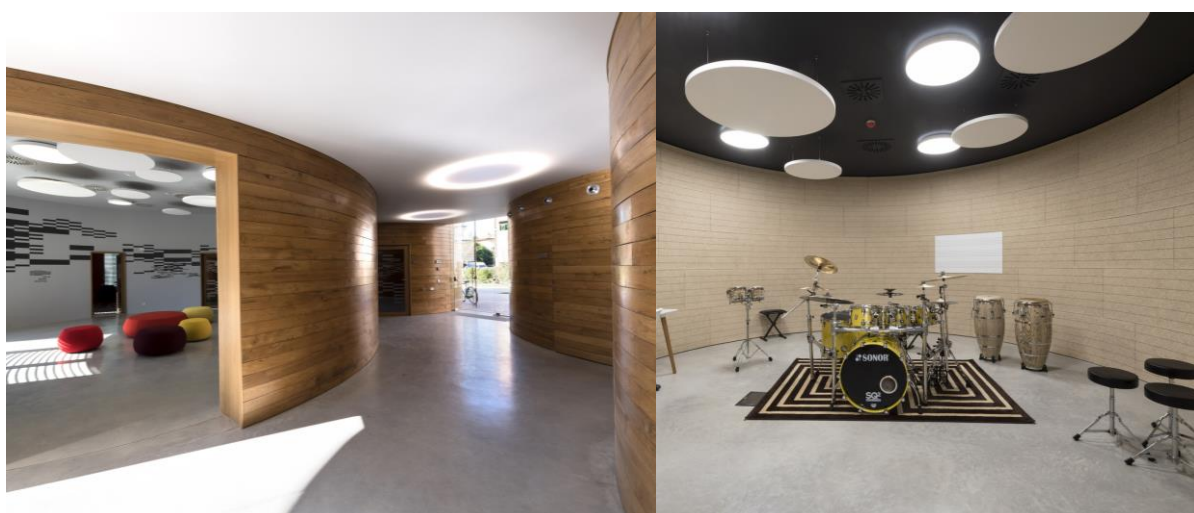
Figura 20 - Detalhe externo da Casa da Música.



Fonte: © Moreno Maggi – Archdaily – CAVALCANTE (2017)

A linguagem arquitetônica, é consequência dos 9 pequenos laboratórios de música independentes que possuem um formato arredondado, revestidos de madeira (como os corpos dos instrumentos), internamente e externamente, e, a sua forma também tem efeito na contenção e ampliação do som. Os elementos redondos se conectam através de um corredor que os integra, como uma praça, onde se torna também um ponto de encontro e diálogo entre jovens músicos (Figura 21, à esquerda). O final do corredor é distribuído para outra sala central a qual é destinada a pequenos ensaios (Figura 21, à direita).

Figura 21 - À esquerda o corredor que une os laboratórios arredondados ao centro do edifício.



Fonte: © Moreno Maggi – Archdaily – CAVALCANTE (2017)

A Casa da Música fica situada em um terreno antigo da fábrica da Lamborghini, o qual sofreu intervenções para se transformar em um parque e ao mesmo tempo espaços de convivência, podendo ser acessado a qualquer hora. Os projetistas fizeram também bancos de madeira curvilíneos que percorrem envolvendo a parte externa do edifício, podendo ser utilizado por todos, não apenas aos envolvidos com a música, mas sim aos usuários do local e a comunidade.

A edificação foi construída em alvenaria estrutural, o que segundo Cavalcante (2017), contribui para a alta inércia térmica e um alto isolante acústico. A ventilação ocorre tanto através dos espaços criados entre as ripas curvas de carvalho, garantindo um alto desempenho energético, além de criar uma estética interessante (Figura 22).

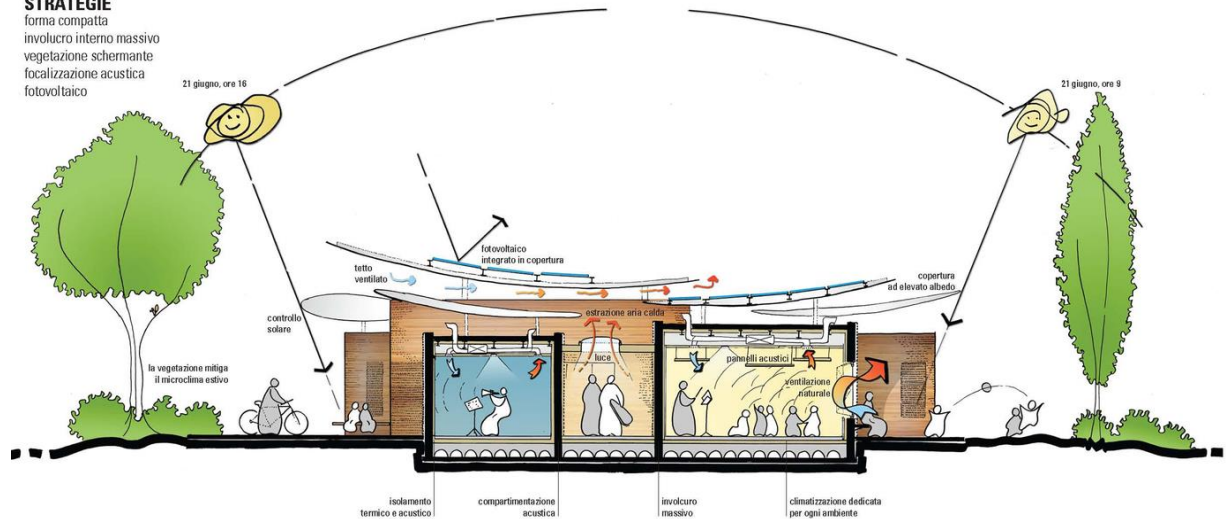
Figura 22 - Diagrama ilustrativo da estratégia bioclimática da Casa da Música.

28% DI ENERGIA RINNOVABILE

per la climatizzazione, grazie al contributo del fotovoltaico installato in copertura

STRATEGIE

forma compatta
involucro interno massivo
vegetazione schermante
focalizzazione acustica
fotovoltaico



Fonte: © Moreno Maggi – Archdaily – CAVALCANTE (2017)

Pode-se notar também através da Figura 22, que a cobertura formada como “tampas” curvilíneas ficam deslocadas dos blocos arredondados, permitindo a ventilação natural como também a saída do ar quente dos laboratórios. A cobertura serve também para ventilar algumas salas que não contém janelas, devido ao isolamento térmico e acústico necessários, com sistemas de dutos de entrada e saída de ar, no teto de cada sala.

REFERÊNCIAS

AFONSO, C. M. **Sustentabilidade**: Caminho ou utopia? São Paulo: Annablume, 2006.

BAKER, G. H. **Le Corbusier**: uma análise da forma. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

BERGMAN, K.; - **Hedonistic Sustainability**. Muriel Richardson Auditorium / Winnipeg Art Gallery. Fevereiro de 2013. Disponível em: <https://umanitoba.ca/architecture/atmosphere/downloads/Atmos5_BIG.pdf> Acessado em dia 05/11/2017 às 16:40

BRASIL - Ministério da Ciência e Tecnologia. **Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima**. Brasília: MCT/Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 1999.

BRUAND, Yves. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2005.

CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. **Gestão sustentável dos recursos naturais**: Uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

CAVALCANTE, L. M. (Trad.); **Casa da Música / Mário Cucinella Architects**. Archdaily: 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/876163/casa-da-musica-mario-cucinella-architects>> Acesso em: 20 de maio de 2018.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos** – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COSTA, Lucio. **Razões da Nova Arquitetura** In: XAVIER, Alberto (Org). Lúcio Costa: Sobre arquitetura. Porto Alegre: Uni Ritter, Ed. 1, 1962 - 1ª Reimpressão – 2007

CHING, F. D. K.; SHAPIRO, I. M.; - **Edificações sustentáveis ilustradas**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2017.

DELAQUA, Victor (Trad.); **L'Angolo Estate / LEVER Architecture**. ArchDaily: 2018. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/890616/langolo-estate-lever-architecture>> Acesso em: 18 de maio de 2018.

DORNELLES, K. A. **Estudos de casos sobre a inércia térmica de edificações na cidade de São Carlos, SP**. São Carlos: UFSCar, 2004.

DUARTE, D. H. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Arquitetura Sustentável**: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Porto Alegre: Ambiente Construído, 2006.

FARR, Douglas. **Urbanismo sustentável**: desenho urbano com a natureza. Porto Alegre : Bookman, 2013.

FRACALOSSI, Igor. **Clássicos da Arquitetura**: Ministério de Educação e Saúde / Lucio Costa e equipe. Brasil: ArchDaily, 2013. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/134992/classicos-da-arquitetura-ministerio-de-educacao-e-saude-slash-lucio-costa-e-equipe>> Acessado: 15 de Abril de 2018.

MAFRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2008.

FROTA, A. B.; SCHIFFER S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 8. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GANEM, R. S. **De Estocolmo à Rio+20: avanço ou retrocesso?** Cadernos Aslegis, 2012.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energias renováveis: um futuro sustentável**. São Paulo : Revista USP, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564>> Acessado em: 20 de março de 2018.

GUIMARÃES. A. G. L.; **A obra de João Filgueiras Lima no contexto da cultura arquitetônica contemporânea**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HEYWOOD, Huw. **101 regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético**. São Paulo: Gustavo Gili, 2015. <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13564/15382>>. Acesso em: 28 de março de 2018.

HUNTERDOUGLAS®; **Folding & Sliding Shutters**. São Paulo: Hunter Douglas do Brasil, atualização dez/2016. Disponível em: <https://www.hunterdouglas.com.br/ap/uploads/br/productos/productos_archivo_descarga_3587.pdf> Acesso em: 30 de abril de 2018.

INGELS, B.; - **Hedonistic Sustainability** – Documentário no canal TEDx Talks em 09 de maio de 2011. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=ogXT_CI7KRU> Acesso em: 06 de março de 2018.

INGELS, B.; BIG – Bjark Ingels Group; **Yes is More (Sim é mais)** - An archicomic on architectural Evolution. (Um arquicômico na evolução da arquitetura). Copenhage, Dinamarca: Taschen, 2009.

JACOBI, Pedro. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. São Paulo (SP). 2003.

JORGE FILHO, H. O. **Análise do ciclo de vida energético de um aviário convencional para região oeste do Paraná**. Cascavel,PR: UNIOESTE, 2013.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre : Bookman, 2010.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. (Ed.). **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

LATORRACA, Giancarlo (Org.). **João Filgueiras Lima, Lelé**. São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi; Lisboa: Editorial Blau, 1999.

LEVOLUX®, **Eastleigh College**. Reino Unido: 2018. Disponível em: <<https://www.levolux.com/project/eastleigh-college/>> Acesso em: 30 de abril de 2018.

MARAGNO, G. V.; **Eficiência e forma do Brise-Soleil na arquitetura de Campo Grande – MS**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; - **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo. Ed. 5; 2003.

MELENDÓ, J. M. A.; **Da janela horizontal ao brise-soleil de Le Corbusier: análise ambiental da solução proposta para o Ministério da Educação de Rio de Janeiro**. Vitruvius, 2004. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/554/pt>>

MME - Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Energia: Oferta Interna de Energia**. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/7994286/Boletim+Mensal+de+Energia+jan+2017.pdf/f9f255a3-7c0e-491d-8f6a-672907692b77>> Acessado em: 02 de abril de 2018.

MONTENEGRO, G. A.; **Ventilação e cobertas: estudo teórico, histórico e descontraído**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Population Prospects: The 2017 revision**. Cidade de Nova Iorque (NY); 2017. Disponível em: <<https://news.un.org/en/story/2017/06/560022-world-population-hit-98-billion-2050-despite-nearly-universal-lower-fertility#.WUv3anUrJnw>>. Acesso em: 17 de março de 2018.

PALLASMAA, Juhani. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos**. Porto Alegre : Bookman, 2011.

PEREIRA, D. C. L.; **Modelos físicos reduzidos: uma ferramenta para a avaliação da iluminação natural**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-16052007-153359/pt-br.php>> Acesso em: 05 de maio de 2018

PERÉN, J. I. M.; **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima “Lelé”**: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-12032007-225829/pt-br.php>> Acesso em: 16 de maio de 2018.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cp/n118/16834.pdf>>. Acesso em: 18 de março de 2018.

ROMERO, M. A. B. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

SOUZA, C. R. B. **Telhado verde e sua contribuição para a redução da temperatura ambiente em construções para Cascavel-PR**. Cascavel, 2016.

WASSOUF, Micheel. **De la casa pasiva al estándar Passivhaus:** La arquitectura pasiva en climas cálidos. Barcelona: Editora Gustavo Gili, SL, 2014.