

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
THALITA RUPRECHT**

**O USO DO VIDRO NA ARQUITETURA: A BUSCA PELO CONFORTO
TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.**

CASCABEL

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
THALITA RUPRECHT

**O USO DO VIDRO NA ARQUITETURA: A BUSCA PELO CONFORTO
TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.**

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: Defesa

Professor Orientador: Camila Pezzini

Professor coorientador: Mariana Drabik

CASCADEL

2017

THALITA RUPRECHT

**O USO DO VIDRO NA ARQUITETURA: A BUSCA PELO CONFORTO
TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.**

DECLARAÇÃO

Declaro que realizei em maio de 2017 a revisão linguístico textual, ortográfica e gramatical da monografia e artigo científico de Trabalho de Curso denominado: O uso do vidro na arquitetura: busca pelo conforto térmico e eficiência energética, de autoria de **Thalita Ruprecht**, discente do Curso de Arquitetura e Urbanismo – FAG e orientado e coorientado por **Camila Pezzini e Mariana Drabik**.

Tal declaração contará das encadernações e arquivo magnético da versão final do TC acima identificado.

Cascavel, 23 de maio de 2017.

Sandra Helena Pedrollo

Licenciado em Letras pela Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Cascavel –
Fecivel/1981

RG nº 1.769.491 SSP PR

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

THALITA RUPRECHT

O USO DO VIDRO NA ARQUITETURA: A BUSCA PELO CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

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 do Professor Camila Pezzini e coorientação de Mariana Drabik

BANCA EXAMINADORA

Camila Pezzini
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e especialista

Mariana Drabik
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e especialista

Luiza Scapinello Broch
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta especialista

Cascavel/PR, 23 de maio de 2017

RESUMO

Este trabalho está inserido na linha de pesquisa “Tecnologia na Arquitetura”, do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. O trabalho aborda o uso do vidro na arquitetura, com seu principal uso em fachadas, indicando a forma correta de aplicação bem como suas principais propriedades a serem utilizadas para este fim. A problemática gerada, que orienta a pesquisa, se dá pela questão: - O uso do vidro tende a melhoria da qualidade de vida do usuário, pois insere a luz natural na edificação; então como pode-se aproveitá-la tornando o ambiente agradável sem o uso de refrigeradores de ambiente? Acredita-se, como hipótese inicial, implantar mais aberturas para prover a circulação de ar amplificada, resultando na dissipação do ar quente no interior da edificação, provocado pelo calor do sol, renovando o ar interno. O objetivo geral do trabalho foi identificar e analisar qual o método correto de aplicação do vidro provendo maior conforto ao (s) usuário (s). Para responder a problemática do trabalho foram usadas as referências de teóricos apresentados, sintetizando uma teoria que se confirma, porém é utilizada de uma forma mais específica e complexa. O estudo de caso apresentou o Hospital Sarah Kubitschek em Salvador – Bahia. O objetivo da pesquisa foi atingido com sucesso, apresentado nas considerações finais, sendo assim, o presente trabalho poderá ser utilizado como apoio teórico de outros trabalhos.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação natural. Vidro na arquitetura. Calor do Sol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arquitetura Bioclimática/sustentável	14
Figura 2: Torre Dei Cedri - Stefano Boeri.....	16
Figura 3: Consumo de energia no Brasil	18
Figura 4: Lace Hill - colina artificial (Iluminação natural)	20
Figura 5: Regra da iluminação natural da altura da janela vezes 2,5	21
Figura 6: Regra de iluminação natural 4,5/9	22
Figura 7: Seagram - Mies Van der Rohe - Nova York.....	30
Figura 8- Edifício estufa.....	30
Figura 9: Vidro laminado	33
Figura 10: Vidro refletivo temperado	34
Figura 11: Vidro <i>low-e</i>	35
Figura 12: Vidro impresso temperado	35
Figura 13: Vidro jateado ou gravado	36
Figura 14: Pavilhão Maracanã.....	39
Figura 15: Pavilhão Maracanã.....	40
Figura 16: Vidro insulado.....	41
Figura 17: Vidro insulado com micropersianas.....	42
Figura 18: Placas fotovoltaicas silício monocristalino e policristalino	44
Figura 19: filme OPV	46
Figura 20: Filmes finos.....	47
Figura 21: Fachada ventilada fotovoltaica - Sede da FEMSA / Coca-cola - México	48
Figura 22: <i>Brises</i> fotovoltaicos.....	49
Figura 23: Claraboia fotovoltaica- Aeroporto Internacional de Viracopos - São Paulo	50
Figura 24: Palácio Gustavo Capanema.....	52
Figura 25: Ópera de Arame	52
Figura 26: Sede da Petrobrás.....	55
Figura 27: Hospital Sarah Kubitschek - Salvador - Bahia.....	59
Figura 28: <i>Sheds</i> basculantes.....	60
Figura 29: Iluminação natural é feita por meio dos <i>sheds</i>	61
Figura 30: Entrada do ar é feita por dutos "subterrâneos"	62
Figura 31: Iluminação natural no Hospital Sarah Kubitschek.....	64
Figura 32: Utilização de vidro para integração da vegetação.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise dos quesitos iluminação, ventilação e conforto dos correlatos abordados nesta monografia.....	66
Tabela 2: Análise dos quesitos iluminação, ventilação e conforto no Hospital Sarah Kubitschek (estudo de caso).	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAVIDRO: Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros

CAU: Conselho de Arquitetura e Urbanismo

CdTe: telureto de cádmio

CIS: disseneleto de cobre e índio

CTRS: Centro de Tecnologia da Rede Sarah de hospitais

FAG: Faculdade Assis Gurgacz

HDSL: Hospital de Doenças do Sistema Locomotor

LED: Light emitter diode (diodo emissor de luz)

MEC: Ministério de Educação e Cultura

PUC: Pontífica Universidade Católica

PVB: polivinilbutiral

TC: Trabalho de Conclusão

TECA: Tecnologia na arquitetura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. APROXIMAÇÕES TEÓRICAS NOS FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SUPORTE TEÓRICO.....	19
3.1 APROVEITAMENTO DOS MEIOS NATURAIS DE ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO	19
3.1.1 Iluminação	19
3.1.2 Ventilação	24
3.1.3 Arquitetura Sustentável e eficiência energética.....	25
3.2 CONFORTO TÉRMICO.....	28
3.3 USO DO VIDRO COMO SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA	29
3.3.1 O efeitos do vidro	29
3.3.2 Tipos de vidro utilizados na Arquitetura	32
3.4 PROTEÇÃO SOLAR.....	37
3.4.1 Tipos de <i>brises-soleils</i>	38
3.4.2 O vidro insulado	40
3.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA.....	43
3.5.1 O que é sistema fotovoltaico: definição	43
3.5.2 Eficiência e qualidade do sistema fotovoltaico	45
3.5.3 Tecnologias Fotovoltaicas	45
3.5.4 Onde e como deve ser instalada	47
4. CORRELATOS OU ABORDAGENS.....	51
4.1 PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA (EDIFÍCIO DO MEC)	51
4.2 ÓPERA DE ARAME – CURITIBA - PR	52
5. APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO: HOSPITAL SARAH KUBITSCHK – SALVADOR – BH.....	57
5.1 SURGIMENTO DO HOSPITAL	57
5.2 Hospital Sarah Kubitschek – Salvador – Bahia.....	58
6. ANÁLISES DA APLICAÇÃO: OBRAS CORRELATAS E ESTUDO DE CASO	66
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa está vinculada ao Trabalho de Curso de Arquitetura e urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – TC CAUFAG e tem como tema “O uso do vidro na arquitetura: busca pelo conforto térmico e eficiência energética”. Está inserida na linha de pesquisa Arquitetura e Urbanismo, e no grupo de pesquisa intitulada TECA - Tecnologia na arquitetura que estuda todos os componentes relacionados a tecnologia na arquitetura, tendências, inserindo as tecnologias e o lançamento de materiais e de técnicas novas. A pesquisa aborda, em específico, um dos materiais mais utilizados na arquitetura atualmente: o vidro, com base na metodologia de utilização e a escolha do produto correto para cada fim, sem que prejudique e ainda favoreça o conforto do interior e exterior da edificação.

O presente trabalho justifica-se no âmbito acadêmico/científico com o objetivo de ampliar a quantidade e qualidade do material sobre o tema, podendo servir de apoio teórico para trabalhos futuros. No âmbito social por se tratar da melhoria do bem-estar dos usuários; no âmbito ambiental, econômico e técnico por se tratar da melhoria do desempenho de uma edificação (com a entrada de luz natural projetada adequadamente, reduzindo o uso de energia elétrica), reduzindo seus impactos ambientais e custos (de utilização e manutenção) e trazendo soluções construtivas para os mais variados tipos de edificação. No âmbito profissional por auxiliar a compreensão da importância do material utilizado com a implantação correta, por ser um material com constantes expansões de técnicas de tratamento e utilização.

A problemática gerada que orienta a pesquisa se dá pela questão: - O uso do vidro tende a melhoria da qualidade de vida do usuário pois insere a luz natural na edificação, então como pode-se aproveitar a luz natural tornando o ambiente agradável sem o uso de refrigeradores de ambiente? Acredita-se, como hipótese inicial, implantar mais aberturas para prover a circulação de ar amplificada, resultando na dissipação do ar quente no interior da edificação, provocado pelo calor do sol, renovando o ar interno.

Objetivo geral deste trabalho é apresentar qual o vidro, técnica e modo corretos de implantação do material na edificação sem que provoque o desconforto térmico e visual causado pelo sol incidente sobre a fachada, aproveitando a luz natural para tornar o ambiente mais agradável e confortável e os objetivos específicos são:

- 1.introduzir o tema da proposta por intermédio de pesquisa bibliográfica;
2. Pesquisar e compreender os fundamentos de tecnologia na construção e sua ligação com arquitetura sustentável;

3. Pesquisar e compreender as tecnologias implantadas pra melhoria da eficiência energética;
4. Definir conforto térmico;
5. Definir luz natural;
6. Definir vidro
7. Pesquisar sobre edifícios que tenham vidro implantado em sua fachada.
8. Pesquisar sobre forma correta de implantação do material provendo conforto térmico e visual, diminuindo o gasto de energia elétrica;
9. Pesquisar obras correlatas;
10. Responder o questionamento da problemática proposta na pesquisa, a fim de encontrar a solução correta.

A pesquisa foi realizada baseada nos marcos teóricos:

A Arquitetura Sustentável é a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício á totalidade do meio ambiente, de forma a torná-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, 2003, p.17).

Ao transitar entre a arquitetura e a biotecnologia, dois campos tão diferentes entre si, costumamos tirar as nossas inspirações de projeto mais inovadoras do mundo natural - um conceito conhecido como *biomimetismo*. Os seres humanos têm a necessidade de se conectar com o ambiente externo. Além de agradáveis. A proximidade com o verde, o contato visual com o céu e a sensação do ar externo sobre a pele são naturalmente reconfortantes (BURKE E KEELER, 2010, p.102).

[...]De fato, as mudanças climáticas não são um problema considerado pela maioria dos escritórios de arquitetura em todo o mundo, os quais têm sistematicamente, nos últimos 30 anos, "fechando com portas" o microclima interno do clima externo, assim exigindo o condicionamento de ar para tornar o edifício habitável. Os engenheiros de condicionamento de ar têm, tradicionalmente, lucrado através da maior colocação possível de equipamentos em uma edificação. Não é incomum aos engenheiros de aquecimento e ventilação insistir em ter janelas fixas em uma edificação, talvez porque os cálculos de desempenho do sistema sejam muito mais difíceis caso se imagine uma situação com janelas abertas. Assim, muitas edificações têm que ter o ar condicionado todo o ano, embora talvez somente por um, dois ou três meses o clima externo seja desagradavelmente frio ou quente. Além disso, muitos edifícios "que estão na moda" têm vidros em excesso, superaquecem, criam extremo desconforto interno e somente podem ser salvos de criar cômodos infernais com o uso maciço de equipamentos de condicionamento de ar [...] (ROAF *et.al.*, 2009, p.27-28).

Segundo Prodanov e Freitas (2009, p.54), a pesquisa bibliográfica se dá a partir de livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico, internet que tem o objetivo de estreitar o contato com o material já escrito sobre dado assunto escolhido para sua pesquisa. Este método foi utilizado

neste trabalho por ser um assunto que possui constantes inovações no ramo, e as principais fontes foram as pesquisas bibliográficas (para introduzir a teoria dos estudos já realizados), publicações em revistas e internet. Diante dos dados coletados, o método utilizado é o dialético, em que Lakatos e Marconi (2001, p.101) afirmam que o mesmo se baseia na contradição de estudos científicos já publicados e na mudança contínua que acontece na natureza e na sociedade. A dialética aponta que as coisas não são analisadas como objetos fixos, mas em progressão: nada está finalizado, sempre estão transformando e desenvolvendo-se constantemente pois o fim de um processo é início do outro.

O estudo de caso foi realizado para a apresentação de métodos corretos e eficientes energeticamente do uso do vidro, levando em conta o clima e o microclima do local, usando meios naturais para prover o conforto térmico, fornecendo luz natural aos usuários. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p.60) o presente trabalho se caracteriza como qualitativo, onde o pesquisador tem conhecimento de quais aspectos busca e é objetivo, reconhecendo possíveis falhas ou equívocos (LAKATOS E MARCONI, 2003, p. 193).

A organização do trabalho ocorreu da seguinte forma: no primeiro capítulo que se intitula introdução, apresentou-se o assunto, o tema, o problema da pesquisa, as justificativas, os objetivos, o marco teórico e a metodologia científica realizada para a pesquisa.

Nas aproximações teóricas, segundo capítulo, foram transcorridas as aproximações teóricas do tema nos fundamentos arquitetônicos e realizado um acoplamento entre a bibliografia já publicada e a delimitação do tema.

No terceiro capítulo apresentou-se as revisões bibliográficas e o suporte teórico, abordando teorias já publicadas e teve como objetivo fundamentar os capítulos seguintes.

No capítulo 4 foram apresentados vários correlatos demonstrando, exemplificando e analisando obras que usam o vidro e meios naturais para obtenção de conforto, com o intuito de melhorar a qualidade do ambiente e do bem-estar dos usuários e como funcionam.

No capítulo 5, a aplicação do tema delimitado se dá pela revisão bibliográfica interligada com suporte teórico e abordagens das obras estudadas.

No capítulo 6, foram realizadas as análises do tema delimitado, contemplando o estudo em relação ao uso de meios naturais, e o próprio uso do vidro, para obtenção de conforto e eficiência energética apontando as características positivas e negativas das obras correlatas.

No capítulo 7 foram feitas as considerações finais em relação a aplicação no tema delimitado com o uso da revisão bibliográfica e o suporte teórico, obras correlatas e estudo de caso, fazendo um breve resumo de toda a história da arquitetura em relação a eficiência

energética e o uso do vidro para melhorá-la ou condená-la, a forma correta de utilização e foi apresentada a resposta da problemática, deferindo a hipótese inicial.

No capítulo 8 foram transcorridas as referências bibliográficas.

2. APROXIMAÇÕES TEÓRICAS NOS FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS

Conforme Corbella (2013, p.16-17), novas tecnologias construtivas foram criadas logo após a II Guerra Mundial, o combustível era barato e as técnicas de arquitetos começaram a ser deixadas de lado e iniciou-se a “arquitetura de engenheiros”, ligada diretamente à produção em massa. Todos os problemas criados por este tipo de arquitetura não eram levados em conta e houve um grande aumento do consumo de energia necessário para solucionar esses problemas, sem contar na ausência de consciência global sobre a poluição.

A primeira crise energética deu-se em meados de 1973 pelo aumento expressivo do petróleo, impulsionando a arquitetura solar, o qual fez com que abrisse novamente espaço para os arquitetos, que desde o começo, acreditavam que construir uma edificação adaptada ao clima, trazia os confortos acústico e térmico, e o uso da iluminação natural era importante para obtê-los. A arquitetura solar baseava-se no ato de incorporar a energia solar às edificações, contribuindo na calefação do edifício e economizando energia convencional. E foi assim que surgiu a arquitetura Bioclimática: uma arquitetura preocupada com o meio ambiente, integrando a edificação ao clima local, centrando a habitação ao conforto ambiental humano. A partir da arquitetura bioclimática, surgiu a arquitetura sustentável, que nada mais é do que sua continuidade natural, pois integra o edifício à totalidade do meio ambiente, tornando-o parte de um conjunto maior, aumentando a qualidade de vida dos usuários no ambiente construído e em seu entorno, consumindo cada vez menos energia convencional, visando garantir qualidade de vida para as gerações futuras.

Figura 1: Arquitetura Bioclimática/sustentável



Fonte: Ecofashionmag, 2012

Como afirma Hertz (2003, p.3), a arquitetura atual é o resultado do trabalho realizado por projetistas que necessitam do conhecimento profundo das características físico e climáticas na qual vão ter de atuar. Deve atentar-se ao contexto histórico do local, dos materiais e da sua utilização. Não se deve seguir os padrões tradicionais, que são guiados por mudanças ocorridas nos últimos anos, que ocorreram devido a transformações sociais e modificações nos materiais de construção, como também não se deve supervalorizar o tradicional por ser histórico, muito menos adotar o moderno por ser novidade, pois muitas vezes, a escolha equivocada do partido arquitetônico¹, tendo muito pouco a ver com a realidade climática e cultural dos países tropicais. O principal desafio é harmonizar os dois tipos de influências, do antigo e do moderno, objetivando uma arquitetura moldada, desenvolvendo e adaptando novas soluções para problemas tradicionais proporcionando o conforto dos usuários.

Para Frota e Schiffer (2003, p. 18), as condições para projetar edifícios e espaços urbanos com resposta positiva às exigências de conforto térmico dependem do conhecimento das exigências humanas de conforto térmico e do clima, e deve estar associado ao conhecimento das características térmicas dos materiais, juntamente com a escolha adequada do partido arquitetônico, respeitando os climas particulares. Dado isto, esses conhecimentos permitem uma intervenção perspicaz da arquitetura, beneficiando-se dos elementos agradáveis do clima e mitigando os pontos negativos, poupando custos da edificação, além de desfrutar de condições ambientais agradáveis. Segundo Lamberts *et al.* (2014, p. 8), este era um dos primeiros princípios da arquitetura vernacular². Num patamar histórico da arquitetura, pode-se analisar os estilos com o aumento da preocupação da eficiência energética e conforto ambiental, e assim pode-se considerar que a arquitetura atual é jovem e pluralista. Os estilos como o *high tech*, o construtivismo e o desconstrutivismo apresentam execuções notáveis no quesito da preocupação do arquiteto com a melhoria da qualidade da edificação, considerando os confortos. A escolha dos materiais de construção tem uma forte influência para obtenção de conforto do ambiente interno. Deve-se ter o entendimento das propriedades de acordo com as especificações de cada material para conciliá-los com as características plásticas do projeto. Deve atentar-se ao uso da proteção solar nas paredes, bem como as janelas e o tipo de vidro a

¹ Partido arquitetônico: Segundo Silva (1983) conjunto de fatores condicionantes: 1. Técnicas construtivas; 2. Materiais, métodos e recursos humanos; 3. O clima e o tempo; 4. O modelado e o tipo de solo do sítio; 5. O programa de necessidades, usos, costumes, conveniência do empreendedor; 6. Forma de financiamento da obra; 7. Legislação

² Primeiro princípio da arquitetura vernacular: beneficiar-se das características desejáveis do clima e evitar as indesejáveis (LARMBERTS *et al.*, 2014, pág.8).

ser utilizado nas aberturas para evitar os ganhos térmicos excedentes e obter o conforto térmico e visual no interior de uma edificação. Decisões do arquiteto como localização das aberturas, que podem favorecer a ventilação cruzada no ambiente, o ganho de calor no inverno e a iluminação natural.

Segundo Amorim (2000), há uma lista de prioridades para edifícios sustentáveis, destacando:

- Economizar energia: “projetar e construir edifícios energeticamente eficientes”, pois o maior impacto ambiental específico de um edifício é o uso contínuo da energia convencional, deve-se projetar com a utilização de fontes de energia renováveis, minimizar as cargas de aquecimento e refrigeração, aproveitar da melhor forma possível a luz natural;
- Construir edifícios “saudáveis”: na edificação deve ser inserida a luz e ventilação natural sempre e na localidade que for possível;
- Maximizar a longevidade do edifício: projetar edificações levando em conta que a mesma precisa ter uma vida útil mais longa possível, podendo receber adaptações funcionais pois “quanto mais dura um edifício, maior é o período de tempo no qual os impactos ambientais são amortizados”;
- Reciclar edifícios: cada edificação carrega consigo uma identidade plástica, que remete à identidade cultural, porém todos os edifícios que passarem por uma reformulação devem inserir a eficiência energética, e isso é prioridade!

Figura 2: Torre Dei Cedri - Stefano Boeri



Fonte: OOOM, 2017

O vidro era utilizado na arquitetura antiga apenas como vedação transparente para aberturas, porém passou e passa por grandes avanços na área tecnológica. Como afirma Gonçalves (2016), o vidro surgiu de uma forma indefinida, os artefatos mais antigos, as contas, foram feitas há 4.500 anos no Egito. Os antigos vidraceiros egípcios esculpiam blocos inteiros de vidro maciço. As pequenas vasilhas começaram a ser fabricadas em torno de 2.000 a.C. que eram muito semelhantes a vasilhas de cerâmica, a massa de vidro (parecida com melaço) era despejada em um molde de barro. Após 1.500 anos foi dado o início de fabricação do vidro para janelas: o vidro derretido era despejado em uma mesa de bordas altas, espalhado e alisado com um rolo. A hipótese é que os babilônios descobriram que o material é maleável e assim surgiu o “ferro de assoprar”³, por volta do século II a.C. Composto basicamente de apenas três elementos: sílica (areia), soda cáustica e cal, deve ser fundido a temperatura de 1.700° C. Com facilidade no derretimento e na cristalização formam os mais variados artigos, dependendo das técnicas e instrumentos utilizados.

Mais especificamente, o comportamento térmico do vidro se dá por ganhos de calor, já que absorve grande parte da irradiação solar. Segundo Castro (2006), o vidro é um dos elementos que possui maior potencial de aquecimento interno do ambiente, pois sua transparência permite o acesso de grande parte da energia para o interior do ambiente. Deve haver a verificação do tipo do vidro escolhido para cada edificação pois os erros causados pela escolha errada podem causar vários problemas, podendo ser até mesmo difícil solucioná-los. As normas técnicas são o fundamento para conhecimento de cada tipo de vidro bem como é seu comportamento em relação a radiação solar. O principal desafio dos arquitetos atuais é criar fachadas envidraçadas que possuam a capacidade de controlar a radiação solar incidente no interior da edificação, provendo uma boa iluminação natural e controlando os ganhos térmicos. A radiação solar e as janelas têm ligação direta com o conforto ambiental, pois são suas superfícies transparentes que permitem a radiação solar adentrar a edificação. O ambiente sofre aquecimento devido a radiação solar não retornar da mesma forma para o exterior, e em casos mais críticos, formar o efeito estufa.

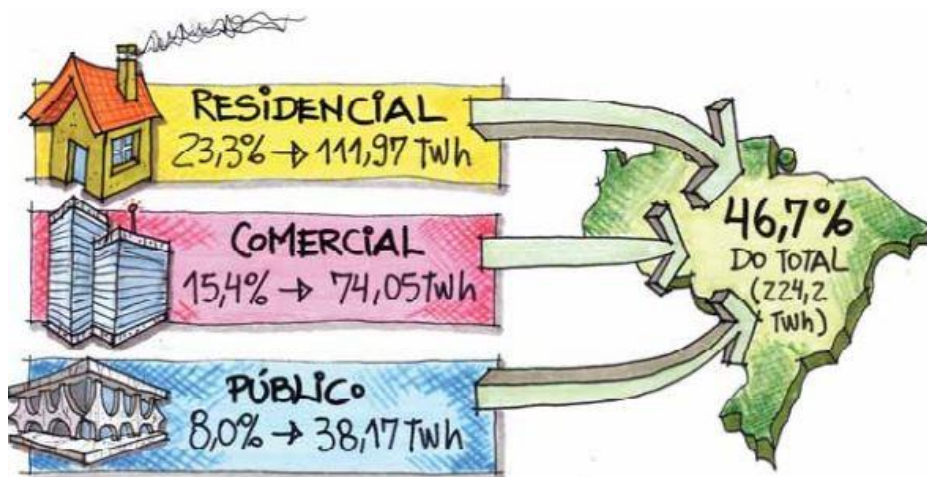
Como afirma Carmody *et al.* (2000) o envidraçamento de fachadas altera a estética da edificação, fornecendo ventilação, iluminação natural, integrando o usuário do meio interno ao meio externo, devido a sua visibilidade, onde atua pontualmente sobre o conforto humano e o

³ Ferro de assoprar: cano de aproximadamente 1,5 metro, utilizado para inflar o vidro e moldado da forma desejada com auxílio de instrumentos apropriados (GONÇALVES, 2016).

consumo energético. O vidro inserido na fachada, desempenha o maior elemento de ganho de calor no verão e perda de calor no inverno. Em consequência disso, no Brasil, 15,4% do consumo de energia elétrica são provenientes dos setores de comércio e serviços, e as fachadas são, geralmente, elaboradas em vidro.

A iluminação artificial e o uso do ar condicionado são os grandes vilões do aumento da taxa de consumo. Com alimentação de alta tensão, o setor comercial atinge cerca de 47% da energia consumida nacionalmente apenas para o uso do ar condicionado, utilizando 22% da média nacional para a iluminação artificial. No setor público, o índice chega a 48% para o ar condicionado e 23% para iluminação artificial (LAMBERTS *et al.*, 2014, p. 16-17).

Figura 3: Consumo de energia no Brasil



Fonte: Lamberts, 2014

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SUPORTE TEÓRICO

3.1 APROVEITAMENTO DOS MEIOS NATURAIS DE ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO

3.1.1 Iluminação

Como alega Romero (b, 2001, p. 67) a história da luz e da luminosidade natural relacionada a estética da luz (incluindo jogo de luzes e sombras produzidas na edificação) está interligada diretamente ao entendimento do fenômeno e do seu papel na arquitetura. Na história, a luz indicava pureza, conhecimento e glória, como na antiguidade a luz era focada em áreas extremamente iluminadas que indicavam lugares especiais. No antigo Egito, a luz natural era forte e os construtores utilizavam paredes grossas de alvenaria para suavizar e difundir a luz, dividindo-a em múltiplas reflexões. Já na Grécia antiga, o próprio clima era favorável a atividades desenvolvidas ao ar livre, Nos templos as colunas serviam para proteger os usuários do calor, a decoração talhada em pedra era demasiado colorida para a intensa reflexão do sol, nas casas a iluminação e a calefação era vinda da luz solar.

A luminosidade vinda diretamente do sol é muitas vezes rejeitada no interior das edificações pois podem causar ofuscamento, calor, brilho intenso, como também efeitos negativos sobre a mobília, porém a luz direta do sol pode ser um elemento de interesse constante quando introduzida no projeto arquitetônico, de forma amenizada, por meio de reflexão, e com estudos pertinentes, obtém-se o contraste.

Existem vários tipos de luz, como: o fluxo 1 luminoso, 2.luminosidade, 3.intensidade e 4.luminância. O fluxo luminoso se dá pela energia luminosa que é emitida por fontes de luz em uma unidade de tempo dentro de um ângulo sólido determinado, a luminosidade se dá pela densidade do fluxo luminoso incidente na superfície, a intensidade é a quantidade de fluxo luminoso que é irradiado por uma fonte de luz em um ângulo infinitesimal e por fim a luminância é a intensidade luminosa emitida em uma direção pela unidade de superfície aparente. Tendo estes conhecimentos como base, pode-se trabalhar com a estética da luz criando vários efeitos que podem ser o ritmo, a ênfase ou então o contraste. O ritmo é “o efeito criado pela repetição dos elementos luminosos com espaços de tempo”, sendo que as sombras projetadas variam de tamanho e intensidade com efeito identificado no tempo que são as sombras que a própria rotação do sol faz com que fiquem em diferentes posições e tamanhos durante o dia (ROMERO b, 2001, p. 69).

A iluminação natural deve ser planejada no início da definição do partido, pois os requisitos e a qualidade da iluminação natural dependem do planejamento da luz devido às atividades divididas por zonas e por volumetria da edificação (KWOK E GRONDZIK, 2013, p.77). Jourda (2013, p. 59) afirma que a mesma deve ser amplamente utilizada incluindo nos espaços de circulação pois promove o conforto dos usuários e reduz o consumo de energia convencional provocado pelo uso excessivo da iluminação artificial. Utilizada em determinados espaços, faz com que o usuário se sinta incentivado a utilizá-lo, como exemplo disso, as circulações verticais que possuem uma boa iluminação natural, faz com que os elevadores sejam menos utilizados.

Figura 4: Lace Hill - colina artificial (Iluminação natural)

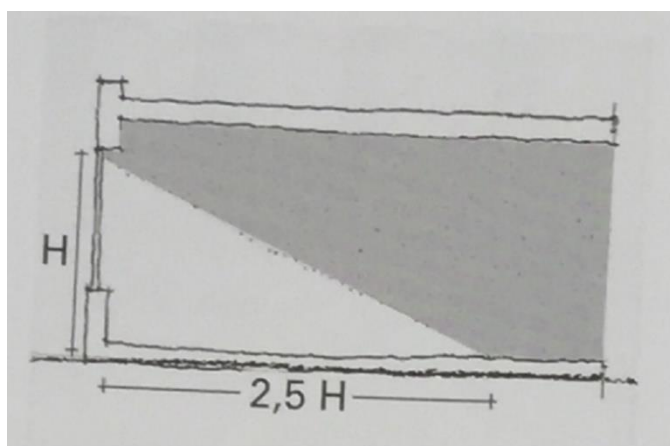


Fonte: Coletto, 2017

Há vários métodos de abertura para obter-se iluminação natural no interior das edificações. A abertura zenital se dá por meio de claraboias, lanternins, entre outros. É inserida a iluminação por níveis homogêneos de luz difusa que são distribuídas em várias áreas da edificação, sendo fácil de planejar e solicitando “controles menos complexos de iluminação elétrica”. A iluminação lateral se dá por meio de aberturas verticais nas paredes externas da edificação, sendo mais complicada para projetar devido ao cuidado que deve-se ter em equilibrar o tamanho, a localização, transmitância visual e as características específicas do

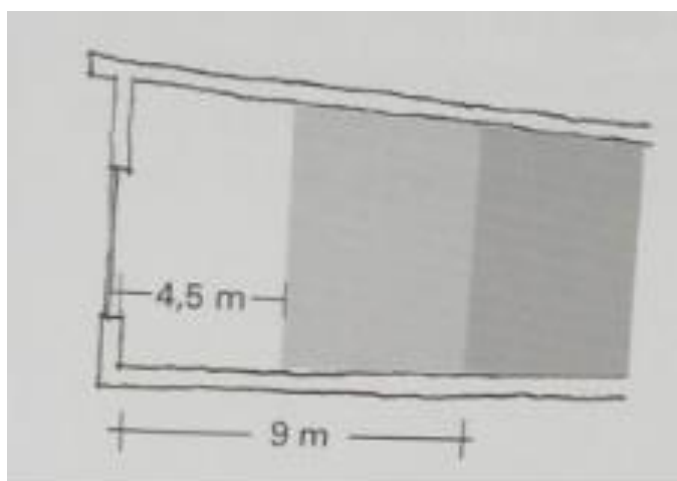
desempenho energético das vidraças. São as janelas, em uma das paredes externas da edificação, que permitirão o ingresso da luz natural para o interior e na iluminação lateral os níveis de luz diurna em um cômodo tendem a ser mais altos no lado que a abertura se encontra. Para o cálculo do alcance da luz diurna aproveitável vindo da iluminação lateral, deve-se multiplicar a altura da janela vezes 2,5, assim os níveis significativos de luz diurna alcançam 2,5 vezes a altura da abertura da janela. Por exemplo, se a janela possui 1,20 de altura, a luz diurna alcançará até 3 metros de luz diurna dentro da edificação (ver figura 1). Já para edifícios com pavimentos múltiplos, a regra é 4,5/9, que afirma que, com um bom projeto, é possível iluminar até 4,5 metros do interior da edificação com janelas laterais, criando uma zona secundária de iluminação que chega até 9 metros de distância da janela (ver figura 2), unindo a energia elétrica para complementação da iluminação nas zonas secundárias (KWOK e GRONDZIK, 2013, p.77-87).

Figura 5: Regra da iluminação natural da altura da janela vezes 2,5



Fonte: Kwok E Grondzik (2013, p. 86).

Figura 6: Regra de iluminação natural 4,5/9



Fonte: Kwok E Grondzik (2013, p. 86).

Frota e Schiffer (2003, p. 75) dizem que nas regiões de climas quentes, a irradiação solar direta deve ser evitada a fim de evitar ganhos excessivos de calor. Para a proteção do invólucro de uma obra deve-se atentar a posição do sol para impedir a insolação demasiada em determinadas épocas do ano onde deseja-se barrar os raios diretos.

Corbella (2003, p.47) reitera que a luz natural utilizada para iluminação das edificações é apenas um complemento do sistema de iluminação, pois no período da noite, do amanhecer e do fim de tarde, bem como nos dias com densa nebulosidade, terá a necessidade da utilização da iluminação artificial, sendo assim, a iluminação artificial trabalha justamente com a iluminação natural. A cópia de projetos arquitetônicos elaborados em outros climas é altamente errônea, pelo fato de se implementar grandes fachadas envidraçadas e tendo que protegê-las da irradiação excessiva, como ocorre no Brasil, consequentemente implementam o vidro escuro (a penetração de irradiação solar é menor, pois a cor escura dos vidros promove maior absorção) causando um calor excessivo no interior das edificações. Em consequência da implementação do vidro escuro, a intensidade da luz perde-se excessivamente, sendo necessário o uso da iluminação artificial nas edificações. Neste esquema viciante foi retirada uma parte do calor solar (considerando o vidro transparente) e em seu lugar há energia radiada pelos vidros quentes e pela iluminação artificial aquecendo igualmente o ambiente, e, consequentemente, aumentando o consumo de energia convencional.

Para calcular o nível e a qualidade de iluminação artificial interna deve ser considerado o conhecimento da luminosidade da abobada celeste local, geometria e tamanho da sala

estudada, tipo de vidro utilizado nas janelas, cores das superfícies internas e superfícies refletoras externas, constando que a finalidade da utilização do ambiente determina o nível de qualidade da iluminação tanto artificial quanto natural.

Como afirma Roaf *et al.* (2009, p. 139), um hábito desastroso é usar janelas de tamanhos relativamente grandes, sendo que se pode projetar janelas pequenas especificamente para a ventilação local ser efetiva. Para obter-se um bom projeto de iluminação natural, deve-se ter em conta as direções Norte/Sul/Leste/Oeste bem como a trajetória do sol em cada latitude diferente. Para isso, utiliza-se a carta bioclimática.

Corbella (2003, p. 220) realizou um estudo de incidência da radiação solar em fachadas em edificações com latitudes⁴ 12° e 30°, e as fachadas que mais receberam o sol no verão, por ordem de importância, foram o teto, as fachadas Leste e Oeste e as fachadas Norte e Sul. A radiação solar atinge a superfície de uma parede externa, converte parte de sua energia em calor e, conseqüentemente, aumenta a temperatura da superfície externa por meio de condução, o calor penetra pelas superfícies, aquecendo seu interior. As fachadas que minimizam a incidência solar são a Leste e Oeste. Pois, como exemplo, nas latitudes 12° entre 30°, a fachada Sul recebe incidência solar nas primeiras horas da manhã e nas últimas horas da tarde, a fachada Norte recebe incidência solar perto do meio dia, a fachada Oeste recebe incidência solar por toda a tarde e a Leste por toda a manhã. Um modo muito eficiente para controlar a incidência solar nesta edificação seria inserindo vegetação nas fachadas Leste e Oeste, *brises-soleils* horizontais na fachada Norte e *brises-soleils* verticais na fachada Sul. Este método de correção auxiliaria na eficiência energética da edificação, bem como a redução no consumo de energia.

Lamberts *et al.* (2014, p.76) explica que a luz solar direta tem uma luminância muito intensa para ser usada sobre o plano de trabalho, por este motivo, os projetistas não utilizam a luz solar em seus projetos, pois a mesma possui o aquecimento solar passivo, sendo desvalorizada por sua componente térmica. Na realidade, a luz natural direta introduz menor quantidade de calor na edificação do que a maioria das lâmpadas e ainda contribui para a diminuição da carga de resfriamento noturno causada pelo uso da iluminação artificial. Corbella (2003, p.247) compara as vantagens e desvantagens da iluminação natural e a iluminação artificial:

⁴ A latitude varia de acordo com a região estudada e é responsável por determinar o ângulo de incidência da radiação solar com relação ao plano horizontal do lugar FROTA E SCHIFFER (2003, p. 56).

- A luz natural poupa energia; é variável; não controlável; precisa de aberturas; cor variável; varia com a latitude e não polui;
- A luz artificial consome energia; é contínua; controlável; não precisa de aberturas; sua cor é fixa; não varia com a latitude, porém polui.

3.1.2 Ventilação

Burke e Keeler (2010, p.87) alegam que a qualidade do ar interno está ligada diretamente com a produtividade, saúde e conforto dos usuários, sendo que a melhoria das taxas de ventilação e o melhor controle de temperatura desempenha a melhoria nos trabalhos e nos estudos.

Roaf *et al.* (2009, p.120) afirma que a ventilação se dá pelo movimento do ar no interior de uma edificação para o exterior, porém a preocupação do projetista é o controle da quantidade dessa ventilação. A movimentação do ar se dá por intermédio da inserção de um mecanismo que proveja uma determinada pressão: a pressão positiva sucede-se no lado dos ventos de uma edificação contra o qual o ar é impulsionado com uma determinada força, já a pressão negativa ocorre no sota-vento de um edifício, sugando o ar da edificação. Dado isto, há duas maneiras de criar o gradiente de pressão:

- Utilizando-se de diferentes pressões ao redor do edifício, que são geradas por ventos;
- Utilizando-se das diferentes pressões que são geradas por diferentes pressões no interior da edificação, pois o ar quente é menos denso que o ar frio, o ar quente sobe e o ar frio desce, essa movimentação de massas de ar geradas por pressão é denominada efeito chaminé.

Segundo Bittencourt e Cândido (2010, p.10-11) existem dois tipos de ventilação em uma edificação: a mecânica e a natural. A ventilação natural se dá pela ventilação obtida por meios naturais, sem necessitar de ajuda mecânica¹⁰⁰, sendo que a ventilação natural pode ser usada para as finalidades:

- Manter a qualidade do ar nos ambientes internos;
- Remover a carga térmica adquirida pela edificação, decorrente dos ganhos de calor externos e internos;
- Implementar o resfriamento fisiológico dos usuários.

Toda e qualquer ventilação utilizada, para manter a qualidade do ar interno, se dá por certa renovação de ar dos espaços, removendo impurezas e mantendo os níveis de oxigênio em patamares apropriados. A ventilação utilizada para resfriamento durante a noite se dá com

objetivo de resfriar as edificações que obtém ganhos térmicos durante o dia por meio da insolação e, produzidos no próprio interior da mesma pela presença de usuários, equipamentos elétricos, iluminação artificial, entre outros. A ventilação, nesse caso, tem a função de igualar as temperaturas externas e internas da edificação, removendo a carga térmica interna.

Como afirma Roaf *et al.* (2009, p.124-139), a ventilação indireta resfria ou aquece a estrutura da edificação, melhorando o conforto térmico do usuário, utilizando eficientemente a energia “gratuita”, pois o calor solar diurno é armazenado na estrutura e usado na parte da noite, ou então o frescor da noite pode ser armazenado para refrescar os usuários que utilizarão o espaço durante o dia. A ventilação noturna se dá pelo processo de remoção do calor das massas da edificação pela passagem do ar que irá resfriar as superfícies como paredes, piso e o teto dos cômodos, mas para que esse processo possa ser viável e eficaz, as entradas e saídas do ar devem ser expostas de uma maneira segura durante a noite. A compartimentação da edificação exclui a possibilidade da circulação de ar em seu interior desconectando-a do clima externo. A edificação não pode ter aberturas em apenas um lado, ou janelas em uma única parede, pois não distribuem de forma igual o calor da edificação. Quando os cômodos não são interligados, a parte da edificação que recebe insolação é muito mais quente do que os cômodos que não recebem insolação, sendo assim o calor dentro da mesma fica heterogêneo. Nesse caso, a solução se dá por colocação de uma porta que faz com que os ambientes se conectem e o cômodo que recebe mais insolação não fique superaquecido. Para uma boa circulação de ar interno, as janelas devem ser projetadas de maneira que atendam a necessidade do cliente, obtendo assim seu conforto térmico.

3.1.3 Arquitetura Sustentável e eficiência energética

[...] a essência dos sistemas é a energia; os sistemas são o instrumento para a circulação da energia. A energia e a informação são as forças que permitem que as estruturas se adaptem à mudança de fenômenos ambientais, ou seja, a complexidade do ambiente ecológico, o aumento da informação e da transitoriedade das situações. (MONTANER, 2008, p. 190).⁵

Jourda (2013, p. 1) alerta a conscientização dos recursos do planeta, atualmente, são limitados e causará uma revolução tecnológica e cultural, sendo mais importante que a

⁵ Texto original: [...] la esencia de los sistemas es la energia; los sistemas son el instrumento para la circulación de la energia. La energia y la información son las fuerzas de intercambio que permiten que las estructuras se adapten a los fenómenos cambiantes del entorno, es decir, la complejidad del medio ecológico, al incremento de la información y la fugacidad de las situaciones. (MONTANER, 2008, p. 190).

Revolução Industrial⁶, pois em matéria de planejamento, infraestrutura, urbanismo e arquitetura consome mais de 40% desses recursos, sendo possível a construção de edifícios de baixo impacto para o planeta.

Roaf *et al.* (2009, p.32) afirma que o mundo tem respondido cuidadosamente aos desafios do meio ambiente global, utilizando a ciência e a inteligência necessárias para identificar e desenvolver programas necessários para enfrentar esses desafios, erradicando a destruição dos recursos naturais e a poluição do planeta. Para Burke e Keeler (2010, p.XI) os principais responsáveis pela demanda de energia e de materiais que geram gases de efeito estufa e derivados é a construção civil e o próprio uso das edificações. Roaf *et al.* (2009, p.25) atenta-nos ao fato de que o principal gás-estufa é o gás carbônico, e a sua principal fonte são as edificações: cerca de 50% de todas as emissões produzidas pelo homem.

Como afirma Corbella (2003, p.16-17) a expansão das técnicas construtivas e o combustível barato em abundância, a tecnologia dos engenheiros foi tomando conta até das próprias técnicas de arquitetos, que logo foram esquecidas, resultando no esquecimento do conforto térmico inserido no projeto da edificação, e passando a responsabilidade para o engenheiro térmico, a luz natural (também estudada no projeto), foi substituída por luz artificial, que era responsabilidade do engenheiro eletricitista, bem como o conforto acústico deixou de ser considerado. Este tipo de arquitetura foi causando uma série de problemas, como o consumo de energia elevado para amenizar esses problemas, devido aos baixos custos, não foi levado em conta a poluição que o consumo de energia poderia causar. Porém, em 1973, ocorreu a primeira crise energética, relacionada ao grande aumento do valor do petróleo, fazendo com que os confortos, que eram levados em conta na fase do projeto, voltassem a ser considerados nas edificações, que foi chamado de arquitetura solar, incorporada ao edifício para auxiliar em sua calefação, contribuindo para a diminuição do consumo de energia convencional. A preocupação com os recursos que antes eram abundantes e tornaram-se escassos, abriu espaço para uma

⁶ Para Glancey (2001, p.136) a Revolução Industrial trouxe a miséria a todos os que foram forçados a trabalhar em fábricas e as cidades cresceram além da sua capacidade de proporcionar locais civilizados para a população, a poluição tomou forma grandiosa, surgindo novas formas de acidente e de doenças; a era do artesanato. Foi extinguida a arquitetura foi mecanizada, arquitetura de engenheiros, fugindo dos ensinamentos estéticos e seguindo apenas a funcionalidade e a agilidade de obras produzidas em massa que necessitavam atender à demanda.

arquitetura que se preocupava com o conforto ambiental e seu impacto na natureza, a arquitetura Bioclimática⁷.

A arquitetura sustentável é a continuidade da arquitetura bioclimática, devido à interação do edifício com o meio ambiente, formando um conjunto, com o objetivo do aumento da qualidade de vida do ser humano e do clima local, totalizando no consumo reduzido de energia, porém provendo o conforto ambiental, gerando um mundo menos poluído para as futuras gerações. Todo o meio se ajusta, o projeto da edificação e o meio em que está inserido tornam-se um único elemento que trabalha consigo mesmo. Romero (2001, p. 13) relata que os elementos do desenho bioclimático interpretam os elementos pertinentes ao espaço público como uma moldura, criando fatores para o desenho ambiental integrar-se com o mesmo. A prática da arquitetura e desenho urbano é aplicada sem considerar os impactos que provocam no ambiente, gerando o desequilíbrio do meio e do conforto e na salubridade da população urbana.

Lamberts *et al.* (2014, p. 5-7) afirma que a arquitetura, atualmente, deve ser vista como um elemento que necessita “ter” eficiência energética sendo que esta é entendida como um “atributo inerente à edificação representante” do seu próprio potencial em promover conforto térmico, visual e acústico para os usuários e tudo isso consumindo o mínimo possível de energia elétrica. Um edifício energeticamente falando, é mais eficiente que outro quando as mesmas estão inseridas em um local com as mesmas condições ambientais porém com menor consumo de energia. Um bom projeto arquitetônico deve incluir análises sobre o seu desempenho energético, pois cada decisão no projeto influencia diretamente no desempenho térmico e luminoso da edificação.

Kwok e Grondzik (2013, p.17) enfatiza que o trabalho com projetos ambientais vai além de reunir peças ou “escolher sistemas como se fossem itens de um catálogo”, pois deve ser como em uma grande colagem onde é prioridade que as peças se mesquem, executando-as com variações infinitas.

⁷ Bioclimática: Serra (1999) reitera que a arquitetura bioclimática otimiza as relações energéticas com o entorno e o meio ambiente, aproveitando o sol no inverno e evitando-o no verão, utilizando ventilação para controlar a umidade e para erradicar o ar quente, usando o insolamento de forma a aproveitá-lo para reduzir trocas térmicas com o seu exterior.

3.2 CONFORTO TÉRMICO

Para Frota e Schiffer (2003, p.17) a arquitetura tem a função de oferecer conforto térmico ao usuário no interior do edifício, tendo como variáveis a temperatura, a umidade e velocidade do ar, e a radiação solar que incide sobre o local. Para o local fornecer conforto térmico, deve-se levar em conta que o (s) usuário (s) é (são) um organismo com mecanismo complexo que pode ser comparado com uma máquina térmica, pois produz mais ou menos calor, dependendo da atividade do local. O conforto térmico acontece quando o corpo humano consegue realizar a troca de calor com o ambiente sem muito esforço, levando em consideração que a sua capacidade de trabalho é máxima. As trocas térmicas acontecem da mesma forma, porém a sua quantidade é que altera, por exemplo, quando o indivíduo está praticando alguma atividade física, em uma academia por exemplo, o mesmo produz mais calor do que um indivíduo que está sentado trabalhando em uma edificação comercial.

Corbella (2003, p.30) afirma que um ambiente físico confortável é aquele em que o usuário se sente em neutralidade com o mesmo. Ainda Frota e Schiffer (2003, p.17) dizem que o conhecimento das exigências humanas no quesito de conforto térmico e do clima deve associar-se às características térmicas dos materiais, utilizando um partido arquitetônico adequado aos climas do local de construção da edificação. Tendo isto como base, é possível projetar edifícios e espaços urbanos que obtenham resposta térmica em relação as exigências de conforto térmico.

Segundo Hertz (2003, p. II) quando o homem intervém no meio natural, altera formas, cores e materiais, podendo causar a alteração no clima e até formar os chamados climas urbanos⁸, mudanças na atmosfera podem ser:

1. Temperatura;
2. Umidade;
3. Ventos/ventilação;
4. Nebulosidade;
5. Composição química;

⁸ Para Romero (2001, p. 48) o clima urbano é a modificação considerável de um clima local, proveniente do desenvolvimento urbano, pois a cidade modifica o clima decorrente da alteração da superfície, provoca o aumento da temperatura, modifica os ventos e a umidade e pode alterar até as precipitações (no geral, aumentam), alterando a composição da atmosfera.

Sendo assim, as alterações impostas pelo homem podem ser utilizadas de forma a aproveitar as qualidades dadas dessas alterações para a melhoria ou redução de algumas características inconvenientes.

Como diz Corbella (2003, p. 25) o conforto térmico e visual de espaços abertos depende do projeto urbano, sendo que as decisões do arquiteto-urbanista transformam o microclima confortável ou insuportável e é o clima que determina as decisões de um projeto. Nas zonas tropicais, os usuários não podem ficar expostos à radiação solar por um longo período de tempo, pois causa desconforto térmico e visual (proveniente do ofuscamento causado pelo excesso de luz). O conforto visual se dá por meio do bem-estar em ver bem. A condição necessária para realizar determinadas tarefas é um bom nível de luz, seguindo normas para as diversas tarefas, diversas idades dos usuários e só se torna efetivo quando não há ofuscamento, nem grandes contrastes, pois são fatores que levam ao cansaço visual.

3.3 USO DO VIDRO COMO SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA

Segundo Finestra (2005) o vidro ocupa lugar de destaque na arquitetura contemporânea, porém em países de clima tropical como o Brasil, por exemplo, o cuidado com a utilização deve ser redobrado devido a entrada de luz e a abertura de vistas estarem suscetíveis à carga extra de energia térmica adquirida pela radiação solar, aquecendo o ambiente interno rapidamente.

3.3.1 O efeitos do vidro

Lamberts *et al.* (2014, p.13) afirma que os edifícios do arquiteto Mies van der Rohe⁹, inspiraram muitos projetistas, que “copiaram” o estilo das cortinas de vidro dos edifícios-escritório, sem levar em conta as características culturais e climáticas de cada local. Indicando símbolo de poder, contavam com sofisticados sistemas de ar condicionado e megaestruturas de

⁹ Mies van der Rohe, famoso por sua frase "menos é mais", foi um dos mais proeminentes arquitetos modernistas, célebre pelo vasto uso do vidro em seus edifícios. Sua obra introduziu um novo nível de simplicidade e transparência, e seus edifícios foram muitas vezes reconhecidos como uma arquitetura de "pele e osso" devido à sua ênfase em estruturas de aço e fachadas de vidro. Além de Mies Van der Rohe, o vidro também foi uma importante influência para muitos arquitetos do movimento moderno e reformulou a maneira com a qual pensamos e definimos o espaço. Hoje, o vidro se tornou um dos materiais mais utilizados na construção de edifícios, mas sua maior expressão arquitetônica provavelmente é melhor exemplificada no trabalho de Mies ARCHDAILY (2016).

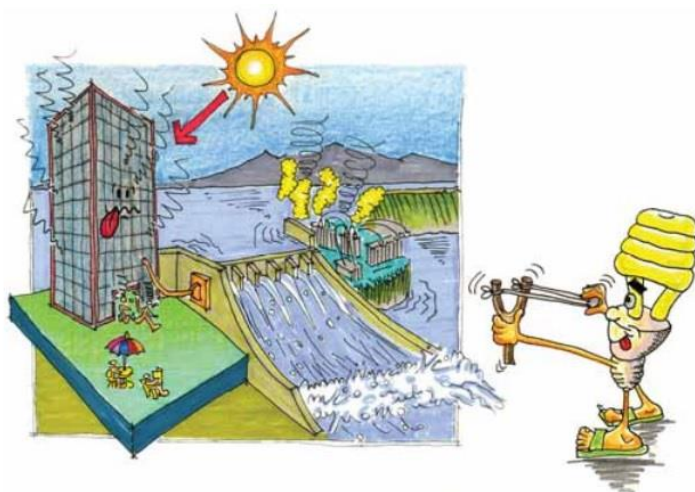
aço e concreto. Levando em conta isto, como afirma Castro (2006, p.3) as superfícies transparentes são elementos que possuem um alto fluxo de calor, sendo assim, são mais vulneráveis, principalmente em regiões de grande insolação, como no Brasil, pois possui a característica de transmissão direta da radiação solar incidente para o interior das edificações e de causar o efeito estufa (elevada temperatura interna). Uma maneira de evitar o efeito estufa se dá por utilizar vidros com propriedades refletivas e desempenho térmico melhores.

Figura 7: Seagram - Mies Van der Rohe - Nova York



Fonte: ArchaDaily, 2012.

Figura 8- Edifício estufa



Fonte: Lamberts *et al.*, 2014, p.14.

Para Romero (1999) o envidraçamento de edifícios causa ganhos extras de radiação solar e faz com que os ambientes se tornem dependentes do condicionamento de ar, pois os edifícios-escritório, no seu formato de caixilho fechado, impossibilita a ventilação diurna e noturna. Nos centros urbanos brasileiros esse problema é muito comum, pois é fácil achar edifícios torre com grandes áreas envidraçadas expostas à radiação intensa sem nenhum tipo de proteção solar exterior.

Conforme Castro (2006, p.2), do ponto de vista do conforto ambiental, o conforto térmico e visual está diretamente ligado à radiação solar e as janelas, pois é através dessas janelas transparentes que a radiação solar adentra o recinto. Lamberts *et al.* (2007, p. 92) afirma que para amenizar as consequências térmicas que são criadas pelo vidro comum, outros tipos de vidro como os absorventes (atérmicos) e os refletivos foram desenvolvidos.

Os cuidados com escolhas corretas de material, obedecendo as condições climáticas locais, não atingem negativamente ou positivamente apenas o interior da edificação, mas também o entorno. A construção do arranha-céu 20 Fenchurch, em Londres é um bom exemplo da escolha errônea do partido arquitetônico e/ou dos materiais. O edifício possui 37 andares, fachada curva e é revestido por vidro espelhado. O projeto venceu um concurso de arquitetura e apresenta o topo mais largo do que a base, um jardim elevado com vista panorâmica de 360° está localizado na cobertura, o edifício possui 180m de altura no seu total e seguiu o formato curvo devido a tentativa de respeitar o caráter histórico da cidade, contornando o rio e o traçado das ruas milenares. O que o arquiteto uruguaio Rafael Viñoly não percebeu em seu projeto é que a fachada poderia transformar-se em uma concha refletiva da irradiação solar concentrada, ou seja, um grande espelho côncavo, ofuscando os usuários que transitam e trabalham na região, queimando tapetes de lojas e ocorreu até o derretimento de um carro estacionado por uma hora próximo à localidade do edifício. Os testes de medição da temperatura do solo marcaram em torno de 92°C. O vidro espelhado utilizado juntamente com o formato curvo formou um foco concentrado de energia solar proveniente da irradiação direta, refletindo de forma concentrada nas ruas do entorno da edificação causando efeitos nocivos aos transeuntes e trabalhadores locais (ARQBACANA; JORNAL NACIONAL. 2017).

3.3.2 Tipos de vidro utilizados na Arquitetura

Segundo Finestra (2005) os vidros especiais otimizam o desempenho energético das edificações colaborando com a redução do uso da luz artificial, pois permitem a entrada da luz natural. Quanto maior a área envidraçada, maior será a incidência de luz e calor solar sobre a edificação. Se os raios do sol não forem barrados de alguma forma, a edificação dependerá de condicionamento de ar para gerar conforto térmico ao usuário, sendo assim, o edifício se tornará um grande consumidor de energia. Alguns processos industriais como a laminação, metalização e a fabricação de insulados, insere no mercado uma gama de materiais vidrosos com desempenho eficiente para os mais diversos fins, garantindo segurança e elevando os níveis de conforto térmico e acústico nas edificações, tudo isso mantendo a transparência do material para assim unificar o ambiente externo e interno. Conforme diz Azeredo (2004, p.127) o vidro é basicamente um produto monolítico, plano transparente ou translúcido que é resultado da fusão de sílica com fundentes rochosos (feldspato, dolomita e calcário) e fundentes industriais (carbonato de sódio e sulfato de sódio), logo após a fusão o vidro é resfriado até que atinja uma dada condição de dureza, porém sem que ocorra a cristalização. Segundo a revista Finestra (2005), Castro (2006, p.14-20) e Azeredo (2004, p. 133-135) as características dos vidros podem ser classificadas em tipo, forma, transparência, acabamento da superfície, e coloração. Os tipos disponíveis são o recozido, o temperado, o laminado, o aramado, o termo absorvente e o composto. A forma pode ser plana, curva, perfilada ou ondulada. A transparência classifica-se em transparente, translúcida ou opaca. O acabamento da superfície pode ser liso, polido, impresso, fosco, espelhado, gravado, esmaltado e termo refletor; e a coloração se dá por vidros coloridos ou então incolores. Sendo assim, suas definições são:

1. vidro plano (float): se dá pelo processo de fabricação do vidro plano transparente e pode ser chamado de vidro liso ou comum. O processo de fabricação do mesmo é a base utilizada na fabricação de outros vidros como os coloridos, os laminados e os refletivos e tem como característica sua transparência, sendo ideal para aplicação em locais que exijam uma visibilidade perfeita com alta transmissão de luz;

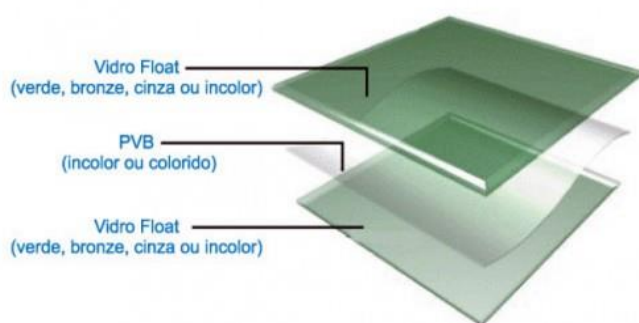
2. temperados: considerados vidros de segurança¹⁰, são utilizados para produzir produtos na linha de vidro especial utilizados na arquitetura como os laminados e os de controle

¹⁰ Vidros de segurança: essa categoria é formada por vidros que quando avariados produzem fragmentos menos suscetíveis de causar ferimentos graves que os vidros recozidos em condições iguais, obedecem às exigências das Normas NB-226 (AZEREDO, 2004, p. 134).

solar. Após passar pelo processo de têmpera, o vidro *float* (plano) se transforma em semi temperado ou temperado, devido ao termo endurecimento (chapa aquecida ou resfriada). Quando utilizados em fachadas suspensas, os vidros são presos por parafusos especiais, e os furos que recebem esses parafusos devem ser feitos antes do termo endurecimento, pois após o processo de têmpera, os vidros não podem mais ser cortados;

3. laminados: são utilizados em fachadas de edifícios comerciais e possuem propriedades especiais como por exemplo: se o vidro é quebrado, o mesmo não estilhaça, pois fica preso à película de polivinilbutiral (PVB). São compostos por duas ou mais chapas de vidro intercaladas por películas de PVB, porém pode ser feita também com resinas especiais que garantem o mesmo desempenho e ainda facilitam o curvamento das placas de vidro. A laminação se dá por pressão e calor onde o vidro é comprimido (para retirada de bolhas de ar do interior) para adesão das chapas de vidro ao PVB. Posterior a calandragem o painel passa por uma autoclave, recebendo uma nova carga de pressão para garantir a adesão das chapas. O vidro laminado possui um conforto acústico considerável devido a espessura da película de PVB.

Figura 9: Vidro laminado



Fonte: Vidraçaria BH Glass. 2017

O conforto térmico, utilizando vidros laminados, se dá quando o material é produzido juntamente com placas de vidro de controle solar (termo absorventes) ou então películas que possuem aditivos responsáveis pela retenção de energia. Os vidros que possuem controle solar utilizados na arquitetura se dividem em: refletivo, *low-e*, insulado e serigrafado.

3.1 refletivo ou termo refletor: controla o processo de filtragem dos raios solares em pelo menos 20% através da reflexão de uma parte apreciável da radiação, garantindo controle eficiente de intensidade de luz (evitando o ofuscamento) e de calor transmitidos para o interior

das edificações. No Brasil atualmente, o tratamento refletivo pode ser inserido sobre qualquer espessura de vidro *float*, as espessuras mais comercializadas no Brasil são 4, 6, 8 e 10mm. Para que os vidros *float* se transformem em refletivos, os mesmos passam pela aplicação de uma camada metalizada em uma de suas faces, obtida por processos como o pirolítico ou de câmara a vácuo. O vidro pirolítico funciona como filtro solar baixo ou intermediário e o processo de câmara a vácuo tem como resultados em vidros refletivos com melhor desempenho na proteção solar, porém com camada refletiva mais superficial. A especificação dos vidros refletivos deve passar por estudos sobre suas características como o desempenho incluindo elementos como transmissão de luz, calor, refletividade, cor do vidro e localidade da edificação, pois se esses estudos não forem realizados, pode resultar em claridade desconfortável para os usuários, bem como o aquecimento demasiado dos ambientes internos, podendo ainda ocorrer a quebra de vidros devido ao *stress* térmico causado pela alta absorção de energia.

Figura 10: Vidro refletivo temperado



Fonte: BLINDEX – 2017

Os vidros refletivos não são espelhos, pois refletem apenas uma parcela da irradiação para o lado onde há mais luz, sendo assim, durante o dia a reflexão é externa e durante a noite é interna, se for excessiva pode causar desconforto. A radiação solar se divide assim: parte dela atravessa o vidro, penetrando no ambiente interno (transmissão direta); parte é refletida para fora e a terceira parte é absorvida pelo vidro, aquecendo-se e redistribuindo o calor (uma parte vai para o exterior e a outra para o interior). Quando a luz direta transmitida for reduzida, escurecerá o interior, exigindo maior uso da iluminação artificial.

3.2 metalizados *low-e*: são transparentes com um leve tom esverdeado ou azulado, metalizados *low-e* (baixo emissivo), muito utilizados em fachadas pois influencia muito na estética do mesmo, auxilia no controle solar sem criar o efeito “espelho”. Este vidro recebe uma camada fina metálica em uma de suas faces que forma um filme que protege e filtra os raios

solares e ultravioleta, porém permitem a passagem da luz natural e foi criado para climas frios (que necessitam do interior da edificação com temperaturas mais elevadas).

Figura 11: Vidro *low-e*



Fonte: TECNOVIDRO - 2017

Para climas tropicais ganhou uma camada nomeada como “*low-e* para todo efeito” que permite a passagem da luz natural possuindo propriedades refletivas. Este vidro possui um desempenho energético excepcional, refletindo para o exterior as radiações entre 8% e 10% e sua transmissão luminosa chega a 70% e 80%. A única desvantagem é sua delicadeza no manuseio, pois a camada metalizada pode ser facilmente destruída no próprio manuseio.

3.3 serigrafados, impressos ou esmaltados: se dá pelo processo de transferência de desenhos e superfícies de cor de uma matriz para um suporte, a imagem é fixada sobre uma tela de seda ou *nylon* vindos dos processos fotográficos e assim se definem as áreas que serão permeáveis e as que serão impermeáveis.

Figura 12: Vidro impresso temperado



Fonte: BLINDEX – 2017

A técnica mais utilizada é a aplicação de esmalte cerâmico (tinta vitrificada) à lâmina de vidro. Alguns tipos de vidro refletivo podem ser serigrafados, para aumentar o bloqueio dos raios do sol, são usados os vidros refletivos juntamente com vidros serigrafados. Para fachadas,

coberturas, escadas e guarda-corpos a norma estabelece que devem ser utilizados vidros serigrafados laminados. Outros tipos de vidro podem ser divididos em:

- Vidro aramado: é formado por uma única chapa de vidro e o seu interior contém fios metálicos que são incorporados à sua própria massa. Quando quebrado, mantém os estilhaços presos aos fios metálicos unitários;
- Transparente ou polido: transmite luz em sua totalidade e a visão é nítida, sem distorções;
- Translúcido: a luz é transmitida com vários graus de difusão, sendo assim, a visão através deste tipo de vidro não é nítida;
- Opaco: impede a passagem de luz;
- Liso: é transparente porém tem como característica uma leve distorção das imagens refratadas causadas pelas características de sua superfície;
- Espelhado: reflete a totalidade dos raios luminosos;
- Coloridos: produzidos com o mesmo sistema dos vidros incolores recebendo aditivos minerais com a coloração desejada. No Brasil, comercializa-se esse tipo de vidro de 2 a 19mm de espessura nas cores cinza, verde, bronze e incolor.
- Gravado ou jateado: obtido com tratamento químico ou mecânico em apenas uma ou nas duas faces do material, tornando-o ornamental.

Figura 13: Vidro jateado ou gravado



Fonte: Vidraçaria Show Glass. 2017

Atualmente no Brasil, avanços tecnológicos constantes abrangem a fabricação dos vidros, seguindo normas estabelecidas pela ABNT, como normas que estabelecem condições exigíveis e os requisitos mínimos para aceitação dos vidros de segurança nas mais variadas

finalidades. Toda e qualquer fabricação deste material deve seguir as Normas da ABNT para ser possível serem comercializados (ABRAVIDRO, 2017).

3.4 PROTEÇÃO SOLAR

Segundo Cunha (2011) as proteções solares começaram a se fazer presentes na Arquitetura Moderna nas décadas de 30 e 40 no Brasil, feitas em argamassa armada ou concreto, podendo ser compostas em tiras ou até mesmo grandes vãos tradicionalmente produzidos em concreto armado. Na maioria das regiões brasileiras o controle térmico e visual por meio de proteção solar é necessário, por ser um país tropical, a incidência de raios solares no país todo é alta.

Os elementos de proteção solar reduzem drasticamente os ganhos térmicos solares das edificações, porém proporcionando iluminação natural diurna. As proteções solares podem tanto reduzir os ganhos como também obter ganhos térmicos, dependendo da região da edificação (geralmente em climas frios é utilizado para obter ganhos). Para a redução, pode-se usar elementos opacos para sombrear fachadas. A radiação solar pode ser refletida, absorvida ou transmitida, dependendo unicamente dos materiais utilizados para cada finalidade (KWOK E GRONDZIK, 2013, p. 115).

Frota e Schiffer (2003, p.46) reitera que os *brises-soleils* são elementos de proteção solar, também chamados de quebra-sol, importantes para o projeto do ambiente térmico e pode ser utilizado tanto em fachadas transparentes e translúcidas como também em paredes opacas e leves. Os quebra-sóis podem ser posicionados interna ou externamente. Se a fachada for constituída por vidros duplos, o mesmo pode localizar-se até mesmo entre os dois vidros. A proteção externa é mais eficiente pois faz com que a radiação solar não chegue a penetrar nos materiais causando transmissão de calor. Cada projeto de *brise-soleil* deve ser elaborado para cada edifício levando em conta localização, função e orientação, as proteções podem funcionar melhor se forem instaladas internamente.

Cunha (2011) afirma que a concepção inicial do projeto de arquitetura deve-se atentar ao local de implantação da edificação pois a mesma irá estabelecer múltiplas relações com o entorno. O comprometimento da obra com o local é de suma importância e na fase do projeto devem ser definidas as características da edificação baseadas na pré-existência de linguagens, a altura, a escala, o aproveitamento da topografia, o domínio da paisagem, as relações funcionais de acessibilidade, entre outros. O valor do papel representativo da tecnologia no

projeto de arquitetura é identificado pela ênfase formal dos elementos como coberturas, planos verticais, sistemas de proteção solar, sistema estrutural, como também pelo caráter dos materiais que aludem à tecnologia como o metal, o vidro, entre outros. Em projetos típicos que necessitam remeter à tecnologia como aeroportos, edifícios industriais e administrativos reforçam a conceituação do caráter tecnológico valoriza o desenho do sistema de proteção solar, entre outras tecnologias. Os *brises-soleils* podem ser utilizados na vertical, na horizontal ou em ambos.

3.4.1 Tipos de *brises-soleils*

Bonafé (2017) define que certamente, os *brises-soleils* são os melhores controladores externos de ganhos de calor, iluminação e ventilação natural. A insolação, nas fachadas durante o verão devem ser evitadas, mas são bem-vindas nas épocas mais frias. Joene Saibrosa (arquiteta mestre em conforto pela Universidade de Brasília) explica que para edifícios com grande altura, deve-se considerar o peso dos *brises-soleils* que recairá diretamente na estrutura da edificação, e quando implantados *brises-soleils* móveis, deve atentar-se a deixar passarelas para a manutenção dos mesmos. Porém para edifícios de grande altura, Saibrosa recomenda o uso de *brises* fixos. No geral, eles podem ser pré-fabricados, fabricados sob medida ou moldados in loco, as tipologias das lâminas podem ser verticais, horizontais ou mistas, podendo ser fixas ou móveis, lisas ou perfuradas. Os materiais utilizados em sua fabricação são:

- Aço;
- Concreto;
- Madeira;
- Tela;
- Vidro;
- Policarbonato
- Painéis fotovoltaicos;
- Painéis prismáticos;
- Entre outros.

A lâmina perfurada é o material mais utilizado para este fim, mesmo para *brises* com angulação de abertura menor. O profissional deve considerar as características de cada material, necessidades, orçamento como também questões estéticas.

Kwok e Grondzik (2013, p.116) relatam que a proteção da radiação solar direta realizada com vedações, podem diminuir drasticamente os ganhos térmicos. Quando a vedação é interna com persianas, por exemplo, os ganhos térmicos da radiação solar através da janela chegam a reduzir em 20%, porém quando é implementada uma vedação externa (*brises-soleils*), os ganhos podem ser reduzidos em até 80%. A otimização dos efeitos de sombreamento, provenientes das vedações externas, ocorrem quando são implementados os *brises-soleils* móveis ou reguláveis, pois oferece a possibilidade de deslocá-los para permitir a entrada de luz, ou barrá-la de acordo com o horário, estação ou orientação. As vedações fixas são utilizadas para resolver a diferença entre o sol alto do verão (para dar sombra) e o sol baixo do inverno (para dar sol).

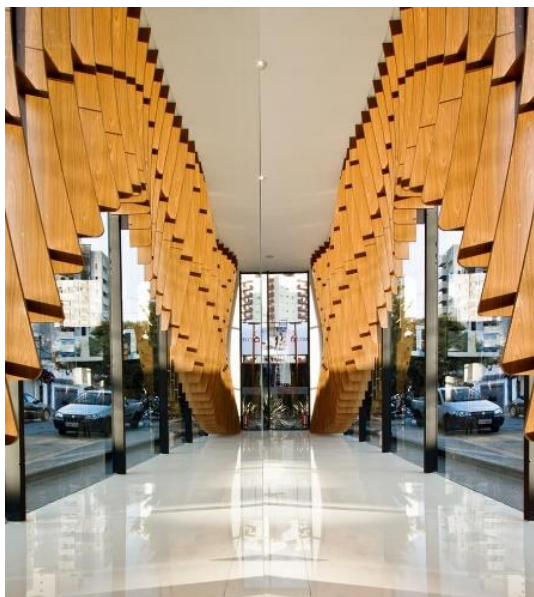
O Pavilhão Maracanã, projetado em 2014 pelo escritório de arquitetura PAX.ARQ foi construído com volumetria de uma grande caixa estruturada de alumínio, possui grandes vãos de vidro (integrando o interno e externo) e possui cobertura plana. Nesse caso, o *brise-soleil* foi utilizado internamente, utilizado com superfície amadeirada traz imponência e rusticidade para a edificação, sem deixar de lado sua principal função: controlar a incidência da radiação solar. O processo de fabricação destes *brises* foi completamente digitalizado com o intuito de reduzir custos e tempo de trabalho, aperfeiçoando o corte e o material utilizado. O Pavilhão combina iluminação natural (incidente durante o dia) e luz artificial durante a noite, reduzindo sobretudo o custo energético mensal da edificação (FARIAS, 2017).

Figura 14: Pavilhão Maracanã



Fonte: PAX.ARQ. 2017

Figura 15: Pavilhão Maracanã



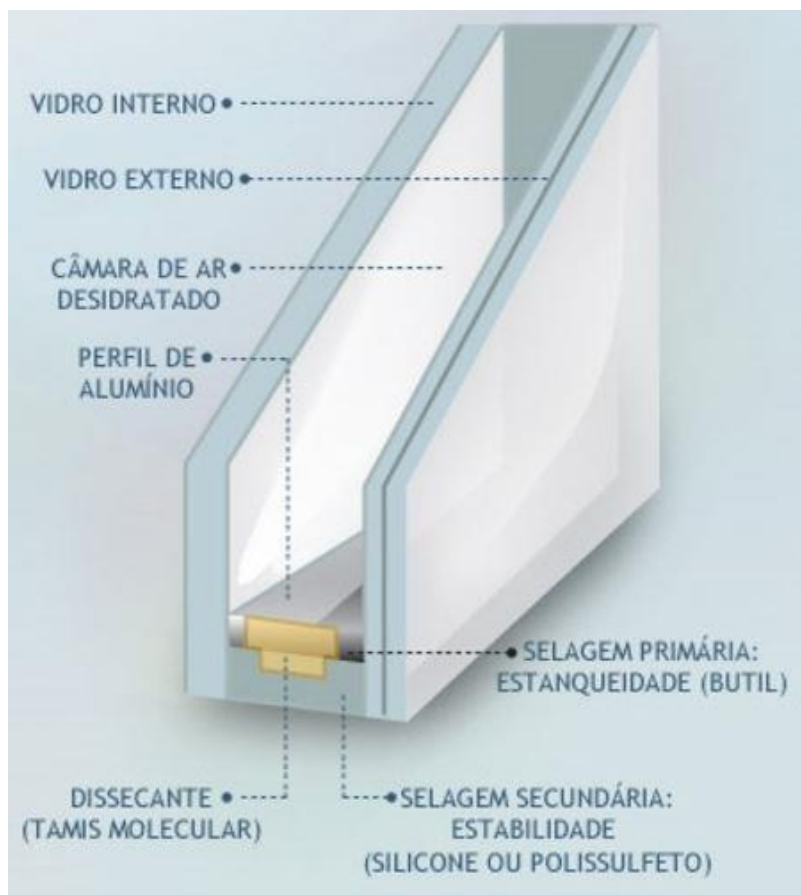
Fonte: PAX.ARQ. 2017

3.4.2 O vidro insulado

O vidro insulado é formado por duas ou mais placas de vidro paralelas (vidro duplo ou triplo). A câmara formada entre as peças de vidro, funciona como "estanque" devido à sua vedação ser feita com butil, com ação impermeabilizante, impedindo a transmissão de gases e vapores de umidade, além da peneira molecular (localizada na parte interna da câmara) que auxilia na absorção da umidade dentro da mesma, realizando a função de dissecação concentrada, garantindo que o ar encontrado dentro da mesma permaneça sempre seco e não embace com as diferenças de temperatura interna externa. O perfil estrutural é um dos elementos da estrutura que configura sua espessura, fornecendo estabilidade mecânica ao sistema. Vidros insulados fornecem conforto térmico e acústico e também iluminação natural, sem contar com economia de energia nas construções, são eficientes em qualquer lugar do país, desde as temperaturas baixas do Sul do Brasil até as temperaturas altas do Norte. Ideal para uso em casos onde a temperatura interna da edificação possui grande diferença em relação a temperatura externa, são mais indicados ainda para projetos que possuem grandes áreas envidraçadas com radiação solar intensa, pelo fato do vidro insulado diminuir a troca de temperatura entre os ambientes, barrar a entrada de calor, filtrar a luz natural e possuir baixo

teor reflexivo indesejável. O vidro insulado é uma das opções mais sustentáveis¹¹ em relação aos seus benefícios (ABRAVIDRO, 2017).

Figura 16: Vidro insulado



Fonte: Catálogo de Arquitetura, 2017

A câmara de ar entre as duas ou três chapas de vidro, faz com que o calor que passa do ambiente exterior para o interior, perca energia ao encontrá-la. Se nos vidros duplos forem utilizadas tecnologias de controle solar, o calor excessivo que transpassa os vidros, diminuirá mais ainda. Sendo assim, os vidros insulados proporcionam uma economia de energia principalmente no verão brasileiro, já que é nesta estação que há maior consumo de energia vindo do uso do ar-condicionado. Em questões acústicas, o vidro insulado é recomendável na maioria dos casos que se precisa de um isolamento acústico, tanto para bloquear ruídos de exterior para o interior como também para manter e isolar o som do interior de um cômodo,

¹¹ Vidros duplos proporcionam privacidade, aproveitando o máximo de luz natural e controle da luminosidade (entrada de luz e calor) além do isolamento térmico e acústico e sua longa durabilidade (ABRAVIDRO, 2017).

porém o vidro por si só não faz o bloqueio sozinho, deve haver um conjunto completo com um elemento de fixação da peça de vidro, seja porta ou janela, a vedação deve ser bem-feita. Considerando que uma porta de insulado possui um desempenho acústico de 35 decibéis e a vedação desse conjunto deixar um milímetro de fresta, o desempenho acústico desse conjunto perde 10 decibéis. Por esse motivo, não se pode considerar as vantagens apenas usando o vidro insulado de boa qualidade, sua esquadria e vedação também devem ser bem-feitas, caso contrário, as soluções mais caras poderão ser as que mais trazem desvantagens para o consumidor final. Em questões de economia de energia, o vidro insulado reduz os gastos pelo fato de reduzir o uso do ar-condicionado. Outra opção de utilização do vidro insulado, que vem aumentando, são as micro persianas instaladas nas câmaras de ar, fazendo assim, o perfeito controle da luminosidade, além de proporcionar privacidade ao usuário (O VIDRO PLANO b).

Figura 17: Vidro insulado com micropersianas



Fonte: BL Persianas, 2017

3.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Placas fotovoltaicas não devem ser confundidas com aquecedores solares, estes produzem apenas a água quente, já as placas fotovoltaicas produzem energia elétrica que pode ser utilizada para os mais variados fins em uma edificação (FORTE E FERRAZ, 2011).

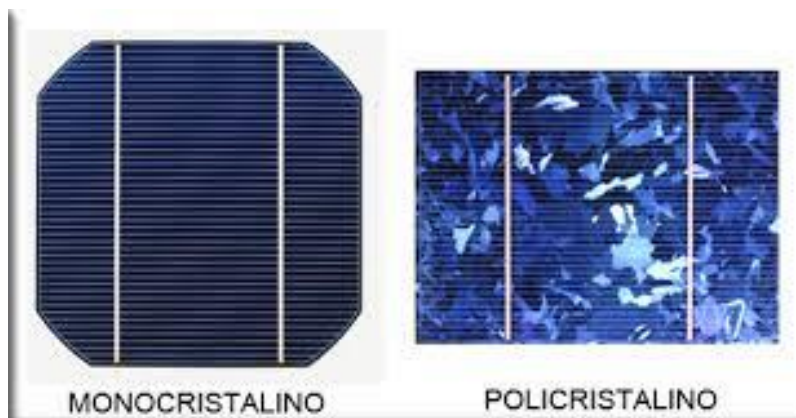
A energia fotovoltaica é definida como fonte de geração elétrica limpa, renovável e integra-se muito bem ao meio urbano, não produzindo ruído, além de serem peças de fácil e prático manuseio (CHIVELET, 2010, p.13).

3.5.1 O que é sistema fotovoltaico: definição

Os painéis são formados por estruturas que são denominadas células fotovoltaicas, produzidas de silício cristalino e arsenieto de gálio. O conjunto dessas células formam cristais que são cortados em formato de disco e polidos em seguida, posteriormente são adicionados fósforo e condutores metálicos, formando assim, as células. Dado este processo, as células são fixadas em painéis rígidos ou flexíveis que recebem uma placa de vidro para sua proteção (FORTE E FERRAZ, 2011).

O sistema fotovoltaico funciona com a unidade fotovoltaica básica: a célula solar, formando os módulos fotovoltaicos, que são conectados entre si a um gerador elétrico e são fabricados em materiais semicondutores que absorvem parte da radiação solar incidente, transformando-a em eletricidade com maior ou menor eficiência, sendo assim, a célula funciona como um gerador de energia elétrica. As células solares podem ser formadas de silício monocristalino e multicristalino. A mais eficiente é a célula solar monocristalina, que possui um aspecto escuro e sua superfície é texturizada (para melhor aproveitamento da luz) (CHIVELET, 2010, p. 33 a 35). É a tecnologia mais comercializada atualmente, chegando aproximadamente a 85% dos casos (O VIDRO PANO b). Os painéis de silício cristalino são os mais utilizados no mercado atualmente e sua eficiência comercial varia de 13% a 16% de conversão da energia solar (PORTAL SOLAR, 2017).

Figura 18: Placas fotovoltaicas silício monocristalino e policristalino



Fonte: Portal Solar, 2017

Quando se refere à grande escala de utilização de painéis, o Brasil ainda é um país que caminha em passos lentos se comparado com a Alemanha, Portugal, México e Canadá, que possuem parques de geração dessa energia limpa. Em pequena escala, como residências, por exemplo, o uso não é tão frequente por ter um custo alto. A iluminação externa da edificação e até mesmo a da rua, pode ser feita pela energia solar, com luminárias de LED disponíveis no mercado que funcionam unicamente com a energia solar, as lâmpadas “solares” funcionam como um sistema autônomo, independente, economizando conduítes e fiação se comparadas às luminárias que funcionam com energia elétrica (FORTE E FERRAZ, 2011).

O vidro utilizado na fabricação das placas é o temperado de baixo teor de ferro por suportar esforços térmicos considerados altos e por sua alta transmissividade luminosa, com espessura entre 3 e 4 milímetros (CHIVELET, 2010, p. 39).

A região menos ensolarada do Brasil possui uma radiação incidente maior do que a região mais ensolarada da Alemanha, levando em conta que os alemães são líderes no uso de energia fotovoltaica (O VIDRO PANO b).

Há uma tecnologia na família das células fotovoltaica chamada película delgada de silício amorfo, que proporciona a economia de material e tempo na sua fabricação se comparados ao módulo de silício cristalino, porém sua eficiência cai pela metade e esse é a principal motivação de pesquisas relacionadas aos materiais policristalinos alternativos. O módulo de película delgada é feito de materiais policristalinos e podem ser encontrados de telureto de cádmio (CdTe) e de disseleneto de cobre e índio (CIS) que possuem um aspecto homogêneo e tons escuros, quase negros, apenas com linhas finas cinza (interconexão das células) em destaque. Os módulos CIS podem receber superfícies impressas com diferentes cores e formas e utilizados como letreiros em fachadas, por exemplo. O rendimento de uma

placa de silício multicristalino varia entre 12% a 15%, já no silício amorfo o rendimento é de 6% a 7% de radiação solar absorvida (CHIVELET, 2010, p.37 e 38).

Deve-se atentar que somente 10-20% da radiação solar é convertida em energia, o restante converte-se em calor, que prejudica o módulo fotovoltaico, sendo assim, deve-se planejar alguma forma de ventilação que resfrie esses módulos, o que acontece naturalmente em fachadas ventiladas e em brises instalados nas fachadas das edificações (KWOK E GRONDZIK, 2013, p. 227).

3.5.2 Eficiência e qualidade do sistema fotovoltaico

A eficiência do painel fotovoltaico é medida em porcentagem de energia solar que atinge a sua superfície, transformando essa energia solar em energia elétrica, gerando watts/hora a cada metro quadrado. Quanto maior a eficiência do painel, menor é o seu tamanho. Os painéis mais eficientes são menores, sobretudo seu valor engrandece, sendo usados com mais frequência, em edificações que possuem o espaço reduzido para instalação (PORTAL SOLAR, 2017).

Deve-se levar em conta que as células fotovoltaicas possuem uma eficiência maior do que o painel já finalizado, pelo fato das células serem “encapsuladas” em painéis (processo de fabricação) que faz com que ocorra uma perda de eficiência ao receber o vidro de proteção, sobretudo então, a eficiência das placas é que deve ser levado em consideração para o cálculo e escolha do produto correto e não a eficiência apenas da célula. A qualidade do painel mede-se pelo coeficiente de temperatura¹² (FORTE E FERRAZ, 2011).

3.5.3 Tecnologias Fotovoltaicas

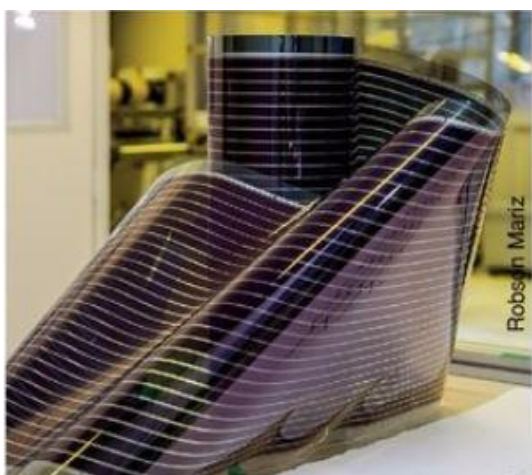
Os painéis comuns possuem uma folha de vidro na parte externa para proteção das células (placas mono e poli cristalinas), porém, a folha de vidro se encontra em uma das faces apenas. A Áustria produz um módulo com vidro em ambas as faces, encapsulando as células dentro de uma peça laminada, também conhecida como painel vidro-vidro. Se comparados com

¹² Coeficiente de temperatura é uma constante que mede a eficiência da captação da energia solar. O número é dado em porcentagem por graus Celsius, portanto, quanto menor o número, mais alta a qualidade da placa. O ideal está entre 0,45% e 0,3% (FORTE E FERRAZ, 2011).

painéis tradicionais, são inúmeras suas vantagens como por exemplo, sua vida útil passou a garantir 30 anos e não necessita de suporte de alumínio (O VIDRO PLANO b, 2017).

OPV: são filmes plásticos impressos com tinta líquida semicondutora ou orgânica, podendo ser utilizadas em vidros com qualquer estrutura como fachadas, cobertura, claraboias, entre outras superfícies vítreas.

Figura 19: filme OPV

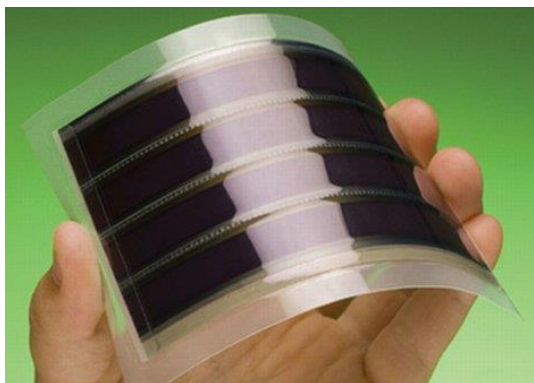


Fonte: O Vidro Plano b, 2017. Fotografia de Robson Mariz

Sua eficiência de produção de energia varia de 3,5% a 5%, trabalhando com luz direta ou indireta. Uma de suas vantagens é a grande trabalhabilidade estética devido a ampla gama de cores e transparência. Sua espessura é menor que 1 mm e seu peso é de 500 g para cada metro quadrado, além de oferecer vários graus de transparência, chegando até 50%. Quando aplicada a novas edificações, o filme é introduzido no interior de um laminado. O vidro, no lado externo (que fica exposto a luz) deve ser de baixo teor de ferro. Já, na utilização em edificações existentes, o filme é colocado na face interna de vidros incolores instalados (O VIDRO PLANO b, 2017).

Filmes finos (silício amorfo): são produzidos em materiais inorgânicos e sua eficiência energética varia de 7% a 15%, é recomendável para locais onde a incidência da luz direta é reduzida e possui a possibilidade de ser instalado em painéis rígidos ou flexíveis.

Figura 20: Filmes finos



Fonte: NewHome, 2017

O vidro se torna peça fundamental no conforto térmico proporcionado pela esquadria nos climas brasileiros, pois os ganhos por radiação solar são mais intensos do que as trocas de calor pelo perfil, sendo assim, o uso de vidros com baixo fator solar é o mais aconselhável, já que são eficientes tanto para problemas de desconforto por calor como também pelo frio.

3.5.4 Onde e como deve ser instalada

A superfície externa da edificação deve estar livre de sombras para a instalação das placas, bem como orientada corretamente para o sol, pois sua posição ideal para implantação é a orientação Norte (edificação localizada no Hemisfério Sul), contando com uma inclinação similar ao valor da latitude do local. O recomendável é que seus módulos recebem aproximadamente 80% da irradiação máxima anual para o seu bom funcionamento e eficiência, obedecendo sempre as exigências de segurança. A solução ideal para cada caso deve ser elaborada baseada em parâmetros como o uso da radiação solar local, a latitude, para qual fim o sistema será utilizado na edificação, bem como o estudo do entorno e o mais importante: a tecnologia apropriada das placas para utilização em determinado local. Dado isto, constata-se que cada edificação recebe um projeto de aproveitamento solar próprio, cada projeto é singular, pois cada edificação apresenta necessidades e cuidados específicos. As placas instaladas com a orientação e inclinação referencial à latitude chegam ao alcance da eficiência solar máxima na captação da radiação solar do determinado local, mesmo tendo-se uma perda de potência relacionada à mudança de temperatura. Uma placa fotovoltaica de silício cristalino perde cerca de 4% de potência para cada 10 graus centígrados de elevação da temperatura. No silício amorfo, a perda cai pela metade: 2%. Sendo assim, esta tecnologia se torna uma das mais

vantajosas, já que seu comportamento é considerado perfeito para as temperaturas do Brasil (CHIVELET, 2010, p. 59-62).

As placas podem ser fixadas por suportes de suspensão (utilizado em fachadas ventiladas), fixadas como vidros de parede-cortina ou em janelas convencionais. Há a possibilidade de serem utilizadas como telhas de cobertura ou *brises* em fachadas, fazendo com que as placas tenham um papel estético, porém deve atentar-se à necessidade da edificação, se for selecionada uma placa com uma transparência maior (permite a entrada de luz natural no interior da edificação) sua eficiência será menor, pois quanto mais transparente for a placa, menos eficiente ela será (CHIVELET, 2010, p. 43).

Fachadas ventiladas: são formadas por uma pele externa de painéis metálicos, de pedra, tijolo ou outro material, que são sobrepostas às paredes opacas da edificação com o intuito de permitir a ventilação do espaço entre a parede e o material inserido (com estrutura adequada) e drenar a água infiltrada. Quando ventiladas corretamente, esses sistemas de fachada permitem uma integração fotovoltaica excelente, pois a câmara de ar formada entre a parede e o material, reduz as temperaturas, contribuindo para o alto rendimento das placas, bem como o espaço livre para cabos e conexões provenientes de sua instalação (CHIVELET, 2010, p.73).

Figura 21: Fachada ventilada fotovoltaica - Sede da FEMSA / Coca-cola - México



Fonte: GeoDesign, 2015

Paredes-cortina: se tornaram uma forma de vedação externa conhecida por ser econômica, tendo duas formas de projetar: o sistema montado na obra e o sistema modulado

(pré-fabricado na indústria). Quando recebem as placas, cobrem a superfície de uma maneira total e podem ser combinadas com elementos transparentes e coletores de sol. Do ponto de vista construtivo, as paredes-cortina moduladas favorecem a instalação e conexão elétrica das placas, pois são feitas na indústria, com controle de qualidade maior, porém, do ponto de vista da eficiência energética, as paredes-cortina sofrem muito com a dificuldade de orientação, além da possibilidade de criação de sombras projetadas e a falta de ventilação dos painéis, reduzindo assim, sua geração de energia. Uma solução para essas fachadas seria criar fachadas duplas, mas em contraponto, aumentaria o custo da implantação do sistema. Quando as edificações possuem apenas janelas como elementos de ventilação e iluminação natural, existem partes fixas e móveis para cada finalidade. Nas partes fixas, que têm objetivo de iluminar o recinto, são instalados painéis fixos e nas partes móveis (utilizado para ventilação) são instaladas as folhas ou batentes para a visibilidade direta do usuário (CHIVELET, 2010, p.74 e 75).

Brises: são utilizados para cobrir parte da fachada, situada na linha das janelas, evitando a radiação direta, porém pode ser utilizada em toda a fachada tendo a função de uma pele externa. Os brises podem ser fixos ou móveis (permitem a entrada de luz controlada, aumentando sua entrada quando a radiação solar da fachada sul não incidir diretamente). Os mesmos se tornam uma ótima opção de implantação das placas devido a sua inclinação voltada para o sol tendo suas duas faces ventiladas. O que pode prejudicar o seu rendimento é a sombra projetada de uma lâmina sobre a outra devido a incidência dos ângulos solares, que devem ser estudados antes da implantação. Esse sistema pode ser instalado vertical ou horizontalmente, funcionando como uma máscara de controle solar, utilizando a radiação incidente como gerador de energia e controlando a incidência direta dessa radiação no interior da edificação (CHIVELET, 2010, p. 75).

Figura 22: *Bris*es fotovoltaicos



Fonte: Cantini e Bertoni, 2010

Coberturas ou claraboias: são opção de implantação para edificações que não permitem alteração da imagem da mesma, sendo a melhor alternativa do ponto de vista da eficiência energética, já que mantém os elementos livres de sombras (estudar o entorno) e se torna fácil de orientá-los em relação ao ângulo solar, garantindo sua ventilação posterior. Esse sistema pode incorporar painéis fotovoltaicos completos ou apenas telhas solares (habitações unifamiliares), recebendo painéis inclinados ou quase planos (claraboias translúcidas). Em edifícios de grande porte como indústrias e pavilhões poliesportivos, os painéis são instalados na orientação norte de uma cobertura *shed*, permitindo a entrada de luz pela orientação do Sul. Claraboias são coberturas transparentes, ficam visíveis no interior da edificação, sendo assim é importante a integração de células de silício cristalino com vidro para controlar o nível de sombreamento, sem perder a transparência (CHIVELET, 2010, p. 75).

Figura 23: Claraboia fotovoltaica- Aeroporto Internacional de Viracopos - São Paulo



Fonte: GeoDesign, 2015

Como já dito, o sistema fotovoltaico agrega valor à arquitetura da edificação, se usado de forma correta, com a possibilidade de integração à edificação, com intenção proposital de torná-la elemento da linguagem arquitetônica, ou utilizá-la de forma não visível, porém, nas duas formas, a eficiência energética é inserida e torna-se eficiente na edificação (CHIVELET, 2010, p. 72).

4. CORRELATOS OU ABORDAGENS

4.1 PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA (EDIFÍCIO DO MEC)

Estudo de caso realizado por Corbella (2003, p.58-65) apresenta o Palácio Gustavo Capanema, conhecido como Edifício do MEC, na época, construído para sediar o Ministério da Educação e Cultura. Projetado por Lucio Costa e sua equipe (Oscar Niemeyer, Affonso E. Riedy, Carlos Leão, Jorge Moreira e Ernani Vasconcelos), construído entre 1936 e 1943, está localizado no Rio de Janeiro, a menos de 500 metros da baía de Guanabara. Foi um dos primeiros exemplos brasileiros de utilização de proteção solar, de fato que o edifício interage com o clima do período em que foi construído: no Modernismo Brasileiro. O edifício possui 27.000 metros quadrados, divididos em 82 metros de altura. A fachada Norte é revestida por *brises* horizontais móveis entre os planos verticais fixos, já a fachada Sul é composta por uma lâmina contínua de vidro simples. Tirando algumas salas que foram projetadas já pensando no uso do ar condicionado, o projeto engloba todo um estudo para resfriar-se por intermédio da ventilação natural e controlar a radiação por intermédio de *brises-soleils* móveis. Os mesmos foram fabricados em fibrocimento e são basculantes horizontais fixados em grandes lâminas na direção vertical de concreto, na parte externa da edificação e ligada à estrutura nos eixos.

O desempenho do prédio foi analisado em várias ocasiões para obter a informação precisa sobre a temperatura, ventos, etc. Com esse estudo, observou-se que o aquecimento produzido pelo sol ocorre perto da fachada Sul durante a manhã, sendo assim, esta fachada deveria ser protegida com *brises-soleils* tanto quanto a fachada Norte. Observou-se também que a temperatura externa é de 35°C e no interior é de 29-30°C, porém se a fachada Sul fosse protegida com *brises-soleils*, essa temperatura diminuiria mais ainda. Foram realizadas medições pontuais de iluminação que constataram um excelente nível no interior da edificação, porém nas partes modificadas, foram introduzidas divisórias até o teto (não previstas no projeto original) fazendo com o que o nível da iluminação natural varie muito. O edifício, como um todo, é considerado criativo e racional por ser “equilibrado” sobre pilotis sem o uso do ar condicionado, funcionando de uma forma eficiente no clima tropical. Os *brises-soleils* localizados na fachada norte a 50 centímetros do plano da edificação permitem a circulação livre de ar e dificultando a transmissão de calor por condução para o interior do edifício. Um dos erros do projeto foi a não implantação de *brises* na fachada sul que é constituída inteiriça de vidro sem proteção solar nenhuma, sofrendo a incidência de radiação solar direta em todas

as manhãs do verão. As medições de temperatura no lado sul e no lado norte, no inverno, mostraram semelhança pois o lado norte está protegido da irradiação solar e o lado sul não está exposto a radiação, sendo assim, ambos os lados recebem apenas a radiação difusa (CORBELLA, 2003, p. 58-65).

Figura 24: Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Gleidison Souza (s.d)

4.2 ÓPERA DE ARAME – CURITIBA - PR

Figura 25: Ópera de Arame



Fonte: Zig Koch (fotógrafo).

Localizada na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná, foi projetada por Domingos Henrique Bongestabs e construída em 1992. É constituída basicamente de tubos de aço, estruturas metálicas com paredes de vidro e cobertura em polycarbonato e foi construída junto a um paredão de rocha de uma antiga pedreira e em cima de um lago artificial de 7.500 metros quadrados.

Dias (2001, p.17) diz que em 1968 começou a ser desenvolvido o Plano de Recreação de Curitiba que implicava em preservar áreas verdes, elaborando assim, a primeira legislação com o intuito de proteger essas áreas. A preservação dessas áreas esteve sempre relacionada na elaboração de espaços para recriação e o lazer populacional. Por se tratarem de parques, o partido arquitetônico deveria respeitar o ambiente natural a ser preservado obtendo uma posição naturalista, bem como atentando-se a necessidade de implementar um paisagismo complementar e escolher cuidadosamente os equipamentos que ocupariam esses espaços. O usuário se locomove até um parque com o intuito de recreação estabelecendo uma conexão com a natureza, sendo assim, o parque tem a necessidade de ser atrativo, fornecendo equipamento mobiliário, conforto, bem-estar e segurança aos usuários, porém integrando-se à natureza e beneficiando-se dela sem causar impactos negativos à paisagem a ser modificada. Era imprescindível a utilização de materiais naturais como a madeira, tijolos nus, e pedras associados ao vidro, pois é a transparência do material que integra o meio externo com o meu interno.

Domingos H. Bongestabs atribuiu as duas construções unificadas que compõe a Ópera de Arame às duas crateras formadas pela antiga pedreira, simbolizando a recriação do espaço destruído com a sua recuperação posterior a construção da edificação. A cratera maior recebe grandes espetáculos pois é constituída por um enorme teatro ao ar livre com capacidade para até 70.000 pessoas. As modificações que ajudaram ao local se auto recuperar foram as vertentes de água natural pré-existentes à construção que possibilitaram a ampliação de um lago que já era caracterizado devido a depressão do terreno. O piso da pedreira foi regularizado com pedrisco drenado (material natural) e foi construído um palco permanente com estrutura em aço. Os paredões de pedra proporcionam uma visibilidade com 15 metros de altura. Já a cratera menor possui o piso 10 metros abaixo da cratera maior, que fica bem próxima e conectada por uma garganta com paredes que podem atingir até 30 metros de altura. Com a criação do lago artificial a partir das vertentes existentes no local, o solo se tornou úmido e a vegetação tomou

conta em pouco tempo, formando um bosque natural e afirmando o processo de recuperação da natureza. A Ópera de Arame está situada dentro do Parque Paulo Leminsky (DIAS, 2001).

Para que a arquitetura assumisse um modelo naturalista, a característica da obra deveria seguir a topografia, dados climáticos locais e utilizar processos que não agredissem o local de sua implantação. A ideia de Bongestabs era construir algo que remetesse a traços materializados de um desenho executado no ar, com leveza, e foi aí que surgiu a ideia de incorporar totalmente o edifício ao local, onde se integrasse intimamente o interior e o exterior, como se um fizesse parte do outro. Sobretudo, o projeto deveria estar diretamente ligado a paisagem que teria a função de ser o cenário e a decoração da própria construção. A obra localiza-se no espaço entre o bosque e a pedreira, possui capacidade para 2.400 pessoas.

A ideia inicial era utilizar apenas uma lona de cobertura (cobertura extremamente leve), transformando-a em móvel, mas a composição final se deu por uma cobertura de polibicarbonato, curva e transparente, com suas laterais fechadas em vidro. O efeito estufa não é um fator preocupante, pois a Ópera possui uma estrutura leve que se aquece e se resfria rapidamente (inércia térmica baixa) e também porque possui atividades realizadas apenas no final da tarde ou na parte da noite (a incidência de raios solares não atinge mais sua estrutura) e toda a vegetação do local onde está inserida, colabora para que o microclima seja favorável.

O acesso principal se dá por uma passarela em cima do lago que possui 3,60 metros de largura por 47,60 metros de extensão. Sua estética passa a ideia de fragilidade, porém imponente, como sua natureza no entorno, que se mostrou frágil por ser, em partes destruída, mas imponente quando mostrou seu poder de recuperação. A fase do projeto e construção foi, consideravelmente rápida: em apenas 71 dias tudo estava funcionando. Atualmente o local está aberto para visitação e tornou-se cartão postal de Curitiba – PR (DIAS, 2001).

4.3 SEDE DA PETROBRÁS – RIO DE JANEIRO

Figura 26: Sede da Petrobrás



Fonte: Pedro Kirilos: Agência O Globo. 2014

Conforme Corbella (2003, p. 66-71), a Sede da Petrobrás está localizada no centro do Rio de Janeiro e seu projeto foi vencedor de um Concurso Nacional. Projetado por Roberto Luis Gandolfi, José H. Sanchotene, Abraão Assad e Luiz Fortes Netto e construído em 1968. O edifício possui 21 andares predispostos em 2 modelos de plantas tipo, intercalados nos andares para a proposital formação de elementos vazados que receberam projeto do paisagista Burle Marx, incorporando o edifício. Seus elementos vazados foram projetados (arquiteta e paisagisticamente) para prover aos ambientes internos a ventilação e iluminação natural. Todas as fachadas contam com proteção solar, menos a fachada Sul, que possui a área de vidro exposta reduzida. Os *brises-soleils* foram dispostos horizontalmente na fachada Norte e verticalmente nas fachadas Leste e Oeste. Seu entorno favorece a circulação dos ventos pois o prédio mais próximo está localizado a 50 metros da edificação. As paredes externas de todos os andares são feitas de vidro, o que se pressupõe que a edificação possui baixa inércia térmica e leveza, porém as medições feitas por Corbella (2003, p. 69) com o ar condicionado ligado e desligado revelaram que o edifício possui grande inércia térmica por manter as temperaturas estáveis, mesmo com o ar condicionado desligado, levando em conta que a variação externa de temperatura é considerada instável (amplitude de variação de quase 7 graus Celsius).

O edifício possui um bom sistema para proteção solar, uma ótima iluminação natural disponível bem como espaços abertos com vegetação implantada. Porém seu projeto de iluminação artificial não condiz com a formulação da funcionalidade do projeto de arquitetura

que induziria (na teoria) à eficiência energética. Os sistemas de iluminação artificial foram divididos em grandes setores, se em um local, dentro da edificação, possui um grande e ótimo nível de luz natural, as luzes artificiais não podem ser desligadas, pois o controle dessa iluminação está dividida em setores e se for desligada, outro setor que não possui o mesmo nível de iluminação natural ficará no escuro. Corbella (2003, p.70) também observou que mesmo fora do horário de funcionamento, as luzes continuam ligadas. O projeto de condicionamento de ar também é em grandes setores, igualmente como o projeto da iluminação artificial, o que não fica clara a função dos espaços abertos. O autor afirma que se a face Sul fosse também protegida (por menos que seja a área exposta), como as outras fachadas, por *brises*, a temperatura se manteria menor ainda no interior do edifício. Difusividade é a velocidade que um corpo se ajusta por inteiro à temperatura do seu entorno. O edifício da Sede da Petrobrás possui baixa difusividade nas paredes externas, o que significa que o edifício não acompanha as mudanças térmicas externas com facilidade, porém o mesmo possui alta efusividade que significa que possui um alto nível de amortecimento das oscilações de temperatura, explanando a pequena amplitude da temperatura interna registrada.

5. APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO: HOSPITAL SARAH KUBITSCHKE – SALVADOR – BH

5.1 SURGIMENTO DO HOSPITAL

O arquiteto, com apenas 25 anos, formou-se e foi para Brasília como responsável pela construção da superquadra 108 sul. Porém, a falta de tempo para concretização da obra levou ao interesse pela construção industrializada, utilizando pré-fabricados. Em 1963, a Universidade de Brasília patrocinou sua viagem para a Europa, com o intuito de que o arquiteto adquirisse o conhecimento dos métodos dos sistemas construtivos, trazendo conhecimento para implantação de uma fábrica de pré-fabricados. As técnicas e métodos iniciaram um novo caminho para arquitetura brasileira. A fabricação em outros países seguia uma cultura, e quando as técnicas foram trazidas para o Brasil, sofreram adaptações para a realidade brasileira (GUIMARÃES, 2003).

Sua parceria para concretização dos edifícios Sarah se iniciou com o acidente que ocorrera em 1963, com Lelé e sua esposa, obrigando-o a ficar internado. Em seu internamento, conheceu Aloysio Campos da Paz Junior (médico que havia voltado da Inglaterra e dirigia a aula de ortopedia do hospital). O médico acreditava que o mais importante em um hospital é o ser humano. A Rede Sarah foi criada anos antes de ser concebida. Foi em 1976, com o nome de Saúde na Área de Aparelho Locomotor, que Aloysio, Lelé e o economista e engenheiro Eduardo Kertész elaboraram a proposta para ser amadurecida durante 13 anos, até sua concepção. O principal quesito das obras de Lelé, é a busca pela racionalização e pela industrialização da arquitetura, obtendo avanço tecnológico e ambiental do programa hospitalar. A estrutura metálica e a vedação em argamassa armada formam basicamente, os componentes pré-fabricados do sistema construtivo dos hospitais da rede. Esse sistema possibilita a maior flexibilidade, viabilizando as etapas da construção, montagem, manutenção e ampliação futura dos hospitais. A flexibilidade se torna substancial em edifícios de saúde pelo fato de adequá-los às novas técnicas de atendimento, de tratamento e aos equipamentos utilizados futuramente (LUKIANCHUKI *et al.*, 2011). A pré-fabricação encontra-se presente em todas as etapas dos edifícios, desde a superestrutura até a cama-maca¹³, possibilitando a

¹³ Seguindo a filosofia da Rede Sarah, a cama-maca foi criada para proporcionar mobilidade ao usuário internado, possibilitando seu deslocamento para os terraços da edificação, sobretudo eliminando as transferências “leito-maca - maca-leito” dando conforto principalmente para pacientes imobilizados (ANTUNES, 2008).

criação de elementos com seu próprio repertório formal e desenvolvendo formas mais leves, sobretudo gerando espaços agradáveis, econômicos e funcionais (LATORRACA, 1999).

Todos os hospitais da rede possuem uma padronização dos elementos construtivos, espaços verdes, bem como ventilação iluminação natural. O Brasil possui um clima tropical e a maioria dos hospitais da rede estão localizados em regiões com clima quente e úmido e a intenção de usar ventilação natural tem-se baseado na estratégia de obter conforto térmico, proporcionando também ambientes mais agradáveis e salubres, alcançando uma eficiência energética por conta do não uso do ar-condicionado, já que a própria ventilação é suficiente (LIMA, 2004).

CTRS é o Centro de tecnologia da Rede Sarah de hospitais, criado e administrado pelo próprio arquiteto Lelé (GUIMARÃES, 2003). O mesmo foi criado com objetivo de

- 1) projetar e executar os edifícios da rede, baseado na industrialização, em busca de economia e agilidade na construção;
- 2) projetar e executar os equipamentos hospitalares, oferecendo vantagens do mercado;
- 3) realizar a manutenção dos edifícios e equipamentos das unidades da rede.

Nos dias de hoje, o CTRS encontra-se em um ritmo reduzido de trabalho, por conta de atender somente os hospitais da rede. Sem previsão para novos hospitais, o centro atende apenas a manutenção dos edifícios já existentes (LUKIANCHUKI *et al.*, 2011).

Segundo o site oficial da rede Sarah, os hospitais existentes estão nas capitais Brasília no Distrito Federal (primeira unidade da rede), Salvador na Bahia, São Luís no Maranhão, Belo Horizonte em Minas Gerais, Fortaleza no Ceará, Rio de Janeiro - RJ, Macapá no Amapá e Belém no Pará, com as mais variadas especialidades: ortopedia, pediatria do desenvolvimento, reabilitação neurológica, neurocirurgia, genética médica, cirurgia plástica reparadora, um oncologia e neuroreabilitação em lesão medular (REDE SARAH).

5.2 Hospital Sarah Kubitschek – Salvador – Bahia

O estudo de caso foi realizado no projeto do Hospital Sarah Kubitschek que está localizado na cidade de Salvador, no Estado da Bahia. Segundo Corbella (2003, p.115) foi projeto pelo arquiteto João Figueiras de Lima, o Lelé e construído em 1994. O hospital faz parte de uma rede de hospitais e, em Salvador o mesmo se intitula Hospital de Doenças do Sistema Locomotor (HDSL), e tornou-se um exemplo bem-sucedido da utilização das técnicas bioclimáticas, sendo exemplo também da construção industrializada no Brasil. O arquiteto Lelé

fez perfeita utilização da proteção da irradiação solar, a utilização das brisas, aproveitando-as para favorecer a ventilação natural da edificação, o uso da luz natural para prover conforto térmico e visual aos usuários, bem como todos os outros fatores que favoreceram a obra para que esta fosse eficiente energeticamente. A edificação e seu contexto obteve sucesso nestes fatores por ter se encaixado na tipografia integrando-se à paisagem e utilizando os níveis dos fatores externos para manter seus bons níveis internos.

Figura 27: Hospital Sarah Kubitschek - Salvador - Bahia

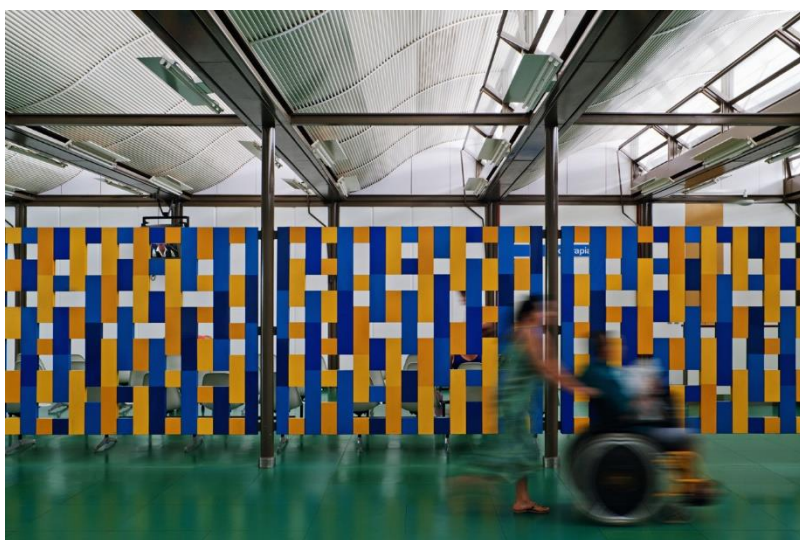


Fonte: Nelson Kon, 2012.

A obra conta com 16.000 metros quadrados de área, contando com 165 leitos para pacientes. A paisagem do entorno se dá por uma extensa área verde que adentra a edificação e integra as áreas no interior do hospital. O edifício foi projetado com princípios sustentáveis que, segundo Corbella (2003, p.17) formam uma interação do edifício e do meio ambiente. Na obra de Lelé, este ponto de interação está bem claro, pois a arquitetura do hospital inicia-se na sua paisagem do entorno, integrando-se no seu ambiente interno. Jourda (2013, p. 23-24) reitera que é de suma importância que, o edifício inserido em um determinado local, deve causar o mínimo de impacto ambiental possível. Todo edifício quando inserido causa impacto, é importante verificar a possibilidade de instalação de biótipos que impedirão que ocorra a esterilidade do sítio e das cidades, favorecendo a permeabilização do solo e preservando suas características antecedentes à edificação (se favoráveis) beneficiando a área em termos visuais

e ecológicos. A vegetação rodeia o edifício, recorta sua volumetria, forma corredores externos, assim como se estende em pequenas varandas. O arquiteto Lelé realizou uma ampla utilização das características do terreno para compor o hospital, fazendo um jogo inteiro, onde o entorno está intimamente ligado à obra e seus ambientes internos. Uma das marcas registradas das obras de Lelé é a cobertura em *shed*. O arquiteto explora bastante a técnica de unificar todos os elementos da obra com o entorno e o ambiente interno, proporcionando conforto térmico e visual (PERÉN, 2014).

Figura 28: *Sheds* basculantes



Fonte: Nelson Kon, 2012

O detalhamento do projeto arquitetônico alcança um nível extremo, visando auxiliar na confecção das peças pré-fabricadas e suas montagens, bem como a execução do edifício, acelerando a obra. A modulação do edifício é obtida pela precisão do alcance das medidas, uma vez que, em edifícios complexos, o método construtivo é rápido e racionalizado, pois a padronização é essencial para o aumento da produtividade e da compatibilização dos projetos. As enfermarias do Sarah organizam-se em grandes salões, oferecendo mobilidade aos pacientes, sendo que, quando precisa-se de privacidade, há a possibilidade de isolar os leitos (CARVALHO E TAVARES, 2002).

A flexibilidade interna de necessidades do hospital se dá pelos elementos divisórios que podem ser removidos, redimensionando as salas de acordo com a necessidade de utilização, bem como a adaptação às exigências de novos equipamentos ou serviços. O edifício conta também com espaço para expansões futuras (CORBELLA, 2003).

Os *sheds* permitem a entrada de luz natural com intensidade e qualidade uniforme, além de proporcionarem a ventilação natural dos ambientes, sendo assim, um extrator de ar quente e captador de vento, favorecendo efeito de sucção do ar (PERÉN, 2014).

Figura 29: Iluminação natural é feita por meio dos *sheds*



Fonte: Nelson Kon, 2012

Os dutos de entrada de ar que fazem a ventilação natural interna estão localizados no subsolo, penetrando por galerias subterrâneas por baixo do primeiro andar, consequentemente o ar perde uma boa parcela de carga térmica para o solo, diminuindo a temperatura e tornando-se mais fresco. Segundo Roaf *et al* (2009, p132) os resfriadores subterrâneos se dão pelo uso dos ventos dominantes e a friagem do subsolo a fim de reduzir a temperatura do ar. As galerias subterrâneas também auxiliam a manter a umidade relativa do ar em boas condições mesmo nas horas dos dias que a umidade do exterior se encontre em nível baixo.

Figura 30: Entrada do ar é feita por dutos "subterrâneos"



Fonte: Nelson Kon, 2012

Como afirma Frota e Schiffer (2003, p.31-34) a troca térmica nos dutos subterrâneos se dá por troca térmica seca: o ar quente entra pelos dutos e perde sua carga térmica para o solo (que possui temperaturas menores que o ar que se encontra no exterior) fazendo assim com que a ventilação natural perca temperatura e se resfrie, consequentemente refrescando a temperatura do interior da edificação por meio da condução. Quando as brisas do local se fazem ausentes, a ventilação é forçada por meio de ventiladores na entrada da tubulação. Burke e Keeler (2010, p.87) afirmam que a qualidade do ar interno de uma edificação está diretamente interligada à saúde, conforto, produtividade dos usuários. Quanto melhor a ventilação, melhor o controle das temperaturas resultando na melhoria da saúde, desempenho e conforto térmico dos usuários. Cândido e Bitterncourt (2010, p. 10) alegam que a ventilação utilizada no interior de uma edificação, promove a melhoria do ar interno, tendo em vista a renovação do mesmo, removendo impurezas e mantendo os níveis de oxigênio em patamares apropriados. Roaf *et al* (2009, p.124) relata que a ventilação natural é uma forma de “energia gratuita” e deve-se usá-la de forma eficiente.

A ventilação natural do hospital é feita de forma vertical para que se evite os riscos de propagação de infecções, sendo introduzido por meio de colunas de ventilação e suas grades de passagem do ar dos dutos para o ambiente que estão localizados ao longo das colunas com saídas em várias alturas. A saída do ar do ambiente se dá pelos *sheds* com basculantes localizados próximos ao teto. A ventilação, segundo Frota e Schiffer (2003, p. 135) se dá pelo aumento do fluxo conforme as aberturas estejam localizadas, por exemplo: as aberturas de

entrada do ar devem estar mais baixas possíveis e as saídas de ar, para o meio externo, devem estar o mais alto possíveis pelo fato de que o ar quente é menos denso, consequentemente o mesmo sobe e o ar frio, por ser mais denso desce. Sobretudo, a entrada de ar deve estar localizada em um ponto baixo para que o ar fresco adentre o recinto e a saída de ar deve estar o mais acima possível para que o ar quente saia. Perén (2014) reitera que para ser eficiente, a ventilação se dá por pressões negativas e positivas, sendo que a pressão negativa provoca a retirada do ar do ambiente, e consequentemente, encontra-se na janela de saída do ar.

Para que isso ocorra, deve ser previsto que a entrada de ar necessita estar inserida na fachada que possui maior circulação dos ventos, promovendo a renovação do ar. No caso do HDSL, a entrada de ar é subterrânea e a saída do ar quente se dá pelos *sheds* localizados próximos ao teto. A ventilação dos espaços que necessitam ser isolados acusticamente ou obscurecidos possuem paredes verticais que são móveis, sendo assim, podem ser abertas para os espaços serem ventilados. Vidros corrediços das janelas laterais localizados nas paredes externas e internas juntamente com os basculantes dos *sheds* fazem o controle de ar (CORBELLA, 2003). Em outros hospitais da rede Sarah, do arquiteto Lelé, a evolução do shed demonstra a otimização do funcionamento e da eficácia nas demandas de conforto térmico, iluminação e ventilação natural (PERÉN, 2014).

A iluminação natural presente na obra também é um ponto forte do projeto. O elemento que dá forma ao projeto se dá por um grande *shed* metálico curvo, que se repete por dezenas de vezes em uma forma contínua (FRACALOSS, 2012). O edifício possui *sheds* (os mesmos utilizados para ventilação, com basculantes) e aberturas laterais protegidas da radiação direta do sol. As aberturas laterais, de um modo geral, possuem um esquema de regra de iluminação natural: multiplica-se a altura da janela por 2,5 resultando no valor em metros de quanto a iluminação natural adentrará a edificação (medida em metros da luz que se projeta no piso adjacente à janela). Em edifícios maiores (com maior altura) o valor de base pode ser considerado 4,5/9 que significa que além da luz natural projetar-se 4,5 metros no piso adjacente à janela, a luz cria uma zona secundária de iluminação com a mesma profundidade, resultando em 9 metros de iluminação natural adentrando a abertura (KWOK E GRONDZIK, 2013, p.87).

Conforme afirma Corbella (2003, p. 119) o hospital conta com aberturas zenitais para facilitar a iluminação natural, e segundo Kwok e Grondzik (2013, p.91) a abertura zenital é uma estratégia de iluminação natural que utiliza aberturas localizadas na cobertura ou adjacentes a ela. Fazem parte dessa categoria de iluminação as claraboias e os *sheds* (e todos os seus codinomes), utilizados no hospital aproveitando ao máximo a permeabilidade da iluminação e,

por ser basculante, traz juntamente a ventilação natural. Este tipo de abertura permite a entrada consistente de luz natural bem como o controle do ofuscamento direto. O projeto do hospital previu proteções solares para os *sheds*, sendo assim a radiação solar não incide diretamente sobre essas aberturas, não causando ofuscamento dos usuários no interior da edificação (CORBELLA, 2003).

Figura 31: Iluminação natural no Hospital Sarah Kubitschek



Fonte: Nelson Kon, 2012

As testeiras¹⁴ verticais amarelas são implantadas às aberturas dos *sheds* e nestas, são implantados brises horizontais, os quais protegem o ambiente interno dos raios diretos do Sol. No fechamento interno, visualiza-se um basculante de vidro e logo abaixo uma veneziana metálica, formando um jogo com duas esquadrias verticais. Em alguns ambientes, esse jogo é composto apenas pelo basculante de vidro, sendo possível bloquear a ventilação, porém utilizando a iluminação natural (FRACALOSSI, 2012).

A abertura zenital permite o melhor aproveitamento das paredes da edificação devido sua localização. No hospital, além dos *sheds* basculantes proporcionarem a renovação do ar

¹⁴ No hospital Sarah Salvador, as testeiras foram adaptadas para proteger ambientes internos da radiação solar direta. Porém essa proposta causou um pequeno problema. Devido ao calor intenso da radiação solar, as venezianas metálicas das testeiras, sofriam dilatação e deformavam-se. Com as peças deformadas, quando chovia, havia infiltração. Como solução, parte das venezianas foram pintadas de azul, reduzindo o calor refletido para dentro do ambiente, e sob a veneziana, foi instalado um material termoacústico, conhecido como "bidim", que é composto de uma manta não-tecido de filamento de poliéster para redução da dilatação, bem como ruído da chuva.

interno, permitem o ingresso de luz natural na edificação, reduzindo ainda mais os gastos com condicionamento e também o uso da iluminação artificial (CORBELLA, 2003).

O vidro é muito utilizado no hospital das divisórias de ambientes externo/interno, facilitando o contato visual com os jardins internos, conectando-os aos jardins externos (FRACALLOSSI, 2012).

Figura 32: Utilização de vidro para integração da vegetação



Fonte: Nelson Kon, 2012

O edifício possui sua espacialidade em formato horizontal que, segundo Corbella (2003, p.221) favorece o baixo consumo de energia por receber menos radiação solar, consequentemente, favorecendo o conforto térmico e visual juntamente com o projeto de aproveitamento máximo dos meios naturais e foi implantado em um terreno elevado que recebe os benefícios das brisas do mar. O eixo maior da edificação está disposto no sentido Leste – Oeste, sendo que as fachadas Norte e Sul são protegidas da radiação solar por meio de anteparos e do sobre teto. Nas fachadas Leste e Oeste é onde o sol incide com mais frequência e como proteção da mesma contra o desconforto térmico, Lelé optou por deixar as paredes cegas, ou seja, sem nenhuma abertura na parede. De acordo com Frota e Schiffer (2003, p.44) as paredes opacas absorvem parte da energia da radiação solar direta, dependendo da cor da fachada usada na parede cega, esse valor pode aumentar ou diminuir. O uso de *brises-soleils* pode ser feito em paredes opacas também, bloqueando os raios solares e impedindo a transmissão de calor para o ambiente interno do Hospital Sarah Kubitschek, diminuindo mais ainda sua temperatura interior.

6. ANÁLISES DA APLICAÇÃO: OBRAS CORRELATAS E ESTUDO DE CASO

O projeto de pesquisa delimitou-se em estudar o comportamento dos meios naturais e sustentáveis em edificações, visando o conforto térmico.

A fundamentação teórica pertinente pesquisada para realização da análise, baseou-se na revisão bibliográfica que, segundo Prodanov e Freitas (2009, p.54) tem o objetivo de estreitar o contato com o material já escrito sobre dado assunto escolhido para sua pesquisa. Em seguida, o método utilizado foi o indutivo que, conforme Lakatos e Marconi (2003, p. 86), caracteriza-se em utilizar dados particulares, inferindo a verdade geral ou universal que não consta nas partes examinadas e possui o objetivo da conclusão com conteúdo mais amplo. Para esta análise indutiva, a autora utilizou a percepção de relevância, abordando a correlação das características das obras apresentadas, em relação ao problema da pesquisa.

A tabela 1 foi formulada segundo quesitos elencados, de acordo com a percepção de relevância para a análise, abordando: iluminação, ventilação e conforto das obras correlatas; destacando suas características em relação aos meios naturais e seu comportamento na edificação.

Tabela 1: Análise dos quesitos iluminação, ventilação e conforto dos correlatos abordados nesta monografia.

	ILUMINAÇÃO	VENTILAÇÃO	CONFORTO
PALÁCIO GUTAVO CAPANEMA (EDIFÍCIO DO MEC)	Excelente nível no interior da edificação (CORBELLA, 2003).	O edifício resfria-se por intermédio da ventilação natural (CORBELLA, 2003).	O edifício, como um todo, é considerado criativo e racional por ser "equilibrado" sobre pilotis sem o uso do ar-condicionado, funcionando de uma forma eficiente no clima tropical (CORBELLA, 2003).
ÓPERA DE ARAME	Por ser uma obra totalmente transparente, a iluminação natural é bastante utilizada, integrando o meio externo com o meio interno (DIAS, 2001).	Como está situado em meio à um bosque, o ar é fresco devido ao cenário natural (DIAS, 2001).	O efeito estufa (esperado para uma obra que se assemelha à uma) não é um fator preocupante, pois a Ópera possui uma estrutura leve que se aquece e se resfria rapidamente (inércia térmica baixa). Toda a vegetação do local, onde está inserida,

			colabora para que o microclima seja favorável (DIAS, 2001).
SEDE DA PETROBRÁS-RIO DE JANEIRO	O edifício foi projetado para otimizar a iluminação natural, porém, o projeto de iluminação artificial não condiz com projeto de iluminação artificial devido a mesma ser dividida em setores, pois as luzes artificiais podem ser desligadas apenas em grandes setores, sendo assim, outro setor que não possui o mesmo nível de iluminação natural ficaria no escuro, resultando em grandes gastos energéticos desnecessários por manter a luz artificial ativa o dia inteiro (CORBELLA, 2003).	O edifício foi projetado com áreas verdes vazadas para otimização da ventilação natural, porém o projeto de condicionamento de ar é dividido em grandes setores, funcionando da mesma maneira que a iluminação artificial, resultando em grandes gastos energéticos desnecessários por manter o condicionamento de ar ativo o dia inteiro (CORBELLA, 2003).	O edifício possui baixa amplitude interna de temperatura, porém usando de meios artificiais para manter as temperaturas internas confortáveis. Uma das alternativas é proteger a face Sul com brises-soleis, mantendo a temperatura abaixo do que a atual. Outra alternativa é refazer o projeto de iluminação artificial e condicionamento de ar para melhor aproveitamento dos meios naturais, obtendo o conforto térmico e visual, reduzindo assim os gastos excessivos (CORBELLA, 2003).

Fonte: elaborado pela autora. 2017

Conforme analisado, O edifício Gustavo Capanema apresenta excelente iluminação natural (devido aos panos de vidro inseridos nas fachadas), resfriando-se por intermédio da ventilação natural, funcionando sem o uso do ar condicionado na maioria de seus cômodos, sendo relativamente eficiente ao clima que está inserido: tropical. A Ópera de Arame tem um ponto positivo em iluminação natural pelo fato de ser uma obra totalmente transparente, permitindo que luz natural trabalhe livremente na obra, por esse ponto, imagina-se que o efeito estufa se faça presente, porém por ser uma obra com estrutura leve, a inércia térmica é muito baixa, sendo assim, a obra resfria-se rapidamente. Esse fato ocorre devido à obra estar localizada em um bosque, rodeado por vegetação, favorecendo sua ventilação, bem como seu resfriamento, favorecendo o conforto térmico dos usuários. A Sede da Petrobrás é uma obra que possui elementos vazados nas fachadas, favorecendo a iluminação e a ventilação natural, porém, o projeto de iluminação artificial e condicionamento de ar elaborado para este edifício,

não condiz com o aproveitamento dos meios naturais, sendo assim há gastos excessivos desnecessários por conta do não planejamento para usufruir dos elementos chave que trariam eficiência energética para o edifício.

A tabela 2 foi formulada segundo quesitos elencados, de acordo com a percepção de relevância para análise, abordando: iluminação, ventilação e conforto do Hospital Sarah Kubitschek em Salvador, destacando suas características em relação aos meios naturais e seu comportamento na edificação.

Tabela 2: Análise dos quesitos iluminação, ventilação e conforto no Hospital Sarah Kubitschek (estudo de caso).

	ILUMINAÇÃO	VENTILAÇÃO	CONFORTO
HOSPITAL SARAH KUBITSCHEK-SALVADOR – BH	Feita por meio de <i>sheds</i> , aberturas laterais protegidas da radiação solar e aberturas zenitais, que permitem a entrada da iluminação natural em toda edificação (ponto forte do projeto). Projeto de iluminação artificial realizado com o intuito de otimizar a iluminação natural, reduzindo drasticamente os gastos com energia (CORBELLA, 2003).	A ventilação natural do hospital é feita de forma vertical para evitar propagação de infecções, sendo introduzido por meio de coluna de ventilação e suas grades de passagem do ar dos dutos para o ambiente com saída desse ar feita pelo <i>sheds</i> basculantes (FROTA E SCHIFFER, 2003).	O conforto térmico e acústico é obtido por meio da excelente utilização dos meios naturais de ventilação e iluminação, pois na localidade da obra, predominam as brisas do mar e o edifício localiza-se em um espaço que possui boa iluminação natural, sem a interferência de edificações do entorno. O edifício foi todo projetado para promover conforto baseado nos meios naturais. (ROAF <i>et al</i> , 2009).

Fonte: elaborado pela autora. 2017

O Hospital Sarah Kubitschek possui um excelente aproveitamento da iluminação e ventilação natural que é feita por meio de *sheds* basculantes, inserindo a luz natural de forma adequada, pois o projeto otimizou os meios naturais, sendo assim, a iluminação artificial somente é usada quando a iluminação natural não é suficiente (em dias chuvosos, por exemplo) e sua ventilação por meio de dutos/*sheds* realiza a constante renovação do ar interno, proporcionando conforto térmico para os pacientes e usuários.

Comparando o Hospital Sarah Kubitschek com os demais correlatos apresentados, é uma obra que possui todos os quesitos de eficiência energética por meios naturais, pois sua

iluminação é otimizada tanto quanto sua ventilação natural. A obra utiliza os meios naturais em grande escala, e os meios artificiais trabalham apenas quando os naturais não são favoráveis. Inseridos em diversas localidades e microclimas, os edifícios Sarah demonstram que o arquiteto possui excelente conhecimento sobre meios naturais e sua eficiência energética. Os vidros são utilizados em grande parte das divisórias do hospital, promovendo integração aos usuários do edifício, bem como ótima utilização da iluminação natural.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada para esta monografia relatou que a preocupação com o meio ambiente e seus efeitos nas edificações tiveram início logo após a primeira crise energética, em 1973, onde impulsionou a arquitetura solar com técnicas e materiais inovadores que visavam a eficiência energética para reduzir ou até mesmo erradicar o uso de elementos e combustíveis não renováveis. O uso do vidro, nessa época, foi algo que virou tendência e trouxe ganhos inestimáveis com estudos e exemplos de utilização para a arquitetura da época e para a arquitetura atual. Foi devido a essa crise que tem-se no mercado tantas opções de vidro para as mais variadas finalidades, em constante inovação, estudos cada vez mais aprofundados de como tirar partido dos meios naturais renováveis para obtenção dos confortos, bem como a integração progressiva da arquitetura com a natureza, sem prejudica-la e muitas vezes beneficiando-a. Muitas edificações ainda são dependentes do condicionamento de ar, sobretudo a utilização da luz artificial, projetos que muitas vezes foram inseridos no contexto brasileiro com seu clima tropical, mas que foram copiados de projetos que foram elaborados para outros climas. Os climas mais difíceis para o arquiteto são os quentes e úmidos devido à sua ampla lista de necessidades e até mesmo de privações, que devem não só serem levadas em conta, mas necessitam ter importância primordial na elaboração desses projetos. O uso desses meios naturais mostrou-se muito eficiente e necessários para novas edificações e também para corrigir os problemas encontrados nas obras, que não levaram em conta sua utilização.

A pesquisa mostra que a ventilação e a iluminação natural, não só beneficiam as edificações, mas sobretudo os usuários, fornecendo uma melhor condição para edifícios de grande e pequeno porte, incluindo residências, aumentando a qualidade de vida e saúde dos usuários. Como visto no estudo de caso do Hospital Sarah Kubitschek, em Salvador, a arquitetura integra-se com a edificação, usufruindo dos meios naturais e auxiliando, inclusive, na recuperação de pacientes. A tecnologia do uso dos meios naturais deve ser utilizada em conjunto com as de funcionamento artificial. A luz artificial deve ser combinada com a luz natural já na fase do projeto, bem como o condicionamento de ar com a ventilação natural, visando o uso das tecnologias artificiais apenas quando as naturais não forem suficientes.

A arquitetura pode alterar efeitos negativos que dada região exerce sobre outra, utilizando meios que favoreçam as condições que beneficiam a região, bem como estinguem as indesejáveis. O uso do vidro na história resultou em episódios positivos, mas também negativos. Um dos efeitos inesperados foi relatado na obra do arquiteto uruguaio Rafael Viñoly, onde o

material causou um efeito refletor potencializado de radiação solar devido a curvatura do prédio onde foi empregado. Sua objetividade pode ser bem sucedida no interior do edifício, mas causou danos nocivos, não só para obras do entorno como também dos usuários de edificações adjacentes e transeuntes. Os materiais devem trabalhar com outros adotados em uma obra (de acordo com as necessidades), e como foi visto nesta monografia, o uso do vidro é necessário porém deve ser estudado sem cautela, pois muitas informações são valiosas para obtenção de sucesso ou fracasso em uma edificação. Uso correto dos vidros pode trazer eficiência energética para edificação, ou ganhos excessivos (condicionamento de ar, iluminação artificial, entre outros meios), tudo depende essencialmente do projeto e utilização correta para cada edificação.

Além de promover eficiência energética, pode-se obter a produção energética com a utilização de vidros: os painéis fotovoltaicos, que são produzidos com vidro temperado (por ser resistente a altas temperaturas) e também podem ser utilizados de outras formas: como parte da edificação, podem ser em forma de letreiros ou placas ilustradas (quando recebem os filmes impressos). A implantação de captadores solares, em uma edificação, traz eficiência energética além de agregar valor a ela.

A hipótese inicial da problemática foi implantar mais aberturas para melhor circulação do ar interno. Esta hipótese se confirma, pois quando há a troca do ar interno, o calor é reduzido ou até mesmo erradicado do interior da edificação, promovendo conforto e o mais importante: auxiliando na saúde do usuário, maximizando a qualidade de vida não só pela ventilação, mas também pela iluminação natural promovida pelas aberturas. O calor resultante do efeito da radiação pode ser controlado por meio da ventilação natural. A utilização de diferentes vidros para obter iluminação natural, também é uma possibilidade. Vidros refletivos, vidros translúcidos, jateados, de baixa emissividade, entre outros, podem trazer a iluminação natural para o interior da edificação, sem trazer o calor excessivo para o mesmo, porém cada tipo de vidro possui uma taxa de absorção diferente, e se a escolha for incorreta (área com muita radiação solar), pode causar o calor excessivo dentro da edificação, resultando em maior gasto com condicionadores de ar. Uma das maneiras mais corretas (considerando as áreas com alta radiação solar) a utilização de vidro insulado com micropersianas fotovoltaicas. Além de permitir a circulação do ar (para resfriamento da placa e também do ambiente), evita o calor excessivo e a edificação produz energia com sistema fotovoltaico, se tornando eficiente energeticamente, sobretudo, permitindo e controlando o índice de luminosidade no interior da edificação com a entrada de luz natural, resultando na redução de gastos devido ao não uso da iluminação artificial.

REFERÊNCIAS

ABRAVIDRO – **Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos**. Disponível em: <<http://abravidro.org.br/normas-tecnicas/normas-vigentes/>> Acesso em 24 de mar. 2017

ANTUNES, BIANCA. **Cama-maca**: mobilidade do paciente internado. Revista AU – Edição 175, out de 2008. Disponível em: < <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/175/artigo104898-2.aspx>>. Acesso em 1 de maio de 2017.

ARCHDAILY. **Clássicos da Arquitetura**: Hospital Sarah Kubitschek Salvador / João Filgueiras Lima (Lelé), 2012. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-36653/classicos-da-arquitetura-hospital-sarah-kubitschek-salvador-joao-filgueiras-lima-lele>> Acesso em 26 de mar. 2017

ARCHDAILY. **Clássicos da Arquitetura**: Edifício Seagram/ Mies Van der Rohe, 14 de nov 2012. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-80364/classicos-da-arquitetura-edificio-seagram-mies-van-der-rohe.amp>> Acesso em 19 de maio de 2017.

ARCHDAILY. **Mestre dos materiais**: vidro é mais com Mies Van der Rohe. 2016. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/tag/mies-van-der-rohe>> Acesso em 26 de mar. 2017

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício e seu acabamento**. São Paulo: Editora Edgard B. Ltda, 2004

ARQBACANA. **Portal de notícias em arquitetura**. Disponível em: <<http://www.arqbacana.com.br/internal/tour/read/13441/arranha-c%C3%A9u-projetado-pelo-arquiteto-rafael-vi%C3%B1oly-vira-forno-solar-e-derrete-carros-em-londres>> Acesso em 25 de mar. 2017

BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christhina. **Ventilação natural em edificações**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/6496879/ventilacao-natural-em-edificacoes>> Acesso em 22 de mar. 2017

BL PERSIANAS. **Vidro insulado com micropersianas**, s.d. Disponível em: <<https://www.blpersianas.com.br/persiana-horizontal-entre-vidros>> Acesso em 19 de maio de 2017

BONAFÉ, GABRIEL. **Brisas controlam incidência de luz e garantem conforto térmico à edificação**. S.d. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/brises-controlam-incidencia-de-luz-e-garantem-conforto-termico-a-edificacao_9317_0_1> Acesso em 25 de mar. 2017

CANTINI, Andrea; BERTONI, Massimiliano. **Frangisole fotovoltaici: efficienza e integrazione totale**, 17 de set. 2010. Disponível em: <<https://www.geometri.cc/frangisole-fotovoltaici-efficienza-e-integrazione-totale.html>> Acesso em 19 de maio de 2017

CARMODY, J; SELKOWITZ, S.; ARASTEH, D.; HESCHONG, L. **Residential Windows: a Guide to New Technologies and Energy Performance**. W.W. Norton & Company, New York. London, 2000

CARVALHO, A. P. A.; TAVARES, I. **Modulação no Projeto Arquitetônico de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: o caso dos Hospitais Sarah**. Salvador: 2002

CASTRO, Adriana P.de A. Silva. **Desempenho térmico de vidros utilizados na construção civil: estudo em células-teste**. 2006. Dissertação de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.

CATALOGO DE ARQUITETURA. **Vidro insulado Brazilglass**, s.d. Disponível em: <<http://catalogodearquitetura.com.br/insulado.html>> Acesso em 19 de maio de 2017

CHIVELET, Niura Martin. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura**. Porto Alegre: Editora Bookman , 2010.

COLETTTO, Sergio. **Lace Hill** – uma colina artificial multifuncional e autossuficiente. S.d. Disponível em:

<http://obviousmag.org/archives/2010/06/lace_hilluma_colina_artificial_multifuncional_e.html#ixzz0ymAZh7X3> Acesso em 19 de maio de 2017

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

CUNHA, Eduardo Grala da. **Brise-soleil: da estética à eficiência energética**. Arquitectos – 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/11.131/3844>> Acesso em 25 de mar. 2017

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Aço e arquitetura**: estudo de edificações no Brasil. São Paulo: Zigurate Editora, 2001

ECOFASHIONMAG, **Arquitetura Bioclimática**. 30 de maio de 2012. Disponível em: <http://blog.giacomelli.com.br/2012/05/30/arquitetura-bioclimatica-zona-bioclimatica/> Acesso em 19 de maio de 2017

FAG. **Manual para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos**. 4ª Ed. Cascavel: FAG, 2011.

FARIAS, Nuri. **Brises que encantam**. S.d. Disponível em: <<http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projetos/referencias-ambientes-d/123301/85/3248/1/>> Acesso em 25 de mar. 2017

FINESTRA, 2005. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra/revista/74/edicao/41>> Acesso em 24 de mar. 2017

FORTE, Fernando; FERRAZ, Rodrigo M. **Como funciona o sistema de energia solar com placas fotovoltaicas?** São Paulo, 18 de mar. 2011. Disponível em: <<http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/como-funciona-o-sistema-de-energia-solar-com-placas-fotovoltaicas.jhtm>> Acesso em 1 de abr. 2017.

FRACALOSSI, Igor. Clássicos da Arquitetura: Hospital Sarah Kubitschek Salvador / João Filgueiras Lima (Lelé). 07 Mar 2012. ArchDaily Brasil. Disponível em:

<<http://www.archdaily.com.br/36653/classicos-da-arquitetura-hospital-sarah-kubitschek-salvador-joao-filgueiras-lima-lele>> Acesso 1 de abr. 2017.

FROTA, Anésia Barros. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo** – 8.ed. – São Paulo: Studio Novel, 2003.

GEODESIGN. **Instalações autônomas de vidro fv**, 2015. Disponível em: <http://vidrofv.geodesign.com.br/Pages/Proj_Auto_VFV.html> Acesso em 19 de maio de 2017

GLANCEY, Jonathan. **A história da arquitetura**. São Paulo: Editora Loyola, 2001.

GONÇALVES, Rodrigo Ramos. **Vidro, a invenção**. 2016. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/comportamento/vidro-a-invencao/>> Acesso em 22 de fev. 2017

HERTZ, John B. **Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**/ John B. Hertz. – São Paulo: Pioneira, 2003.

JORNAL NACIONAL. **Prédio reflete luz do sol e jornalista frita ovo na calçada em Londres**. Edição 03 de set. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/09/predio-reflete-luz-do-sol-e-jornalista-frita-ovo-na-calçada-em-londres.html>> Acesso em 25 de mar. 2017

JOURDA, Françoise-Hélène. **Pequeno manual do projeto sustentável**. - São Paulo: Editorial Gustavo Gill, 2013.

KEELER, Marian. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis** – Porto Alegre: Bookman, 2010.

KIRILOS, Pedro. **Sede da Petrobrás**. Agencia o Globo: 2014. Imagem disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/negocios/agencia-de-risco-moodys-corta-nota-de-credito-da-petrobras-14315054>> Acesso em 26 de mar. 2017

KOCH, ZIG. **Foto da Ópera de Arame**. S.d. Curitiba- PR. Imagem disponível em: <http://www.naturezabrasileira.com.br>> Acesso em 26 de mar. 2017

KON, Nelson. **Clássicos da Arquitetura**: Hospital Sarah Kubitschek Salvador / João Filgueiras Lima (Lelé), 2012 (fotografias). Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/01-36653/classicos-da-arquitetura-hospital-sarah-kubitschek-salvador-joao-filgueiras-lima-lele>> Acesso em 19 de maio de 2017

KWOK, Alison G. **Manual de arquitetura ecológica**/ Alison G. Kwok, Walter T. Grondzik – 2.ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

LAKATOS, E. MARCONI. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicação e trabalhos científicos. 6.ed., São Paulo: Atlas, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2001.

LATORRACA, G. João Filgueiras Lima, Lelé. Lisboa: Blau - São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 1999.

LIMA, João Filgueiras. In MENEZES, Cynara. João Filgueiras Lima: **O que é ser arquiteto**. Rio de Janeiro, Record: 2004.

LUKIANCHUKI, Marieli A.; CAIXETA, Michele C. B. de Ferrari, FABRICIO, Márcio M.; CARAM, Rosana. **Industrialização da construção no Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS)** - Entrevista realizada com o arquiteto João Filgueiras Lima, em 18 de nov de 2008. Retirado do artigo Arquitectos da revista Vitruvius. – Edição 134.04. São Paulo: jul de 2011. Disponível em <http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/12.134/3975>> acesso em 4 de abr. 2017.

MONTANER, Josep Maria. **Sistemas arquitectónicos contemporâneos**. – Barcelona: Editorial Gustavo Gill, 2008.

New Home. **Primeiros passos** – Geradores fotovoltaicos, s.d. Disponível em:

<http://www.newhome.com.br/htmls/ekohome/Solar/Fotovoltaico/Cristalino/primeiros_passo_s_ger_fotovolt.htm> Acesso em 19 de maio de 2017

OOM, **Torre Dei Cedri**. Disponível em: <<http://oom.it/torre-dei-cedri-il-nuovo-bosco-verticale-di-boeri/>> Acesso em 19 de maio de 2017

O VIDRO PLANO a. **Benefícios em dose dupla**. Revista O Vidro Plano, Edição 530, fev. 2017. Disponível em: <<http://abravidro.org.br/revistapdf/?urlpdf=136/edicao/17151>> Acesso em 4 de maio 2017

O VIDRO PLANO b. **Uma luz para o nosso setor**. Revista O Vidro Plano, Edição 532, abr. 2017. Disponível em: <<http://abravidro.org.br/revistapdf/?urlpdf=136/edicao/17436>> Acesso em 4 de maio 2017

PAX.ARQ. Escritório de Arquitetura. **Pavilhão Maracanã**. S.d. – São Paulo. Disponível em: <http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/paxarq_/pavilhao-maracana/3248> _Acesso em 25 de mar. 2017

PERÉN, Jorge Isaac. **Iluminação e ventilação na arquitetura de Lelé**. Revista AU – Jul 2014. Disponível em <<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/244/artigo318112-2.aspx>>. Acesso em 1 de abr. 2017.

PORTAL SOLAR. **Escolhendo o painel voltaico** – 10 coisas para saber. Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/escolhendo-o-painel-fotovoltaico--10-coisas-para-saber.html>> Acesso em 1 de abr. 2017

PORTAL SOLAR. **Tipos de células fotovoltaicas**, s.d. Disponível em: <<https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/tipos-celulas-fotovoltaicas>> Acesso em 19 de maio de 2017

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

SERRA, Rafael. **Arquitectura y clima**. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona:1999

REDE SARAH. **Nossa História**: 1956-2009. Matéria retirada do site oficial da Rede Sarah de Hospitais. Disponível em: <<http://www.sarah.br/a-rede-SARAH/nossa-historia/>> acesso 28 de mar de 2017.

ROAF, Sue. **Ecohouse**: a casa ambientalmente sustentável/ Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas; tradução Alexandre Salvaterra. – 3. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROMERO, Marta Adriana Barros. **A Evolução da Arquitetura e dos aspectos energéticos dos edifícios de escritórios nos últimos 30 anos na cidade de São Paulo**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 1999.

ROMERO, Marta Adriana Barros. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Editora Copymarket.com: 2000

ROMERO, Marta Adriana Barros. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Editora Universidade de Brasília: 2001

SILVA, Elvan. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: 1983. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/18426841/uma-introducao-ao-projeto-arquitetonico---elvan-silva>> Acesso em: 23 de fev. 2017

VIDRAÇARIA BH GLASS. **Tipos de vidro**. Disponível em: <<http://bhglass.com.br/produtos-e-servicos/>> Acesso em 24 de mar. 2017

VIDRAÇARIA SHOW GLASS. **Fachada de vidro**. Disponível em: <<http://vidracariashowglass.com.br/produtos/fachada-de-vidro/>> Acesso em 24 de mar. 2017