

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL GOUVEIA DE BAIROS

**APLICAÇÃO DA CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI VISANDO MÁXIMA
EFICIÊNCIA NO CONFORTO AMBIENTAL INTERNO DE EDIFICAÇÕES**

TOLEDO

2021

GABRIEL GOUVEIA DE BAIROS

**APLICAÇÃO DA CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI VISANDO MÁXIMA
EFICIÊNCIA NO CONFORTO AMBIENTAL INTERNO DE EDIFICAÇÕES**

**APPLICATION OF GIVONI BIOCLIMATIC CHART AIMING AT MAXIMUM
EFFICIENCY IN INTERNAL ENVIRONMENTAL COMFORT OF BUILDINGS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Prof. Dr. Silmara Dias Feiber

TOLEDO

2021



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, [4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIEL GOUVEIA DE BAIRROS

**APLICAÇÃO DA CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI VISANDO MÁXIMA
EFICIÊNCIA NO CONFORTO AMBIENTAL INTERNO DE EDIFICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 25 de novembro de 2021

Silmara Dias Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fúlvio Natércio Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Gustavo Venâncio da Silva Ramos
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

TOLEDO

2021

RESUMO

A construção civil é um setor que possui grande relevância na economia do país e consome diversos tipos de matérias primas para seu desenvolvimento, diante ao esgotamento desses recursos naturais a sustentabilidade é uma demanda necessária para conter esse consumo excessivo de recursos. A arquitetura bioclimática tem como objetivo minimizar o consumo energético das edificações e gerar melhoria nas condições de conforto, relacionando esses propósitos aos fatores climáticos em que ele está inserido. Devido a necessidade de criar estratégias bioclimáticas que melhorem a eficiência termo energética das unidades residenciais, pesquisadores desenvolveram métodos eficazes por meio da utilização de cartas bioclimáticas, entre esses estudos a Carta Bioclimática de Givoni é a que se adequa as condições climáticas referentes ao Brasil, tendo em vista que sua carta foi feita referente a países desenvolvidos. Desta forma o presente trabalho visa fazer um estudo do comportamento humano perante as diversas temperaturas do ambiente, como o tempo e o clima influenciam na região e apresentar como a arquitetura bioclimática pode obter resultados positivos no conforto interno de uma edificação, elencando assim as estratégias bioclimáticas necessárias para o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar situada na região oeste o Paraná, e adaptá-la, caso seja necessário, levando em consideração as variáveis climáticas em que ela está submetida.

Palavras chaves: carta bioclimática, Givoni, conforto térmico, eficiência energética.

ABSTRACT

Civil construction is a sector that has great relevance in the country's economy and consumes different types of raw materials for its development, given the depletion of these natural resources, sustainability is a necessary demand to contain this excessive consumption of resources. Bioclimatic architecture aims to minimize the energy consumption of buildings and generate improvements in conditions and comfort, relating these objectives to the climatic factors in which it is inserted. Due to the need to create bioclimatic strategies that improve the thermo-energy efficiency of residential units, researchers have developed effective methods through the use of bioclimatic charts. Among these studies, the Givoni Bioclimatic Chart is the one that suits the climatic conditions for Brazil, having considering that your letter was made referring to developed countries. Thus, the present work aims to study human behavior in the face of different environmental temperatures, as weather and climate influence the region, and present how bioclimatic architecture can obtain positive results in the internal comfort of a building, thus listing bioclimatic strategies necessary for the architectural project of a single-family residence located in the western region of Paraná, and adapt it, if necessary, taking into account the climatic variables to which it is subject.

Keywords: bioclimatic chart, Givoni, thermal comfort, energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - TROCAS TÉRMICAS CORPORAIS COM O AMBIENTE	14
FIGURA 02 - TROCAS TÉRMICAS DE UMA EDIFICAÇÃO COM O AMBIENTE	17
FIGURA 03 - MAPA DOS CLIMAS DO BRASIL	20
FIGURA 04 - MICROCLIMA	22
FIGURA 05 - ESQUEMA DA CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI	25
FIGURA 06 - LOCALIZAÇÃO DA RESIDÊNCIA	29
FIGURA 07 - VISTA FRONTAL DA RESIDÊNCIA	30
FIGURA 08 - VISTA POSTERIOR DA RESIDÊNCIA	31
FIGURA 09 - PERSPECTIVA LATERAL DIREITA DA RESIDÊNCIA	31
FIGURA 10 - PERSPECTIVA LATERAL ESQUERDA DA RESIDÊNCIA	31
FIGURA 11 - IMPLANTAÇÃO ESQUEMÁTICA E ORIENTAÇÃO DA RESIDÊNCIA	32
FIGURA 12 - INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE ANALYSIS BIO.....	34
FIGURA 13 - CARTA BIOCLIMÁTICA COM AS RETAS PARA TODOS OS MESES DO ANO	36
FIGURA 14 - VENTILAÇÃO CRUZADA, ELEVAÇÃO	40
FIGURA 15 - EFEITO CHAMINÉ	41
FIGURA 16 - SOLO COMO ESTRATÉGIA DE MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO	42
FIGURA 17 - ASPERSORES DE ÁGUA PARA RESFRIAMENTO EVAPORATIVO DIRETO	43
FIGURA 18 - TELHADO VERDE PARA RESFRIAMENTO EVAPORATIVO INDIRETO	43
FIGURA 19 - APROVEITAMENTO DOS RAIOS SOLARES NAS ESTAÇÕES VERÃO E INVERNO	44
FIGURA 20 - ESTUFAS PARA AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO	45
FIGURA 21 - PAREDE TROMBE COMO MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - RESUMO CLIMATOLÓGICO DA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DE PLANALTO ...	33
TABELA 02 - PORCENTAGEM DAS ESTRATÉGIAS PRESENTES NO ESTUDO	38
TABELA 03 – CONVERSÃO DA PORCENTAGEM EM HORAS DO ANO	39

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEN	Balanco Energético Nacional
IAPAR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITS	Índice de “Stress” Térmico
LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
NBR	Norma Brasileira
TBS	Temperatura do Bulbo Seco
TRY	Test Reference Year (Ano Climático de Referência)
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 CONFORTO AMBIENTAL	13
2.1.1 CORPO HUMANO	14
2.1.2 CONFORTO TÉRMICO	16
2.1.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	18
2.2 INFLUÊNCIA DO CLIMA	19
2.2.1 ZONEAMENTO CLIMÁTICO BRASILEIRO.....	20
2.2.2 MICROCLIMA	22
2.3 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA.....	23
2.3.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI.....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.2 DADOS CLIMÁTICOS DA RESIDÊNCIA	33
3.3 SOFTWARE	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	37
4.1.1 VENTILAÇÃO	41
4.1.2 MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO	42
4.1.3 RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	43
4.1.4 AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO	45
4.1.5 MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO	47
4.2 APLICAÇÃO AO ESTUDO DE CASO	48
5 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A - CARTA BIOCLIMÁTICA: (BARUCH GIVONI, 1992).....	57

1. INTRODUÇÃO

Dentre as necessidades humanas a busca pelo equilíbrio corporal perante a temperatura do ambiente reflete seu instinto mais antigo. O ser humano busca formas de se adaptar e manter a sensação de conforto corporal térmico em relação as diversas variações de temperatura do ambiente. Essas variações estão totalmente relacionadas aos fatores climáticos e meteorológicos que afetam, diretamente, no comportamento humano, na sua saúde e também em seu rendimento nas diversas atividades diárias (FROTA e SCHIFFER, 2003).

A ideia de conforto térmico dos ambientes pode ser entendida como um estado de corpo e mente onde o ser humano se familiariza com as condições físicas e climatológicas do local. Numa condição ideal, mantém harmonia entre corpo e ambiente num equilíbrio satisfatório para o convívio cotidiano (ANDRADE, 1996).

Diante dessa relação de interferência na qualidade de vida das pessoas, tornou-se indispensável a elaboração e execução de estratégias de projeto que visem a melhoria no desempenho térmico e eficiência energética das edificações. Atualmente essa necessidade tornou-se expoente, pois se passou a conviver com perceptíveis mudanças climáticas e a busca pelo desenvolvimento sustentável configura agora uma premissa necessária. Atender as necessidades de hoje sem comprometer a vida das gerações futuras é uma responsabilidade que permeia todos os setores da vida humana (ASBEA, 2012).

O conceito bioclimático está justamente ligado a essa relação de desempenho arquitetônico e eficiência energética de caráter sustentável. A Arquitetura Bioclimática possui em seu conceito a característica de oferecer o conforto térmico juntamente com a menor agressão ambiental. Para que essa ação se efetive é importante analisar os índices climáticos apresentados nas características específicas de cada região (LANHAM et al., 2007).

Devido a essa necessidade de amenizar os problemas gerados por ambientes mal projetados, como o exagerado calor ou frio, ou correntes de ar excessivas,

pesquisadores desenvolveram estratégias utilizando cartas bioclimáticas. Assim, o presente trabalho busca utilizar os dados climáticos da região oeste do Paraná retirados de estações climáticas do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Após a coleta dos dados e, com o auxílio da Carta Bioclimática de Givoni, analisarei uma edificação adotada como estudo de caso e aplicarei os conceitos da carta para propor, caso necessário, um plano de melhoria ou adaptações em uma casa térrea com a intenção de gerar maior eficiência no desempenho termo energético da mesma.

1.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa visa aplicar a metodologia da Carta Bioclimática de Givoni em uma casa térrea na cidade de Capitão Leônidas Marques - Paraná, e adapta-la em termos de eficiência termo energética, caso necessário.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se alcançar o objetivo maior da pesquisa que trata da contribuição das Cartas Climáticas na avaliação do desempenho de edificações os objetivos específicos organizados são:

- Com o auxílio do software Analyses Bio, retirar quais estratégias, segundo a Carta de Givoni, são predominantes na região referentes aos dados meteorológicos retirados de uma estação automática da região;
- Propor, caso sejam necessárias, adaptações em termos de estratégias projetuais para a obra analisada.

1.3 JUSTIFICATIVA

Apesar da maioria da geração de energia no Brasil ser der por fontes limpas e renováveis ainda é de extrema importância se preocupar com a sua utilização,

uma vez que sua demanda de consumo está cada vez maior na sociedade. Devido à alta demanda o Brasil acaba tendo que buscar formas alternativas para suprir essas necessidades, como o investimento e políticas públicas não incentivam a geração de energia elétrica por fontes renováveis, a utilização de usinas termoeletricas acaba sendo a opção de geração de energia. As usinas termoeletricas necessitam de um baixo nível de investimento tendo seu custo de energia reduzido, porém possui uma enorme contribuição negativa para o meio ambiente, gerada pela queima de combustíveis fósseis agravando a situação ambiental mundial, por meio do aquecimento global.

Um dos fatores que influenciam de forma significativa no consumo de energia e que com o passar do tempo está se tornando cada vez mais presente nas edificações se dá pelo condicionamento artificial dessas unidades tanto para o aquecimento, como para o resfriamento. De acordo com o BEN - Balanço Energético Nacional - a utilização destes condicionadores de ar artificiais são o que possuem maior parcela no consumo de energia de uma obra, para aqueles que há contêm. Isso torna as pesquisas de estratégias bioclimáticas essenciais em termos de eficiência no consumo de energia do país.

Aplicar métodos construtivos adequados implicam positivamente em fatores ambientais, sociais, econômicos e tecnológicos, como:

- Preservar o ecossistema e sua biodiversidade, realizando a gestão ambiental minimizando o impacto nas mudanças climáticas;
- Reduz o consumo de matérias primas utilizando esses recursos naturais de forma sustentável;
- Influenciam em investimentos sociais contribuindo em melhores gastos nos componentes sociais, econômicos, culturais e ambientais da região;
- Auxilia no dimensionamento da energia necessária para o condicionamento artificial, adequando-se ao clima e tornando as demandas energéticas da edificação menor;
- Aprimora a racionalização quanto a eficiência tecnológica construtivas nas residências;

Sendo assim o estudo bioclimático dos projetos arquitetônicos objetiva melhoras nos aspectos termo energéticos das edificações proporcionando o conforto térmico com o menor gasto com energia elétrica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo traz a fundamentação que serve de base à compreensão do conteúdo investigado da temática adotada para a pesquisa. Perpassa os assuntos necessários para que se possa alcançar os objetivos traçados e contribuir de forma efetiva à construção do conhecimento na área da construção civil.

Foi organizado no sentido de partir do tema mais abrangente e caminha afunilando para o cerne da questão que é a aplicação da metodologia da Carta Bioclimática de Givoni visando avaliar o conforto térmico de uma edificação em forma de estudo de caso. Posteriormente a esta etapa será feita a apresentação dos Materiais e Métodos que descrevem a obra do estudo de caso, a metodologia de levantamentos a ser seguida, por fim será apresentado os Resultados e Discussões obtidos, bem como a Conclusão com relação a área da construção civil

2.1 CONFORTO AMBIENTAL

Sabemos que o ser humano sente a necessidade de se manter confortável em todo e qualquer local que habita. As principais variáveis que sustentam a condição de bem estar corporal são os fatores relacionados a questão térmica, visual, acústico e antropométrico, além do controle e qualidade da ventilação do ar. Esses fatores compõem a condição ambiental do meio em que o homem se insere dentro do espaço construído (LAMBERTS et al., 2014).

Em todo o mundo é constatado diversos tipos de climas dependendo da região que se habita, sendo um fator determinante a relação entre a Latitude e Longitude específicas. Porém é do instinto biológico dos seres humanos se adaptar a essas variações tanto de forma automática por meio das reações do corpo, como de maneiras mecânicas como utilização de vestimentas

adequadas, projetos arquitetônicos ideais e com o uso de tecnologias eficazes no controle ambiental interno das edificações (LAMBERTS et al., 2014).

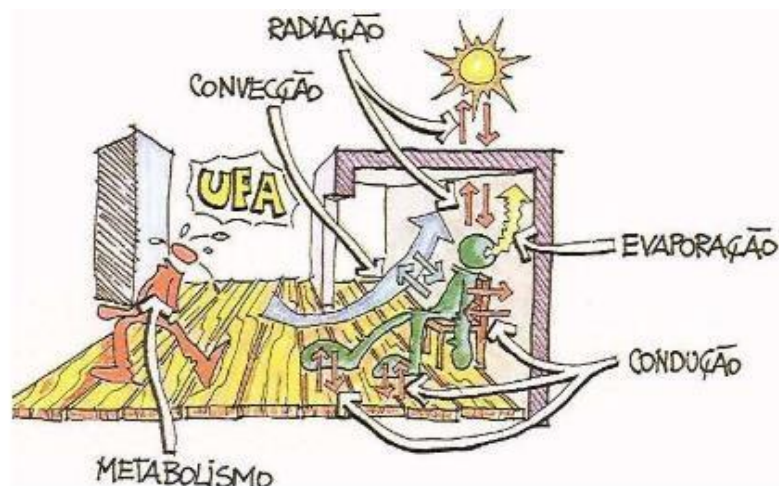
Para que ocorra de forma satisfatória o devido conforto ambiental é preciso manter uma relação deste conforto com o consumo de energia, assim torna-se imprescindível elaborar estratégias projetuais que desempenhem um papel sustentável na edificação.

A aplicação das cartas bioclimáticas auxilia no entendimento dos fatores térmicos relacionados a simbiose homem/edificação, juntamente com a eficiência energética do espaço construído. A proposta de espaço construído que promova o equilíbrio ambiental interna na edificação é o foco da pesquisa, assim segue a investigação sobre as condicionantes ambientais e a relação do corpo humano e as trocas térmicas com o meio.

2.1.1 CORPO HUMANO

O corpo humano independente das variações de temperatura do meio externo tende a se manter em equilíbrio. Esta característica se dá pelo fato do homem ser um animal homeotérmico. O organismo por meio da oxigenação transforma os nutrientes existentes no alimento em energia, promovendo o calor interno do corpo. Devido as diferentes temperaturas do meio e do corpo há o ganho ou perda de calor, relação conhecida como trocas térmicas. Estas trocas podem ocorrer por condução, convecção, radiação, evaporação e respiração (LAMBERTS et al., 2014), demonstrados na Figura 01, a seguir:

Figura 01 - Trocas térmicas corporais com o ambiente



Fonte: Dutra et al., 2004

Desta forma o corpo humano desenvolve internamente mecanismos termo reguladores próprios, ativados quando as condições térmicas ultrapassam devidos valores, a fim de manter a temperatura interna neutralizada. Quando o organismo consegue estabelecer compatibilidade entre o calor produzido pelas atividades realizadas e o metabolismo, sem a ativação dos mecanismos termorreguladores e estabelece uma relação saudável com o ambiente chega-se à sensação de conforto térmico. Esta relação acontece quando a temperatura interna corporal permanece constante entre 36,1 °C e 37,2 °, sendo 37 °C a temperatura perfeita. Sendo os limites para a sobrevivência humana de 32 °C e 42 °C (LAMBERTS, 2016).

Na presença de frio, primeiramente, os vasos capilares externos se contraem e os internos dilatam diminuindo a troca por convecção e radiação, após esta reação inicial há o movimento muscular do arrepio que por meio do atrito ocasionado pela rugosidade da pele aquece a mesma. Por fim acontece o processo acelerado do metabolismo, aumentando o calor interno por meio da movimentação dos músculos. Algumas maneiras instintivas para amenizar a sensação de frio seria utilização de roupas, ingestão de líquidos quentes, movimentos físicos e com maior complexidade a construção de abrigos. Desta forma, estas ações acabam por compensar as perdas corporais para o ambiente (LAMBERTS et al., 2014).

No caso da sensação de calor as pessoas podem recorrer a banhos, proteção em sombras e utilizar a tecnologia como ventiladores e ar-condicionados, porém os mecanismos termorreguladores também atuam quando submetidos a elevadas temperaturas, os vasos sanguíneos dilatam

relaxando os músculos lisos dos vasos aumentando a temperatura da pele e adicionam perdas de calor por radiação e convecção. O suor atua como o mais importante termorregulador do corpo quente, os poros produzem o suor que umedece a superfície da pele trazendo a sensação de resfriamento (LAMBERTS et al., 2014).

Portanto manter equilíbrio das trocas térmicas do meio e do corpo é essencial para que tenhamos uma vida saudável e satisfatória em termos térmicos.

2.1.2 CONFORTO TÉRMICO

Durante muito tempo a sociedade brasileiras apresentou escassez de leis e normas específicas que apresentassem algumas diretrizes para que as construções obtivessem o mínimo de eficiência termo energética. Essa carência de conhecimento influenciou negativamente no desempenho das obras presentes e também em projetos futuros. Apenas as obras que respeitaram o saber-fazer advindo do conhecimento tradicional considerou ao longo das tradições estratégias de adaptação da edificação ao clima. Obras denominadas vernaculares foram sendo substituídas por obras de influências advindas de fontes diversas, muitas vezes de outras regiões do planeta, não sendo adaptadas de forma coerente com a condição local. Assim, somente em 1998 a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, após anos de estudo, publicou algumas informações a respeito do assunto, com isso posteriormente foi possível elaborar as devidas regulamentações no Brasil (FERNANDES, 2009).

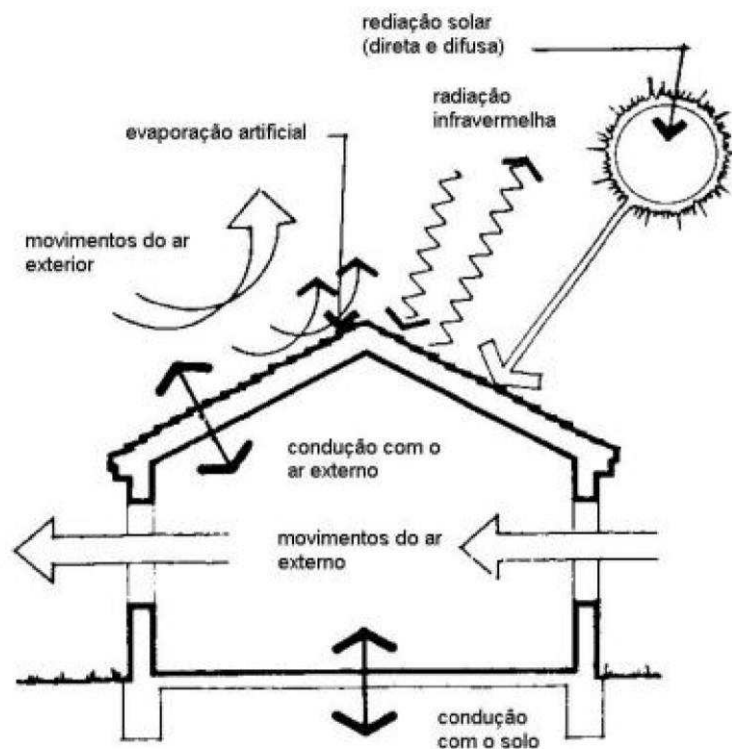
No contexto da definição de eficiência energética e a preocupação com ambientes de maior qualidade, a associação americana ASHRAE (2013, pag. 9.1) conceitua como conforto térmico “um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Ou seja, se as trocas de calor entre corpo e o meio forem nulas e a temperatura da pele e a produção de suor estiverem dentro dos limites satisfatórios, podemos dizer que o conforto térmico foi atingido.

Em termos técnicos, segundo a NBR 15220-1 (ABNT, 2005, pag. 06) a definição de conforto térmico é “a satisfação psicofisiológica de um sujeito com as condições térmicas do ambiente”. Pode-se então entender que para uma pessoa se sentir confortável a temperatura e condições do ambiente deve estar em harmonia com o estado físico e mental do indivíduo. Com a entrada em vigor da norma, fornecendo procedimentos e instruções sobre o tema, facilitou o desenvolvimento de projetos e avaliações das obras, assim como forneceu o embasamento necessário para novas pesquisas brasileiras sobre a bioclimatologia, conforto ambiental e eficiência energética (FERNANDES, 2009).

Devido a conexão que o homem e meio devem possuir, alguns fatores pessoais e ambientais são relevantes para se obter a sensação de conforto. A taxa do metabolismo, grau da vestimenta e aclimatação, são exemplos para os fatores pessoais e para os fatores ambientais temos a temperatura do bulbo seco (TBS) e a velocidade do ar. Encontrar formas de manter esses fatores equilibrados é o que irá definir se há a condição de conforto ou desconforto em um determinado local (RORIZ, 2001).

Nas buscas pelo equilíbrio os mecanismos de trocas térmicas atuam tanto nos seres humanos em relação com o meio externo, assim como nas estruturas internas construídas pelo homem. Entender estas relações e a influência do clima e maneiras de controlar as trocas térmicas causados pelos fatores meteorológicos e climáticos é o grande desafio para se obter satisfação quanto ao conforto ambiental térmico. As trocas térmicas que ocorrem entre o meio e uma edificação estão demonstrados na Figura 02, a seguir:

Figura 02 - Trocas térmicas de uma edificação com o ambiente



Fonte: Camous et al., 1986

O esquema apresentado ilustra a gama de processos referentes as trocas térmicas onde a presença humana acaba por se adequar visando a busca pelo equilíbrio térmico interno. A eficiência deste ambiente construído é o assunto que segue na pesquisa.

2.1.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Lamberts (2014), cerca de 45% do consumo de energia elétrica nacional estão ligados aos edifícios residenciais, comerciais e públicos. Assim, diante do papel das edificações no consumo energético global a economia de energia, independente das circunstâncias, sempre é um fator que merece racionalização em seu uso.

Sendo assim, economizar energia, em termos das edificações, trazem inúmeras vantagens como a redução do custo de operação, redução da probabilidade da falta de energia, reduzem a necessidade do setor público em investir na geração e transmissão de energia, conseqüentemente torna as indústrias e produtos nacionais mais competitivos em nível mundial. Outro fator

relevante é a potencial redução dos impactos ambientais gerados pelo exacerbado consumo de matérias primas, recursos esses cada vez mais escassos. Desta forma podemos preservar a vida humana tanto no contexto atual quanto de gerações futuras (LAMBERTS et al., 2014).

Em meio a escassez de recursos energéticos em que a sociedade se encontra, utilizar estratégias de condicionamento térmico sustentável passa a ser uma alternativa que, além de eficaz, reinterpreta a necessidade de se projetar de forma consciente e responsável objetivando a redução de consumo de energia das edificações (RIBEIRO, 2008).

Em termos arquitetônicos a eficiência energética pode ser entendida como a capacidade da edificação em garantir as melhores condições térmicas, visuais e acústicas do ambiente, com o menor consumo de energia possível. Desta forma ao compararmos duas obras, podemos estabelecer como a mais eficiente, aquela que possui a capacidade de garantir, com o mesmo consumo de energia, maior conforto térmico ambiental, sem interferir na qualidade geral do local (APOLONIO, 2011)

2.2 INFLUÊNCIA DO CLIMA

Ao elaborar estratégias de conforto em edificações é necessário estudar as variações do tempo e a atuação do clima predominante da região, sendo eles os elementos de maior impacto nas construções de uma habitação. Esses fatores possuem influência nas diversas relações humanas, uma vez que interferem em parâmetros econômicos e sociais da região (RIBEIRO, 2008). Desta forma é de suma importância analisar os diversos fatores climáticos e meteorológicos afim de amenizar o desconforto ambiental causando pelos mesmos.

Neste contexto, tempo e clima são duas condicionantes locais diferentes em seus conceitos: tempo é uma situação momentânea da atmosfera a qual pode variar rapidamente ao longo do dia. Influenciam no tempo os elementos meteorológicos como a temperatura, o vento e a umidade que passam a determinar as características imediatas do local. Porém, dentro dessas variações há algo já previsto e que é chamado de clima local, determinado por

fatores mais específicos como a latitude e longitude da localidade. (BOGO et al., 1994). Segundo Bagnati (2013, pag. 20) podemos definir clima como a “configuração característica e constante de tempo de um lugar, em meio às variações. Os fatores climáticos globais, os fatores climáticos locais e os elementos climáticos são aqueles que condicionam e definem o clima”.

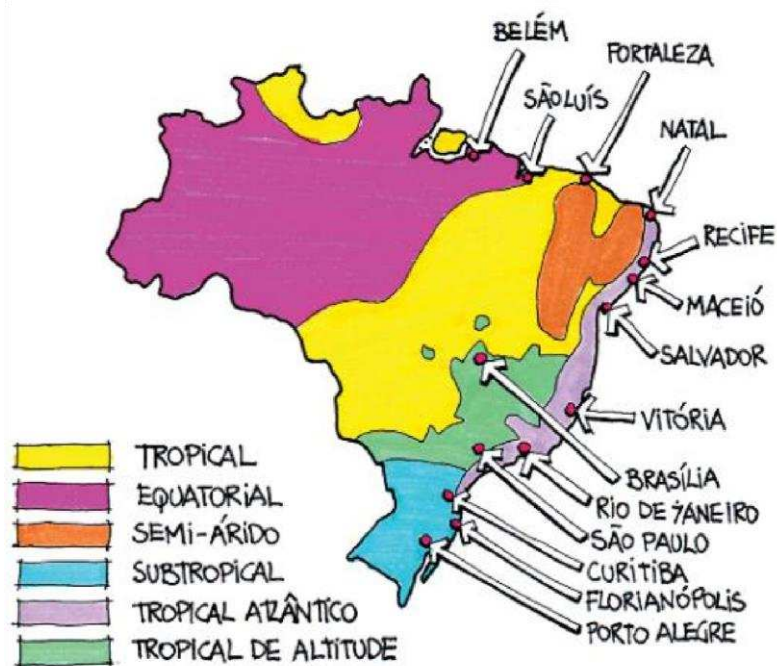
O clima afeta as atividades do homem, mas da mesma forma, a sociedade também é capaz de alterar a dinâmica do clima em escala local (NÓBREGA, LEMOS, 2011). O aquecimento global é uma consequência das interações do homem com a natureza, estabelecendo um panorama mundial alarmante. O aumento na emissão de dióxido de carbono, o efeito estufa, o uso exacerbado de matéria-prima, as queimadas e o desflorestamento são fatores que alteram as condições do clima e ameaçam o meio ambiente (ANDRADE, 2005).

Diante desse cenário adotar métodos bioclimáticos na condução de projetos de edificação podem amenizar esses efeitos negativos. A utilização de recursos naturais de forma sustentável na iluminação, aquecimento e resfriamento das edificações de forma passiva passa a ser um objetivo comum na área da construção civil. A energia advinda de fontes renováveis e as que atuam de forma passiva no ambiente construído a favor do bem estar humano é a atual premissa dos projetos arquitetônicos no controle das trocas térmicas (LAMBERTS et al., 2014).

2.2.1 ZONEAMENTO CLIMÁTICO BRASILEIRO

O Brasil está localizado em quase sua totalidade entre dois trópicos, devido a sua dimensão territorial está sujeito a uma diversidade de climas. Derivada da classificação de Köppen a Figura 03, retirado dos dados de 2006 do IBGE e adaptado por Dutra et al (2004), mostra a divisão do clima brasileiro:

Figura 03 - Mapa dos climas do Brasil



Fonte: Dutra et al, 2004

As principais cidades brasileiras que possuem o TRY (Test Reference Year), traduzido para Ano Climático de Referência, estão indicadas no mapa. De forma sucinta o TRY possui informações padronizadas dos dados climáticos de um determinado local para um ano inteiro de análise (GOULART et al., 1998).

Numa análise geral é observado que cerca de 90% de todo o território nacional apresenta predominantemente climas quentes com pouca amplitude térmica, podendo ser enquadradas em zonas climáticas tropicais e equatorial. Os outros 10% localizados na região sul são denominados como clima subtropical e possuem climas mais frios e maiores amplitudes térmicas, ou seja, temperaturas amenas no pôr ao nascer do sol e aumento na temperatura durante o dia (MENDONÇA et al., 2007).

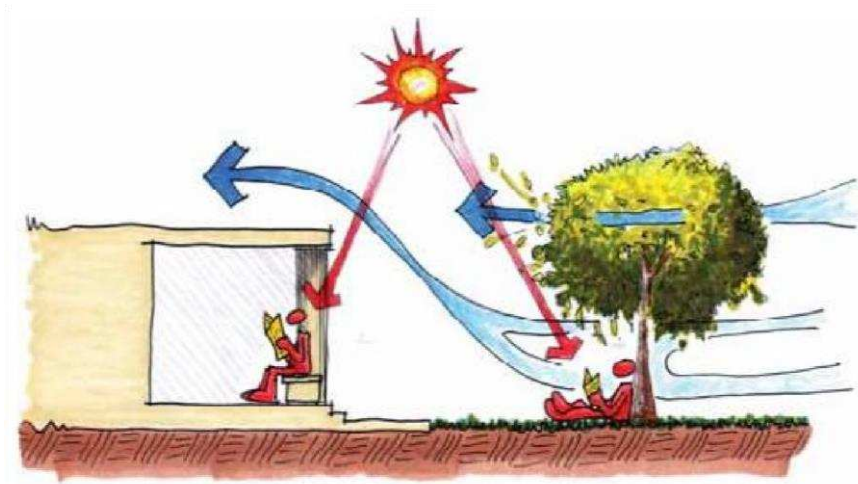
Abrangendo a região do estudo de caso do presente trabalho, o Paraná, localizado na região sul possui o clima subtropical, ou também chamado de temperado. Apresenta temperaturas médias abaixo de 20 graus Celsius sendo caracterizada, por Köppen do Tipo C, denominado como um clima mesotérmico. Há oscilação térmica ao longo do ano com a amplitude térmica média anual variando de 9 a 13°C. E os valores pluviométricos são bem

definidos tendo seus valores médios anuais entre 1500 e 2000 mm (LAMBERTS et al., 2014).

2.2.2 MICROCLIMA

O microclima ilustrado pela Figura 04 é um fenômeno que ocorre quando há a variação de um clima em uma área onde outro clima é característico. Podemos observar de forma mais clara esse acontecimento em grandes centros que pela falta de arborização e a predominância de concreto nas construções e no asfalto tornam a sensação climática diferente da estabelecida para a região. A aplicabilidade da escala microclimática é muito importante para a elaboração de projetos das edificações, uma vez que é possível manusear e alterar variáveis como a vegetação, a topografia, o tipo de solo e a presença de obstáculos naturais e artificiais para induzir as condições locais do clima e, conseqüentemente, solucionar problemas no conforto térmico e eficiência energética da obra (LAMBERTS et al., 20014).

Figura 04 - Microclima



Fonte: Dutra et al, 2004

Os estudos de microclima se baseiam em controlar a temperatura, umidade e a ventilação do ar, manipular os elementos arquitetônicos e os paisagísticos, como a vegetação e os raios de sol. Essa técnica é importante para estabelecer as condições confortáveis para a sobrevivência da espécie humana.

2.3 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A palavra bioclimática tem como sua denominação a interação da condição do clima (climática) com a vida humana (bio) e a arquitetura atuará como agente intermediário na relação entre esses dois fatores. No caso da denominada arquitetura bioclimática para Andrade e Dutra (2006) esta pode ser entendida como aquela que utiliza estratégias advindas do projeto arquitetônico seguindo as adaptações necessárias ao clima local. Esta adaptação ocorre de maneira que a obra se submeta as características do meio ambiente e aproveite com máxima eficiência seus recursos. Segundo os autores o principal objetivo a ser alcançado é o conforto térmico e acústico bem como a máxima eficiência energética ao longo do ciclo de vida da obra.

Para Navarro (2007), a aproximação dos princípios de sustentabilidade é o principal objetivo da arquitetura bioclimática. O autor complementa dizendo que além de amenizar os efeitos negativos das construções em relação ao meio ambiente, deve-se atingir uma arquitetura que promova a interação condizente com o local, o clima e com às necessidades dos indivíduos ali presentes.

Segundo Romero (1993), deve-se usar as premissas arquitetônicas de maneira lógica para entender todos os fatores existentes no local e atingir a estética da arquitetura desejada adequando-se as culturas e materiais locais, sendo essa a harmonia necessária também entre meio e o homem. Esta harmonia compreende o equilíbrio dos elementos meteorológicos e climáticos que afetam tanto os seres humanos bem como as estruturas por eles construídas.

De modo geral, a arquitetura bioclimática adequa e concilia os elementos tecnológicos e arquitetônicos de construção com a utilização dos recursos provenientes naturalmente (sol, vento, chuva, vegetação) com o propósito

sustentável. Assim o consumo de energia e os impactos ambientais passam a ser reduzidos e o desempenho termo energético da edificação potencializado. (ANDRADE, DUTRA, 2006).

No âmbito dos projetos de edificação existe uma problemática em relação a sua configuração as quais são definidas basicamente por:

- Implantação da obra definida de acordo com a sua localização em especial a posição dos ventos dominantes e a trajetória solar;
- Avaliação do entorno imediato;
- Volumetria com a definição da forma da edificação que pode ser compacta (climas frios) ou com maior jogo de volumes (climas quentes);
- Definição e dimensão de aberturas das fachadas;
- Adoção de materiais para a estrutura e vedações;

Estas escolhas que iniciam com a observação do local de implantação da obra até a definição de materiais de construção possuem o objetivo maior de obter um controle das variáveis ambientais de seu entorno, podendo aproveitar a iluminação, ventilação, vegetação e sombras naturais. Por meio do domínio destas e outras variáveis que afetam o meio externo e interno de uma obra, cabe ao projetista elaborar e adotar estratégias projetuais bioclimáticas para adquirir boas condições de habitabilidade e bem estar do local (ANDRADE, DUTRA, 2006).

2.3.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI

Com a necessidade de apresentar soluções quanto ao desconforto térmico apresentado por edificações mal projetadas, pesquisadores desenvolveram métodos utilizando cartas bioclimáticas. Esse método consiste em a partir de dados climáticos locais, indicar diretrizes para o projeto arquitetônico em forma de estratégias bioclimáticas, visando o alcance das premissas de conforto ambiental interno.

Um dos autores que atua nesta temática é Baruch Givoni (1992) que faz a análise da arquitetura, o clima e o homem. O autor entende que as trocas térmicas existentes no meio estão relacionadas com as funções orgânicas e sensoriais de uma estrutura, neste estudo o corpo humano, e que essas funções reagem aos fatores do ambiente, principalmente à pressão atmosférica.

Em pesquisas realizadas em 1968, nos EUA, Europa e Israel, Givoni elaborou sua primeira carta utilizando o ITS - Índice de "Stress" Térmico para descrever os mecanismos de trocas de calor. Índice esse que abrange a temperatura do ar, umidade, ventos, radiação solar, taxa do metabolismo e vestimenta como variáveis de cálculo. O método criado por Givoni inicialmente era utilizado para qualquer país ou região e foi considerado uma grande evolução quando comparado a outros métodos. Este sucesso inicial se deu devido ao traçado sobre uma carta psicrométrica (ábaco que permite representar graficamente as evoluções do ar úmido, combinando ar seco com vapor de água) e o uso da umidade absoluta do ar como referência. Desta forma relaciona as condições climáticas com zonas de estratégias e conforto para um projeto de edificação (ANDRADE, 1996; BOGO et al., 1994).

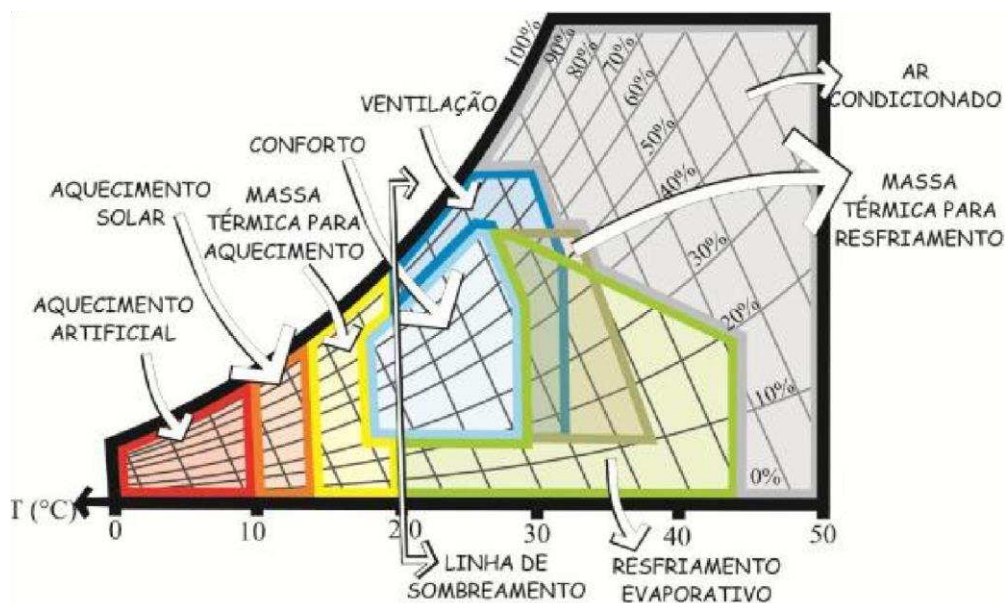
Em 1992, revendo alguns padrões de conforto, Givoni elaborou uma nova carta diferenciando países desenvolvidos e os que estão em desenvolvimento. Ele observou que pessoas de países em desenvolvimento, situadas em regiões úmidas e quentes, se adaptam melhor a elevadas temperaturas (ANDRADE, 1996).

O autor sugere elevar a temperatura limite máxima e o vapor de água, assim como explorar os fatores dos ventos durante o dia, capacidade térmica do ambiente sem ou com ventilação e o resfriamento evaporativo direto ou indireto (BOGO et al., 1994).

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) a metodologia de Givoni de 1992 foi a mais apropriada para as condições climáticas do Brasil. Está inserido no Apêndice A o modelo detalhado da Carta Bioclimática criado por Baruch Givoni em 1992, adaptado por Manuel Navarro Moreno e com a arte final feita por Keline Zenaro em 2010. Na Figura 05 está demonstrado um modelo do

esquema da Carta de Givoni, adaptado por Thomé (2006) onde possui uma visualização fácil das estratégias obtidas pela carta.

Figura 05 - Esquema da carta bioclimática de Givoni



Fonte: Thomé, 2006

São necessários para a elaboração da carta bioclimática de Givoni, os valores da temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e a umidade relativa do ar. Desta forma caracteriza-se o clima e as variáveis bioclimáticas da região e, a partir delas torna-se possível traçar estratégias de projeto específicos, consequentemente obter maior efetividade nas formas de garantir o conforto térmico para o ambiente proposto.

Estas estratégias são nomeadas bioclimáticas por utilizar os recursos naturais, como iluminação natural, ventilação, insolação, umidade do ar, temperatura, sombreamento e ventilação, para a construção das edificações e estão descritas nos itens a seguir.

a) CONFORTO

É a zona em que o usuário alcançará o conforto térmico ambiental. Os limites dessa zona estão entre 18°C e 29°C de temperatura e entre 20% e 80% de

umidade relativa do ar. Nenhuma estratégia arquitetônica bioclimática precisa ser aplicada nestas circunstâncias.

b) VENTILAÇÃO NATURAL

Nesta zona a temperatura do ambiente varia de 20°C a 32°C. Em ambientes com umidade relativa extrapolando certos limites ou temperatura acima de 29°C a ventilação natural auxilia na sensação de conforto térmico ocasionados pelo ganho de calor excessivo do ambiente.

c) RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

O resfriamento evaporativo ocorre quando o ar é resfriado pela evaporação da água em conjunto à ventilação do ar, tornando o acúmulo de vapor inviável. Segundo a Carta, a temperatura varia de 20°C a 44°C nesta zona.

d) MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO

Massa térmica trata especificamente da capacidade dos materiais em conduzir a temperatura por sua própria estrutura. Esta zona é destinada a climas secos, com temperaturas elevadas com grande amplitude térmica, com picos elevados durante o dia e picos mínimos à noite. Utilizar métodos construtivos que controlem as trocas térmicas entre o interior e exterior da edificação é imprescindível para que a amplitude térmica do ambiente seja suavizada. As temperaturas nessa zona variam entre 27° e 39°C.

e) AR CONDICIONADO

Essa zona é destinada a climas extremamente quentes, tornando necessário o uso de resfriamento artificial. O ideal é evitar o consumo de energia e priorizar os sistemas naturais advindos de estratégias projetuais adotadas na proposta arquitetônica da obra. A utilização dos aparelhos de resfriamento somente deve ser acionada em momentos de excessivo aquecimento.

f) MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO

Esta zona se encontra entre 14°C e 20°C de temperatura. Desta forma a utilização de elementos construtivos seguidos de materiais específicos que mantenham o aquecimento solar passivo e aumentem o isolamento térmico da edificação. Estas características impedem que o calor retido durante o dia se dissipe e seja desperdiçado durante a noite, proporcionando uma sensação ambiental no interior da edificação agradável. Esta situação pode ser verificada em obras que adotam a taipa de pilão como sistema construtivo.

g) AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO

Esta estratégia ocorre por meio das trocas térmicas naturais. Por se encontrar em temperaturas amenas, entre 10,5°C e 14°C, a exploração dos raios solares para conseguir a energia térmica é fundamental, métodos de isolamento térmico rigorosos são necessários para aquecer o ambiente. Uma obra com maior compacidade potencializa este controle térmico.

h) AQUECIMENTO ARTIFICIAL

Quando o aquecimento natural não é suficiente para se obter o conforto é necessário a utilização de aquecimento artificial. Isso acontece em climas extremamente frios com temperaturas menores que 10,5°C. É importante estabelecer uma relação entre o aquecimento solar passivo com o artificial, reduzindo assim o consumo de energia elétrica.

i) SOMBREAMENTO

O sombreamento é indicado por Givoni em temperaturas acima de 20°C. É importante utilizar essa estratégia em fachadas que possuem grande incidência de raios solares evitando que a edificação receba ganhos de calor excessivos durante estações quentes. Porém, deve-se fazer um estudo local para que esse mesmo sombreamento não impossibilite a entrada do sol em estações frias.

Esta metodologia da Carta de Givoni será utilizada para realizar a pesquisa de Estudo de Caso proposta como forma de verificação e avaliação da obra existente. Assim, pretende-se verificar a eficiência em relação a temperatura interna da edificação e, caso necessário propor as adaptações pertinentes. Esta ação será descrita com maior detalhamento no item que segue.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

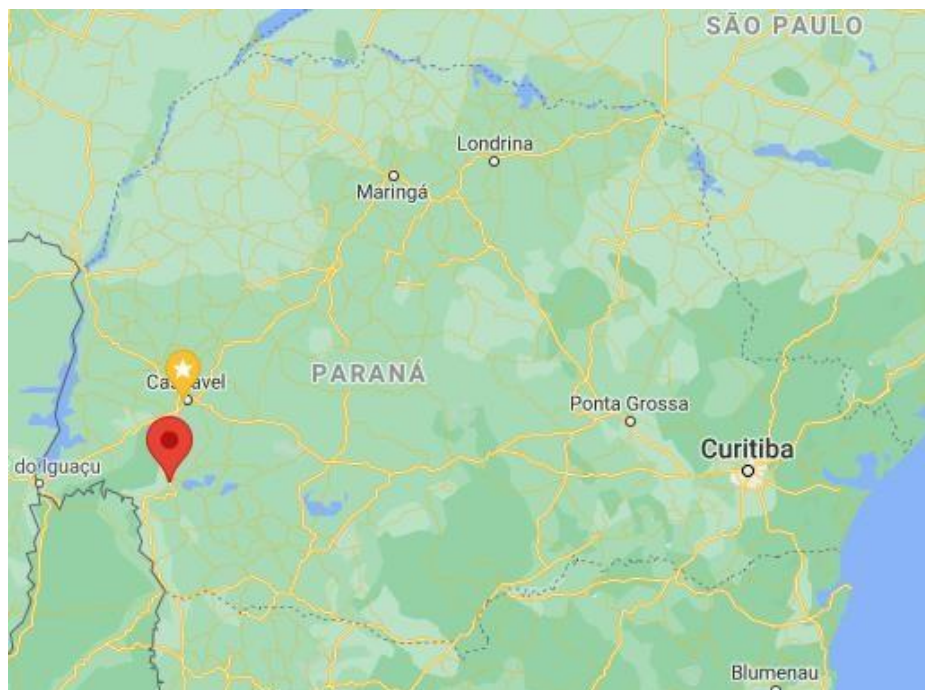
Neste capítulo será exposto os materiais e demonstrados os métodos necessários para elaboração do Estudo de Caso. Para o levantamento dos dados foi definido a edificação e descrito a sua localidade e características climáticas. A metodologia utilizada é a proposta pela Carta Bioclimática de Givoni. Para auxiliar na análise dos dados climáticos da região foi utilizado um software computacional que gera gráficos a partir do esquema da carta de Givoni. Desta forma é possível fazer a análise e adaptar os elementos projetuais arquitetônicos da obra, se necessário.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A edificação estudada localiza-se na cidade de Capitão Leônidas Marques, no estado do Paraná, distanciada aproximadamente 515 km da

capital do estado, Curitiba. O mapa do Paraná com a localização da cidade está demonstrado na Figura 06, a seguir:

Figura 06 - Localização da residência



Fonte: Google Maps (2021)

Esta obra faz parte de um complexo de residências unifamiliares construídas em 1997, especificamente para trabalhadores da Usina Hidrelétrica Governador José Richa, mais conhecida como Usina de Salto Caxias situada na divisa da cidade. Devido a demanda de emprego geradas pela construção da Usina, essas casas são cedidas para os funcionários da empresa tornando viável a vinda e estabelecimento dos mesmos na cidade.

A obra estudada possui formato retangular com área de edificação de aproximadamente, 70m² e apenas 1 pavimento. As características construtivas da edificação são:

- Estrutura: Pilares e viga de concreto armado;
- Vedação: Alvenaria convencional;
- Janelas: Vidro;
- Portas: Madeira;
- Forro: Laje Maciça;
- Estrutura da cobertura: Madeira;

- Cobertura: Telhas cerâmica, tipo Francesa;
- Revestimento dos pisos: madeira e azulejo em áreas molhadas e cozinha;

As vistas da casa estudada estão demonstradas nas Figuras 07, 08, 09 e 10 a seguir:

Figura 07 - Vista frontal da residência



Fonte: Autor (2021)

Figura 08 - Vista posterior da residência



Fonte: Autor (2021)

Figura 09 - Perspectiva lateral direita da residência



Fonte: Autor (2021)

Figura 10 - Perspectiva lateral esquerda da residência



Fonte: Autor (2021)

Observa-se que a obra possui aberturas nas quatro faces e cobertura com duas águas. O recuo do portão frontal e do muro posterior possui uma distância da residência de aproximadamente 9 m, não interferindo na incidência de ventos, já os muros laterais dos lados esquerdo e direito com altura de 1,5 m e distância da casa de cerca de 3 e 4 m, respectivamente., possuem pouca intervenção nas massas de ar. Em sua área externa a grande maioria é composta por áreas permeáveis, sendo constituído por grama e arborização de pequeno porte, sem função de sombreamento, sendo assim não há vegetação presente no entorno da obra.

Um esquema da implantação da casa como a sua orientação é demonstrado na Figura 11, a seguir:

Figura 11 - Implantação esquemática e orientação da residência



Fonte: Autor (2021)

A fachada frontal se direcionada para o sentido sul/sudoeste com apenas uma abertura e a posterior para o sentido norte/nordeste também possuindo apenas uma abertura, ambas aberturas sendo janelas e constituem o lado com a menor dimensão da casa. O lado direito da casa direcionado para o sentido leste-sudeste e possui três aberturas sendo uma porta e duas janelas, já o lado esquerdo posicionado para o sentido oeste/noroeste possui 6 aberturas sendo cinco janelas e uma porta. Observando os materiais e estética construtiva, é possível definir a casa com um padrão simples. A casa situa-se em um local plano sem a presença de elementos que obstruam totalmente os ventos e os raios solares.

3.2 DADOS CLIMÁTICOS DA RESIDÊNCIA

Para utilizar a carta bioclimática de Givoni é necessário coletar dados climáticos da região onde se encontra a edificação. Para obtenção dos dados de temperatura máxima, mínima e média e da umidade relativa foi utilizado os dados coletados pelo IAPAR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. Foi adotada para a cidade em que se situa a casa, os dados coletados pela estação automática de Planalto, cidade situada a cerca de 50 km de Capitão Leônidas Marques portanto possuem características climáticas similares e satisfatórios para o prosseguimento do estudo. As coordenadas geográficas da estação de Planalto são: Latitude - 25° 42' 49" Sul; Longitude - 53° 46' 41" Oeste; Altitude: 376m. Os valores mensais médios de temperatura (T) e

umidade coletados correspondem ao período de 1975 a 2015 e estão demonstrados na Tabela 01.

Tabela 01 - Resumo climatológico da estação automática de Planalto

MÊS	T MÁXIMA (°C)	T MÍNIMA (°C)	T MÉDIA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
JAN	31,1	20,6	25,2	71
FEV	30,7	20,3	24,7	74
MAR	30,3	19,5	24,1	71
ABR	27,5	17,1	21,5	72
MAI	23,7	13,9	18,1	74
JUN	22,1	12,8	16,7	75
JUL	22,4	12,4	16,6	70
AGO	24,9	13,8	18,6	64
SET	25,9	14,9	19,6	65
OUT	28,2	17,3	22,2	67
NOV	29,6	18,5	23,6	66
DEZ	30,6	20	24,8	68

Fonte: IAPAR (2015) org. autor.

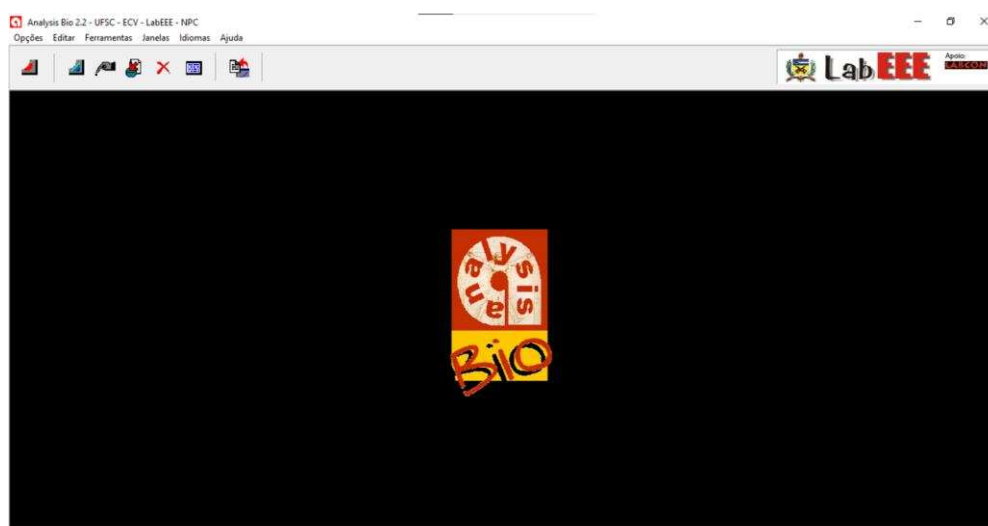
Para obtenção da linha correspondente sobre a carta primeiramente é marcado um ponto no encontro da linha vertical da temperatura média com a curva da umidade relativa, podendo ser chamado de ponto A. Posteriormente com os valores de temperatura mínima e máxima é traçado uma linha vertical até o encontro com a umidade relativa, determinando assim os pontos B e C, respectivamente. Ao final traça-se um segmento de reta inclinado passando pelos três pontos definidos, representando a variação diária de temperatura, ou seja, a amplitude térmica diária.

Será utilizado um software para auxiliar na obtenção destas linhas, o procedimento será aplicado para os 12 meses, desta forma será plotado 12 retas sobre a carta. O percentual de cada necessidade bioclimática é obtido pela medição linear de cada reta, podendo assim definir as estratégias prioritárias.

3.3 SOFTWARE

Para auxílio do estudo será utilizado um software computacional que constrói, com os dados climáticos apresentados, as linhas de plotagem sobre a carta automaticamente. O programa Analysis Bio desenvolvido pelo LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) permite a fácil montagem de cartas bioclimáticas das cidades. A interface de inicialização do programa, está demonstrado na Figura 12, a seguir:

Figura 12 - Interface inicial do software Analysis Bio



Fonte: LABEEE (2021)

O programa plota os dados de temperatura e umidade do Ano Climático de Referência, apresentados na Tabela 01, sobre a carta bioclimática com a finalidade de visualizar a distribuição dos dados climáticos e calcular a percentagem de tempo do ano em que cada estratégia é mais apropriada. A entrada dos dados no programa será feita de forma manual pelas normais climatológicas da estação automática de Planalto.

Com a visualização das estratégias estabelecidas pelo Analysis Bio para a Carta de Givoni, será possível estabelecer, se necessário, os ajustes projetuais na residência analisada, comparando o método construtivo, tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e

estratégias de condicionamento térmico passivo que a construção possui, com as diretrizes construtivas relativas ao método bioclimático de Givoni.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

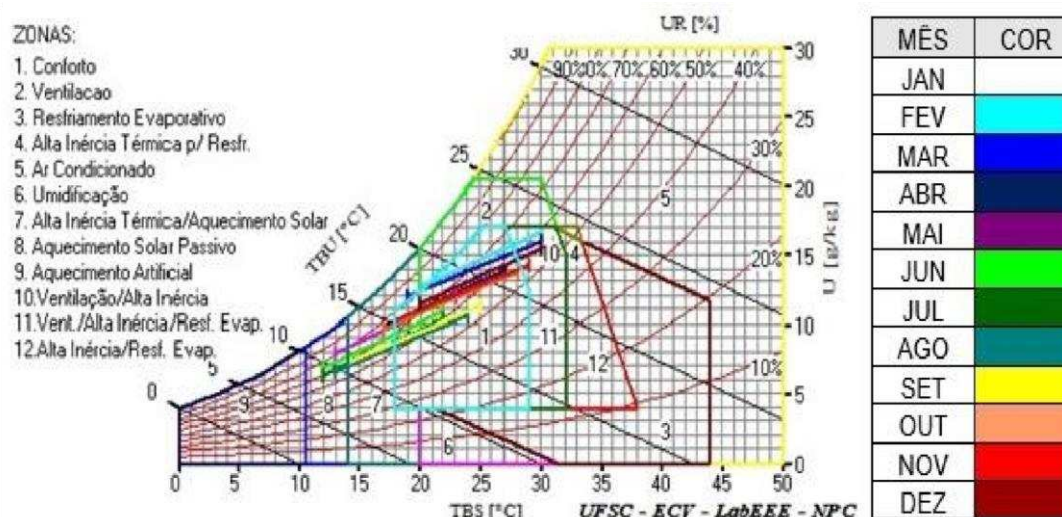
Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos a partir dos dados inseridos manualmente no software Analysis Bio. O software ao receber os dados das temperaturas máximas, temperaturas médias, temperaturas mínimas e a média da umidade relativa do ar durante o período de 1975 a 2015 além de plotar as retas na Carta Bioclimática de Givoni, também fornece para o usuário um relatório detalhado da porcentagem de cada necessidade bioclimática, obtido através da medição linear dessas retas plotadas.

Com isso será analisado separadamente cada estratégia gerada pela Carta para os dados inseridos e posteriormente analisar se a residência do estudo se encaixa a essas condições e, caso necessário, fazer as adaptações em termos de estratégias projetuais.

4.1 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

A Carta Bioclimática de Givoni relaciona a temperatura e a umidade relativa do ar e permite visualizar a distribuição de dados climáticos ao longo dos meses de um ano. A plotagem dos dados realizados pelo software utilizado pode ser visualizada na Figura 13, a seguir:

Figura 13 - Carta Bioclimática com as retas para todos os meses do ano



Fonte: Givoni, org software Analysis Bio (2021)

Na Carta Bioclimática de Givoni existem doze zonas bioclimáticas e apenas 5 englobam os dados climáticos da Estação de Planalto, sendo essas: ventilação, massa térmica para resfriamento, resfriamento evaporativo, aquecimento solar passivo e massa térmica para aquecimento. As estratégias que estiveram presentes para a unidade analisada e a porcentagem de sua necessidade para o ano, conforme relatório gerado e apresentadas da Figura 13, foram:

- Ventilação (V): Necessário apenas para os meses com a maior temperatura sendo os meses de janeiro, fevereiro e março. É necessário em 1,56% do tempo do ano com variação de 0,62% no mês de março a 11,28% em janeiro;
- Ventilação/Massa Térmica para Resfriamento/Resfriamento Evaporativo (V/MTR/RE): Necessário para os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro sendo esses considerados meses quentes. É necessário em 8,26% do tempo do ano com variação de 5,79% em novembro a 30,67% em janeiro;
- Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica para Aquecimento (ASP/MTA): Necessário do início ao fim dos meses considerados frios sendo os meses de março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro. É necessário em 18,41% do tempo do ano com variação de 9,1% nos meses de abril e junho a 40% em maio, junho e julho;
- Aquecimento Solar Passivo (ASP): Necessário nos meses de junho, julho e agosto, pois possuem as menores temperaturas. É necessário em 4,92% do tempo com variação de 9,09% em agosto a 20% nos meses de junho e julho.

O relatório detalhado dos dados para obter a porcentagem de conforto e desconforto das estratégias necessárias para cada mês do ano assim como a média anual em que cada estratégia está presente é apresentado na Tabela 02, a seguir:

Tabela 02 - Porcentagem das estratégias presentes no estudo

MÊS	ESTRATÉGIAS (%)				
	CONFORTO	DESCONFORTO			
		CALOR		FRIO	
		V	V/MTR/RE	ASP/MTA	ASP
JAN	58,05	11,28	30,67		
FEV	69,4	6,86	23,74		
MAR	70,51	0,62	19,77	9,1	
ABR	90			10	
MAI	50			40	10
JUN	40			40	20
JUL	40			40	20
AGO	54,55			36,36	9,09
SET	63,63			36,37	
OUT	90,9			9,1	
NOV	94,21		5,79		
DEZ	80,81		19,19		
MÉDIA ANUAL	66,84	1,56	8,26	18,41	4,92
	66,84	33,16			
TOTAL (%)	100				
LEGENDA:					
V: Ventilação;					
MTR: Massa Térmica para Resfriamento;					
RE: Resfriamento Evaporativo;					
ASP: Aquecimento Solar Passivo;					
MTA: Massa Térmica para Aquecimento;					

Fonte: Autor (2021)

Deste modo, o resultado obtido na carta demonstrou que o ano climático da estação apresenta conforto em 66,84% do tempo do ano e desconforto em 33,16% do tempo, ou seja, na maior parte do tempo do ano o ambiente térmico interno do local satisfaz o estado físico e mental humano.

Para que se tenha uma melhor visualização dos resultados a porcentagem será convertida em horas do ano em que cada estratégia se faz necessária. Em um ano de 365 dias há 8760 horas, sendo assim a porcentagem será convertida com relação a esse valor. Os resultados obtidos serão demonstrados na Tabela 03, a seguir:

Tabela 03 – Conversão da porcentagem em horas do ano

	ESTRATÉGIAS (%)					TOTAL (HRS)
	CONFORTO	DESCONFORTO				
		CALOR		FRIO		
		V	V/MTR/RE	ASP / MTA	ASP	
MÉDIA ANUAL	66,84	1,56	8,26	18,41	4,92	
	66,84	33,16				
Nº DE HORAS POR ANO	5855,04	136,95	723,87	1612,79	431,36	8760
	5855,04	2904,96				8760

LEGENDA:
V: Ventilação;
MTR: Massa Térmica para Resfriamento;
RE: Resfriamento Evaporativo;
ASP: Aquecimento Solar Passivo;
MTA: Massa Térmica para Aquecimento;

Fonte: Autor (2021)

Convertendo as horas em dias do ano a estratégia ventilação necessária 136,95 horas do ano equivalem a aproximadamente 6 dias, a estratégia Ventilação/Massa Térmica para Resfriamento/Resfriamento Evaporativo com 723,87 horas do ano equivale a aproximadamente 30 dias, a estratégia Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica para Aquecimento com 1612,79 horas equivale a aproximadamente 67 dias e a estratégia Aquecimento Solar Passivo com 431,36 horas do ano equivalem a 18 dias. Desta forma o conforto presente em 5855,04 horas do ano equivale a aproximadamente 244 dias em contrapartida os momentos de desconforto somam um total de 121 dias, sendo 36 dias de calor e 85 dias de frio.

Em sequência serão apresentadas as formas de contornar todas as estratégias presentes. Observa-se que as estratégias mais efetivas são a Ventilação/Massa Térmica para Resfriamento/Resfriamento Evaporativo presentes em 30 dias do ano e a estratégia Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica para Aquecimento presente em 67 dias do ano sendo apenas essas as estratégias pertinentes analisadas para o estudo de caso.

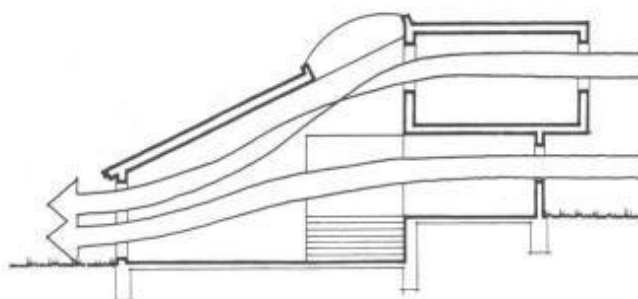
4.1.1 VENTILAÇÃO

A ventilação corresponde a uma estratégia bioclimática onde é utilizado as massas naturais de ar para o resfriamento ambiental interno construído, reduzindo a concentração de gás carbônico do ambiente e suprindo-o com oxigênio, ou seja, substitui o ar interno, mais quente, pelo ar externo, mais frio.

As soluções arquitetônicas comumente utilizadas são a ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação do piso sob edificação.

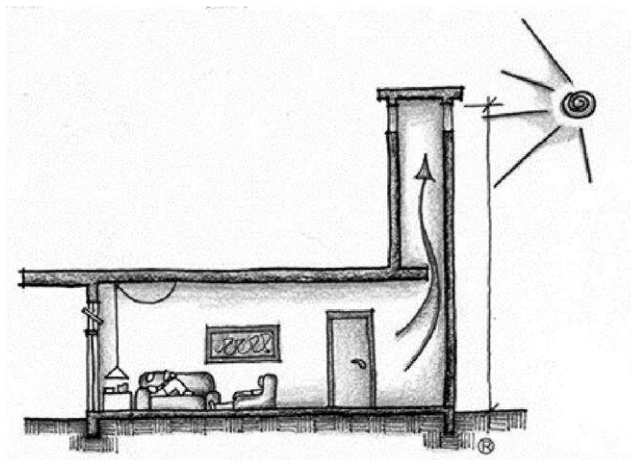
A ventilação cruzada é a renovação do ar por todo o volume possível fazendo com que o ar atravesse o ambiente por aberturas diferentes, demonstrada na Figura 14. Sua eficiência é influenciada principalmente pela posição das esquadrias e pelas obstruções ao longo do percurso, por esse motivo é importante o conhecimento da orientação dos ventos predominantes nos períodos quentes para locação dos pontos de esquadrias.

Figura 14 - Ventilação cruzada, elevação



Fonte: Watson e Labs (1983)

Outra forma fácil de utilizar as massas de ar para resfriamento natural é o efeito chaminé, demonstrado na Figura 15, que utilizam geralmente frestas e pequenas aberturas situadas nos locais altos da edificação. Os ambientes internos ganham calor devido as atividades humanas ali realizadas, dessa forma a massa quente menos densas sobem penetrando pelas pequenas frestas e aberturas, sendo substituída pelo ar frio.

Figura 15 - Efeito chaminé

Fonte: Lamberts (2013)

Utilizar a ventilação é uma importante estratégia bioclimática a ser analisada e aplicada desde o princípio do estudo arquitetônico de uma edificação, a escolha adequada do sistema viabiliza o controle da temperatura, a umidade do ar e higienização dos ambientes internos.

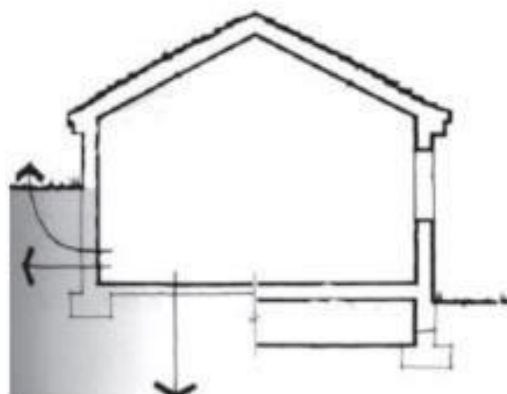
4.1.2 MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO

A estratégia que utiliza componentes construtivos com alta massa térmica, também conhecida como inércia térmica ou capacidade térmica, para resfriar o ambiente tem como finalidade diminuir a amplitude da temperatura do interior dos ambientes em comparação com a exterior, ou seja esses componentes fazem com que os picos de temperaturas altas que o ambiente exterior é exposto devido, principalmente a fatores solares, não seja percebido internamente pelo corpo humano, trazendo a sensação de resfriamento e conseqüentemente ao conforto ambiental das residências.

Segundo Andrade (1996), a massa térmica retarda a troca de energia entre os ambientes mantendo a temperatura interna mais baixa durante o dia devido ao próprio armazenamento de calor das atividades internas de sua envoltória, sendo necessário maior tempo para descarrega-la.

As soluções arquitetônicas comumente utilizadas é o aproveitamento do solo que possui elevada capacidade térmica demonstrado da Figura 16 a seguir, utilização de paredes construídas com materiais que retardam o fluxo de calor como o concreto e a alvenaria cerâmica e a utilização da vegetação para sombreamento que proporcionam o resfriamento no ambiente.

Figura 16 - Solo como estratégia de massa térmica para resfriamento



Fonte: Lamberts et al., (2005)

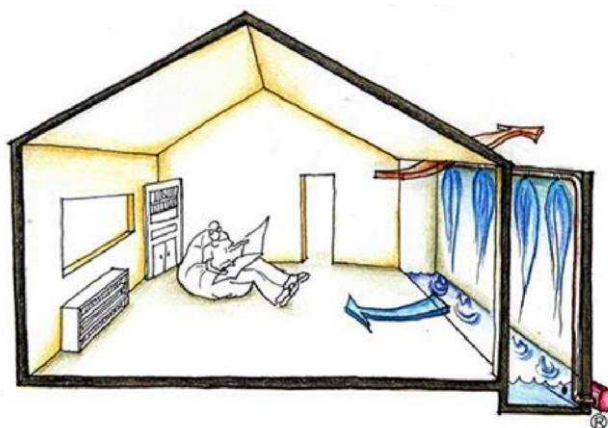
Massa térmica para resfriamento é recomendado em regiões com climas quentes e secos onde a temperatura atinge valores elevados durante o dia e baixas durante a noite. A escolha do método para garantir que haja a menor transferência de calor pode ser estabelecida desde a fase do projeto arquitetônico com a locação em relação ao solo ou com as escolhas dos materiais que irão fazer parte da construção da edificação, até a fase final com a plantação de arborização em locais devidamente planejados. Sendo assim, há o atraso da troca de calor durante o dia e mantido a temperatura interna durante a noite caso haja necessidade do resfriamento.

4.1.3 RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

A estratégia de resfriamento evaporativo tem como finalidade diminuir a temperatura interna com o aumento da umidade relativa do ar. Essa estratégia pode ser alcançada de forma direta ou indireta.

A forma direta ocorre pela evaporação da água ou pela entrada do ar úmido especificamente dentro da edificação, sendo de forma mecânica ou natural. O uso da vegetação de fontes de água no ambiente que gerem a evaporação de água e a introduz no meio interno ou o uso mecânico de aspersores de água no ar são exemplos de formas diretas de resfriamento evaporativo, demonstrados na Figura 17, a seguir. A forma direta reduz a temperatura, porém aumenta drasticamente a umidade do ar.

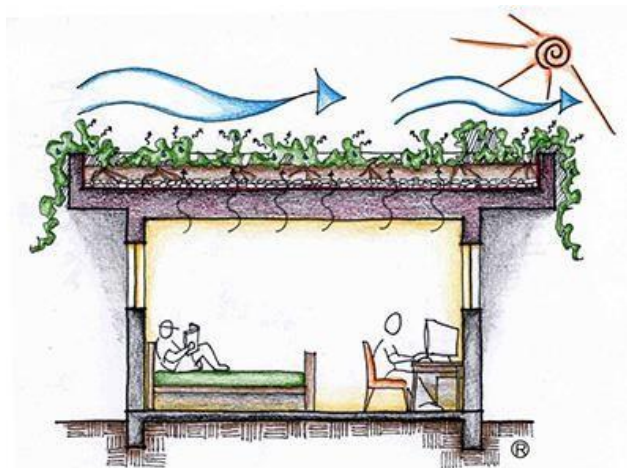
Figura 17 - Aspersores de água para resfriamento evaporativo direto



Fonte: Projeteee (2017)

Diferente da forma direta, a indireta não aumenta a umidade interna da edificação uma vez que usam meios no exterior da obra para o resfriamento do ambiente, onde comumente é utilizado o isolamento da cobertura com telhados verdes, demonstrados na Figura 18 a seguir, a utilização de tanques de água sombreados sobre a laje e a própria aspersão de água sobre o telhado.

Figura 18 - Telhado verde para resfriamento evaporativo indireto



Fonte: Projeteee (2017)

Portanto deve ser feita a análise adequada dos resultados que o cliente quer obter, optando por formas diretas se for necessário o aumento da umidade no interior ou indiretas caso esse aumento não se faça necessário.

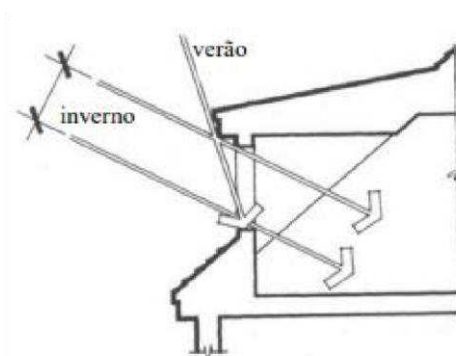
4.1.4 AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO

A estratégia denominada de aquecimento solar passivo utiliza principalmente os raios solares como em meio climático natural para aquecimento interno, essa estratégia é adotada em regiões com baixas temperaturas do ar. Desta forma é recomendado que a edificação receba um isolamento térmico mais rigoroso pois o ambiente tende a sofrer uma maior troca de energia, conseqüentemente a perda de calor.

As soluções arquitetônicas incorporadas na residência visam orientar as superfícies com aberturas envidraçadas no sentido do sol e as aberturas reduzidas nas orientações menos favoráveis ao recebimento dos raios solares.

Deve-se levar em conta o comportamento do sol nas diferentes estações do ano, onde no verão o sol viaja de leste a oeste em um movimento que se aproxima ao 90° nos horários de pico solar e com um movimento angulado no inverno. A Figura 19 demonstra o comportamento dos raios solares nas estações extremas de frio e calor, respectivamente inverno e verão e como essa insolação pode ser aproveitada para o aquecimento interno do ambiente.

Figura 19 - Aproveitamento dos raios solares nas estações verão e inverno

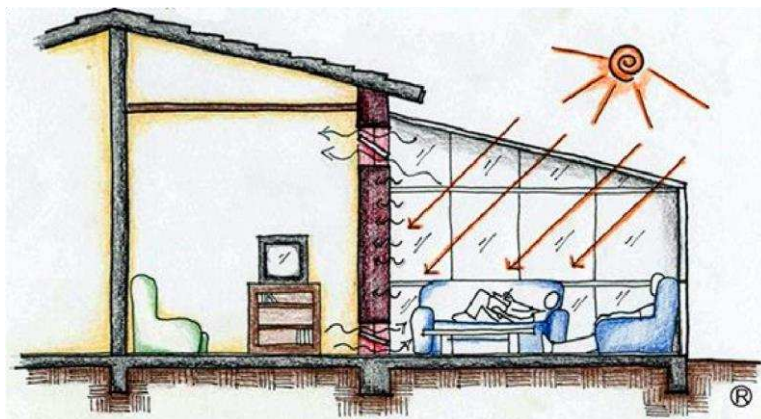


Fonte: Lamberts (2013)

Outras técnicas de projeto arquitetônico que exploram o aquecimento solar passivo é a utilização de cores para os fechamentos que maximizem os ganhos de calor, aberturas zenitais controláveis que viabilizam a entrada dos raios solares na edificação durante o dia e que possam fechar durante horários frios como a noite, a implementação de refletores externos para captação do calor gerado pelo sol e coletores de calor na cobertura para o aquecimento do ar são técnicas de projeto arquitetônico que exploram o aquecimento solar passivo e fornecem o melhor aproveitamento da estratégia.

Um meio indireto para ganhos de calor no ambiente é a utilização de reservatórios térmicos, como as estufas, que durante o dia recebem o calor proveniente dos raios solares e repassam para as paredes internas e durante a noite o calor é liberado aos poucos mantendo o ambiente interno com uma temperatura adequada. Esse método é demonstrado na Figura 20, a seguir:

Figura 20 - Estufas para aquecimento solar passivo



Fonte: Projeteee (2017)

A análise adequada da necessidade do aquecimento solar passivo é de extrema importância pois utilizam um meio natural para estabelecer no ambiente uma temperatura adequada relacionando os ganhos de calor pela radiação solar e pelos ganhos internos devido as atividades humanas e de aparelhos domésticos com a capacidade de armazenamento do calor pelos meios construtivos, chegando assim em um resultado satisfatório quanto as condições de conforto que o ambiente tende a oferecer.

4.1.5 MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO

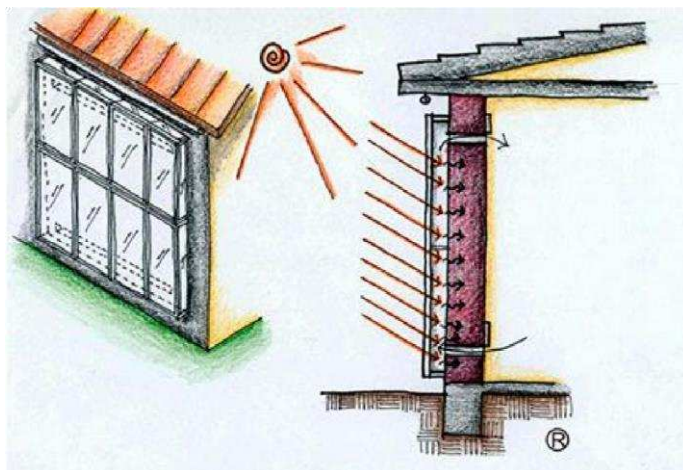
Da mesma forma que a estratégia de massa térmica para resfriamento a utilização da massa térmica para aquecimento tem a finalidade de reduzir a amplitude térmica interna gerada pelas trocas de calor do ambiente interno com a externa. Essa estratégia utiliza componentes construtivos com maior inércia térmica, além de explorar também o aquecimento solar passivo e o isolamento térmico interno para resultar em temperaturas amenas nas edificações.

O projeto arquitetônico deve utilizar elementos construtivos com baixa condutividade e elevada resistência térmica, essa combinação é utilizada para se atingir uma menor transferência de calor para o sistema em que ela está integrada.

A parede trombe (possuí elevada inércia térmica voltada para a insolação de inverno, constituída por uma camada e vidro e separada por uma camada de ar) que armazenam a energia gerada internamente e retardam a transferência de calor com o meio externo é um exemplo de material construtivo

que recebe e armazena o calor internamente nas edificações e está demonstrada na Figura 21, a seguir:

Figura 21 - Parede Trombe como massa térmica para aquecimento



Fonte: Projeteee (2017)

Essa estratégia é recomendada para regiões frias que recebem os raios solares durante o dia e que possuem temperaturas baixas durante a noite, sendo assim é necessário fazer um estudo projetual das regiões da residência que receberão as maiores incidências solares e localizem os materiais construtivos com relação a esse recebimento da radiação do sol.

4.2 APLICAÇÃO AO ESTUDO DE CASO

Observou-se que para a região onde a residência se encontra o conforto está presente em grande escala de tempo onde não se faz necessária a adaptação do projeto arquitetônico. Porém em 30 dias do ano (verão) necessitam de meios estratégicos para o resfriamento do ambiente interno e 67 dias (inverno) necessitam de métodos para o aquecimento do local.

Com as estratégias apresentadas nos tópicos acima é possível prever adaptações quanto ao projeto arquitetônico da residência, aprimorando seus materiais construtivos e localizar da melhor forma todas as suas aberturas quanto sua captação da ventilação e da radiação solar, desta forma obter para os seres humanos o conforto térmico e garantir a eficiência energética.

A residência do estudo de caso possui aberturas em todos os cômodos abrangendo todas as quatro orientações, desta forma a passagem da ventilação natural acontece de forma que se obtêm a ventilação cruzada do interior do ambiente em dias que necessitem do resfriamento interno da residência. As aberturas são feitas de vidro e possuem o manuseio manual onde nos dias frios é possível fazer o fechamento das mesmas bloqueando a passagem do ar, diminuindo assim a troca de calor com o ambiente externo tornando a residência com a temperatura elevada. Utilizando a ventilação como estratégia de resfriamento é possível amenizar boa parte da necessidade para os dias quentes.

O resfriamento evaporativo não se faz necessário na localidade da casa pois a média da umidade relativa do ar nos meses quentes não são menores que 65%, sendo essa uma umidade satisfatória para manter o ar em condições adequadas para o conforto. Sendo assim tanto os métodos diretos para aumento da umidade interna quanto os métodos indiretos para resfriamento dos materiais construtivos tornam-se desnecessários, podendo assim optar pela estratégia de massa térmica para o resfriamento.

Em dias de extremo calor onde a ventilação não consegue suprir a necessidade de resfriamento da edificação pode-se utilizar a estratégia de massa térmica para o resfriamento. Como esses dias são no verão onde o sol percorre o céu em um sentido próximo a 90° graus não é aconselhável aplicar aberturas ou métodos que forneçam a passagem dos raios solares pela cobertura. Uma solução para esses dias é a locação de arborização próxima a construção fornecendo assim o sombreamento para o resfriamento. Como a necessidade do resfriamento é menor que o de aquecimento deve-se levar em conta que esse sombreamento não interfira drasticamente na incidência solar durante os raios solares de inverno. Desta forma é aconselhável locar a arborização na parte frontal da residência, ao sul, onde não interfira na radiação solar dos dias frios que acontece na parte posterior da residência, ou seja, ao norte. Com a inserção da arborização é possível reduzir o fluxo de calor gerado pelos raios solares de verão e proporcionar ao ambiente o conforto térmico sem a utilização de meios artificiais, como a utilização do ar condicionado, tornando assim a residência eficiente energeticamente nos 30 dias necessários de resfriamento.

Para os dias frios que resultam em 67 dias do ano que necessitam de estratégias para aquecimento é possível explorar melhor os raios solares do inverno. O nascimento do sol no inverno acontece a leste, lado direito da residência, nos horários de pico incidem sobre a posterior da residência, ao sul e se põe a oeste no lado esquerdo. Os raios de sol abrangem uma boa parte da residência fornecendo o calor para o ambiente. A implantação de uma estufa e vidro junto com a vedação das paredes internas mais espessas (paredes trombe) forneceria a entrada dos raios solares durante o dia e manteriam a residência aquecida durante a noite, retardando a troca de energia do interior com o exterior. Como a residência é totalmente padronizada com alvenaria convencional com pouca espessura, aplicar nas faces que estão expostas ao sol uma vedação mais grossa forneceria um melhor conforto do ambiente interno no inverno.

A utilização das paredes trombe além de auxiliar no inverno também ajudaria na contenção da troca de energia no verão, armazenando as temperaturas internas da melhor forma.

Como a residência está em uma região que fornece conforto na maior parte do tempo seria necessário pequenas mudanças para aperfeiçoar seu desempenho em dias extremos, tanto de calor como de frio. O manuseio manual das esquadrias com aberturas e fechamento nos horários e estações necessárias é importante para manter o condicionamento satisfatório do interior. A plantação de arborização em locais estratégicos para o sombreamento no verão sem a interferência no inverno forneceria uma maior qualidade no ar além de fornecer o resfriamento adequado para dias de extremo calor e a construção de paredes espessas nas regiões que recebem a incidência dos raios solares no inverno é importante para se obter o armazenamento do calor no interior da edificação.

Essas soluções arquitetônicas tornarão a residência com melhor controle da temperatura, resultará em condições satisfatórias para o conforto térmico e fornecerá um menor gasto com a energia elétrica com condicionamentos artificiais, tornando a edificação potencializada em termos de eficiência energética.

5 CONCLUSÃO

A construção civil, no Brasil, é um setor fundamental e possui uma grande parcela no desenvolvimento econômico para o país. Devido sua alta demanda, consequência do crescimento das áreas urbanas, é importante manter um equilíbrio entre as estruturas construídas e o meio ambiente, uma vez que esse processo de urbanização colabora para a degradação socioambiental. Utilizar estratégias bioclimáticas se torna um método que garante a harmonia entre esses dois meios, tornando viável a obtenção do conforto ambiental dos seres humanos juntamente com a sustentabilidade, aumentando a eficiência termo energética das residências com os meios tecnológicos cada vez mais presentes.

O projeto bioclimático apresenta-se como um estudo com uma ampla abrangência nas variáveis em que uma edificação está presente, correlacionando os aspectos climáticos da região com meios naturais para suprir sua necessidade de conforto.

Embora a carta bioclimática de Givoni apresente algumas limitações quando as estratégias caem sobre áreas de intersecção de duas ou mais zonas de estratégia, a mesma fornece possibilidades de contornar, por meios dos projetos arquitetônicos, as diferenças de temperatura em que a unidade está inserida, proporcionando aos projetistas uma direção adequada para o seguimento das etapas da obra.

Portanto cabe aos profissionais da área analisar os valores climáticos de uma região e adaptar os métodos construtivos a esses valores a qual a estrutura está submetida, tornado assim o método um meio viável para se alcançar resultados satisfatórios para a sobrevivência humana de forma confortável e eficiente energeticamente.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE**: Fundamentals. 1 ed. Atlanta, 2009.

ANDRADE, Suely Ferraz de. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. 1996. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ANDRADE, Suely, DUTRA, Luciano. **Apostila de Sistemas de Controle Ambiental III Conforto térmico**. Disciplina do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

APOLONIO, Raquel. **Avaliação do desempenho térmico e energético de edificação comercial na cidade de Cuiabá - MT**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005. 36 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. 4 ed. Rio de Janeiro, 2013. 83 p.

BAGNATI, Mariana Moura. **Zoneamento bioclimático e arquitetura brasileira: Qualidade do ambiente construído**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

BOGO, Amilcar *et al.* **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. 1994. 83 f. - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

FERNANDES, Júlia Teixeira. **Código de obras e edificações do DF: Inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. 2009. 251 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 244 p.

GOULART, Solange V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. 1993. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. 382 p.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações**. 2016. 239 f. - Apostila Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

LANHAM, A.; BRAZ, R.; GAMA, P. **Arquitetura bioclimática: perspectivas de inovação e futuro**. 1. ed. Portugal: IST Press, 2007. 66 p.

NAVARRO, Fidel Ernesto Campos. **Arquitetura e clima na Bolívia: Uma proposta de zoneamento bioclimático**. 2007. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

NÓBREGA, Ranyére Silva; LEMOS, Thiago Verçosa da Silva. **O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife**.

Revista de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, V. 28, No 1 Recife, 2011.

ROMERO, Marta Adriana. **Arquitectura Bioclimatica de los Espacios Públicos**. Tese de Doutorado apresentada à Escuela Tecnica Superior de Arquitectura, Universidade Politecnica de Cataluna, Barcelona, Espanha. 1993.

RORIZ, M. **Zoneamento bioclimático do Brasil**. 2001. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. São Carlos, 2001.

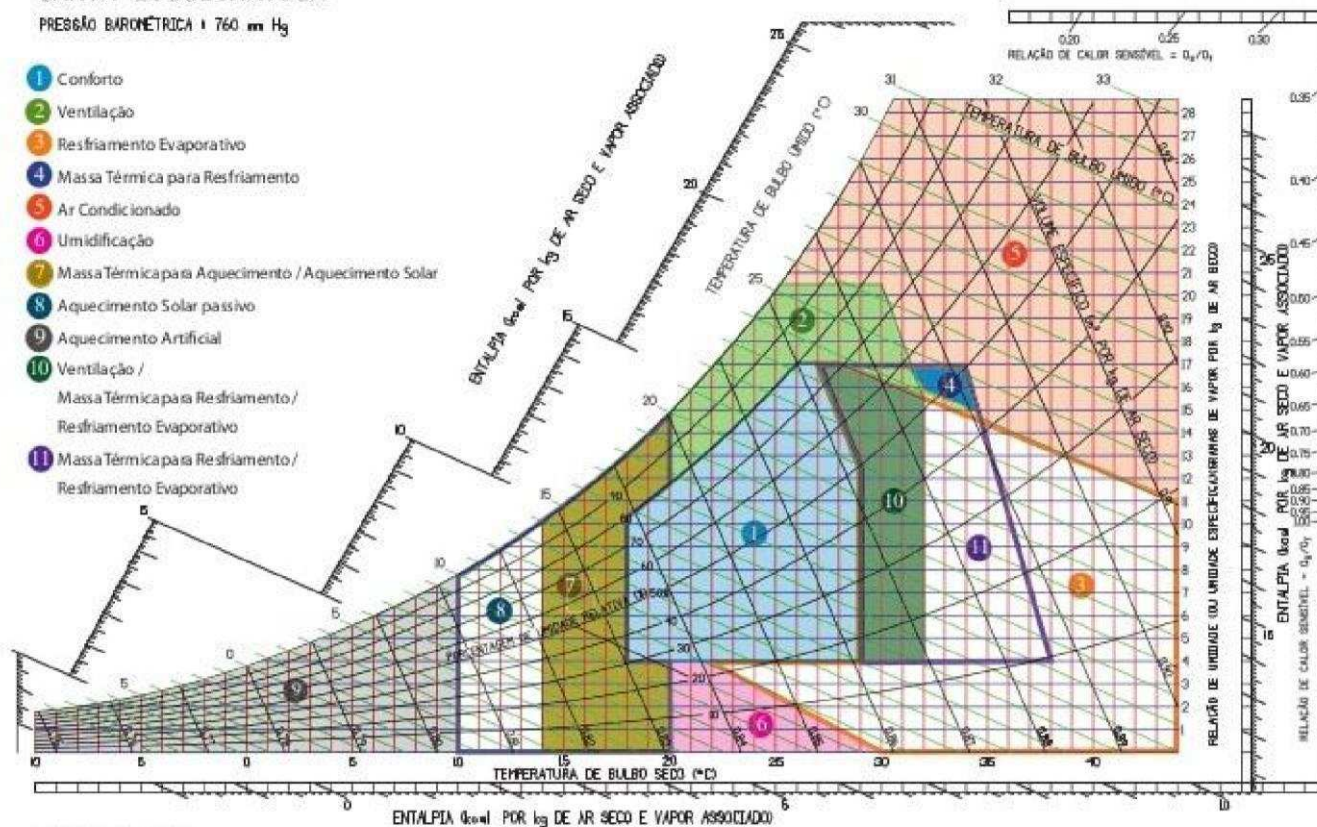
THOMÉ, Coroline Prá da Silva. **A importância do conforto térmico, acústico e visual para o aprendizado em uma sala de aula**. 2011. 92 f. Monografia (Especialização) - Curso de Docência do Ensino Superior, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

APÊNDICE A - CARTA BIOCLIMÁTICA: (BARUCH GIVONI, 1992)

CARTA BIOCLIMÁTICA

PRESSÃO BAROMÉTRICA = 760 mm Hg

- 1 Conforto
- 2 Ventilação
- 3 Resfriamento Evaporativo
- 4 Massa Térmica para Resfriamento
- 5 Ar Condicionado
- 6 Umidificação
- 7 Massa Térmica para Aquecimento / Aquecimento Solar
- 8 Aquecimento Solar passivo
- 9 Aquecimento Artificial
- 10 Ventilação /
Massa Térmica para Resfriamento /
Resfriamento Evaporativo
- 11 Massa Térmica para Resfriamento /
Resfriamento Evaporativo



Origem - De Baruch Givoni, em 1986.
 Adaptação - Dr. Manuel Passarim Monteiro,
 Air Technica - Rafael Zanoni, em março 2010.