

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
JOÃO CÂNDIDO DE MARCO PIRES**

**CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: A UTILIZAÇÃO DA
ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM RESIDÊNCIAS PARA A CIDADE DE
PALOTINA-PR.**

CASCADEL

2018

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
JOÃO CÂNDIDO DE MARCO PIRES**

**CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: A UTILIZAÇÃO DA
ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM RESIDÊNCIAS PARA A CIDADE DE
PALOTINA-PR.**

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

Professor Orientador: Guilherme Ribeiro de
Souza Marcon

CASCADEL

2018

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
JOÃO CÂNDIDO DE MARCO PIRES**

**CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: A UTILIZAÇÃO DA
ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM RESIDÊNCIAS PARA A CIDADE DE
PALOTINA-PR.**

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 e arquiteto Guilherme Ribeiro de Souza Marcon.

BANCA EXAMINADORA

Professor Orientador
Centro Universitário Assis Gurgacz
Prof. Arq. Esp. Guilherme Ribeiro de Souza Marcon

Professor Avaliador
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Arq. Dr. Fúlvio Natércio Feiber

Cascavel/PR, 29 de Maio de 2018

RESUMO

O conteúdo deste trabalho buscou apresentar a origem da preocupação do homem perante o meio ambiente, dos problemas gerados pela revolução industrial até conferências e tratados que reuniram inúmeros países que acreditaram na melhoria da qualidade de vida das pessoas. Para contribuir com esta ideia de respeito ao meio em que vivemos, a arquitetura cada vez mais se propõe a construir de modo sustentável, sendo assim foi desenvolvido no presente trabalho o estudo teórico e projetual de uma residência bioclimática para o município de Palotina-PR, utilizando do sistema construtivo *wood frame* e estratégias bioclimáticas para atingir conforto térmico e eficiência energética em um local com predominância de clima quente durante longos períodos do ano. A definição das estratégias e sistema construtivo empregado foi resultado da utilização do método de pesquisa revisão bibliográfica, sendo possível compreender um breve histórico da preocupação do homem com o meio ambiente, conforto térmico, eficiência energética, estratégias bioclimáticas e correlatos, todos esses fatores resultaram em um projeto destinado ao conforto de seus usuários, utilizando em grande parte de fatores naturais como a ventilação e iluminação natural de modo racional e eficiente.

Palavras-chave: Arquitetura bioclimática. Arquitetura sustentável. Conforto térmico. Paraná. Wood frame.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Carta Bioclimática de Olgyay.	23
Figura 2 – Carta Bioclimática de Givoni.	24
Figura 3 – Selos Casa Azul Caixa níveis ouro, prata e bronze.	27
Figura 4 – Selo Procel.	27
Figura 5 – Aquecimento solar da edificação.	29
Figura 6 – Parede interna pesada.	30
Figura 7 – Prateleiras de luz.	31
Figura 8 – Ventilação cruzada.	31
Figura 9 – Pátio interno.	32
Figura 10 – Uso da vegetação como proteção solar.	33
Figura 11 – Telha termoacústica.	34
Figura 12 – Relação do antigo e novo edifício.	36
Figura 13 – Acervo de livros.	36
Figura 14 – Continuação da malha estrutural.	37
Figura 15 – Materiais utilizados na edificação.	37
Figura 16 – Espaços amplos.	38
Figura 17 – Forma baseada nos antigos alojamentos.	39
Figura 18 – Fachada principal.	40
Figura 19 – Relação de áreas abertas e fechadas.	40
Figura 20 – Utilização dos elementos construtivos.	41
Figura 21 – Perspectiva axonométrica do projeto.	41
Figura 22 – Fachada marcada pela estrutura aparente e uso do vidro.	42
Figura 23 – Fachada principal.	43
Figura 24 – Estrutura metálica aparente.	43
Figura 25 – Ligação entre sala e cozinha.	44
Figura 26 – Tela externa contra insolação.	45
Figura 27 – Elemento na cor preta.	46
Figura 28 – Fachada Sul.	46
Figura 29 – Sistema construtivo Wood Frame.	47
Figura 30 – Painel estrutural Tecverde do tipo parede.	48
Figura 31 – Ventilação e captação solar.	49

Figura 32 – Fachada Norte.	50
Figura 33 – Mapa do Paraná com indicação do município de Palotina.	51
Figura 34 – Classificação Climática de Köppen-Geiger.	52
Figura 35 – Localização do terreno.	53
Figura 36 – Terreno.	53
Figura 37 – Orientação solar e ventos dominantes.....	54
Figura 38 – Zonas de pressão dos ventos na edificação.	55

LISTA DE SIGLAS

EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

MIT – Instituto de Tecnologia de Massachusetts

ONU – Organização das Nações Unidas

UNEP – Programa Ambiental das Nações Unidas

WCED – Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CFC's – Clorofluorcarbonos

HFC's – Hidrofluorcarbonos

HCFC's – Hidroclorofluorcarbonos

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

EUA – Estados Unidos da América

LEED – Liderança em Energia e Design Ambiental

BREEAM – Método de Avaliação Ambiental do Building Research Establishment

ASHRAE – Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 ASSUNTO/TEMA	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.2.1 Social	11
1.2.2 Cultural	12
1.2.3 Científica	12
1.2.4 Profissional	12
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.4 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	12
1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA	13
1.5.1 Objetivos específicos	13
1.6 MARCO TEÓRICO	13
1.7 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	14
 2 FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 BREVE HISTÓRICO DA PREOCUPAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE.....	15
2.1.1 Movimentos ambientalistas	15
2.1.2 Conferências e tratados modernos	16
2.1.2.1 Conferência de Estocolmo.....	16
2.1.2.2 Comissão de Brundtland.....	17
2.1.2.3 Protocolo de Montreal	17
2.1.2.4 Cúpula da Terra do Rio de Janeiro (Rio-92)	18
2.1.2.5 Protocolo de Quioto.....	18
2.1.2.6 Cúpula da Terra de Joanesburgo (Rio + 10).....	19
2.1.3 Edificações sustentáveis	19
2.2 CONFORTO TÉRMICO.....	21

2.2.1 A relação homem e temperatura	22
2.2.2 Os índices de conforto térmico	23
2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	25
2.3.1 Selos de eficiência energética no Brasil	26
2.3.2 A eficiência energética na arquitetura	28
2.4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	29
2.4.1 Aquecimento solar da edificação.....	29
2.4.2 Paredes internas pesadas.....	30
2.4.3 Permitir insolação dos ambientes	31
2.4.4 Ventilação cruzada	31
2.4.5 Estratégias adicionais	32
2.4.5.1 Pátio interno e iluminação natural	32
2.4.5.2 Vegetação	33
2.4.5.3 Telha termoacústica.....	34
3 CORRELATOS E DIRETRIZES PROJETUAIS	35
3.1 BIBLIOTECA PAULO FREIRE	36
3.1.1 Aspecto contextual	36
3.1.2 Aspecto construtivo	37
3.1.3 Aspecto funcional.....	38
3.1.4 Aspecto estético	38
3.2 CASA INVERSO	39
3.2.1 Aspecto contextual	39
3.2.2 Aspecto construtivo	40
3.2.3 Aspecto funcional	41
3.2.4 Aspecto estético	41
3.3 CASA 4X30.....	42

3.3.1 Aspecto contextual	42
3.3.2 Aspecto construtivo	43
3.3.3 Aspecto funcional	44
3.3.4 Aspecto estético	45
3.4 NÚCLEO SENAI DE SUSTENTABILIDADE.....	46
3.4.1 Aspecto contextual	46
3.4.2 Aspecto construtivo	47
3.4.3 Aspecto funcional	49
3.4.4 Aspecto estético	50
 4 APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO	51
4.1 BREVE HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.....	51
4.2 CARACTERÍSTICAS DO TERRENO	52
4.3 CONCEITUAÇÃO E PARTIDO	53
4.4 PROGRAMA DE NECESSIDADES.....	55
 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
 APÊNDICES	61
 ANEXOS	62

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho de conclusão de curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz está vinculado a linha de pesquisa “Arquitetura e Urbanismo”, e no grupo “Tecnologia na arquitetura”. A relevância deste trabalho trata sobre de que maneira podemos utilizar técnicas e soluções bioclimáticas para residências localizadas em municípios com condições climáticas elevadas em grande parte do ano, como o caso da cidade de Palotina, oeste do Paraná. A arquitetura bioclimática utiliza das condições climáticas locais como instrumentos para projetar de modo harmonioso com o meio ambiente, proporcionando melhores condições de conforto térmico e eficiência de energia para seus moradores.

1.1 ASSUNTO/TEMA

Utilização de soluções bioclimáticas para a refrigeração passiva no interior das residências da cidade de Palotina, oeste do Paraná. Seguindo conceitos da arquitetura bioclimática, que busca promover a integração do edifício com o meio ambiente, utilizando características do clima local, a fim de proporcionar eficiência energética e um aumento na qualidade de vida do ser humano e ao seu entorno.

1.2 JUSTIFICATIVA

1.2.1 Social

Para a sociedade, o estudo será de grande importância já que pretende atingir um objetivo em comum para todas as pessoas, independente de classes sociais ou idade, o conforto térmico, a sensação de bem-estar. Além disso, a arquitetura sustentável proporciona a redução de impactos gerados ao meio ambiente, emissões de poluentes na atmosfera, no desperdício de materiais, água, energia, emissões e procura utilizar de fatores como a ventilação e iluminação natural do local a seu próprio favor, sendo dessa forma eficiente energeticamente.

1.2.2 Cultural

Culturalmente o projeto de uma residência bioclimática poderia ser mais um incentivo para a utilização de materiais de construção mais avançados, pois no município de Palotina existe uma grande tradição e predominância do uso da alvenaria tradicional nas construções, sendo que novas tipologias de materiais estão sendo implantadas apenas nos últimos anos.

1.2.3 Científica

Na área científica, o projeto contribui para a região, se tratando de uma edificação mais bem adaptada para o clima local. Edificações sustentáveis se propõe a serem energeticamente eficientes, portanto conseguem atingir o conforto térmico com uma redução de gastos energéticos menores do que se comparado a uma residência comum.

A preocupação em construir espaços ecologicamente sustentáveis e que proporcionem baixo consumo de energia sem degradar o ambiente ao seu entorno é uma realidade em diversos países incluindo o Brasil, sendo assim o projeto irá demonstrar métodos para alcançar tais objetivos em um município no qual não existe tamanha preocupação.

1.2.4 Profissional

O estudo irá ajudar aos profissionais que pretendem projetar edificações com conceitos e técnicas bioclimáticas com foco na diminuição de temperatura no interior das residências, em regiões com clima semelhante ao do município de Palotina, oeste do Paraná.

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

É possível projetar uma residência bioclimática com foco na refrigeração passiva a médio custo, possuindo eficiência energética e caráter sustentável?

1.4 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Com um estudo aprofundado de materiais específicos e estratégias projetuais para cada caso e análise de insolação, ventos e índices de chuva é possível atingir tais objetivos.

1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

Desenvolver estudo teórico e projetual de uma residência utilizando técnicas da arquitetura bioclimática para a cidade de Palotina-PR, com o intuito de proporcionar conforto térmico e eficiência energética, de modo que ocorra a diminuição da temperatura interna de forma passiva e eficiente, devido ao fato de que na maior parte do ano, a condição climática predominante no município é de temperatura elevada.

1.5.1 Objetivos específicos

- Definir o terreno a ser utilizado, realizando consulta prévia e levantamento *in loco* de sua topografia e condições climáticas.
- Realizar levantamento histórico e de condições climáticas da cidade de Palotina-PR.
- Realizar pesquisa através de referenciais teóricos para saber quais estratégias e soluções serão mais eficientes de acordo com as características climáticas de Palotina-PR.
- Desenvolver uma proposta de projeto arquitetônico sustentável com o uso de técnicas bioclimáticas.
- Demonstrar através de revisão bibliográfica, qual a importância de se projetar de forma sustentável e quais são seus benefícios em relação a economia de energia e conforto térmico.

1.6 MARCO TEÓRICO

A arquitetura deve ser feita para o homem e para seu conforto, no qual abrange o conforto térmico. Possibilitando assim melhores condições de vida e de saúde, fazendo com que seu organismo funcione de maneira eficiente sem ser submetido ao cansaço ou estresse. Uma das funções da arquitetura é proporcionar condições térmicas compatíveis ao conforto térmico dentro de uma edificação, independentemente de quais sejam as condições térmicas externas (FROTA e SCHNIFFER, 2003, p.17).

A construção sustentável para Keeler e Burke (2010, p. 51), está longe de sua origem como movimento sociopolítico contra cultural, sendo atualmente comparada com as máquinas, construções de alto desempenho, podendo ser a diferença para um trabalhador no momento da escolha de um emprego, entre trabalhar em um espaço com ambiente interno

confortável e sustentável ou em um ambiente tradicional no qual se utiliza em excesso de equipamentos elétricos para a refrigerar ou aquecer o ambiente de trabalho. Para um proprietário, possuir uma residência sustentável equivale a viver em um ambiente mais saudável e confortável com baixo consumo de energia e consequentemente, diminuição nos gastos.

Segundo Corbella e Yannas (2003, p. 38), o uso da arquitetura bioclimática tem como objetivo ser sustentável, sendo assim procura-se buscar eficiência na utilização de recursos, trabalhar de modo lógico, reduzir consumo de água, energia elétrica e desperdício de materiais, controlar ruído, utilizar a iluminação natural, promover o movimento do ar, controlar os ganhos de calor entre outros. Em resumo, um projeto bioclimático deve reunir aspectos de bom conforto visual, acústico e térmico, dando assim uma resposta íntegra aos problemas apresentados em cada caso.

O projeto sustentável na prática para Kwok e Grondzik (2013, p. 17), é muito mais do que escolhas aleatórias de soluções ou materiais, como se fossem de um catálogo. Deve haver um sentido na escolha de tais soluções para que estas possam ser executadas com variações diversas para atingir o objetivo desejado.

As normas de edificação em países latino-americanos dão mais importância em questões à redução do consumo elétrico, como exemplo de eletrodomésticos do que a construções, pois o índice de gasto por calefação e refrigeração ainda são mínimos. Entretanto, devido a péssima qualidade do ar nos grandes centros urbanos e a necessidade das altas classes de se equipararem com os países mais desenvolvidos, resulta na necessidade de edificações energeticamente eficientes e sustentáveis (WASSOUF, 2014, p. 11).

1.7 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

A metodologia inicial deste trabalho ocorre por meio da revisão bibliográfica, que consiste na procura por fontes documentais, materiais publicados, livros, artigos científicos ou materiais encontrados na internet (KAUARK *et al*, 2010, p. 28).

Para Marconi e Lakatos (2003, p. 225), a busca por tais fontes é indispensável para que não ocorra o plágio, permitindo assim reforçar conclusões e contradições que outros autores obtiverem.

2 FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento do estudo e projeto arquitetônico, foi necessário a busca de informações através de referências bibliográficas sobre a história da sustentabilidade na arquitetura e de que modo surgiu a preocupação em construir mantendo o equilíbrio entre as edificações e o meio ambiente.

2.1 BREVE HISTÓRICO DA PREOCUPAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE

A Revolução Industrial foi um movimento que surgiu na segunda metade do século XVIII. Devido ao fato dos burgueses reduzirem suas transações com a colônia, base do enriquecimento até então, foi possível investir em novas atividades industriais. A burguesia a princípio se tornaria liberal e progressista, sendo posteriormente conservadora financeiramente e devido a esse fator, é ameaçada pela crescente classe trabalhadora. Os resultados dessa revolução científica é uma série de profundas mudanças nos métodos do conhecimento, a ordem política, social e econômica, tais ordens foram revisadas fortemente por métodos de investigação baseados na razão e experimentação (PEREIRA, 2010, p. 181).

A ideia sobre conscientização ambiental parte da Revolução Industrial, a qual provocou a transição de uma sociedade que vivia nas áreas rurais, em pequena escala e obtinha seus lucros a partir da agricultura de subsistência, para uma sociedade industrializada, que vivia em ritmo mais intenso. Uma fração da sociedade importante para a força de trabalho surge nesse período, formada por mulheres e crianças de comunidades urbanas de baixa renda. Por muito tempo, a Revolução Industrial causou em vários continentes conflitos sociais, esses que em muitas vezes estavam ligados aos impactos ambientais (KEELER e BURKE, 2010, p. 32).

2.1.1 Movimentos ambientalistas

Para que possamos compreender o movimento de edificações sustentáveis atual, devemos primeiramente compreender suas origens, na qual foram formadas a partir de um conjunto de eventos. Um dos primeiros eventos com o intuito de conservação ocorreu na década de 1730 na Índia, quando uma seita hindu do Rajastão liderados por Amrita Devi se

dedicou a proteger o meio-ambiente do desmatamento, devido a crença de que a natureza era algo sagrado. Em 1970, surge na Índia o Movimento Chipko, baseado no movimento de Amrita, no qual um grupo de mulheres se contraporão ao desflorestamento para fins corporativos, o termo *tree hugger* (abraçador de árvore) tem sua origem desse movimento (KEELER e BURKE, 2010, p. 29-31).

2.1.2 Conferências e tratados modernos

A partir da década de 1950 segundo Ruppenthal (2014, p. 19 e 20), muitos movimentos ambientalistas, agências governamentais voltadas para a preservação ambiental e entidades governamentais sem fins lucrativos começaram a surgir devido a grande preocupação relacionada aos efeitos dos impactos ambientais, causados pela ação do homem na natureza. O alerta sobre o uso de pesticidas na agricultura, causada pela publicação do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) de Rachel Carson em 1962, marcou o conflito entre desenvolvimentistas e preservacionistas na década de 1960, tais eventos ambientalistas resultaram na criação do EPA¹.

Ainda segundo o autor, surge em 1968 uma organização independente sem fins lucrativos, o Clube de Roma, composta por pessoas de diferentes comunidades como: empresários, políticos, cientistas, acadêmicos e religiosos, com o intuito de avaliar os limites do crescimento econômico ocasionados pelo uso crescente dos recursos naturais. Em 1972 o Clube de Roma foi alertado por um grupo de cientistas do MIT² de que devido ao aumento da poluição e a pressão gerada sobre os recursos naturais e energéticos, o Planeta Terra não iria suportar o crescimento populacional. Posteriormente muitas destas previsões não ocorreram ou foram arquivadas como um possível cenário para o futuro, porém tal fato foi importante para o despertar da consciência ecológica mundial.

2.1.2.1 Conferência de Estocolmo

Em 1972 na cidade de Estocolmo, na Suécia, foi criada pela ONU³ a *UN Conference on the Human Environment* (Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano), uma unidade global com o objetivo de estudar estratégias para corrigir problemas ambientais

¹ *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos).

² *Massachusetts Institute of Technology* (Instituto de Tecnologia de Massachusetts).

³ Organização das Nações Unidas.

em todo o planeta. Como resultado da conferência foi criado o UNEP⁴, que visava colocar em prática 26 princípios da Declaração de Estocolmo, gerando assim uma grande conscientização por parte dos ambientalistas do ocidente, que compreenderam a preocupação em relação ao meio ambiente de modo global (KEELER e BURKE, 2010, p. 43).

Desde o início deste processo internacional de preocupação ao meio ambiente, muitos setores produtivos como de energia, agricultura e indústria, se opuseram em relação as questões de legislação ambiental, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, em alguns casos incorporando os valores ambientalistas ou enfraquecendo. Para alguns analistas, os países ricos possuíam a estratégia de centrar os problemas e atenções em países mais pobres, porém a Conferência de Estocolmo foi um marco histórico, promovendo o assunto sobre a preocupação com o meio ambiente a um patamar global (LAGO, 2013, p. 28 e 29).

2.1.2.2 Comissão de Brundtland

As questões ambientais foram retomadas pela ONU no início da década de 1980, na qual foi atribuído a primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, a função de comandar a WCED⁵ para estudar sobre assuntos relacionados ao tema de preocupações ambientais (RUPPENTHAL, 2014, p. 21).

O resultado da Comissão de Brundtland realizada pelas Nações Unidas em 1984 na cidade de Genebra, na Suíça, foi o relatório *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) publicado em 1987, que tratava sobre vários desafios urbanos, concluindo que os níveis de danos causados ao meio ambiente, estão diretamente ligados ao grau de pobreza dos países em desenvolvimento (KEELER e BURKE, 2010, p. 44).

2.1.2.3 Protocolo de Montreal

A preocupação com a preservação do meio ambiente estava globalizada ao final da década de 1980, por dois principais acontecimentos ambos ocorridos em 1987. O relatório “Nosso Futuro Comum”, também chamado de Relatório *Brundtland* e o Protocolo de Montreal, acordo internacional firmado na cidade de Montreal, no Canadá, o qual estabelecia

⁴ Programa Ambiental das Nações Unidas.

⁵ *World Commission on the Environment and Development* (Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento).

a proibição do uso de produtos químicos CFC's (Clorofluorcarbonos) e propunha um prazo para a sua substituição (NASCIMENTO, 2012, p. 19).

O protocolo tinha por finalidade banir os CFC's, isto é, hidrocarbonos halogenados, pois estes eram capazes de destruir a camada de Ozônio, bem como seus produtos alternativos como o HFC's (Hidrofluorcarbonos) e HCFC's (hidroclorofluorcarbonos) que possuem grande potencial de aquecimento global. O Protocolo de Montreal, assinado por 191 países até agosto de 2007, é um grande modelo de acordo internacional bem-sucedido, estimasse que até 2030 os HCFC's serão eliminados gradativamente (KEELER e BURKE, 2010, p. 44).

2.1.2.4 Cúpula da Terra do Rio de Janeiro (Rio-92)

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Rio-92 ou Cúpula da Terra, tinha como objetivo impedir os efeitos da degradação ambiental e promover o desenvolvimento sustentável em todos os países. A conferência reuniu 172 países, 108 Chefes de Governo ou Estado em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil (LAGO, 2013, p. 69).

A conferência gerou a criação de cinco relatórios: a Declaração Do Rio, a Agenda 21, a Declaração de Princípios das Florestas, a Convenção sobre Diversidade Biológica e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (KEELER e BURKE, 2010, p. 44 e 45).

Dentre todos os resultados obtidos na Rio-92, vale destacar que a Agenda 21 foi a tentativa mais ousada de promover, em uma escala global, a justiça social, eficiência econômica e proteção ambiental até então. Seu objetivo era servir como um modelo para que cada um dos 179 países contribuintes pudesse criar sua própria Agenda 21 Nacional (NASCIMENTO, 2012, p. 46).

2.1.2.5 Protocolo de Quioto

Em 1997, no Japão, foi criado o Protocolo de Quioto, com o intuito de reduzir as emissões de gases que geram o efeito estufa, em especial o CO₂ (Dióxido de Carbono), no período entre 2008 e 2012. Entrando em vigor somente em 2005, o Protocolo de Quioto definiu três mecanismos para atingir tal objetivo: *Emissions Trade* (Comércio de Emissões),

Joint Implementation (Implementação Conjunta) e o MDL⁶ (NASCIMENTO, 2012, p. 25 e 26).

Os problemas ambientais na década de 1990 passaram a ter seu foco na otimização do processo produtivo e a redução do impacto ambiental, com isso as tecnologias mais limpas e menos poluentes ganharam mais difusão no mercado. O conceito de ciclo de vida dos produtos surge nesse período, seu objetivo era com que os produtos fossem pensados e produzidos de modo ecologicamente correto até a fase de descarte ou aproveitamento (RUPPENTHAL, 2014, p. 22).

2.1.2.6 Cúpula da Terra de Joanesburgo (Rio + 10)

A realização da Cúpula de Joanesburgo, também conhecida como Rio+10, em 2002, na África do Sul, tinha por finalidade estabelecer um plano que fortalecesse e acelerasse os princípios estabelecidos na Rio-92, uma década atrás. O período entre a realização das duas conferências demonstrou a dificuldade da aplicação de tais princípios, sendo estabelecido bases para o desenvolvimento sustentável, o desenvolvimento ambiental, social e econômico (LAGO, 2013, p. 15).

Os assuntos tratados na Rio+10 abrangeram preocupações relacionadas ao meio ambiente e aspectos sociais, sendo também cobrados os compromissos aceitos durante a Conferência do Rio de Janeiro em 1992, em destaque a Agenda-21 (RUPPENTHAL, 2014, p. 23).

2.1.3 Edificações sustentáveis

A preocupação com os impactos ambientais gerados como resultado do crescente aumento populacional são temas de grande preocupação para os meios acadêmicos e científicos, no setor da arquitetura o crescimento populacional gera a necessidade de novas construções, as quais devem ser projetadas de modo sustentável, para reduzir os impactos ao meio ambiente, gerando menores consumos de energia e emissões de gases poluentes na atmosfera que contribuem para a formação do efeito estufa, do período da fabricação dos materiais construtivos até a conclusão da edificação (LAMBERTS *et al*, 2014, p. 20).

⁶ *Clean Development Mechanism* (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo).

Os sistemas de certificações foram criados para serem orientações, que no momento de uma construção sustentável, os projetistas saibam de modo mais preciso quais técnicas e tecnologias utilizarem para atingirem tais objetivos. Podendo assim diminuir os impactos causados ao meio ambiente, desenvolver projetos mais integrados e contribuir de maneira positiva para a indústria das edificações, porém podem levar a expectativas não desejáveis se utilizados de modo errado, como aumento do custo e complexidade do edifício, já que os sistemas de certificações são ferramentas poderosas (KWOK e GRONDZIK, 2013, p. 2).

Para Wassouf (2014, p. 13 e 16), a ferramenta de certificação mais conhecida é a LEED⁷, utilizada em muitos países latino-americanos, está situada em mais de 90 países e possui sua sede nos EUA (Estados Unidos da América), o sistema de certificação avalia os impactos gerados pela edificação desde seu planejamento até seu fim, demolição ou reutilização. O sistema de certificação BREEAM⁸ foi desenvolvido pelo Reino Unido com foco em um mercado menos abrangente. As normas de edificações sustentáveis buscam critérios mais objetivos enquanto que os sistemas de certificações tentam de certo modo, observar e cuidar de todos os possíveis impactos que podem ser gerados pelo edifício em todo o seu ciclo de vida. As normas mais atuais foram criadas com o foco na eficiência do edifício, relacionadas a diminuição do consumo de energia e os valores que seus usuários deveriam de pagar (WASSOUF, 2014, p. 14).

A origem do termo casa passiva⁹ no qual surge a partir da norma *Passivhaus*, criada na década de 1970 na Alemanha. Seu objetivo era muito parecido com o de um sistema de certificação, oferecer orientações projetuais, porém com o seu foco em eficiência energética e estanqueidade do ar. Em regiões de clima frio, uma casa passiva poderia gerar níveis superiores de economia energética através da utilização de ventilação mecânica a qual reduz as perdas térmicas e vedações e vidraças com alto desempenho em manter o calor no interior da residência. A Norma 189 da ASHRAE¹⁰ foi criada em 2009 para ser utilizada como um código em orientações de edificações sustentáveis. Com muitas semelhanças ao sistema LEED, a norma demonstra ser avanço na sustentabilidade, na prática e teoria (KWOK e GRONDZIK, 2013, p. 5).

⁷ *Leadership in Energy and Environmental Design* (Liderança em Energia e Design Ambiental).

⁸ *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (Método de Avaliação Ambiental do BRE).

⁹ 'Um edifício passivo é aquele que pode garantir o conforto climático fornecendo a energia para a calefação e/ou refrigeração apenas por meio do ar da ventilação [...]' (WASSOUF, 2014, p. 69).

¹⁰ *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado).

No Brasil além das existências de leis que preveem o uso racional e eficiente da energia elétrica em edificações, também existem as normas de iluminação natural e desempenho térmico. A norma de Desempenho Térmico de Edificações, aprovada no Brasil em 2005, está dividida em cinco partes¹¹. A NBR 15220-3, terceira parte da norma de desempenho térmico em edificações, trata sobre o zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, no qual estão contidos o mapa de zoneamento bioclimático brasileiro e as tabelas com explicações sobre cada estratégia (LAMBERTS *et al*, 2014, p. 21).

Após compreendermos os eventos que ocorreram ao longo dos anos para que o assunto sobre a sustentabilidade se tornasse mundialmente conhecido em várias áreas do conhecimento, incluindo o setor da arquitetura e urbanismo, desde construções para residências de pequeno porte, prédios comerciais, bairros e até o planejamento urbanístico de um novo município, será abordado no subcapítulo seguinte a influência gerada pelo ambiente ao qual o ser humano está inserido. Frota e Schiffer (2003, p. 53) afirmam que cabe ao arquiteto projetar espaços que proporcione conforto ao homem, tanto em locais com excesso de calor, frio ou ventos, fazendo com que os ambientes projetados se tornem ambientes agradáveis equivalentes ao ambiente externo em clima ameno.

2.2 CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico está relacionado com a sensação do homem em se sentir confortável termicamente. O estudo sobre o conforto térmico tem como objetivo encontrar meios que possibilitem desenvolver espaços adequados para as atividades executadas pelo homem no ambiente desejado de modo confortável. Existem três principais itens ao qual o estudo está ligado: a satisfação do homem por estar em um ambiente confortável termicamente, a melhoria no desempenho relacionado as atividades desenvolvidas em um ambiente confortável, se comparadas a trabalhos realizados em locais onde se sente muito calor ou frio e a economia de energia, devido ao fato de que atualmente o homem passa grande parte do dia em ambientes com luz ou ventilação artificial, portanto evitar gastos com calefação e refrigeração é algo favorável, desde que possamos conhecer as condições relacionadas ao conforto térmico dos ocupantes no ambiente em questão. Devemos levar em consideração que o conforto térmico deve ser proposto de modo a atingir a maior parte de

¹¹ NBR 15220-1, NBR 15220-2, NBR 15220-3, NBR 15220-4 e NBR 15220-5.

pessoas dentro de um grupo, pois cada indivíduo possui suas próprias características biológicas próprias em relação ao sentirem mais calor ou frio (LAMBERTS e XAVIER, 2002, p. 2).

Segundo Wang¹² (2001, p. 158) o conceito de conforto térmico é um estado de espírito no qual o indivíduo sente satisfação em estar em determinado local, devido as suas condições térmicas. O conforto térmico é descrito em termos de sensação como sendo nem tão quente, nem tão frio. Sendo assim, definido pela ASHRAE como uma escala de sensação térmica composta por sete pontos:

- -3 = muito frio
- -2 = frio
- -1 = levemente frio
- 0 = neutro
- +1 = levemente quente
- +2 = quente
- +3 = muito quente

2.2.1 A relação homem e temperatura

O corpo humano tende a conservar a sua temperatura interna independente se o ambiente ao seu redor apresentar temperaturas baixas ou altas, pois somos animais homeotérmicos. O calor interno do nosso corpo é gerado através da queima das calorias existentes nos alimentos que ingerimos, processo chamado de metabolismo, porém também existem trocas entre o corpo humano e o nosso entorno (LAMBERTS *et al*, 2014 p. 43).

A energia gerada através do processo de metabolismo é transformada em potencialidade de trabalho, porém apenas 20% dessa energia, os outros 80% restantes se transformam em calor, que devem ser dissipados para que ocorra o equilíbrio em nosso organismo, sendo assim, podemos concluir que nosso corpo possui um baixo rendimento (FROTA E SCHIFFER, 2003, p. 19).

¹² Thermal comfort is defined as the state of mind in which one acknowledges satisfaction with regard to the thermal environment. In terms of sensations, thermal comfort is described as a thermal sensation of being neither too warm nor too cold, defined by the following seven-point thermal sensation scale proposed by ASHRAE: -3 cold, -2 cool, -1, slightly cool, 0 neutral, +1 slightly warm, +2 warm, +3 hot.

Os Termorreguladores são responsáveis por manter a temperatura interna constante do corpo humano, isso ocorre quando nosso organismo ultrapassa certas faixas de perda ou ganho de calor. No frio a função dos termorreguladores é aumentar a produção interna de calor ou evitar perdas térmicas, isso pode ocorrer através da vasoconstrição da pele, processo em que os vasos sanguíneos próximos a pele se contraem enquanto que os próximos aos órgãos dilatam e pelo arrepio, movimento muscular na qual o corpo aquece a pele, se o organismo estiver passando por uma situação crítica de frio, pode ocorrer o tremor dos músculos. Em relação ao calor, os mecanismos termorreguladores são o suor e a vasodilatação periférica, onde ocorre o aumento da temperatura corporal e por consequência maiores perdas de calor (LAMBERTS *et al*, 2014 p. 44 e 45).

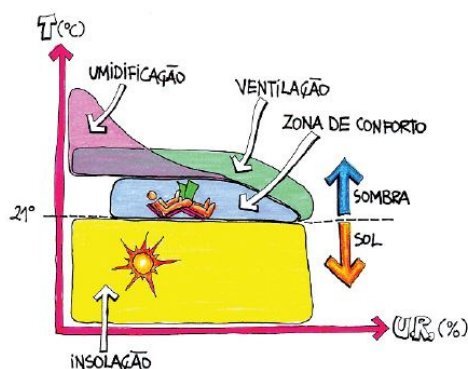
2.2.2 Os índices de conforto térmico

Segundo Lamberts *et al* (2014 p. 49), conceituar o conforto térmico sempre foi algo complexo pois, existem diversos significados, sendo únicos para cada indivíduo, portanto ao longo dos anos, diversos estudiosos procuraram apresentar o significado de conforto térmico de modo simples, demonstrando em quais situações o homem irá sentir conforto ou desconforto térmico.

Os irmãos Olgyay criaram a expressão Projeto Bioclimático na década de sessenta, a partir do momento em que aplicaram a bioclimatologia na arquitetura, para proporcionar conforto térmico (OLGYAY¹³, 1973 *apud* LAMBERTS *et al*, 2014, p. 84). A arquitetura bioclimática visava utilizar dos elementos e condições climáticas favoráveis do local para proporcionar um eficiente conforto térmico ao indivíduo, sendo assim Olgyay desenvolveu a Carta Bioclimática de Olgyay (Figura 1), um diagrama bioclimático que indicava quais seriam as melhores estratégias para atingir o conforto térmico no clima em questão (LAMBERTS *et al*, 2014 p. 84).

Figura 1 – Carta Bioclimática de Olgyay.

¹³ OLGAYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. 4. ed. Princeton: Princeton University Press, 1973.



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p. 84).

Para o autor, a Carta Bioclimática de Givoni, também chamada por BBCC¹⁴, foi criada com a intenção de aperfeiçoar os pontos negativos do diagrama bioclimático de Olgyay, sendo esta a mais adequada as condições climáticas brasileiras. A principal distinção entre os dois métodos é que enquanto o diagrama de Olgyay composto por dois eixos, o vertical sendo as temperaturas (secas) e o horizontal as umidades relativas, a Carta de Givoni (Figura 2) é desenhada sobre uma carta psicrométrica, a qual relaciona a umidade relativa e a temperatura do ar, resultando nos valores sobre os dados climáticos do local, proporcionando ao arquiteto as informações necessária para prover as estratégias mais indicadas para a edificação no clima em questão.

Figura 2 – Carta Bioclimática de Givoni.



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p. 86).

A zona de conforto proporciona ao homem conforto térmico, geralmente entre humidades relativas de 20% a 80% e com temperaturas de 18 a 29° C no caso de países em desenvolvimento (Givoni¹⁵ *apud* 1992 LAMBERTS *et al*, 2014, p. 86). O uso da ventilação e espaços externos amplos são necessários para melhorar o conforto em locais localizados na

¹⁴ Building Bioclimatic Chart (Carta Bioclimática para o Edifício).

¹⁵ GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building. vol. 18, p. 11-23, July, 1992.

zona de ventilação, com temperaturas internas que ultrapassam os 29° C ou umidades relativas superiores a 80%. A utilização da inércia térmica serve como estratégia na zona de inércia térmica para resfriamento, pois possibilita que a estrutura armazene o calor durante o dia, evitando a transferência de calor para os ambientes internos e devolva ao ambiente no período da noite, no qual as temperaturas estão mais baixas. A zona de resfriamento evaporativo e umidificação faz o uso da evaporação da água utilizando recursos como vegetação, fontes d'água, espelhos d'água entre outros para permitir o aumento da umidade relativa do local. A zona de umidificação utilizada de estratégias simples como recipientes com água para o resfriamento do local e consequentemente aumento no conforto térmico. As técnicas empregadas para a zona de aquecimento solar em regiões entre 10,5°C e 14° C são a utilização de vidros nas fachadas com maior incidência solar, pequenas aberturas em orientações pouco iluminadas, uso do isolamento térmico e modulações para obter o sol no inverno, também podendo ser utilizado coletores de calor solar nos telhados, paredes trombe, aplicação de cores mais escuras nas paredes externas e aberturas zenitais. Em regiões com climas extremos os métodos passivos não terão a eficiência necessária para proporcionar conforto térmico, sendo necessário o uso do aquecimento artificial ou resfriamento artificial de acordo com as condições necessárias, como exemplo locais com temperaturas maiores que 44° C será imprescindível a utilização de ar condicionado, além da ventilação natural, método passivo. Em casos de climas extremos frios, abaixo de 10° C, será necessário o uso de aquecedores além das técnicas passivas de captação da luz solar. O clima quente é predominante no Brasil na maior parte do ano, portanto o uso do sombreamento é recomendado em locais em que a temperatura exceder os 20° C. As estratégias para proporcionar sombreamento podem ser: uso de marquises, brises, persianas, sacadas, uso de vegetação e a orientação adequada da edificação (LAMBERTS *et al*, 2014 p. 87-91).

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética é resultado do uso racional da energia, englobando ações econômicas ou tecnológicas, que ao serem realizadas resultam na diminuição do gasto energético sem diminuir a qualidade dos produtos ou serviços ofertados. Fazem parte do processo de criação de edificações mais eficientes e sustentáveis, a substituição de sistemas industriais por novas tecnologias que visam o baixo consumo energético, como a substituição

de lâmpadas incandescentes por LFCs (lâmpadas fluorescentes compactas) ou por lâmpadas LEDs (*ligh-emmitting diode*) que proporcionam alto desempenho (GODOI, 2011, p. 73).

Um edifício é considerado eficiente energeticamente quando oferece as mesmas condições ambientais que outro edifício, porém com menor consumo energético. O arquiteto romano do período clássico Vitrúvio, autor do primeiro livro sobre arquitetura ao qual temos conhecimento, elaborou os conceitos *firmitas*, *utilitas* e *venutas*, aos quais a eficiência energética está ligada. O conceito *firmitas* trata sobre de que modo a escolha das soluções estruturais podem afetar de forma positiva a eficiência energética já no momento da construção, *utilitas* aborda sobre os conceitos de conforto, como o térmico, visual e acústico, sendo questões funcionais para o projeto e direcionando o caminho para a eficiência energética no ambiente e por fim o termo *venutas*, diz respeito a beleza na arquitetura, que apesar de utilizar equipamentos e tecnologias para atingir eficiência, é ao mesmo tempo expressiva e agradável tanto funcional como visualmente (LAMBERTS *et al*, 2014, p. 5 e 6).

A fase de utilização de um edifício segundo o grupo SBA¹⁶, é o período no qual ocorre o maior consumo de energia, devido à uma série de fatores como: refrigeração, calefação, aquecimento de água, consumo de água potável e não potável para irrigação de jardins e o próprio uso da energia elétrica para aparelhos elétricos. O resultado dessa série de consumos é a grande quantidade de gases prejudiciais para a atmosfera, a redução dos recursos naturais disponíveis e a própria degradação do edifício em termos de higiene e saúde, com destaque para os sistemas de aquecimento e resfriamento, sendo estes os maiores responsáveis pelos impactos ao meio ambiente. O sistema ativo de calefação e refrigeração somado ao desempenho passivo, influenciam diretamente no consumo energético da edificação (WASSOUF, 2014, p. 21).

2.3.1 Selos de eficiência energética no Brasil

O Selo Casa Azul Caixa (Figura 3) tem por objetivo classificar projetos de empreendimentos habitacionais que utilizam soluções eficientes e a racionalização dos recursos naturais, desde o período de construção até o momento de ocupação do edifício, fazendo com que a obtenção do selo seja um incentivo para que população adote a ideia de construção sustentável. Para o recebimento do selo o projeto passa por uma análise de

¹⁶ Sustainable Building Alliance (Aliança das Construções Sustentáveis).

viabilidade técnica da edificação, para analisar se o projeto atendeu as exigências de práticas sustentáveis.

Figura 3 – Selos Casa Azul Caixa níveis ouro, prata e bronze.



Fonte: John e Prado (2010, p. 21).

O Selo Casa Azul Caixa é classificado em três tipos: bronze, o qual atinge apenas os critérios obrigatórios, prata, o qual atinge os critérios obrigatórios além de seis critérios de livre escolha e o mais alto nível, ouro, o qual atinge os critérios obrigatórios além de doze critérios a livre escolha. Esse processo se aplica a todos os projetos de empreendimentos habitacionais apresentados à CAIXA (JOHN e PRADO, 2010, p. 21).

O Selo Procel de Economia de Energia, também conhecido como Selo Procel (Figura 4), foi criado em 1993 pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e tem por finalidade ser um instrumento que possibilite ao consumidor uma clareza maior de informações no momento da compra de equipamento elétricos, analisando por meio do selo, que determinado equipamento irá consumir menos energia em relação a outro. Após a sua criação, muitos pesquisadores de universidades, fabricantes além do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) buscaram cada vez mais estimular o desenvolvimento de equipamentos cada vez mais eficientes energeticamente. Em cada categoria de equipamento, existem índices de desempenho e consumo próprio, todavia, para que determinado equipamento adquira o selo, este deve ser submetido a testes de laboratórios recomendados pela Eletrobrás provando sua eficiência, sendo que apenas os produtos que atingirem os padrões desejados poderão ser contemplados com o Selo Procel (PROCEL INFO, 2006).

Figura 4 – Selo Procel.



Fonte: Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>>acesso em:01 de mai. 2018.

2.3.2 A eficiência energética na arquitetura

Para Corbella e Yannas (2009, p.18 e 19) as questões de conforto e eficiência energética sempre foram assuntos relevantes para os arquitetos desde o início da história, sendo que em um certo período da história a preocupação de construir com respeito ao meio ambiente estava sendo esquecida, um grupo de arquitetos persistiu em projetar edifícios seguindo esses conceitos, arquitetura vernacular, utilizando dos materiais locais e fatores climáticos.

O campo da bioclimatologia na arquitetura segundo Romero (2001, p.25) ainda é recente e utiliza conceitos de seu predecessor, a arquitetura vernácula, para alcançar respostas que mantenham a harmonia entre o homem e o ambiente natural que o circula. Preocupada com a integração do clima local, a arquitetura bioclimática busca utilizar dos próprios materiais locais para criar uma concepção arquitetônica entre o ser humano e o meio.

A arquitetura sustentável é uma sequência da arquitetura bioclimática, que carrega igualmente o ideal de integração entre o edifício e meio ambiente, a melhora na qualidade de vida, analise as questões do clima local para serem utilizadas a seu favor, gerando maior conforto e menores consumos de energia, auxiliando na criação de um mundo melhor para as próximas gerações (CORBELLA e YANNAS, 2009, p. 19).

A utilização da arquitetura sustentável auxilia na busca por soluções para o programa de necessidades do cliente, sendo possível projetar edificações com maior eficiência energética e baixa consumo de energia, impactando o meio ambiente em baixa escala. Todas as etapas presentes no desenvolver do projeto agregam maior responsabilidade ao profissional até o término da obra (GRUPO DE TRABALHO DE SUSTENTABILIDADE ASBEA, 2012, p. 14).

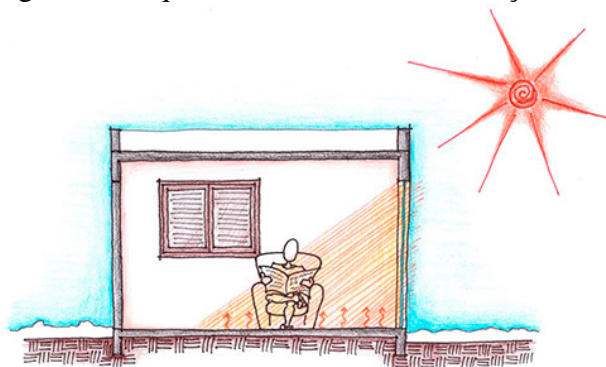
2.4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

As estratégias utilizadas no projeto da residência bioclimática foram baseadas nas recomendações do *software* ZBBR¹⁷, que indica a qual zona bioclimática o município pertence com base no Mapa de Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ver anexo A), além de informar sobre a altitude, latitude, longitude e indicar estratégias para as estações de verão e inverno. A classificação bioclimática do município de Palotina e estratégias indicadas pelo ZBBR (ver anexo B) foram: para o inverno, aquecimento solar da edificação, paredes internas pesadas e permitir a insolação dos ambientes e para o verão, uso da ventilação cruzada. Além das recomendações do *software* foram adicionadas outras estratégias bioclimáticas para aumentar ainda mais o conforto térmico e eficiência energética da residência.

2.4.1 Aquecimento solar da edificação

Para Lamberts *et al* (2014, p. 158) a orientação norte é ideal para a utilização da iluminação natural mesmo que acompanhada do calor (Figura 5), pois recebe a luz diretamente e com grande frequência além de ser uma orientação com maior facilidade de sombreamento. A orientação sul é a segunda melhor escolha mesmo em menor proporção, devido à presença contínua da luz, também possui facilidade de sombreamento e não gera grandes problemas de ofuscamento. As orientações leste e oeste são classificadas como sendo as piores escolhas pois, recebem no verão a luz solar direta com maior intensidade e no inverno com menor intensidade além de dificultar o sombreamento.

Figura 5 – Aquecimento solar da edificação.



¹⁷ O ZBBR versão 1.1 (2004) é um *software* de classificação bioclimática sobre as sedes dos municípios brasileiros, conforme a ABNT NBR 15220-3, possui catalogado os dados climáticos de 330 cidades, além de 5231 cidades com clima estimado por interpolação. Desenvolvido por Maurício Roriz (m.roriz@zaz.com.br), Universidade Federal de São Carlos no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil.

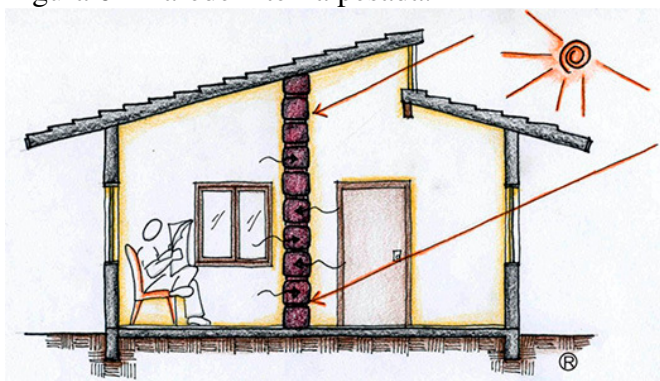
Fonte: Disponível em <<http://projeteetee.mma.gov.br/estrategia/aquecimento-solar-passivo/>>acesso em: 26 de mai. 2018.

Em regiões com climas frios, a utilização de cores escuras nas paredes externas irá trazer resultados benéficos pois, uma parede pintada com tinta preta irá absorver 20 vezes mais energia solar se comparada com uma parede pintada de branco, todavia, em regiões de climas quente ou desértico, será favorável a utilização de cores claras nas paredes externas, com fim de proporcionar maior refletância dos raios solares (HEYWOOD, 2015, p. 170).

2.4.2 Paredes internas pesadas

Segundo Heywood (2015, p. 100) a utilização de sistemas construtivos leves ou pesados dependem da zona climática a qual a edificação está inserida. Para locais de clima quente e seco é essencial a utilização de paredes pesadas na cobertura, com o objetivo de equilibrar a temperatura ao longo do dia. Em construções localizadas em zonas temperadas ou frias, é necessário o uso de paredes externas pesadas voltadas a orientação Leste, pois recebem maior incidência solar, as paredes pesadas (Figura 6) podem ser utilizadas no interior das edificações no caso de invernos longos e muito frios ou verões longos e muito quentes. A utilização de construções leves é indicada para locais que estão localizados em zonas de clima quente e úmido¹⁸.

Figura 6 – Parede interna pesada.



Fonte: Disponível em <<http://projeteetee.mma.gov.br/implementacao/componentes-internos-e-aquecimento-solar-passivo/?cod=ita>>acesso em: 26 de mai. 2018.

¹⁸ O clima do município de Palotina-PR segundo a classificação climática de *Köppen-Geiger* (especificado na p. 47) é subtropical úmido com verões quentes, portanto segundo as diretrizes construtivas da NBR 15220-3 e recomendações do *software ZBBR* para a zona bioclimática 3, as paredes externas devem ser leves e internas pesadas.

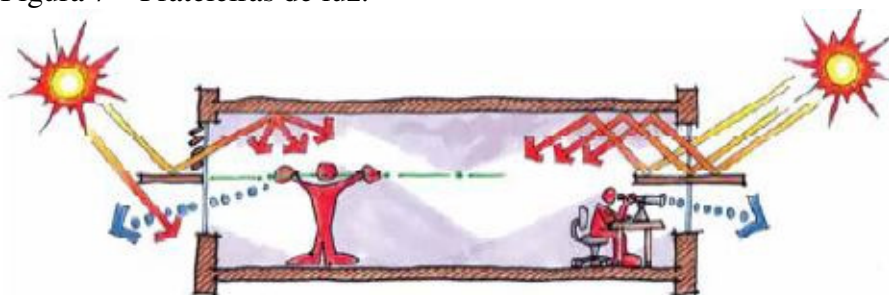
2.4.3 Permitir insolação dos ambientes

O uso da iluminação natural está diretamente ligado a integração das necessidades térmicas e acústicas, pois quando propomos um vão no projeto, não irá ocorrer apenas a passagem da luz, mas também do calor e os sons do ambiente externo para o interno, portando a aplicação desse elemento resulta em várias consequências para a edificação, as quais devem ser tratadas para cada ambiente (LAMBERTS *et al*, 2014, p. 151).

A orientação solar é de grande importância para o projeto bioclimático, pois irá indicar em climas frios ou temperados se o sol de inverno ou quebra-ventos será desejável e a necessidade de sombreamento em climas quentes ou temperados (HEYWOOD, 2015, p. 78).

As prateleiras de luz ou também chamados refletores solares (Figura 7), tem a função de proteger a edificação da insolação no período do verão e de refletir a luz no teto, para que atinja o fundo do ambiente. Para que esse efeito aconteça, as prateleiras de luz devem ser instaladas na posição horizontal, atentando-se ao dimensionamento das aberturas e que estas estejam voltadas para a orientação solar correta (JOURDA, 2013, p. 72).

Figura 7 – Prateleiras de luz.

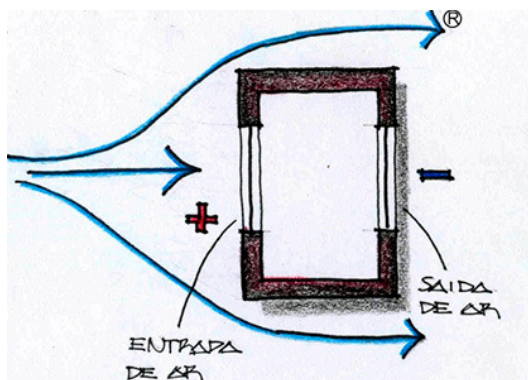


Fonte: Lamberts *et al* (2014, p. 156).

2.4.4 Ventilação cruzada

A ventilação cruzada (Figura 8) é uma das técnicas mais eficientes para ventilação, necessita do conhecimento sobre a orientação dos ventos em períodos quentes e duas aberturas nas paredes (LAMBERTS *et al*, 2014, p. 185).

Figura 8 – Ventilação cruzada.



Fonte: Disponível em <<http://projeteetee.mma.gov.br/implementacao/ventilacao-cruzada/?cod=vn>>acesso em: 26 de mai. 2018.

A ventilação cruzada ocorre pelas diferenças de zonas de pressão geradas pelos ventos na edificação, criando pressões positivas (barlavento) e pressões negativas (sotavento). As aberturas de entrada e saída dos ventos devem ser no mínimo 5% equivalentes a área do piso, entretanto a técnica não será eficiente caso a profundidade do ambiente seja cinco vezes maior em relação à altura do pé-direito. Em relação aos ambientes com abertura única, a ventilação será eficiente apenas em profundidades até no máximo de seis metros, para as janelas vale a mesma regra como na ventilação cruzada, devem possuir aberturas de no mínimo 5% da área do piso (HEYWOOD, 2015, p. 144 e 146).

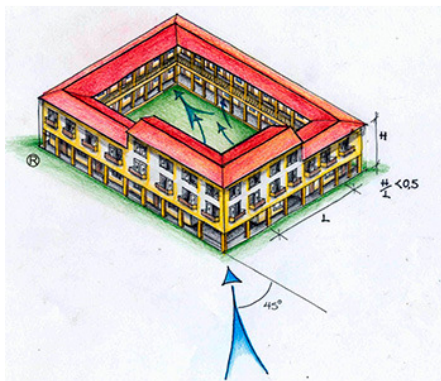
2.4.5 Estratégias adicionais

As estratégias apresentadas a seguir foram utilizadas no projeto da residência bioclimática a fim de proporcionar ainda mais conforto térmico e eficiência energética, como exemplo: o uso do pátio interno para obtenção da iluminação natural, utilização da vegetação como barreira do sol poente e uso da telha termoacústica como cobertura.

2.4.5.1 Pátio interno e iluminação natural

Montenegro (2003, p. 49) afirma que o ar mais frio permanece nas paredes voltadas ao pátio interno (Figura 9), tornando-se uma espécie de poço frio e levando o ar de menor temperatura para os ambientes que estiverem ligados ao pátio, podendo ser mais eficiente se possuir árvores.

Figura 9 – Pátio interno.



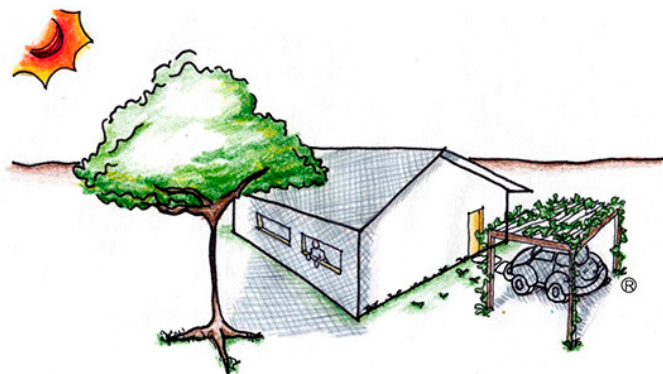
Fonte: Disponível em <<http://projeteetee.mma.gov.br/implementacao/ventilacao-em-patios-internos/>>acesso em: 26 de mai. 2018.

A luz natural possui várias vantagens se comparada com a luz artificial. A adaptação do olho humano acontece de forma mais suave na luz natural, as cores reproduzidas na luz natural possuem mais riqueza de detalhes, pois variam conforme as horas do dia, dando assim a sensação de cronológica de tempo, diferente da monotonia gerada pela luz artificial, porém é necessário o uso da luz elétrica como uma complementação para os períodos da noite, amanhecer, entardecer ou em dias nebulosos, sendo sempre que possível utilizar em maior parte a luz natural, tanto por questões de economia de energia além de trazer vários benefícios para o homem. (CORBELLA e YANNAS, 2009, p. 49).

2.4.5.2 Vegetação

Segundo Heywood (2015, p. 36 e 38) a utilização de árvores auxilia no direcionamento dos ventos, na redução de temperatura das brisas, pois quando passam por locais sombreados acabam diminuindo a sua temperatura e como barreira de proteção contra os raios solares (Figura 10). As espécies de árvores decíduas perdem suas folhas em períodos de seca, ficando caducas, resultando na proteção de até 85% dos raios solares no verão e no período do inverno permitem a passagem da luz na edificação. Para o sombreamento total de uma fachada seria necessária uma espécie de grande porte, podendo gerar problemas em suas raízes e na própria edificação devido a suas dimensões, portanto uma estratégia utilizada é que a copa da árvore fique fora de uma linha imaginária a 45° da base da edificação.

Figura 10 – Uso da vegetação como proteção solar.

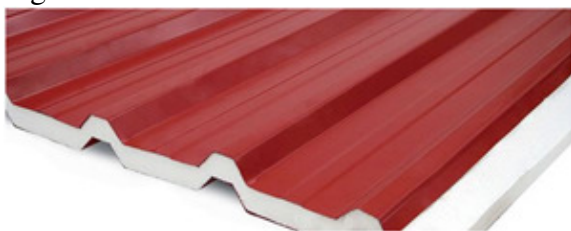


Fonte: Disponível em <projeteee.mma.gov.br/implementacao/tipos-de-protecao-solar/>acesso em: 26 de mai. 2018.

2.4.5.3 Telha termoacústica

As telhas termoacústicas (Figura 11) tem o objetivo de proporcionar conforto aos usuários e reduzir os níveis de consumo energético, pois possuem capacidade de reduzir as trocas térmicas e apresentam eficiente isolamento acústico devido a sua composição, sendo utilizadas nas partes externas chapas de aço ou alumínio e no interior o material isolante como poliestireno, poliuretano ou lãs minerais de rocha ou vidro. A eficiência do isolamento está diretamente ligada com as propriedades e espessura do material escolhido, de modo geral apresentam baixo peso. A inclinação necessária para o uso das telhas termoacústicas é baixa, sendo outra qualidade do material, principalmente para cobrir grandes áreas, necessitando de poucas peças e diminuindo as chances de vazamento na cobertura (NAKAMURA, 2014).

Figura 11 – Telha termoacústica.



Fonte: Disponível em <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=6142>>acesso em: 27 de mai. 2018.

3 CORRELATOS E DIRETRIZES PROJETUAIS

No presente capítulo serão apresentados os projetos de referência, que iram acrescentar informações e soluções para o problema da pesquisa e o projeto arquitetônico. Foi utilizado como critério de referência o *software* ZBBR, para que os projetos escolhidos fossem pertencentes a mesma zona bioclimática brasileira que o município de Palotina, a Z3 (Zona Bioclimática 3), portanto, apesar de os correlatos estarem situados em estados diferentes, todos possuem as mesmas recomendações, pois pertencem a mesma zona bioclimática, com exceção do correlato Núcleo SENAI de Sustentabilidade, pois está localizado na Z1 (Zona Bioclimática 1), sendo como justificativa de sua escolha o sistema construtivo utilizado, o *Wood Frame*, o qual foi adotado para o projeto de residência bioclimática em Palotina.

3.1 BIBLIOTECA PAULO FREIRE

3.1.1 Aspecto contextual

O projeto da Biblioteca Paulo Freire localizado no Parque Tecnológico Itaipu (PTI), região norte da cidade de Foz do Iguaçu-PR, foi desenvolvido pelo escritório 3C Arquitetura e Urbanismo. Os arquitetos pretendiam construir a nova biblioteca próximo as ruínas dos antigos alojamentos dos construtores de Itaipu, resgatando a história daquele local (Figura 12). A construção da biblioteca já havia sido planejada no Plano Diretor do PTI, sendo que sua principal função seria a de aumentar a área de acervo, consulta, pesquisa, além de se tornar um suporte as atividades desenvolvidas no local. A classificação bioclimática do município de Foz do Iguaçu e estratégias indicadas pelo ZBBR estão no Anexo C.

Figura 12 – Relação do antigo e novo edifício.



Fonte: Disponível em <http://www.3c.arq.br/020_bpf/>acesso em:05 de mai. 2018.

A biblioteca se torna um local de ligação aos estudantes do local, pois está próxima ao Edifício do Saber e os blocos de alojamentos revitalizados, criando assim, um ambiente propício e confortável para a leitura dos vários livros de todas as instituições do parque presentes no acervo (Figura 13), além de conter um pequeno auditório, locais de convívio e diversas salas de estudo e leitura.

Figura 13 – Acervo de livros.

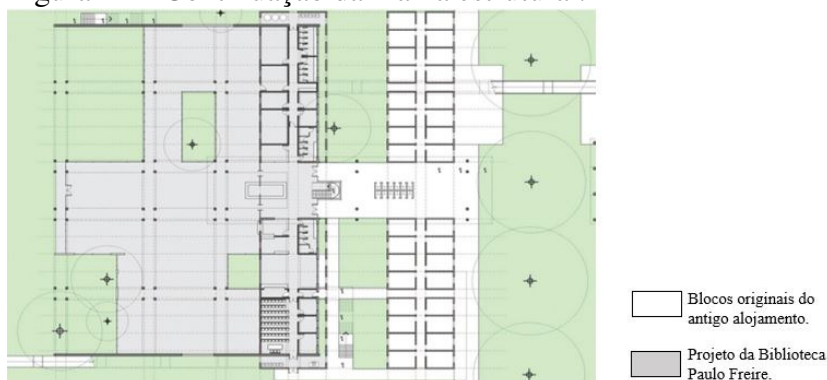


Fonte: Disponível em <http://www.3c.arq.br/020_bpf/>acesso em:05 de mai. 2018.

3.1.2 Aspecto construtivo

A modulação de pilares, cobertura e caixilhos das esquadrias da Biblioteca Paulo Freire foram definidas seguindo a grelha compositiva do antigo alojamento (Figura 14).

Figura 14 – Continuação da malha estrutural.



Fonte: Disponível em <http://www.3c.arq.br/020_bpf/>acesso em: 05 de mai. 2018. Adaptado pelo autor, 2018.

O material MLC, abreviação de Madeira Laminada Colada, foi muito utilizada no projeto da biblioteca, nos pisos, deques externos e da cobertura, brises das janelas da cobertura e estrutura da cobertura. O MLC é feito a partir de madeira de pinus reflorestada, sendo indicadas para a sustentação de paredes ou lajes concretadas além de serem indicadas para projetos com grandes vãos. Os pilares e vigas de sustentação são feitos de concreto, compondo a estrutura (Figura 15), para a laje foram utilizadas tabelas e vigotas com peças de isopor para maior isolamento térmico. O vidro foi utilizado para proporcionar iluminação zenital, cobertura dos pergolados e para harmonizar com os elementos em madeira.

Figura 15 – Materiais utilizados na edificação.

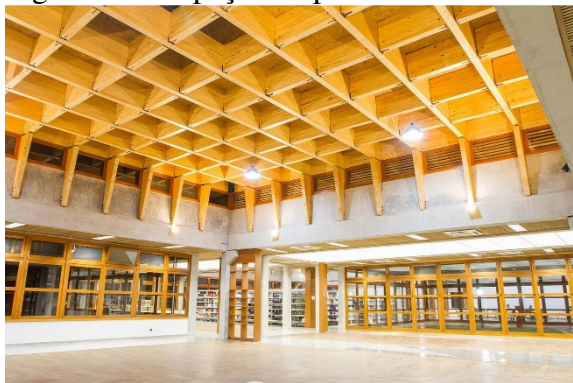


Fonte: Disponível em <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/3c-arquitetura-e-urbanismo_/biblioteca-paulo-freire/1055>acesso em: 05 de mai. 2018.

3.1.3 Aspecto funcional

O projeto permite que a utilização dos espaços da biblioteca não acabe até os limites físicos da edificação, pois os pátios internos, a cobertura e os locais preservados nas ruínas do antigo alojamento possibilitam uma continuidade da obra, fazendo com que ocorra a ligação entre o espaço interno e externo. A utilização da planta livre (Figura 16) possibilita a criação de ambientes internos mais amplos, fazendo com que aumentem as possibilidades de utilização das salas.

Figura 16 – Espaços amplos.



Fonte: Disponível em <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/3c-arquitetura-e-urbanismo_/biblioteca-paulo-freire/1055>acesso em: 05 de mai. 2018.

A entrada da biblioteca ocorre pela área das ruínas, criando um diálogo harmonioso que proporciona a todos os visitantes a relação de respeito e preservação da história do PTI.

3.1.4 Aspecto estético

Os aspectos estéticos estão diretamente ligados com as questões de sustentabilidade adotadas no projeto, devido a este fator, o MLC foi muito utilizado pois é construído a partir

da madeira reflorestada e a utilização do vidro para proporcionar a maior quantidade possível de iluminação natural, tanto zenital quanto pelas janelas. A forma da biblioteca (Figura 17) é a junção do seguimento de modulação estrutural do antigo alojamento ao lado somado a utilização de novos elementos para proporcionar um uso racional da luz natural e respeito ao meio ambiente.

A escolha do correlato Biblioteca Paulo Freire ocorreu pela utilização dos pátios no projeto, permitindo aos usuários uma conexão ao espaço externo e contato com a natureza, além de proporcionar a entrada da luz natural para os ambientes, especialmente nos locais de estudo e leitura.

Figura 17 – Forma baseada nos antigos alojamentos.



Fonte: Disponível em <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/3c-arquitetura-e-urbanismo_/biblioteca-paulo-freire/1055> acesso em: 05 de mai. 2018.

3.2 CASA INVERSO

3.2.1 Aspecto contextual

Desenvolvido pelo escritório de arquitetura D+A, a Casa Inverso (Figura 18) está situada no município de Cotia, pertencente a zona sudoeste da região metropolitana de São Paulo, mais precisamente no distrito de Granja Vianna, sendo um local muito arborização devido ao fato de ser uma passagem do espaço rural e urbano.

O projeto busca o equilíbrio com o meio ambiente ao seu entorno e a utilização de técnicas sustentáveis e eficientes para o aproveitamento da luz natural, coleta da água das chuvas para a limpeza dos pisos e calçadas, aliar a vegetação existente ao projeto, sem a necessidade da retirada das árvores, utilização de um biodigestor integrado para a criação de um sistema de esgoto, pelo fato da inexistência de infraestrutura de rede de esgoto e águas pluviais na região, além do aproveitamento de partes de uma antiga construção feita em tijolos

aos fundos do terreno e uma antiga churrasqueira de blocos de concreto aparente. A classificação bioclimática do município de Cotia e estratégias indicadas pelo ZBBR estão no Anexo D.

Figura 18 – Fachada principal.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/798092/casa-inverso-d-plus-a>> acesso em: 06 de mai. 2018.

3.2.2 Aspecto construtivo

Os aspectos construtivos foram desenvolvidos baseados no conceito de residência sustentável. A modulação da residência foi desenvolvida para possibilitar a criação de áreas abertas e fechadas (Figura 19), fazendo o uso da ventilação cruzada e iluminação natural nos ambientes.

Figura 19 – Relação de áreas abertas e fechadas.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/798092/casa-inverso-d-plus-a>> acesso em: 06 de mai. 2018.

Para a estrutura foram utilizados tubos de ferro galvanizados aparentes, na cobertura foram usadas telhas metálicas de dupla-face e poliuretano (telha termoacustica), que promovem um eficiente desempenho térmico e acústico, por fim foi utilizado o radier ou laje

radier, tipo de fundação rasa em concreto armado, o qual posteriormente recebeu acabamento em concreto polido, servido como o próprio piso da edificação (Figura 20).

Figura 20 – Utilização dos elementos construtivos.

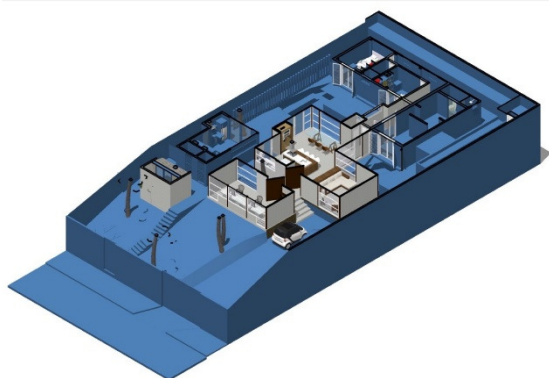


Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/798092/casa-inverso-d-plus-a>>acesso em: 06 de mai. 2018.

3.2.3 Aspecto funcional

A implantação do projeto (Figura 21) no terreno retangular permite a criação de pátios internos que além de permitirem a entrada de luz natural nos ambientes, proporciona aos usuários a noção das passagens do tempo ao longo do dia, mudanças de cores, luzes e sombras, resultando no constante contato com a natureza. Uma palmeira já existente demarca a divisão de dois blocos no projeto, o escritório e a residência.

Figura 21 – Perspectiva axonométrica do projeto.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/798092/casa-inverso-d-plus-a>>acesso em: 06 de mai. 2018.

3.2.4 Aspecto estético

O projeto Casa Inverso possui seu design fortemente marcado pelas linhas que desenham os ambientes (Figura 22), devido ao uso da estrutura aparente pintada em tons mais escuros em relação as paredes em branco, a utilização do vidro proporciona o contato com o ambiente externo e as mudanças no clima e passagem do dia. A construção já existente feita em tijolos ao fundo do lote foi mantida e restaurada, bem como as espécies vegetais já existentes, sendo assim podemos concluir que o projeto atinge o objetivo de residência sustentável, por suas estratégias e materiais empregados.

A escolha do correlato Casa Inverso ocorreu pela utilização de cores claras em suas paredes externas somado com o uso da telha termoacústica, os quais proporcionam eficiente redução de absorção dos raios solares para a residência gerando a diminuição da temperatura interna dos ambientes.

Figura 22 – Fachada marcada pela estrutura aparente e uso do vidro.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/798092/casa-inverso-d-plus-a>> acesso em: 06 de mai. 2018.

3.3 CASA 4X30

3.3.1 Aspecto contextual

O desejo de um casal de arquitetos em projetar a própria casa em um terreno de 4x30m, localizado no Jardim Europa, bairro nobre da cidade de São Paulo, resultou em uma residência pequena, devido as suas limitantes do terreno, porém, com uma ampla integração dos seus ambientes e utilização da luz natural, diferente de outras casas convencionais de mesma proporção. Desenvolvida em parceria entre os escritórios CR2 Arquitetura e FGMF Architects, a Casa 4x30 (Figura 23) buscou suas inspirações nas pequenas residências holandesas e japonesas, muito conhecidas pelo aproveitamento eficiente da luz natural e espaço, porém o projeto procurou utilizar caracterizas da cultura brasileira como uma ampla

cozinha, sendo um ambiente acolhedor e a utilização de painéis de azulejos hidráulicos, feitos pelo artista plástico Fábio Flaks, o qual cumpre a função estética na obra e faz referência ao período da arquitetura moderna brasileira. A classificação bioclimática do município de São Paulo e estratégias indicadas pelo ZBBR estão no Anexo E.

Figura 23 – Fachada principal.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-4073/casa-4x30-cr2-arquitetos-fgmf-arquitetos>> acesso em: 12 de mai. 2018.

3.3.2 Aspecto construtivo

O concreto tradicional foi utilizado apenas na fundação e no contrapiso armado, as belas vigas aparentes da estrutura metálica cruzam os ambientes e são apoiadas em pilares embutidos nas empenas laterais (Figura 24).

Figura 24 – Estrutura metálica aparente.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-4073/casa-4x30-cr2-arquitetos-fgmf-arquitetos>> acesso em: 12 de mai. 2018.

Para o fechamento, foram utilizados três sistemas de fechamento secos, nas áreas secas a chapa de gesso, áreas úmidas a chapa verde e em áreas molháveis a placa cimentícia. A edificação possui um excelente isolamento termo acústico devido a utilização da lã de vidro e

lã de rocha como preenchimento das cavidades existentes no *drywall*. A utilização de finas placas cimentícias com preenchimento de madeiras sarrafeadas sobre a estrutura metálica, possibilitou a aplicação de piso em placas de borracha, outros elementos também foram utilizados na edificação como: grandes caixilhos metálicos, deques flutuantes, pisos de resina e passarela de malha expandida.

A utilização de todos estes elementos possibilitou a criação de uma residência sustentável e com eficiente conforto térmico, diminuindo a necessidade de utilização de aparelhos elétricos para resfriamento e aquecimento, gerando redução de gastos para os usuários.

3.3.3 Aspecto funcional

A inexistência do portão na entrada principal tem como objetivo ser uma gentileza urbana, de modo que a casa se integrasse a cidade de São Paulo. Pelo fato da sala estar ao lado do jardim interno para receber iluminação natural, a cozinha ficou voltada a entrada, portando foi criado um rebaixamento de 75cm na cozinha em relação a sala, fazendo com que o pé-direito aumentasse, assim criou-se uma passagem elevada, evitando a entrada direta pela cozinha, se tornando um eixo de circulação que percorre toda a extensão da casa (Figura 25). A circulação vertical ao fundo do terreno permite o acesso ao primeiro pavimento, onde estão duas suítes, acessíveis por uma passarela de malha expandida, e ao segundo pavimento onde está uma sala de tv e a cobertura-terraço.

Figura 25 – Ligação entre sala e cozinha.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-4073/casa-4x30-cr2-arquitetos-fgmf-arquitetos>>acesso em: 12 de mai. 2018.

A Casa 4x30 foi projetada com foco na eficiência térmica, sendo umas das principais estratégias a criação do jardim interno, cumprindo não somente a função de área permeável exigida mas também como uma solução bioclimática, o jardim aliado a parede verde

proporcionam iluminação natural e a troca de massas de ar, resfriando os ambientes e extraíndo as massas de ar quentes, sendo o clima quente predominante na maior parte do ano, o jardim irá ajudar no resfriamento e para períodos frios a existência de uma tela externa protege a fachada do sol poente (Figura 26). A utilização do ecotelhado, uso de isolantes termo acústicos como preenchimento do *drywall*, brises de malha expandida e janelas com vidro duplo auxiliam para que a residência atinja a eficiência térmica com qualidade.

Figura 26 – Tela externa contra insolação.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-4073/casa-4x30-cr2-arquitetos-fgmf-arquitetos>> acesso em: 12 de mai. 2018.

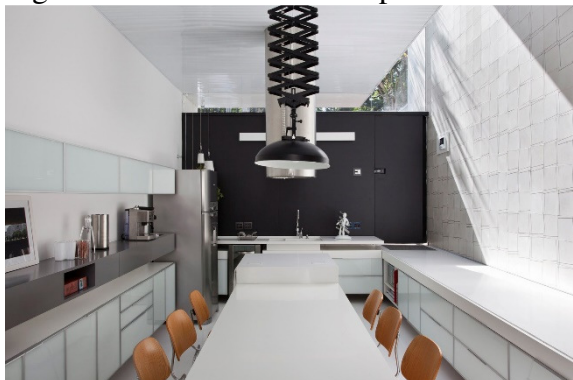
3.3.4 Aspecto estético

O principal ponto de partida do projeto Casa 4x30 foram as limitações do terreno, portando não havia muitas possibilidades de formas, sendo predominante o uso de linhas retas. A presença de uma fachada na cor preta (Figura 27) no acesso principal contrasta com todo o restante da residência, o qual foi utilizada a cor branca em abundância, nos móveis, forro, piso de resina de poliuretano e azulejos hidráulicos, pois, permite a reflexão da luz natural para todos os cômodos da casa, função importante no projeto devido ao formato do terreno, dificultando a captação da luz natural. O painel de azulejos hidráulicos proporciona continuidade a obra de proporções pequenas, ocupando toda a empena, acompanhando todos os pavimentos e circulações horizontais de malha expandida. O seu uso remete ao período consagrado da arquitetura modernista como uma homenagem, no qual os painéis de azulejos eram constantemente utilizados. A proporção do terreno não impediu que a edificação atingisse um grau de ótima eficiência, belos aspectos estéticos e funcionais.

A escolha do correlato Casa 4x30 ocorreu pela racionalização dos ambientes, utilização de paredes verdes e o pátio interno para possibilitar a luz natural e criar uma zona

de troca de massas de ar na residência, porém fazendo o uso de proteções externas para o sol poente utilizando de materiais como vidros duplos e brises de malha expandida.

Figura 27 – Elemento na cor preta.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-4073/casa-4x30-cr2-arquitetos-fgmf-arquitetos>> acesso em: 12 de mai. 2018.

3.4 NÚCLEO SENAI DE SUSTENTABILIDADE

3.4.1 Aspecto contextual

Localizado na Cidade Industrial de Curitiba, bairro do município de Curitiba-PR, o Núcleo SENAI de Sustentabilidade (Figura 28) foi desenvolvido pelo Studio Arqbox Arquitetos Associados, sendo uma iniciativa por parte do SENAI em promover um espaço no qual as tecnologias construtivas sustentáveis possam ser discutidas entre a comunidade e a indústria.

Figura 28 – Fachada Sul.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-145236/nucleo-senai-de-sustentabilidade-slash-arqbox>> acesso em: 14 de mai. 2018.

A edificação implantada no pátio do laboratório de análises ambientais da sede do SENAI, se propõe em atingir níveis de conforto para seus usuários através da arquitetura sustentável, gerando diminuição do uso de energia elétrica, impactando minimamente o ambiente e demonstrando que esta corrente arquitetônica não necessita de orçamentos exorbitantes para ser construída. A classificação bioclimática do município de Curitiba e estratégias indicadas pelo ZBBR estão no Anexo F.

3.4.2 Aspecto construtivo

O escritório Arqbox buscou parceria com a empresa paranaense Tecverde, especialista na utilização da tecnologia alemã *Wood Frame*¹⁹ no Brasil. Para a Tecverde (2018) o sistema de construção industrializado *Wood Frame* (Figura 29), também conhecido como *Light Wood Framing*, garante maior precisão e qualidade, acelerando três vezes mais o processo construtivo, reduzindo os gastos com água em 90% e a geração de resíduos em 85%. A durabilidade pode ultrapassar 50 anos, pois as madeiras utilizadas passam pelo processo de dupla secagem e são tratadas com preservantes químicos.

Figura 29 – Sistema construtivo *Wood Frame*.



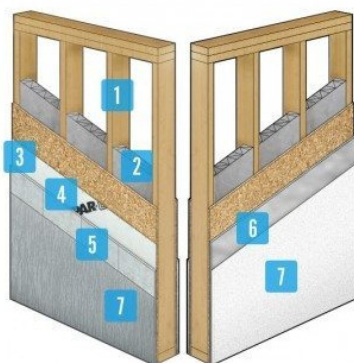
Fonte: Disponível em <<http://atitudesustentavel.com.br/blog/2012/08/15/senai-e-tecverde-montam-o-nucleo-de-solucoes-sustentaveis-no-parana/>>acesso em: 14 de mai. 2018.

Segundo Molina e Junior (2010, p. 144) o *wood frame* se trata de um sistema construtivo que utiliza a madeira reflorestada e tratada para a criação de perfis de madeira, que compõem paredes (Figura 30), painéis de pisos e telhados que são revestidos com outros

¹⁹ “Sistemas construtivos cuja principal característica é ser estruturado por peças leves de madeira maciça serrada com fechamentos em chapas (Sistemas Leves tipo *Light Wood Frame*), a serem empregados em edificações unifamiliares, térreas ou assobradadas, isoladas ou geminadas, e em edificações multifamiliares de até 04 pavimentos (térreo + 3 pavimentos).” SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017b, p. 2.

materiais, devido ao fato da utilização da madeira para as estruturas de piso e paredes, esta proporciona leveza a obra e rápida execução devido ao fato de ser um sistema construtivo industrializado e ter suas partes montadas no canteiro de obras por profissionais especializados, além de possibilitar o planejamento orçamentário no momento do projeto. A tecnologia *wood frame* possui como características o conforto térmico e acústico, resistência contra o fogo e condições climáticas intensas, como chuvas e ventos fortes. No Brasil o sistema vem sendo implantado lentamente, enquanto que em outros países, como exemplo os EUA, o *wood frame* compõe cerca de 95% das residências.

Figura 30 – Painel estrutural Tecverde do tipo parede.



Fonte: Disponível em <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/Panorama-do-Sistema-Construtivo-Tecverde-2016.pdf>> acesso em: 27 de mai. 2018. Adaptado pelo autor, 2018.

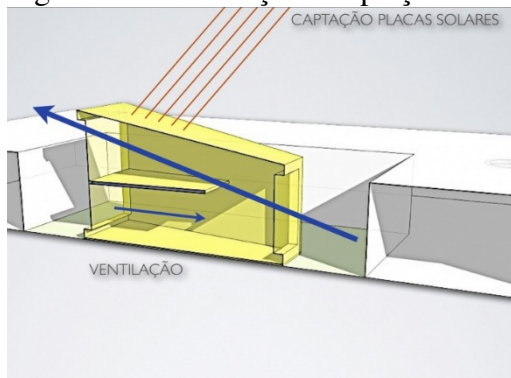
- 1 - Painel estrutural de parede: responsável pela função estrutural, construídos com madeira de pinus serrada proveniente de reflorestamento certificado, são compostos por soleira inferior, montantes e dupla soleira superior (travessas) (MOREIRA e MONICH, 2016, p. 15);
- 2 - Isolante termo acústico: é inserido entre os vãos dos painéis estruturais, podendo ser aplicado nas paredes, foros e telhados. Os materiais isolantes mais utilizados são: lã de vidro e lã de rocha (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017b, p. 3);
- 3 - OSB (*Oriented Strand Board*): as chapas de OSB tem a função de criar resistência mecânica como auxílio da estrutura, são utilizadas do lado externo e interno, ambas devem possuir tratamento inseticida. No lado externo o OSB serve como contravento e base para aplicação da membrana hidrófuga, no lado interno serve como base para as placas de gesso acartonado (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017b, p. 3);
- 4 - Membrana hidrófuga: é aplicada nas paredes externas, fixadas sobre as chapas de OSB, garantindo a proteção contra a entrada da água na edificação e permite a saída dos vapores internos e umidade, aumentando a durabilidade da estrutura (MOREIRA e MONICH, 2016, p. 18);

- 5 e 7 - Acabamento externo: a placa cimentícia possui função de acabamento e serve como base para a aplicação de diversos materiais como: *sidings* ou régua de madeira horizontal ou vertical, tijolos cerâmicos, estuque, pintura, pedras, pastilhas entre outros (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017b, p. 3);
- 6 e 7 - Acabamento interno: o gesso acartonado possui função de acabamento interno, sendo que para áreas secas é utilizado o gesso acartonado padrão com posterior aplicação de pinturas acrílicas, enquanto que para áreas molhadas ou molháveis é utilizado o gesso acartonado resistente a umidade ou placas cimentícias, sendo posteriormente revestidas com azulejos (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017a, p. 4);

3.4.3 Aspecto funcional

Para atingir o objetivo de edificação sustentável foram utilizadas diversas técnicas no Núcleo SENAI. O resultado de sua volumetria (Figura 31) foi o estudo feito sobre a insolação e a as direções dos ventos, sendo assim, o núcleo foi construído de modo que a fachada norte e sul tivesse diferentes dimensões, proporcionando maior conforto no verão com diminuição da temperatura ambiente. O sistema construtivo adotado, o *wood frame*, como explicado anteriormente, proporciona grandes níveis de conforto termoacústico, economia de materiais além de promover a redução de prazo para conclusão da obra. O telhado verde foi utilizado como estratégia de redução de ruídos e para promover o conforto térmico interno, pelo fato de ser a porção do edifício que mais recebe a incidência dos raios solares.

Figura 31 – Ventilação e captação solar.



Fonte: Disponível em <<http://www.studioarqbox.com/br/projetos/arquitetura-institucional/nucleo-senai-sustentabilidade#.Wvn1k6QvzDc>> acesso em: 14 de mai. 2018. Adaptado pelo autor, 2018.

Os painéis fotovoltaicos foram utilizados no telhado, no sentido norte, fazendo a captação da luz solar e convertendo diretamente a luz em energia pelo efeito fotovoltaico, essa energia é conduzida até um conversor que transforma a energia para que possa ser utilizada imediatamente nos ambientes, o excesso é armazenado e utilizado nos períodos noturnos, os

quais não a presença da luz natural. Por fim, a captação das águas pluviais auxilia no abastecimento do edifício, seguindo as normas da NBR 10844, a água é captada antes de atingir o solo, passando pelas calhas, condutores e caixas coletoras com função de limpeza, sendo importante destacar que a primeira coleta é descartada devido a poeira existente no telhado.

3.4.4 Aspecto estético

Os aspectos estéticos seguem as funções pré-determinadas no projeto do Núcleo SENAI, ser uma edificação sustentável, por se tratar de um local de estudos e reuniões possui traços lineares e cores neutras como: branco, cinza e preto. As faces envidraçadas (Figura 32) possuem função de levar a iluminação natural ao interior, as aberturas norte e sul, foram projetadas para proporcionar a ventilação cruzada e a cobertura com telhado verde aumenta o conforto e diminui a radiação solar para os ambiente internos e também que o sentido das águas pluviais seja direcionado para um único ponto, bem como a orientação para norte, fazendo com que as placas fotovoltaicas recebam a incidência solar.

A escolha do correlato Núcleo SENAI de Sustentabilidade ocorreu pelo sistema construtivo empregado, o *wood frame*, que proporciona conforto acústico e térmico além de ser sustentável por utilizar como matéria prima renovável a madeira.

Figura 32 – Fachada Norte.



Fonte: Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-145236/nucleo-senai-de-sustentabilidade-slash-arqbox>> acesso em: 14 de mai. 2018.

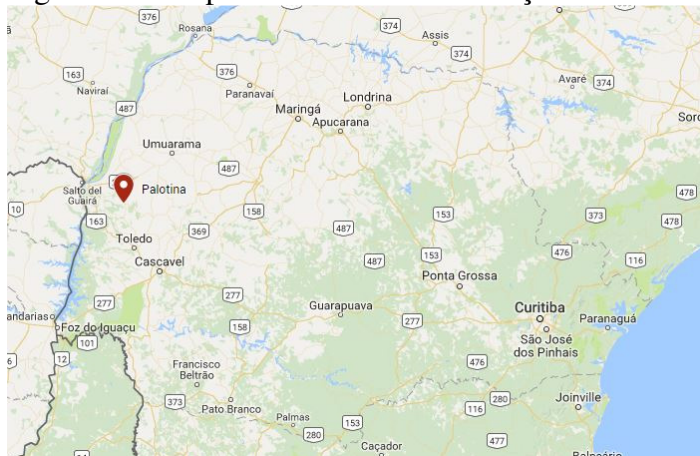
4 APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO

No presente capítulo serão apresentados os estudos para o desenvolvimento da residência bioclimática para a cidade de Palotina-PR, características do terreno, conceitos projetuais, sistema construtivo e programa de necessidades, aspectos esses baseados nos referenciais teóricos e estratégias adotadas nos correlatos apresentados nos capítulos anteriores.

4.1 BREVE HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE PALOTINA

O município de Palotina foi fundado em 1960 com a chegada de colonos dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, posteriormente os padres palotinos da ordem religiosa, que deram origem ao nome da cidade, integraram-se aos migrantes catarinenses e gaúchos pioneiros. Anos mais tarde, migrantes da Bahia, Minas Gerais e outros estados vieram fazer parte do município (Figura 33), enriquecendo ainda mais os aspectos relacionados a cultura, arquitetura, sotaques, gastronomia e vestimentas local. A principal atividade econômica é a produção de grãos e a avicultura, com destaque também para a produção agropecuária, atividade que ocupa 94% da área municipal (FURLAN, 2013, p. 34).

Figura 33 – Mapa do Paraná com indicação do município de Palotina.

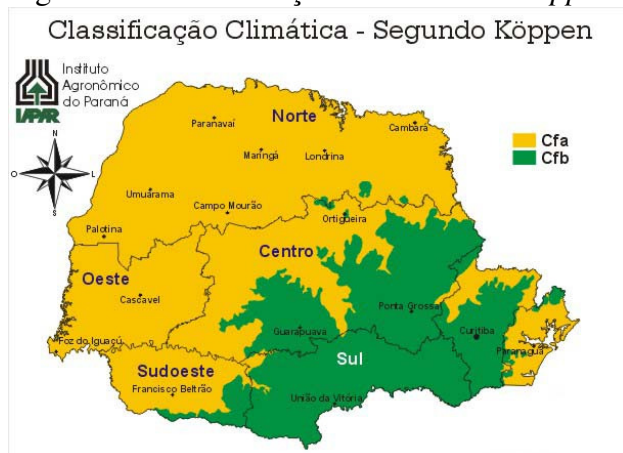


Fonte: Disponível em <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1fuzbpOYOrYIOoZGllkOuLUPpT0WjHw1&ll=-24.35723501488083%2C-51.48155822656247&z=7> acesso em: 16 de mai. 2018. Adaptado pelo autor, 2018.

As coordenadas geográficas da cidade de Palotina são vinte e quatro graus e doze minutos ($24^{\circ} 12'$) de latitude Sul e cinquenta e três graus, cinquenta minutos e trinta segundos ($53^{\circ} 50' 30''$) de longitude oeste de *Greenwich*. O município segundo a Classificação

Climática de *Köppen-Geiger* é Cfa (Figura 34) subtropical úmido com verões quentes, sem estações secas, predominância de chuvas no verão, graus pluviométricos oscilam entre 1.400 a 1.800 mm anual, com média de 1533 mm. A proximidade com a linha tropical resulta em diferentes características climáticas, gerando anos em que ocorrem verões e invernos com maior ou menor intensidade de chuvas, porém as temperaturas quentes e amenas prevalecem durante oito ou nove meses durante o ano (REGINATO, 1979, p. 9 e 10).

Figura 34 – Classificação Climática de *Köppen-Geiger*.



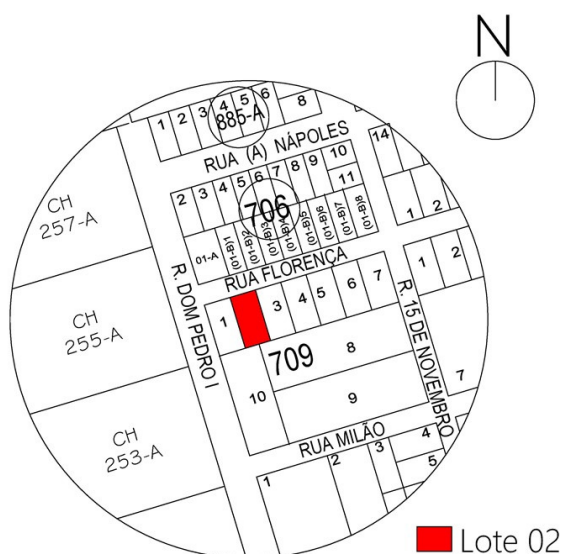
Fonte: Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>acesso em: 16 de mai. 2018. Adaptado pelo autor, 2018.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO TERRENO

O terreno está localizado (Figura 35 e 36) no Jardim Itália, bairro nobre da cidade, possui apenas uma entrada para pedestres e veículos na Rua Florença, sendo esta a testada principal com 15,85m e maior comprimento de 31,80m, possuindo 503,87 metros quadrados, taxa de ocupação máxima de 70% e coeficiente de aproveitamento de 2,0.

A escolha do terreno ocorreu pelo fato do lote possuir áreas verdes próximas, também chamadas de áreas de respiro, topografia plana, baixo adensamento e o principal fator, receber grande incidência solar do nascer ao entardecer, sendo esse o desafio, estudar quais seriam as melhores soluções para proporcionar conforto e o uso desta grande incidência solar à favor do usuário, sendo que, tais estratégias não seriam exclusivas de residências localizada apenas no bairro Jardim Itália, mas que o projeto se torne uma referência de eficiente desempenho energético e conforto térmico para o município, desde que sejam feitos os estudos das condições climáticas, orientações solares e dos ventos para cada localidade de modo correto bem como a escolha dos materiais construtivos, sendo todos esses processos partes imprescindíveis para que projetos com caráter bioclimático tragam resultados eficientes.

Figura 35 – Localização do terreno.



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Figura 36 – Terreno.



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

4.3 CONCEITUAÇÃO E PARTIDO

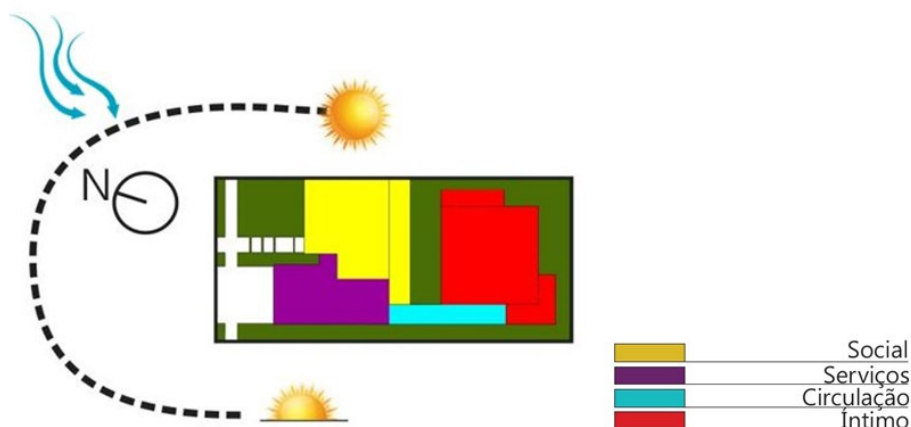
O principal objetivo do projeto da residência bioclimática para a cidade de Palotina-PR é demonstrar que o papel do arquiteto vai além de simplesmente seguir as tradições construtivas de uma determinada região, mas também buscar alternativas como métodos construtivos e estratégias diferenciadas, que podem proporcionar maiores níveis de conforto e redução de gastos com energia elétrica para o usuário final.

As estratégias apresentadas foram baseadas nos dados climáticos seguindo a Classificação Climática de *Köppen-Geiger*, a qual indica que a cidade de Palotina é de clima subtropical úmido com verões quentes, sem estações secas e predominância de chuvas no

verão, também foi utilizado o software ZBBR, o qual indica a qual Zona Bioclimática Brasileira o município pertence, bem como quais estratégias utilizar, para estações quentes e frias, entretanto foram usadas estratégias adicionais, para melhorar ainda mais o conforto térmico do projeto.

O primeiro passo para o desenvolvimento do projeto foi obter a consulta prévia do terreno (ver em apêndices) e após, desenvolver o estudo de massas sobre os setores íntimo, social e de serviços de acordo com a orientação solar e ventos dominantes do local (Figura 37), pois se tratando de um projeto de caráter sustentável os elementos norteadores devem ser as características climáticas do local, pois esses irão guiar o desenvolvimento do projeto do início até a sua execução e uso como produto final.

Figura 37 – Orientação solar e ventos dominantes.



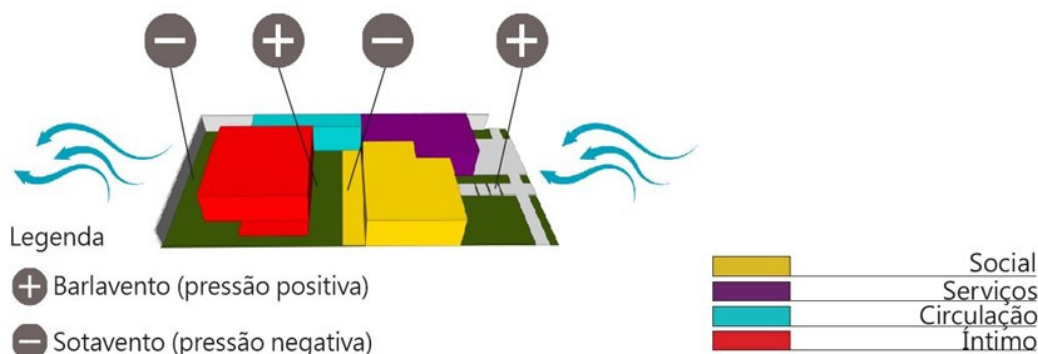
Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Após o estudo da orientação solar e a direção dos ventos dominantes, foi definida a tipologia de projeto, sendo esta a casa-pátio. Como prescrito em seu nome, essa tipologia de casa possui um pátio interno que funciona como o “coração da casa”, espaço principal com diversas funções, possibilitando o contato com a natureza, a entrada de iluminação natural para os ambientes e de acordo com a implantação da edificação no terreno, também permite a ventilação cruzada pelo fato da criação de zonas de pressão dos ventos na edificação, esses campos de pressão foram explorados no projeto, possuindo dois campos positivos (barlaventos), no momento em que os ventos se chocam com a casa, e dois campos negativos (sotaventos), quando os ventos percorrem o interior e saem por meio da ventilação cruzada.

Em relação a orientação solar, o pátio interno (Figura 38) ficou voltado para receber a luz do sol nascente, levando iluminação para o setor social, circulação e setor íntimo, diminuindo a necessidade do uso da iluminação artificial em grande parte do dia. Nenhum dos

setores ficou em contato direto com o muro voltado a oeste, devido a transferência de calor que aconteceria do muro para a residência, dessa forma a distância existente irá permitir a passagem de vento, além do uso vegetação Pinheiro de Buda, que irá criar uma barreira contra o sol poente, auxiliando ainda mais na diminuição da temperatura interna dos ambientes.

Figura 38 – Zonas de pressão dos ventos na edificação.



Fonte: acervo pessoal, 2018.

Foram utilizados no projeto estratégias como a iluminação natural, ventilação cruzada, uso de telhas termoacústicas para a diminuição de transferência de calor do telhado para as paredes da casa, uso de cisterna para a captação das águas pluviais, sendo possível utilizar para lavagem de calçadas, veículos e vasos sanitário, uso de parede verdes para diminuir a transferência de calor para a casa, pisos drenantes os quais geram maior permeabilidade no solo e a utilização de prateleiras de luz para que os raios solares incidem nos ambientes internos no período do inverno gerando aquecimento e que no verão o sol seja barrado pela proteção porém, permitindo a passagem da luz.

4.4 PROGRAMA DE NECESSIDADES

A partir da análise dos correlatos e levando em consideração que os espaços projetados devem atender as necessidades de uma residência tradicional do município de Palotina, foi elaborado o seguinte programa de necessidades:

- Garagem – 35,56 m²
- Lavabo – 4,50 m²
- Deposito – 3,60 m²
- Lavanderia – 4,70 m²

- Sala de TV – 27,49 m²
- Sala de Jantar – 17,71 m²
- Cozinha – 18,10 m²
- Circulação – 41,40 m²
- Escritório – 9 m²
- Dormitório 01 – 11,55 m²
- Dormitório 02 – 11,55 m²
- Banheiro Social – 4,50 m²
- Suíte – 18 m²
- Closet Suíte – 9 m²

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O assunto sustentabilidade é tratado desde os níveis primários do ensino chegando a cursos de nível superior e especializações, em diversas cidades, estados e países, decorrente de muitas décadas atrás, em que a atenção do homem estava apenas voltada na produção e obtenção lucros, sem pensar nas consequências de seus atos, em compensar a poluição gerada no meio ambiente, devido a isso este tema não possui fronteiras e é tratado em universalidade, pois abrange as pessoas de todo o planeta.

Com o passar dos tempos e avanços na construção civil somada a herança construtiva de cada cultura, diversos sistemas construtivos vieram a surgir, sendo estes específicos para suas condições climáticas, pois a arquitetura acima de tudo deve possuir uma função, um propósito, tanto em termos de funcionalidade ao homem quanto ser um espaço agradável e prazeroso de se viver.

A metodologia de pesquisa, revisão bibliográfica possibilitou com êxito o entendimento histórico a respeito da preocupação da humanidade em relação ao meio ambiente, quais os fatores que proporcionam ao ser humano o conforto térmico e principalmente que as estratégias bioclimáticas devem ser utilizadas de acordo com cada característica do local em que se irá projetar, não sendo de forma alguma um padrão ou escolha de métodos em um catalogo, para isso o arquiteto deverá utilizar fontes de autores renomados para compreender quais materiais, técnicas ou sistemas construtivos deveram ser utilizados seguindo a classificação climática, orientação solar, direção dos ventos entre outros fatores daquele local.

O objetivo geral foi definido em desenvolver um estudo teórico e projetual de uma residência utilizando técnicas da arquitetura bioclimática para a cidade de Palotina-PR, com o intuito de proporcionar conforto térmico e eficiência energética, o qual está em desenvolvimento, enquanto que os objetivos específicos foram definidos em: definir o terreno a ser utilizado, realizando consulta prévia e levantamento *in loco* de sua topografia e condições climáticas; realizar levantamento histórico e de condições climáticas da cidade de Palotina-PR; realizar pesquisa através de referenciais teóricos para saber quais estratégias e soluções serão mais eficientes de acordo com as características climáticas de Palotina-PR; demonstrar através de revisão bibliográfica, qual a importância de se projetar de forma sustentável e quais

são seus benefícios em relação à economia de energia e conforto térmico, os quais foram atingidos no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220, 2003.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à geografia.** Campina Grande: EDUEPB, 2016.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FURLAN, S. **Atlas ambiental Mata Viva:** Palotina, PR, Brasil. 1. Ed. São Paulo: Geodinâmica, 2013.

GODOI, J. M. A. **Eficiência energética industrial: um modelo de governança de energia para a indústria sob requisitos de sustentabilidade.** 2011. Dissertação (Mestrado no Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRUPO DE TRABALHO DE SUSTENTABILIDADE ASBEA. **Guia de sustentabilidade na arquitetura:** diretrizes de escopo para projetistas e contratantes. São Paulo: Prata Design, 2012.

HERTZ, J. B. **Ecotécnicas em arquitetura:** como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

HEYWOOD, H. **101 regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético.** São Paulo: Gustavo Gili, 2015.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Selo casa azul:** boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010.

JOURDA, F. H. **Pequeno manual do projeto sustentável.** São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KWOK, A. G.; GRONDZIK, W. T. **Manual de arquitetura ecológica**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LAGO, A. A. C. **Conferências de desenvolvimento sustentável**. Brasília: FUNAG, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003.

MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira: wood frame systems for wood homes**. 2010. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/4017/6906>>acesso em: 28 mai. 2018.

MONTENEGRO, G. A. **Ventilação e cobertas: estudo teórico, histórico e descontraído**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

MOREIRA, P. V.; MONICH, C. R. **Panorama do sistema construtivo Tecverde**. Curitiba 2016. 2016. Disponível em <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/Panorama-do-Sistema-Construtivo-Tecverde-2016.pdf>>acesso em: 27 mai. 2018.

NAKAMURA, J. **Centro Brasileiro da Construção em Aço: cobertura isolante**. 2014. Disponível em <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detallhes.php?cod=6142>>acesso em: 27 mai. 2018.

NASCIMENTO, L. F. **Gestão ambiental e sustentabilidade**. Florianópolis: CAPES, UAB, 2012.

PEREIRA, J. R. A. **Introdução à história da arquitetura: das origens ao século XXI**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PROCEL INFO. Selo Procel. 2006. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>>acesso em: 01 mai. 2018.

REGINATO, P. **História de Palotina**: 1954-1979. Santa Maria: Pallotti, 1979.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse**: a casa ambientalmente sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

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

RUPPENTHAL, J. E. **Gestão Ambiental**. Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2014.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Datec Nº 020-C**: sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo *light wood framing*). 2017a. Disponível em <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>acesso em: 27 mai. 2018.

_____. **Diretriz SINAT nº 005 – Revisão 02**: sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”). 2017b. Disponível em <http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/Sinat-005-Wood-Frame_Revis%C3%A3o-2.pdf>acesso em: 14 mai. 2018.

TECVERDE. **Sistema construtivo**. 2018. Disponível em <<http://www.tecverde.com.br/sistema-construtivo/>>acesso em: 14 mai. 2018.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. Ubá: Geographica, 2008.

WANG, S. K. **Handbook of air conditioning and refrigeration**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

WASSOUF, M. **Da casa passiva à norma Passivhaus**: a arquitetura passiva em climas quentes. 1. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2014.

APÊNDICES

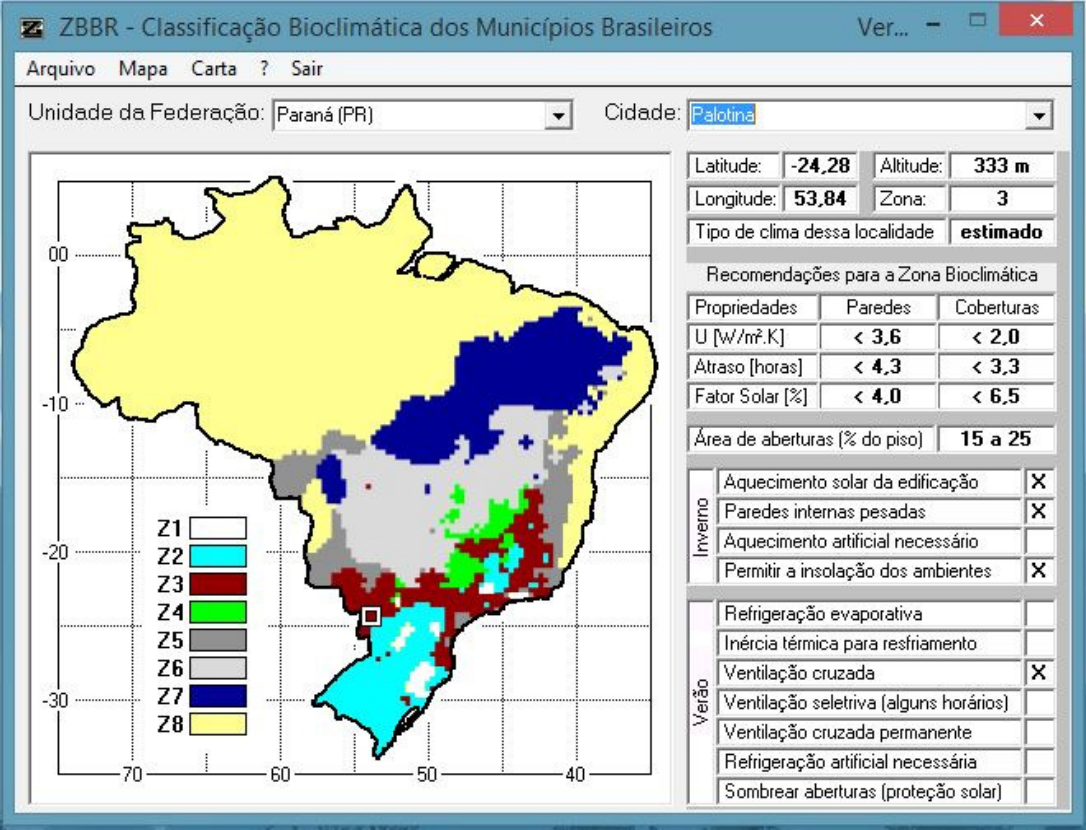
ANEXOS

ANEXO A - MAPA DE ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO.



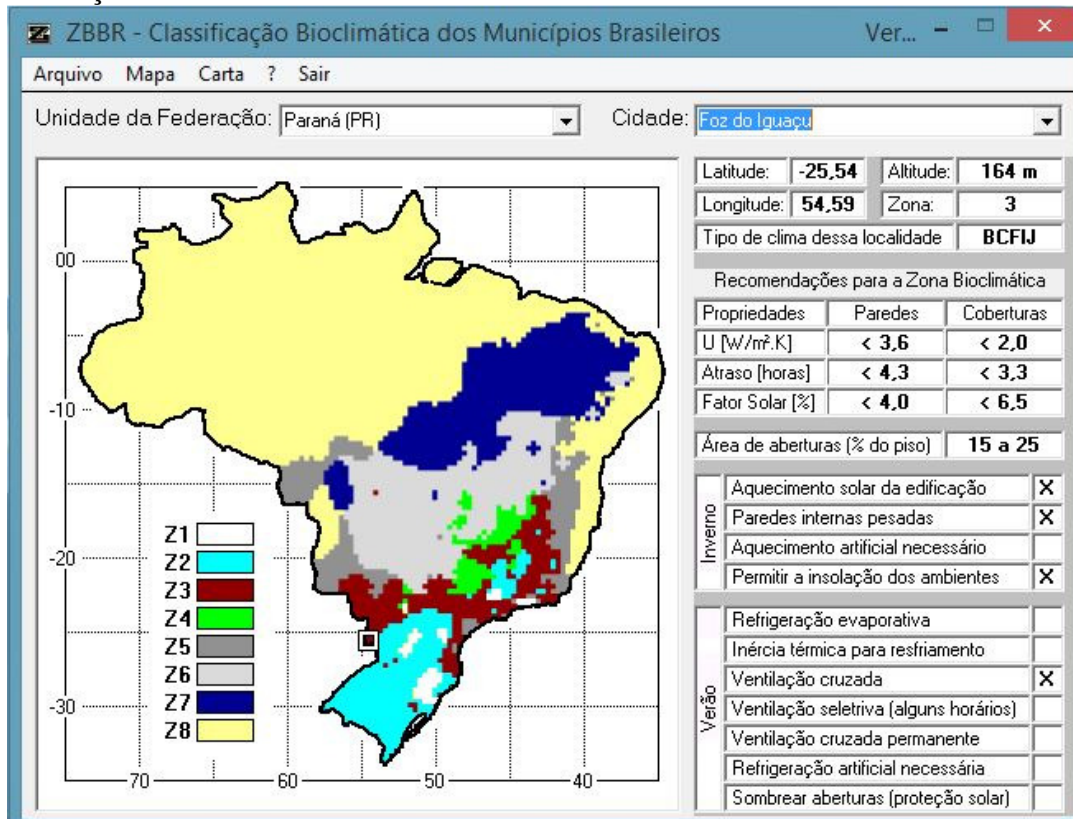
Fonte: Lamberts *et al* (2014, p. 97).

ANEXO B – CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE PALOTINA.



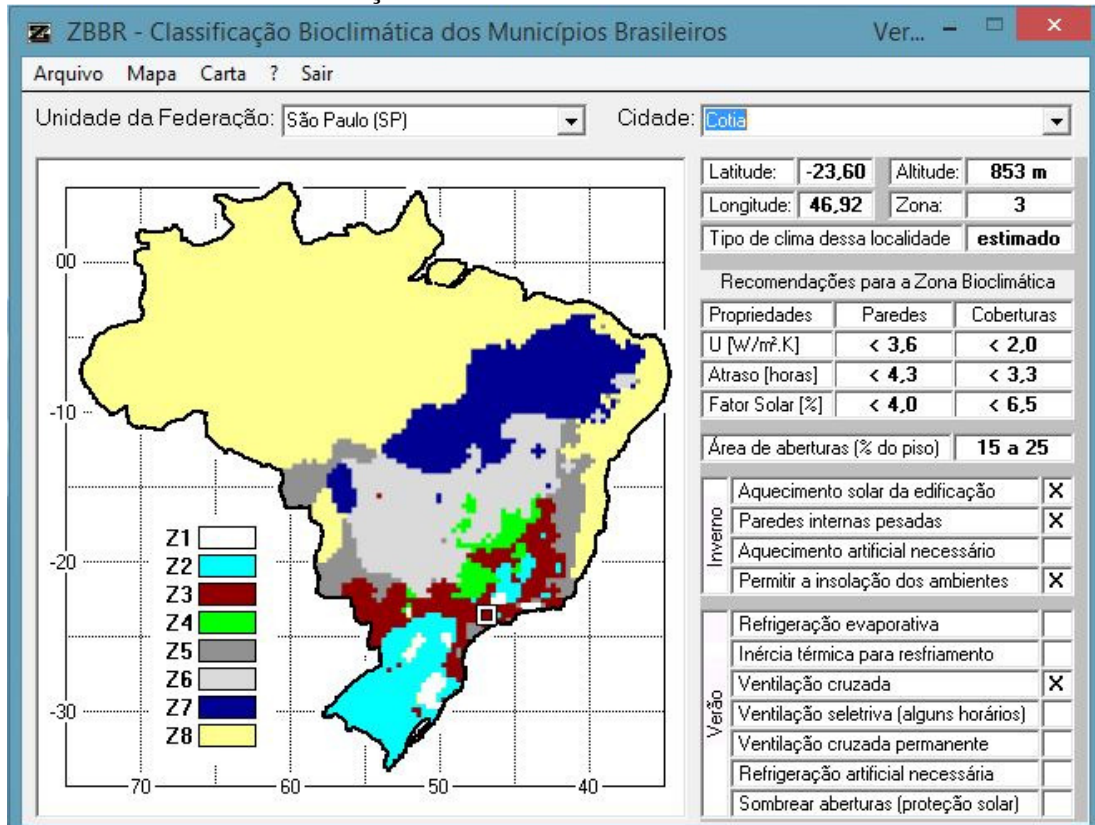
Fonte: Software ZBBR. Adaptado pelo autor, 2018.

ANEXO C – CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU.



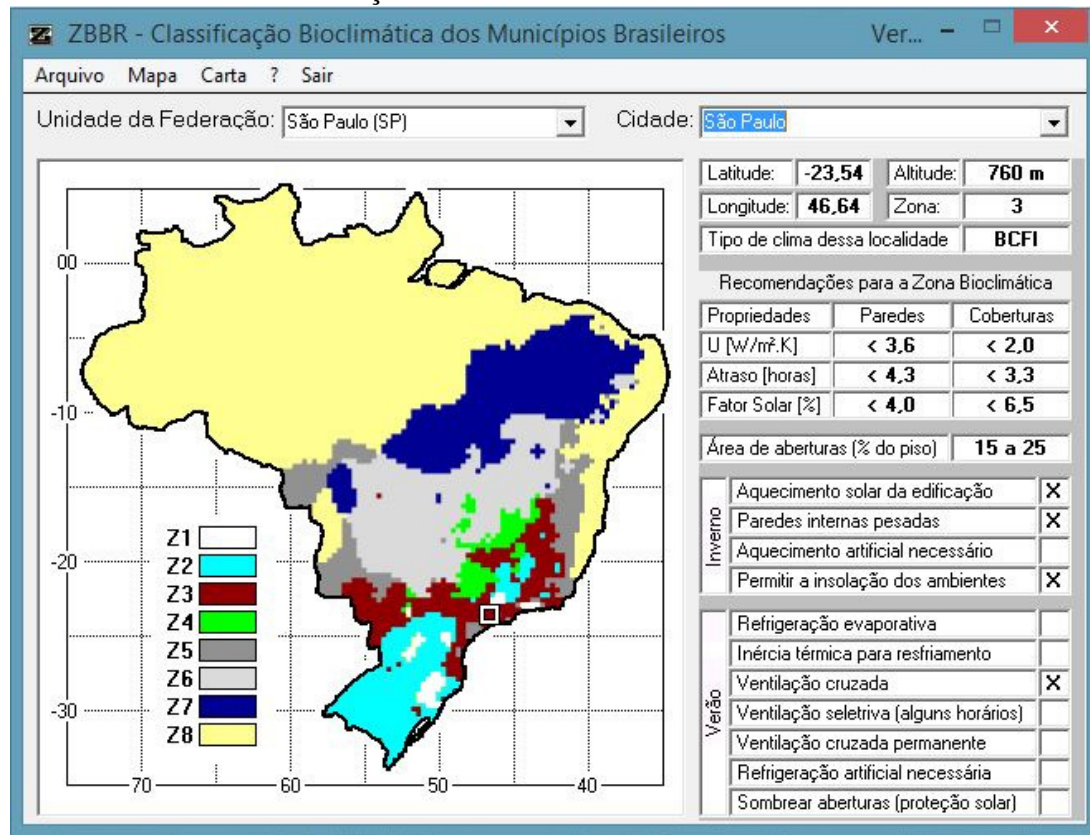
Fonte: Software ZBBR. Adaptado pelo autor, 2018.

ANEXO D – CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE COTIA.



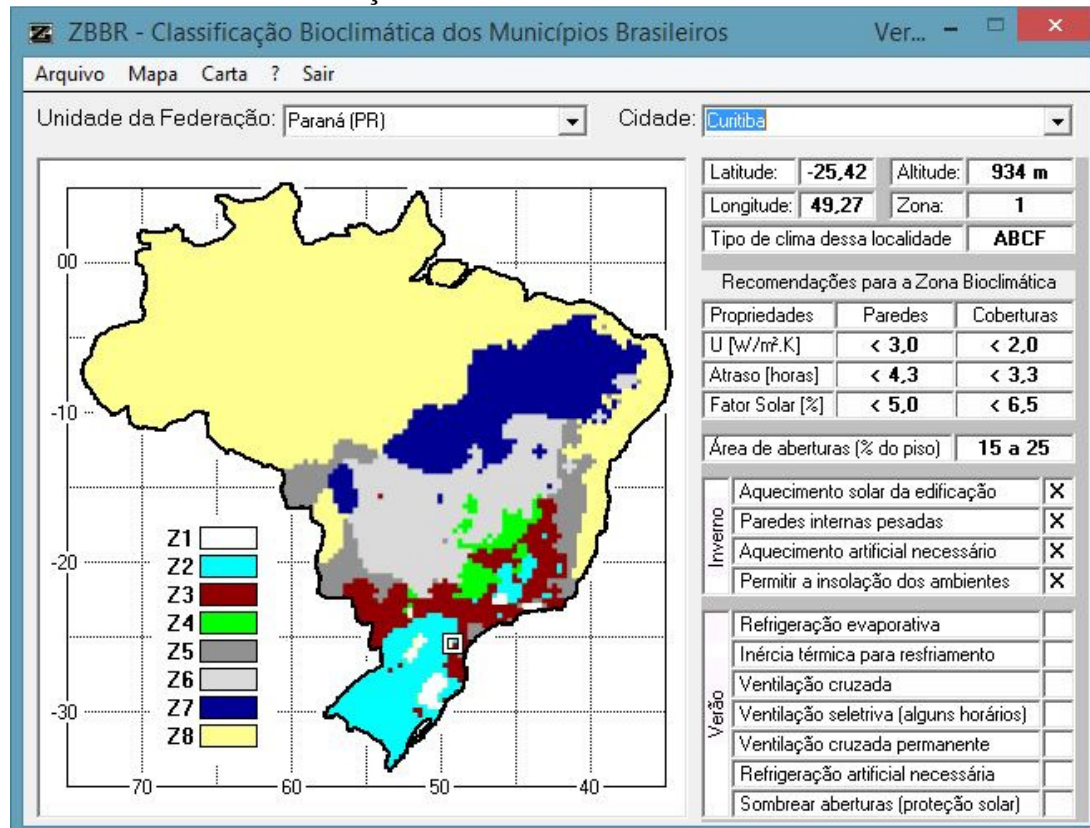
Fonte: *Software ZBBR*. Adaptado pelo autor, 2018.

ANEXO E – CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.



Fonte: *Software ZBBR*. Adaptado pelo autor, 2018.

ANEXO F – CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE CURITIBA.



Fonte: *Software* ZBBR. Adaptado pelo autor, 2018.