

**HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU-PR**

**NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT**

Foz do Iguaçu  
2022

## **HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU-PR**

**NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Helenice Maria Sacht

Foz do Iguaçu  
2022

NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

## HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU-PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura.

### BANCA EXAMINADORA

---

Orientadora: Prof. Dr. Helenice Maria Sacht  
UNILA

---

Prof. Dr. Cesar Winter de Melo  
UNILA

---

Prof. Dr. Egon Vettorazzi  
UNILA

Foz do Iguaçu, 27 de Julho de 2022.

## TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

Tipo de Documento	
(.....) graduação	(.....) artigo
(.....) especialização	(.....) trabalho de conclusão de curso
(.....) mestrado	(.....) monografia
(.....) doutorado	(.....) dissertação
	(.....) tese
	(.....) CD/DVD – obras audiovisuais
	(.....) _____

Título do trabalho acadêmico: \_\_\_\_\_

Nome do orientador(a): \_\_\_\_\_

Data da Defesa: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela fortaleza, pela sabedoria e pela saúde no decorrer deste longo processo de estudo, que foram os pilares essenciais para alcançar este sonho.

A meus pais Ilda Mequert e Jorge González pela confiança, apoio, incentivo e oração em todo momento, também foram a minha base desde o começo deste grande sonho, me mostraram essa base de persistir e insistir por aquilo que realmente eu queria para minha vida, então por isso e por infinitas coisas mais eu agradeço.

A meus irmãos que sempre estiveram à disposição para qualquer coisa que eu precisava, mostrando sempre o companheirismo e afeto de irmão em todo momento.

A meus amigos, em especial a Bruna Bach e Marcielly Burg, que sempre estiveram comigo, agradeço pela sinceridade delas, pelos momentos felizes que me proporcionaram e pela ajuda nos estudos nas etapas difíceis da minha vida acadêmica.

Aos professores e a Universidade Federal da Integração Latino-Americana pelo desempenho e excelência no ensino.

Por fim, agradeço a minha orientadora de trabalho a professora Helenice Maria Sacht pelas dicas e acompanhamentos durante o desenvolvimento do meu trabalho.

*A persistência é o menor caminho do êxito.*  
**Charles Chaplin**

## RESUMO

O projeto bioclimático satisfaz as necessidades do ser humano em termos térmicos, de iluminação e acústica, com uma preocupação com as condições climáticas e uso de técnicas, que incluem o estudo da luz solar, do aquecimento e movimentação do ar através da envolvente do edifício, quando necessário. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal, a elaboração do projeto de um modelo de habitação modular (térrea), nos quais foram aplicados os conceitos de conforto térmico e eficiência energética, por meio de estratégias bioclimáticas adequadas ao clima de Foz do Iguaçu-PR. O desenvolvimento da proposta teve como base a caracterização climática do local; o levantamento das diretrizes indicadas pelas normas brasileiras relacionadas à área de conforto térmico (NBR 15220 e NBR15575); soluções indicadas por pesquisadores da área e o uso de ferramentas computacionais de apoio. A partir dos dados climáticos da cidade em estudo, análise do terreno escolhido para a intervenção e inclusão das estratégias bioclimáticas foi desenvolvido um projeto de Habitação Modular eficiente térrea, com uso do sistema construtivo em *Wood Frame*, adaptada ao clima local, com a finalidade de mostrar que outros tipos de sistemas construtivos podem ser implementados na região, uma vez que o clima seja estudado de maneira correta e detalhada.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Conforto Térmico; Arquitetura Passiva; Arquitetura Modular; Estratégias Bioclimáticas.

## ABSTRACT

The bioclimatic project satisfies human needs in terms of thermal, lighting and acoustics, with a concern for climatic conditions and the use of techniques, which include the study of sunlight, heating and air movement through the building envelope, when necessary. In this context, the present work had as main objective, the elaboration of the project of a modular housing model (ground floor), in which the concepts of thermal comfort and energy efficiency were applied, through bioclimatic strategies appropriate to the climate of Foz do Iguaçu-PR. The development of the proposal was based on the climatic characterization of the place; the survey of the guidelines indicated by the Brazilian norms related to the area of thermal comfort (NBR 15220 and NBR15575); solutions indicated by researchers in the area and the use of computer support tools. From the climatic data of the city under study, analysis of the terrain chosen for the intervention and inclusion of bioclimatic strategies, an efficient one-story Modular Housing project was developed, using the Wood Frame construction system, adapted to the local climate, with the purpose of showing that other types of constructive systems can be implemented in the region once the climate is studied in a correct and detailed way.

**Key words:** Energy Efficiency; Thermal Comfort; Passive Architecture; Modular Architecture; Bioclimatic Strategies.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.0 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3.0 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>18</b>
<b>4.0 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
4.1 – TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR .....	19
4.2 – A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA.....	22
4.3 – ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO .....	23
4.3.1 O Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	23
4.3.2 Classificação Climática de Köppen .....	30
4.3.3 Estratégias para conforto ambiental e eficiência energética .....	32
4.3.3.1 Estratégias para Aquecimento.....	33
4.3.3.2 Estratégias para Resfriamento .....	33
4.3.3.3 Estratégias para Sombreamento .....	34
4.3.4 O clima da cidade de Foz do Iguaçu .....	34
4.4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA O CLIMA DE FOZ DO IGUAÇU VISANDO CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	35
4.4.1 Descrição das diretrizes construtivas para o clima de Foz do Iguaçu, PR....	37
4.4.1.1 Aquecimento solar da edificação .....	38
4.4.1.2 Paredes internas pesadas.....	38
4.4.1.3 Ventilação cruzada .....	38
4.5 SISTEMA CONSTRUTIVO EM <i>WOOD FRAME</i> .....	41
4.5.1 Desempenho Estrutural.....	45
4.5.2 Desempenho Térmico.....	45
4.5.3 Estanqueidade da Água e Resistência a Humidade .....	46
4.5.4 Resistência ao Fogo.....	47
4.5.5 Avaliação do Desempenho Térmico das Vedações Verticais em Wood Frame .....	48
4.6 ESTUDO DE CASO .....	52

<b>5.0 DADOS DA ÁREA DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>55</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO.....	55
5.2 DIRETRIZES URBANÍSTICAS.....	56
5.2.1 Uso do Solo.....	57
5.3 LOCAL E ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO .....	58
<b>6.0 – DIRETRIZES DO PROJETO.....</b>	<b>60</b>
6.1 CONCEITO .....	60
6.2 PARTIDO ARQUITETÔNICO .....	60
6.3 FUNÇÃO .....	61
6.4 ADEQUAÇÃO CLIMÁTICA E ESTUDO DO MEIO .....	61
<b>7.0. PROGRAMA DE NECESSIDADES.....</b>	<b>62</b>
<b>8.0 ASPECTOS GERAIS DO PROJETO .....</b>	<b>66</b>
8.1 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM <i>WOOD FRAME</i> PARA O PROJETO .....	66
8.1.1 Paredes Externas.....	68
8.1.2 Paredes Internas .....	69
8.1.3 Entrepisos .....	71
8.1.4 Cobertura .....	71
8.1.5 Fundação .....	72
8.1.6 Instalações elétricas e hidráulicas.....	72
8.1.7 Condições de uso.....	73
8.2 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS APLICAS NO PROJETO.....	73
8.2.1 Orientação Solar .....	73
8.2.2 Esquadrias, Cobertura e Revestimentos.....	74
8.2.3 Elevação da Edificação em Relação do Solo .....	75
<b>9.0 CONCLUSÕES .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reticulado modular espacial de referência.....	16
Figura 2: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	23
Figura 3: Localização das células com dados medidos.....	24
Figura 4: Carta bioclimática adaptada.....	25
Figura 5: Cidades do estado do Paraná e suas Zonas Bioclimáticas.....	30
Figura 6: Temperaturas e Precipitações médias// Clima em Foz do Iguaçu.....	35
Figura 7: Localização da Zona Bioclimática 3 no mapa do Brasil.....	36
Figura 8: Carta bioclimática apresentando as normais climatológicas das cidades inseridas na Zona Bioclimática 3.....	36
Figura 9: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para o clima de Foz do Iguaçu, PR.....	37
Figura 10: Padrão da ventilação determinado pelo posicionamento das esquadrias.....	39
Figura 11: Dados iniciais da Cidade de Foz do Iguaçu.....	40
Figura 12: Exemplo de estrutura do sistema em <i>wood frame</i> .....	43
Figura 13: Sistema Balloon Framing.....	44
Figura 14: Sistema Platform Framing.....	44
Figura 15: Exemplo de estrutura de <i>wood frame</i> .....	46
Figura 16: Transmitância térmica das paredes externas.....	48
Figura 17: Capacidade Térmica das paredes externas.....	49
Figura 18: Primeiro prédio em Wood Frame no Brasil.....	52
Figura 19: Localização da cidade de Foz do Iguaçu.....	55
Figura 20: Quadro de zoneamento de uso e ocupação do solo.....	57
Figura 21: Localização do Terreno escolhido.....	58
Figura 22: Foto do terreno escolhido.....	59
Figura 23: Foto do terreno demonstrando uma pequena elevação com relação a Rua das Papoulas.....	59
Figura 24: Fluxograma da Habitação Bioclimática Modular.....	63
Figura 25: Zoneamento dos ambientes.....	64
Figura 26: Layout modular base da Habitação Bioclimática Modular.....	65
Figura 27: Quadro estrutural das paredes.....	67
Figura 28: Quadro estrutural das paredes em zona de esquadrias.....	67
Figura 29: Quadro estrutural das paredes externas com acabamento externo.....	68
Figura 30: Quadro estrutural das paredes externas com acabamento interno.....	69

Figura 31: Quadro estrutural das paredes internas com acabamento interno nas áreas secas.....	70
Figura 32: Quadro estrutural das paredes internas com acabamento interno nas áreas úmidas.....	70
Figura 33: Estrutura do Entrepiso.....	71
Figura 34: Estrutura da Cobertura.....	72
Figura 35: Instalações Elétricas.....	73
Figura 36: Instalações Hidráulicas.....	73
Figura 37: Cor do acabamento externo das paredes para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo para as oito zonas bioclimáticas.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Abertura para ventilação.....	26
Tabela 2: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.....	26
Tabela 3: Indicador de tipo de clima.....	31
Tabela 4: Indicador de subtipo de clima.....	32
Tabela 5: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 3.....	36
Tabela 6: Tipos de vedação externas para a zona bioclimática 3.....	36
Tabela 7: Características da Construção.....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Zonas da Carta Bioclimática adaptada com as estratégias correspondentes...	25
Quadro 2: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.....	27,28
Quadro 3: Diretrizes construtivas para as zonas bioclimáticas.....	28,29
Quadro 4: Detalhamento das Estratégias Bioclimáticas Seleccionadas.....	40,41
Quadro 5: Exemplos de residências em <i>Wood Frame</i> .....	53

## 1.0 INTRODUÇÃO

A eficiência energética é possível de entender como um atributo inerente a edificação de maneira a representar seu potencial e oferecer um conforto térmico, visual e acústico aos usuários de tal forma que seja possível conseguir um baixo consumo, no que diz a respeito do consumo de energia. Isso quer dizer que uma edificação consegue ser mais eficiente energeticamente que outros edifícios quando esta oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia (LAMBERTS et al., 2014).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), tem proporcionado informações sobre a conscientização das pessoas sobre o consumo em excesso de energia elétrica. A mesma por sua vez, lançou o Selo de Eficiência Energética para que os usuários consigam informações sobre os eletrodomésticos mais eficientes em termos de consumo. Esse selo certifica e proporciona aos usuários que tal equipamento adquirido consome menos energia que os outros existentes no mercado atual. Além disso, o mesmo programa oferece umas etiquetas, diferenciadas por cor, que correspondem ao Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO (2006) em parceria com o PROCEL. Nele as cores são usadas em conjunto com letras de “A” até “E”, sendo a letra A os equipamentos mais eficientes e a letra E os que consomem mais energia (LAMBERTS et al., 2014).

Propostas de adequação das edificações ao clima e que forneçam melhores condições de eficiência energética são urgentes e pertinentes, uma vez que o consumo de energia elétrica nas edificações no Brasil corresponde atualmente a cerca de 51,2% do consumo total no ano de 2020, se somados o consumo residencial (27,6%), comercial (15,7%) e o público (7,9%), de acordo com dados do Balanço Energético Nacional 2021 (ano base 2020) (Empresa de Pesquisa Energética, 2021). Nesse aspecto, considerando a premissa de adequação ao clima, uso de soluções construtivas mais eficientes em termos de desempenho térmico, com base em ferramentas computacionais terão como consequência, a diminuição do consumo energético.

No decorrer da história da arquitetura, as características climáticas, territoriais e culturais serviram de partido para o desenvolvimento de projetos, resultando nas conhecidas edificações vernáculas das sociedades antigas, por exemplo, a casa grega pensada por Sócrates (WASSOUF, 2014).

Desde os primórdios, a arquitetura vernácula englobava soluções para adaptação ao clima e as experiências construtivas, muitas vezes adquiridas de forma intuitiva, foram aprimoradas com o passar dos anos, com uso de materiais locais, bem como

estratégias construtivas aplicadas para cada condição climática, de acordo com as estações do ano. Com isso, as construções foram adquirindo uma identidade arquitetônica vinculada ao local de implantação e o caráter arquitetônico é praticamente indissociável do clima. Porém, após o surgimento do estilo internacional, que padronizou a arquitetura funcionalista, tais características foram sendo desconsideradas e intensificou-se o uso de máquinas condicionadoras de ar, o que gerou impactos ambientais e energéticos (DUARTE & GONÇALVES, 2006).

Portanto, as características e os dados do clima em estudo são uns dos fatores fundamentais para avaliação e planejamento para elaboração de uma proposta de habitação bioclimática modular, eficiente em termos de consumo energético e que forneça conforto térmico aos usuários, sendo o desempenho térmico nas edificações imprescindíveis, principalmente, para habitação social.

O projeto bioclimático satisfaz as necessidades do ser humano em termos térmicos (uma temperatura compreendida entre 18 e 29°C), de iluminação e acústica, com uma preocupação com as condições climáticas e uso de técnicas que incluem o estudo da luz solar, do aquecimento e movimentação do ar através do envoltivo do edifício, quando necessário. Isso para determinadas horas do dia e meses do ano; com o uso de materiais disponíveis na região e, além disso, tenta integrar a edificação com o espaço biofísico envoltivo (GIVONI, 1998).

Propõe-se assim criar edifícios que promovam uma melhor qualidade de vida do ser humano, tanto no ambiente interno da edificação como seu entorno (CORBELA & YANNAS, 2003).

Analisando o clima do local de intervenção, tem-se que Foz do Iguaçu, apresenta clima subtropical úmido mesotérmico, classificado por Köppen como “Cfa” (clima temperado úmido com verão quente), que está de acordo com a classificação atualizada por Alvares et al. (2014), também chamada de Cfa (clima subtropical úmido, oceânico sem estação seca, verão quente). O grupo climático “C” indica clima temperado quente, com temperatura média do ar do mês mais frio compreendida entre -3°C e 18°C; a temperatura média do mês mais quente maior que 10°C e as estações de verão e inverno são bem definidas. A região fundamental “f” indica clima úmido, ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; inexistência de estação seca definida e precipitação média do mês mais seco deverá ser superior a 60mm. A classe climática “a” apresenta verão quente e a temperatura média do ar no mês mais quente deverá ser superior a 22°C. A cidade (altitude de 192 m), tem uma das maiores amplitudes térmicas anuais do estado, valor aproximado

de 10°C de diferença média entre o inverno e o verão, devido a uma menor influência da maritimidade. Por essa razão, os verões costumam ser muitos quentes, com máximas médias chegando aos 33°C, chegando a superar a marca dos 40°C em alguns anos (SACHT, et. al. 2020).

Somada a questão de adequação ao clima e aspectos como versatilidade, flexibilidade e funcionalidade dos projetos tem-se a aplicação da construção modular. Para que uma edificação contemple aspectos de sustentabilidade, eficiência energética e conforto, muitas indústrias têm optado pela utilização do método da coordenação modular, para um melhor aproveitamento dos espaços e evitando desperdícios na obra. O emprego desse método construtivo da coordenação modular apresenta várias vantagens no âmbito social, econômico e ambiental e ainda durante o processo construtivo da mesma. A redução de custos implementa-se na otimização do uso da matéria prima, seja pela agilidade durante o seguimento de decisão de projeto ou nas compras dos componentes ou então pelo aumento da produtividade ou diminuição das perdas (GREVEN, 2007).

Baseado nesses aspectos, pretende-se, no desenvolvimento do presente projeto, agregar as premissas de adequação ao clima ao método da construção modular com o uso do Wood Frame, mostrando assim que o método utilizado, os materiais escolhidos e a análise detalhada do clima local ajudam a obtenção de um projeto bioclimático para a cidade de Foz do Iguaçu-PR.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal deste trabalho é elaborar o projeto de um modelo de habitação modular (térrea), considerando os conceitos de conforto térmico e eficiência energética, por meio da aplicação de estratégias bioclimáticas adequadas ao clima de Foz do Iguaçu-PR.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Realizar um levantamento da legislação que trata das características construtivas da região, para obtenção de diretrizes construtivas iniciais para os projetos;
- 2) Realizar um levantamento das indicações de estratégias bioclimáticas da NBR 15220 (ABNT, 2005) e dos Programas ZBBR e *Climate Consultant*, identificando quais delas podem ser aplicadas de forma eficiente no clima estudado;
- 3) Pesquisar e analisar normas e indicações técnicas para o projeto e execução de construções habitacionais modulares, para encontrar parâmetros para aplicação nos projetos;
- 4) Fazer uma pesquisa para indicação de elementos construtivos e/ou materiais, que proporcionem um projeto modular, visando maior eficiência energética e conforto térmico.

### **3.0 JUSTIFICATIVA**

A justificativa para o desenvolvimento deste trabalho é fazer uma aplicação das premissas de arquitetura modular, priorizando o conforto ambiental e uma maior eficiência energética, por meio do uso de materiais e soluções construtivas adequadas ao clima, visando também a redução de resíduos, tempo de execução e impactos ambientais.

Além disso, o estudo de propostas de habitação modular pode ser pertinente, pois existe a necessidade de criar habitações modulares emergenciais, resistentes e confortáveis, para suprir as populações refugiadas e desabrigadas devido á desastres naturais ou causados pelo homem, de forma a oferecer uma alternativa construtiva de rápida instalação e de baixo custo.

## 4.0 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 – TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR

A palavra “módulo” tem origem no latim *modulu* e segundo as definições propostas por Ferreira (1999 apud GREVEN & BALDAUF, 2007) significa:

- Medida reguladora das proporções de uma obra arquitetônica; ou
- Quantidade que se toma como unidade de qualquer medida.

Segundo a NBR 15873 (ABNT, 2010), a unidade de medida fundamental na construção modular é o modulo básico, que é representado pela letra M e seu valor normalizado é  $1M = 100 \text{ mm}$ .

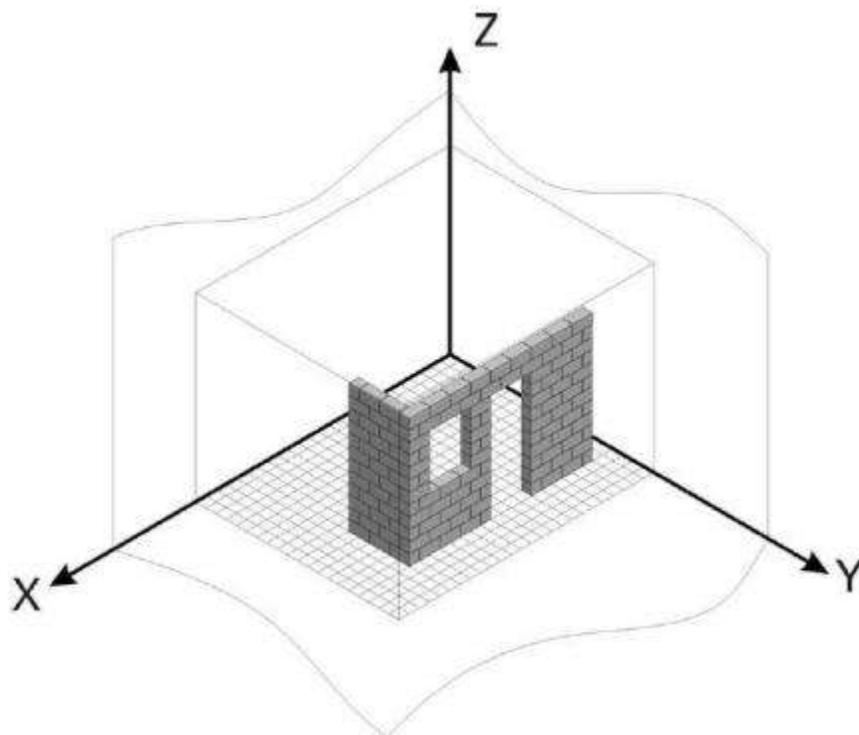
Para a Agência Europeia para a Produtividade (1962) apud Greven & Baldaulf (2007), o modulo desempenha três funções substanciais:

- É o denominador comum de todas as medidas ordenadas;
- É o incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular, a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares, também seja modular;
- É um fator numérico, expresso em unidades do sistema de medidas adotado.

A norma NBR 15873 (ABNT, 2010) também explica sobre os componentes modulares, m aonde ressalta que um componente modular pode ter dimensões não modulares (por exemplo, a espessura), mas que tal componente poderia combinar-se a outros componentes, de tal modo que a soma das medidas resulte novamente em um múltiplo de M.

Os instrumentos da coordenação modular servem para que os critérios sejam exequíveis e para nortear a sua estruturação. Dentro desses instrumentos tem o sistema de referência, que é formado por pontos, linhas e planos, o sistema modular de medidas que é baseado na unidade de medida básica da Coordenação Modular como é mostrado na **Figura 1** abaixo, o sistema de ajustes e tolerâncias, que relaciona a medida de projeto do componente com a medida modular e o sistema de números preferenciais (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Figura 1: Reticulado modular espacial de referência.



Fonte: Greven & Baldauf (2007).

A coordenação modular é um processo reduzido que inter-relaciona grandezas e diferentes objetos de procedência distinta, na qual considera alterações ou ajustes mínimos na etapa de construção ou montagem da mesma (MASCARÓ, 1976 apud GREVEN; BALDAUF, 2007).

No Brasil há alguns estudos sobre a coordenação modular. Em 1946, foi criada uma comissão para falar de assuntos sobre a coordenação modular das construções. Um ano depois foi concluído a elaboração do primeiro projeto da norma sobre o tema e já em 1950 foi divulgada a primeira norma sobre NB-25R denominada Modulação das Construções. A mesma foi analisada, estudada e revisada pela equipe da Comissão de Coordenação Modular da Associação Brasileira de Normas Técnicas, alterando nome de Modulação das Construções para Coordenação Modular da Construção (NB-25), e publicada em 1969 (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Segundo a NBR 15873 (ABNT, 2010) a coordenação modular tem como objetivo promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos

fabricantes). Isso significa:

- Aumentar a cooperação que existe entre os agentes da construção civil;
- Racionalizar a diversidade de medidas de coordenação que são utilizadas na elaboração de componentes construtivos;
- Facilitar o processo de marcação no canteiro de obras no momento de posicionar e instalar os componentes construtivos;
- E aumentar a intercambiabilidade de componentes tanto na parte inicial da construção quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil projetada da edificação.

A coordenação modular tem como objetivo a racionalização da construção, que seria uma aplicação mais eficiente de recursos com a finalidade de obter um produto realizado da melhor forma possível (ROSSO, 1980 apud GREVEN; BALDAUF, 2007).

A coordenação modular viabiliza a construtividade, em outras palavras significa que esse método auxilia no que diz ao respeito à simplificação e execução nas etapas da obra. A execução vem a ser uma montagem tipificada, pois utiliza componentes padronizados sem a necessidade de intercambiar e nem de cortar os materiais, com a finalidade de reduzir os desperdícios e resíduos geralmente gerados pelos sistemas construtivos convencionais (LUCINI, 2001; OLIVEIRA, 1999 apud GREVEN; BALDAUF, 2007).

A implementação da coordenação modular é importante por ter uma conexão significativa no que diz a respeito da economia e sustentabilidade, além disso o seu uso é um sistema que dentro da indústria da construção civil se tornou qualificada dentro ao que se refere na produção das edificações. Na utilização da coordenação modular a economia é um fator importante, já que a mesma apresenta uma redução significativa em várias etapas do processo construtivo. A economia se apresenta no desenvolvimento do uso da matéria prima, já seja pela agilidade, pela elevada produtividade e pela significativa diminuição das perdas dentro da construção (GREVEN; BALDAUF, 2007).

A sustentabilidade se faz presente na coordenação modular no aproveitamento dos componentes construtivos de uma forma mais elaborada ou melhorada, e conseqüentemente, entra a otimização do consumo de matérias primas e do consumo energético para a produção desses componentes (GREVEN; BALDAUF, 2007).

## 4.2 – A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A arquitetura bioclimática começa no princípio de ter a capacidade de pensar, analisar e projetar uma edificação, levando em consideração tudo aquilo que envolve o clima e as características ambientais do local em que está implantado, viabilizando um melhor conforto, um projeto mais eficiente, sustentável e um bom aproveitamento energético potencial do local a que se destina (LANHAM; GAMA; BRAZ, 2004).

Corbella e Corner (2010) destaca que o projeto arquitetônico para se tornar bioclimático deve integrar o programa (que nasce do usuário) com o local (estudo de clima, topografia e vegetação), levando em consideração os fenômenos climáticos e as necessidades energéticas e ambientais, adicionando a consideração de todos os parâmetros tradicionais de um projeto de arquitetura.

A concepção bioclimática pretende visar o máximo proveito dos fenômenos naturais a cambio de que os usuários recebam um maior conforto no interior da edificação, através do uso adequado dos elementos existentes na região e que seja condizente as exigências do clima local (OLIVEIRA, 2006).

Segundo Gonçalves e Duarte (2006), a arquitetura bioclimática adquiriu importância dentro do conceito de sustentabilidade, por ter uma conexão muito forte com o conforto ambiental e o consumo de energia, que se encontra presente no uso dos sistemas de condicionamento ambiental artificial e de iluminação artificial.

Criando edificações com a ideia de aumentar a qualidade de vida do ser humano no ambiente construído, incluindo o tipo de clima local e menor consumo de energia compatível com o conforto ambiental faz com que a arquitetura sustentável seja um seguimento mais natural da bioclimática (CORBELLA; YANNAS, 2003 *apud* GONÇALVES; DUARTE, 2006, p.52). Olgyay (1963) comenta que o comportamento do ser humano está fortemente ligado com os fatores climáticos, visto que o impacto negativo do clima pode produzir inúmeras doenças e até morte ocasionado pelo esforço constante do homem.

Além do estudo climático, das estratégias implementadas no projeto que visam uma união entre o usuário e o clima, e os conceitos de conforto térmico, é primordial entender os efeitos que as mesmas vão ocasionar dentro da arquitetura e no que se refere a eficiência energética (LAMBERTS et al., 2014).

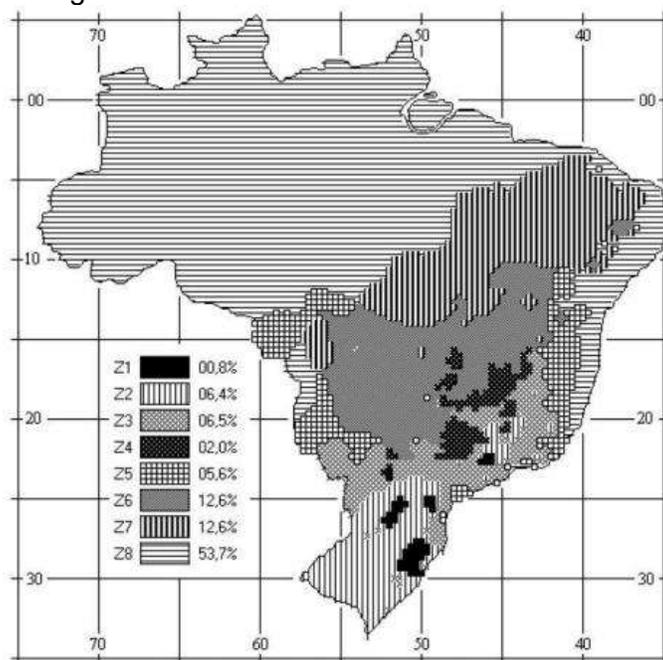
## 4.3 – ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

### 4.3.1 O Zoneamento Bioclimático Brasileiro

A NBR 15220-3 é a norma que determina a divisão do território nacional em zonas. Na parte 3 da norma estão indicadas as diretrizes técnicas e construtivas para o condicionamento térmico-passivo da edificação para cada uma das zonas climáticas. As recomendações e estratégias construtivas indicadas são destinadas às habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2020).

A NBR 15220-3 (2005) engloba climas que apresentam uma homogeneidade e características em comum, por meio de bases de dados climáticos do Brasil e com isso foram determinadas as 8 regiões bioclimáticas distintas, conforme a **Figura 2** abaixo.

Figura 2: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3 (2005).

As bases de dados obtidos para a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) levaram em consideração as médias mensais das temperaturas mínimas e máximas e as médias mensais das umidades relativas do ar, no qual o território brasileiro foi dividido em 6500 células, cada uma das quais foi caracterizada pela posição geográfica e pelas variáveis acima mencionadas.

Além disso, das 6500 células, 330 células (**Figura 3**) contou-se com os dados das normais climatológicas medidas desde o ano de 1961 até 1990 em 206 cidades, dados das normais climatológicas e outras fontes medidos desde o ano 1931 até 1960 em 124 cidades e para as células restantes, o clima foi considerado interpolando os dados das médias mensais de temperatura mínimas e máximas e as médias mensais de umidades relativas (ABNT, 2005).

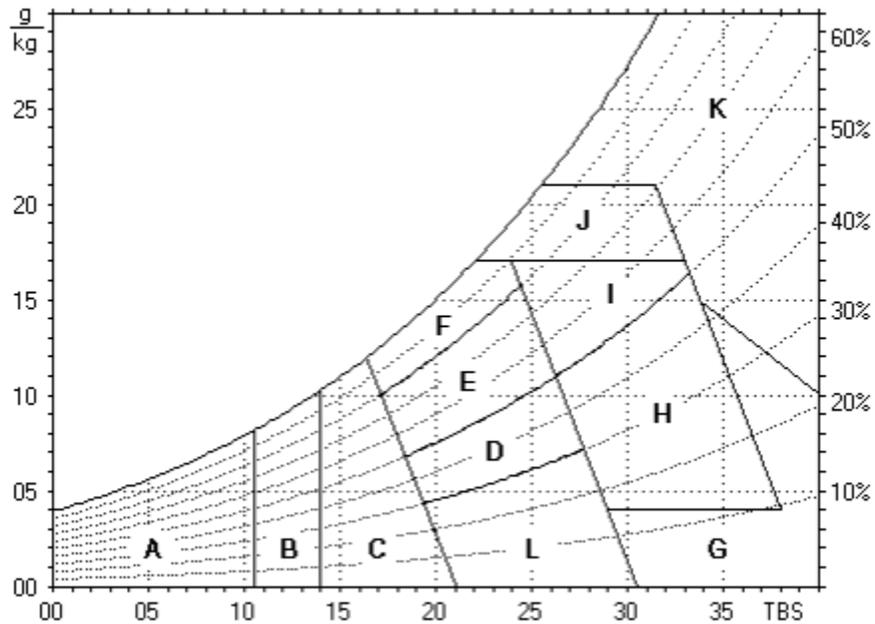
Figura 3: Localização das células com dados medidos.



Fonte: NBR 15220-3 (2005).

O processo para definição do conjunto das zonas bioclimáticas foi realizado a partir da Carta Bioclimática de Givoni, como apresenta a **Figura 4** abaixo:

Figura 4: Carta bioclimática adaptada.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

As estratégias de projeto que correspondem a cada zona da carta bioclimática adaptada é apresentado na **Quadro 1** abaixo:

Quadro 1: Zonas da Carta Bioclimática adaptada com as estratégias correspondentes.

A	Zona de aquecimento artificial (calefação)
B	Zona de aquecimento solar da edificação
C	Zona de massa térmica para aquecimento
D	Zona de conforto térmico (baixa umidade)
E	Zona de conforto térmico
F	Zona de desumidificação (renovação do ar)
G + H	Zona de resfriamento evaporativo
H + I	Zona de massa térmica de refrigeração
I + J	Zona de ventilação
K	Zona de refrigeração artificial
L	Zona de umidificação do ar

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Os critérios considerados para a formulação dos métodos de condicionamento térmico-passivo para cada zona bioclimática são os seguintes: tamanhos das aberturas (ventilação), proteção das aberturas e as diretrizes construtivas relativas a transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e

coberturas (ABNT, 2005).

Conforme a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), as aberturas para ventilação se diferenciam pela relação percentual da área de abertura em relação a área de piso como mostra a **Tabela 1**, e a classificação das vedações externas (paredes e coberturas) é mostrado na **Tabela 2**.

Tabela 1: Abertura para ventilação.

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Tabela 2: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

Vedações externas		Transmitância térmica - U (W/m <sup>2</sup> .K)	Atraso térmico - $\phi$ (h)	Fator solar - FSo (%)
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	FSo $\leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	FSo $\leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	FSo $\leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	FSo $\leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\phi \leq 3,3$	FSo $\leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	FSo $\leq 6,5$

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

As diferentes estratégias de condicionamento térmico são apresentadas na **Quadro 2** abaixo:

Quadro 2: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.

L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.
---	---

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Para cada letra apresentada na Carta Bioclimática de Givoni (**Figura 4**) representa uma estratégia bioclimática, de acordo com o que é apresentado na **Quadro 3**. Essas estratégias têm como objetivo principal a criação de projetos mais confortáveis para os usuários levando em consideração o uso de aberturas, paredes e coberturas corretas atendendo o clima local e o entorno do ambiente a ser construído.

Para cada Zona Bioclimática Brasileira foram criadas algumas diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo, e para a criação das mesmas a NBR 15220-3 (2005) determina alguns critérios como o tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura) e estratégias de condicionamento térmico passivo.

As estratégias bioclimáticas para cada zona, segundo a norma são apresentadas no Quadro 3 abaixo:

Na Zona Bioclimática 1 encaixa-se 12 cidades, na Zona Bioclimática 2 encaixa-se 33 cidades, na Zona Bioclimática 3 encaixa-se 62 cidades, na Zona Bioclimática 4 encaixa-se 17 cidades, na Zona Bioclimática 5 encaixa-se 30 cidades, na Zona Bioclimática 6 encaixa-se 38 cidades, na Zona Bioclimática 7 encaixa-se 39 cidades e na Zona Bioclimática 8 encaixa-se 99 cidades.

Quadro 3: Diretrizes construtivas para as zonas bioclimáticas.

Zona Bioclimática	Estrategias
1	Uso de aberturas com dimensões médias, permitir o sol durante o período frio, parede leve, cobertura leve isolada. <b>Inverno:</b> aquecimento solar da edificação, vedações internas pesadas (inércia térmica) e tem uma observação que diz que o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.
2	

	<p>Uso de aberturas com dimensões médias, permitir o sol durante o inverno, parede leve, cobertura leve isolada. <b>Verão:</b> ventilação cruzada. <b>Inverno:</b> aquecimento solar da edificação, vedações internas pesadas (inércia térmica) e tem uma observação que diz que o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.</p>
3	<p>Uso de aberturas com dimensões médias, permitir o sol durante o inverno, parede leve refletora, cobertura leve isolada. <b>Verão:</b> ventilação cruzada. <b>Inverno:</b> aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica).</p>
4	<p>Uso de aberturas com dimensões médias, sombrear aberturas, parede pesada, cobertura leve isolada. <b>Verão:</b> resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa). <b>Inverno:</b> aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica).</p>
5	<p>Uso de aberturas com dimensões médias, sombrear aberturas, parede leve refletora, cobertura leve isolada. <b>Verão:</b> ventilação cruzada. <b>Inverno:</b> vedações internas pesadas (inércia térmica).</p>
6	<p>Uso de aberturas com dimensões médias, sombrear aberturas, parede pesada, cobertura leve isolada. <b>Verão:</b> resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa). <b>Inverno:</b> vedações internas pesadas (inércia térmica).</p>
7	<p>Uso de aberturas com dimensões pequenas, sombrear aberturas, parede pesada, cobertura pesada. <b>Verão:</b> resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa).</p>
8	<p>Uso de aberturas com dimensões grandes, sombrear aberturas, parede leve refletora, cobertura leve refletora. <b>Verão:</b> ventilação cruzada permanente.</p>

Fonte: NBR 15220-3 (2005).

O zoneamento Bioclimático no estado do Paraná onde encontra-se a cidade de Foz do Iguaçu é coberto por três zonas bioclimáticas diferentes, as zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 como mostra a **Figura 5** da NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Figura 5: Cidades do estado do Paraná e suas Zonas Bioclimáticas.

PR	Campo Mourão	BCFI	3
PR	Castro	ABCF	1
PR	Curitiba	ABCF	1
PR	Foz do Iguaçu	BCFIJ	3
PR	Guaíra	BCFIJ	3
PR	Guarapuava	ABCF	1
PR	Ivaí	ABCFI	2
PR	Jacarezinho	BCFIJ	3
PR	Jaguariaíva	ABCFI	2
PR	Londrina	BCFI	3
PR	Maringá	ABCD	1
PR	Palmas	ABCF	1

Fonte: ABNT (2005).

#### 4.3.2 Classificação Climática de Köppen

A classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é um sistema de classificação global dos tipos climáticos, sendo uns dos mais utilizados na área da geografia, climatologia e também na ecologia. Esta classificação foi sugerida, pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, que por sua vez foi aperfeiçoada por ele mesmo nos anos 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões em companhia do Rudolf Geiger (daí o nome Köppen-Geiger) (ANDRADE SANTOS, 2018).

A classificação é embasada inicialmente pela vegetação, que acontece de maneira natural em cada região do planeta, seguidamente várias características foram adicionadas a este sistema, por exemplo, as características sazonais, a precipitação pluviométrica e a temperatura, e foi assim que surgiram os cinco grupos básicos de clima que são designados pelas letras maiúsculas A, B, C, D e E, aonde os grupos A, C, D e E correspondem a climas úmidos e o grupo B corresponde a regiões desérticas (ANDRADE SANTOS, 2018).

A classificação dos tipos e subtipos de clima são definidos da seguinte maneira:

- A - Clima tropical chuvoso – Megatérmico com temperatura média de 18° C no mês mais frio e com média de precipitação pluvial anual superior a 700 mm, precipitação maior que a evapotranspiração;

- B – Clima Árido – Clima seco com precipitação inferior a 500mm, evapotranspiração anual superior a precipitação e ausência de corpos d’água permanentes;
- C - Clima temperado – Mesotérmico com temperatura de -3°C a 18°C no inverno, verão com temperatura superior a 10°C e estações do ano bem definidas;
- D - Clima Continental – Microtérmico com temperatura inferior a -3°C no inverno, verão com temperatura superior a 10°C e estações do ano bem definidas;
- E - Clima Glacial – Climas de regiões polares e altas montanhas com temperatura inferior a 10°C nos meses mais quentes e com verão pouco definido ou inexistente.

Além das letras maiúsculas, que é o indicador de grupo de clima, existem a segunda letra que é o indicador de tipo e a terceira letra, que é o indicador do subtipo de clima, a última utiliza-se para distinguir climas com diferentes variações de temperatura do ar, definindo-se com ela subtipos para os climas dos grupos B, C e D (ANDRADE SANTOS, 2018).

A seguir serão apresentadas os tipos e subtipos correspondente para cada grupo de clima.

Tabela 3: Indicador de tipo de climas.

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aplica-se ao grupo</b>
S	Clima das estepes e precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm	B
W	Clima desértico e precipitação anual total média menor que 250 mm	B
f	Clima úmido, ocorrência de precipitação em todos os meses do ano, inexistência de estação seca definida	A-C-D
w	Chuvas de verão	A-C-D
s	Chuvas de inverno	A-C-D
w'	Chuvas de Verão-outono	A-C-D
s'	Chuvas de Inverno-outono	A-C-D
m	Clima de monção, precipitação total anual média maior que 1500 mm e precipitação do mês mais seco menor que 60 mm	A
T	Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C	E
F	Temperatura média do mês mais quente menor que 0°C	E

M	Precipitação abundante, inverno pouco rigoroso	E
---	--	---

Fonte: Adaptado de ANDRADE SANTOS (2018).

Tabela 4: Indicador de subtipo de clima.

Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
a: Verão quente	Temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C	C-D
b: Verão temperado	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C e temperaturas do ar nos 4 meses mais quentes maior que 10°C	C-D
c: Verão curto e fresco	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C, temperaturas do ar maior que 10°C durante menos de 4 meses e temperatura média do ar no mês mais frio maior que -38°C	C-D
d: Inverno muito frio	Temperatura média do ar no mês mais frio menor que -38°C	D
h: Seco e quente	Temperatura média anual do ar maior que 18°C, deserto ou semi-deserto quente com temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C	B
k: Seco e frio	Temperatura média anual do ar menor que 18°C, deserto ou semi-deserto quente com temperatura anual média do ar inferior a 18°C	B

Fonte: Adaptado de ANDRADE SANTOS (2018).

#### 4.3.3 Estratégias para conforto ambiental e eficiência energética

O conforto térmico relaciona-se ao estado mental que representa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. O fato de não se sentir satisfeito, o homem pode sentir desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o movimento térmico não é estável, ou seja, se existe diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (DUARTE, 2016).

Por outro lado, a Bioclimatologia é a encarregada de estudar as relações que existem entre o clima e o ser humano, é por isso que como forma de poder dar partido

a este assunto foi criada a expressão “Projeto Bioclimático”, que pretende atingir uma adequação da arquitetura ao clima local (DUARTE, 2016).

Todo projeto de arquitetura deve atender a eficiência energética e as condições de conforto do usuário de maneira simultânea. O uso das estratégias passivas, tanto de aquecimento como de resfriamento no projeto permite diminuir o tempo de utilização o consumo de energia nas edificações e conseqüentemente diminui a utilização de sistemas artificiais que o homem usa para conseguir um conforto térmico eficaz (DUARTE, 2016). As estratégias adequadas serão descritas a seguir.

#### 4.3.3.1 Estratégias para Aquecimento

Um das estratégias mais simples que pode ser adotada para o aquecimento é o aquecimento solar passivo. Para climas frios é recomendado que o edifício apresente um isolamento térmico mais rigoroso, pela tendência de que as perdas de calor tenderão a ser mais elevadas. Um das estratégias que ajudaria a cumprir estas condições seria o uso adequado de superfícies envidraçadas orientadas corretamente e reduzir o uso de aberturas nas orientações menos adequadas para conseguir o ganho do sol no inverno. Finalmente, o aquecimento solar passivo pode ser implementado nos projetos arquitetônicos estabelecendo várias técnicas, por exemplo, a adequada orientação das aberturas, o tipo, propriedades físicas e cor dos fechamentos, uso de aberturas zenitais controláveis, entre outros. Em outros aspectos, tem-se também a inércia térmica nas orientações mais expostas a insolação que tem uma funcionalidade de ganhar ou armazenar o calor solar retido nas paredes da edificação e logo esse calor ser devolvido ao interior nos horários de frio, que geralmente ocorre à noite (LAMBERTS et al., 2014).

Em lugares muito frios, o uso de estratégias de aquecimento solar passivo é insuficiente para o ganho de calor no interior do ambiente, por esse motivo o uso de aquecimento artificial é recomendável para essas regiões (LAMBERTS et al., 2014).

#### 4.3.3.2 Estratégias para Resfriamento

A diminuição da amplitude da temperatura interior em relação ao exterior de uma edificação pode ocorrer com o uso da inércia térmica da mesma, sendo que o comportamento desta estratégia nos ambientes é da seguinte maneira: todo calor armazenado na estrutura térmica da edificação ao longo do dia é devolvido ao ambiente

externo somente à noite, quando as temperaturas externas diminuem, da mesma forma a estrutura térmica que foi resfriada durante à noite mantém-se fria por um bom tempo ao longo do dia, com a finalidade de reduzir as temperaturas internas. Outro fator importante para o ganho de resfriamento nas edificações é a inercia térmica da terra ou uso de materiais isolantes nas construções (LAMBERTS et al., 2014).

Outra estratégia para o resfriamento é a evaporação da água, que tem a função de reduzir a temperatura e ao mesmo tempo aumentar a umidade relativa de um ambiente, mas deve-se considerar a existência de uma boa área de ventilação para evitar o acúmulo de vapor de água no ambiente. Uns dos exemplos aonde esse tipo de estratégia é aplicável e funcional é fazendo o uso da vegetação, fontes d'água, piscinas, espelhos d'água, entre outros. O uso da umidificação é essencial quando a umidade relativa do ar é muito baixa e a temperatura for inferior a 27°C, já que a umidificação fará com que sensação de conforto seja melhorada (LAMBERTS et al., 2014).

Em lugares aonde o clima é bastante severo e que ultrapassa os limites de temperatura e umidade relativa é possível a aplicação de algum sistema passivo para resfriamento. Portanto, quando a temperatura de bulbo seco for superior que os 44°C e do bulbo úmido superior a 24°C, recomenda-se o uso de aparelhos de ar condicionado para a climatização do ambiente (LAMBERTS et al., 2014).

#### 4.3.3.3 Estratégias para Sombreamento

Esta é umas das estratégias mais importantes a ser descrita, já que o Brasil apresenta clima quente na maior parte do seu território em boa parte do ano, portanto, esse tipo de estratégia deve ser utilizado quando a temperatura do ar for superior a 20°C. Exemplos a ser utilizados nos projetos para vencer os inconvenientes de sombreamento são o uso de brises, beirais de telhados generosos, marquises, sacadas, persianas, venezianas, entre outros (LAMBERTS et al., 2014).

#### 4.3.4 O clima da cidade de Foz do Iguaçu

O clima de Foz do Iguaçu se caracteriza por apresentar um clima quente e temperado. Ao longo do ano apresenta uma pluviosidade significativa de aproximadamente 1867 mm por ano. A cidade apresenta um clima do tipo Cfa segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

O grupo climático “C” indica clima temperado quente, com temperatura média do ar do mês mais frio compreendida entre -3°C e 18°C; a temperatura média do mês mais quente maior que 10°C e as estações de verão e inverno são bem definidas. A região fundamental “f” indica clima úmido, ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; inexistência de estação seca definida e precipitação média do mês mais seco deverá ser superior a 60mm. A classe climática “a” apresenta verão quente e a temperatura média do ar no mês mais quente deverá ser superior a 22°C (Sacht, et. al. 2020).

Figura 6: Temperaturas e Precipitações médias// Clima em Foz do Iguaçu.



Fonte: Climate-Data.Org (2022).

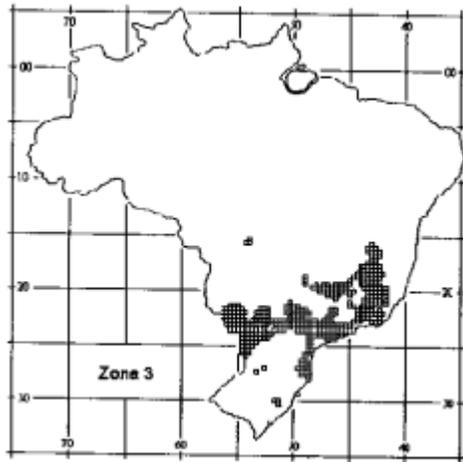
Foz do Iguaçu apresenta alguns meses de muito calor e outros meses de bastante frio, sendo janeiro o mês mais quente do ano, com uma temperatura de média de 26.5 °C e julho seria o mês mais frio com uma temperatura média de 17 °C, sendo a temperatura média mais baixa de todo o ano (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

#### 4.4 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA O CLIMA DE FOZ DO IGUAÇU VISANDO CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A cidade de Foz do Iguaçu encontra-se inserida na Zona Bioclimática 3, cujas indicações da ABNT NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT, 2005), que indica diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. As **Figuras 7 e 8** apresentam o mapa do Brasil

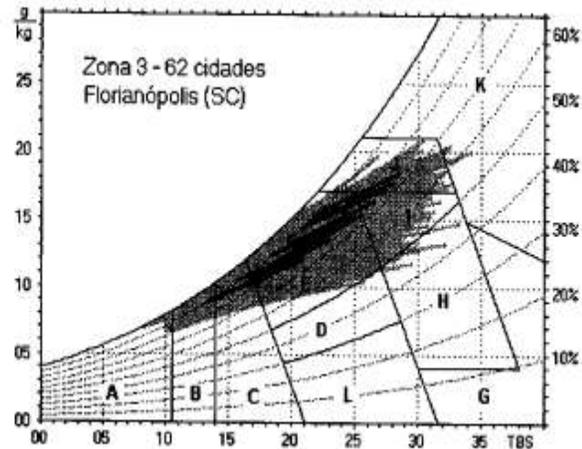
com as localizadas correspondentes a zona bioclimática 3 indicadas e a carta bioclimática de Givoni para a mesma zona.

Figura 7: Localização da Zona Bioclimática 3 no mapa do Brasil



Fonte: ABNT (2005).

Figura 8: Carta bioclimática apresentando as normais climatológicas para a cidade de Florianópolis, localizada na Zona Bioclimática 3.



Fonte: ABNT (2005).

As estratégias para ventilação e sombreamento das aberturas são indicadas na própria norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005), assim como os tipos de vedações externas a serem utilizadas para as cidades que se encontram inseridas dentro da Zona Bioclimática 3. As **Tabelas 5 e 6** abaixo mostram os critérios que devem ser considerados para a concepção inicial dos projetos.

Tabela 5: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 3.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: ABNT (2005).

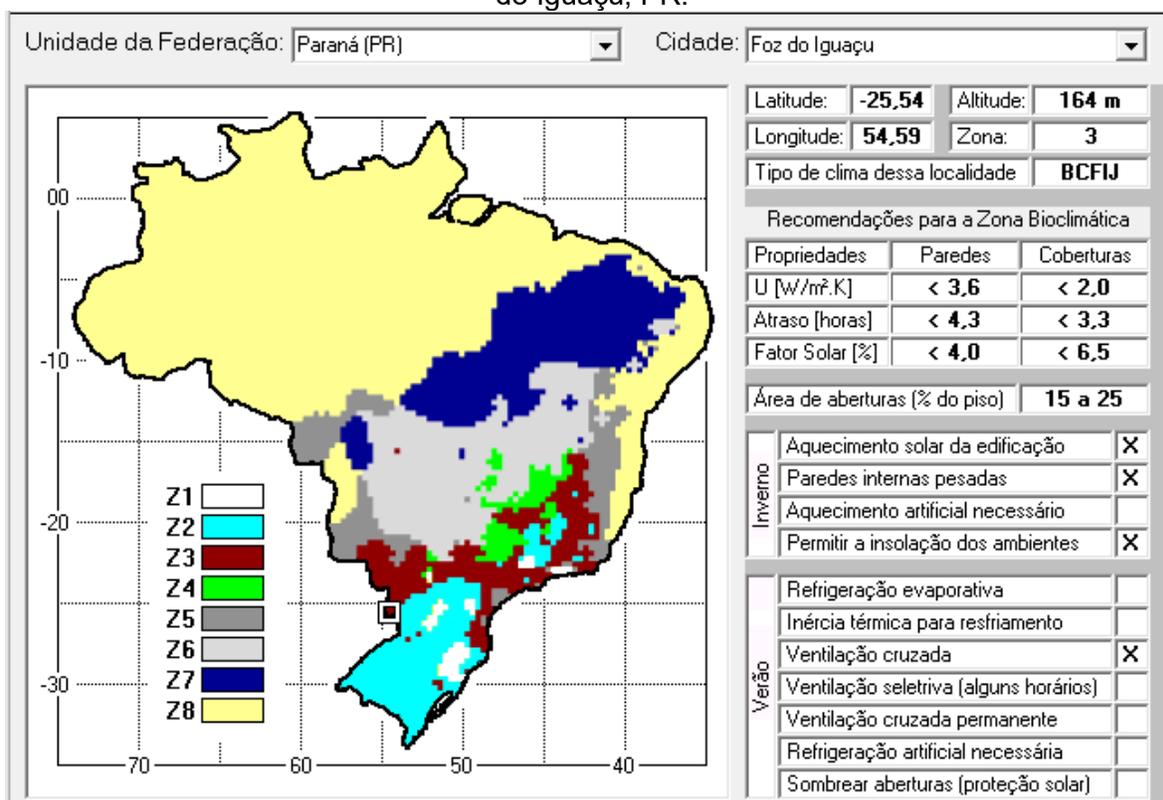
Tabela 6: Tipos de vedação externas para a zona bioclimática 3.

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: ABNT (2005).

Para complementar o estudo de estratégias para o clima de Foz do Iguaçu pode ser utilizado o programa ZBBR (elaborado por Maurício Roriz da UFSCar, e que utiliza as diretrizes da norma ABNT e da carta bioclimática de Givoni). O programa indica diretrizes construtivas adequadas ao clima do município de Foz do Iguaçu (**Figura 9**). Para o inverno são indicadas a implementação de parâmetros que permitem o aquecimento solar nas edificações, utilização de paredes internas pesadas e permitir a entrada da radiação solar nos ambientes. Para o verão devem ser implementadas a ventilação cruzada nos ambientes, através das aberturas.

Figura 9: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para o clima de Foz do Iguaçu, PR.



Fonte: (LABEEE, 2004).

#### 4.4.1 Descrição das diretrizes construtivas para o clima de Foz do Iguaçu, PR

Tendo as estratégias construtivas para a zona bioclimática 3 dados pela

NBR 15220-3, serão mostrados alguns exemplos que podem ser implementadas nos projetos, de forma a atingir os objetivos dados pela norma e com isso fazer com que os cômodos da edificação cumpram os requisitos de desempenho térmico desejado.

#### 4.4.1.1 Aquecimento solar da edificação

Para obter o aquecimento solar da edificação no inverno, a entrada da radiação solar direta é essencial para o aquecimento do ambiente da edificação. O aquecimento pode ser de maneira direta ou indireta, sendo que o aquecimento direto a radiação solar do inverno é introduzido no ambiente através das aberturas ou superfícies envidraçadas de tal forma a obter o aquecimento de maneira rápida ou direta. Já o aquecimento solar indireto é dado por meio da utilização de componentes que apresentam uma alta capacidade térmica que se encontram submetidos a uma exibição direta aos raios do sol, porém estes elementos devem ser protegidos no verão para evitar o aquecimento excessivo dos ambientes (PROJETEEE, 2022).

#### 4.4.1.2 Paredes internas pesadas

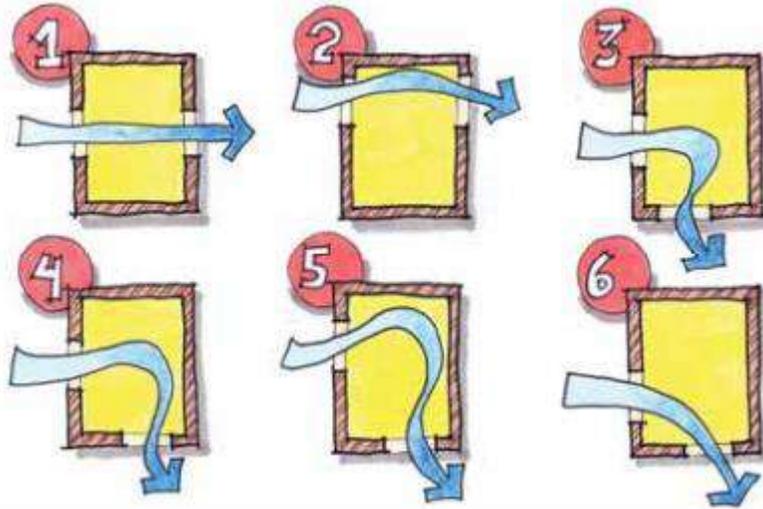
As paredes internas influenciam no conforto das pessoas, implementando com outros elementos internos da construção, desempenhando um papel importante na inércia térmica (CORBELLA; CORBE, 2011).

O uso de paredes com elevada inércia térmica é fundamental, de preferência nas orientações em que a mesma fica mais exposta ao sol, já que através das superfícies envidraçadas, proporciona um ganho de calor significativo para a parte interna da edificação, a correta colocação do vidro faz com que a parede não perca o calor por convecção e por radiação para a parte externa (LAMBERTS et al., 2014).

#### 4.4.1.3 Ventilação cruzada

A técnica da ventilação cruzada é umas das mais eficientes para a ventilação de um ambiente, a mesma se torna eficiente quando existem duas aberturas em paredes diferentes e conhecimento sobre a direção predominante dos ventos (LAMBERTS et al., 2014). A **Figura 10** abaixo apresenta alguns exemplos de como podem ser posicionadas as aberturas nos ambientes para garantir a ventilação cruzada de uma forma mais eficiente.

Figura 10: Padrão da ventilação determinado pelo posicionamento das esquadrias.

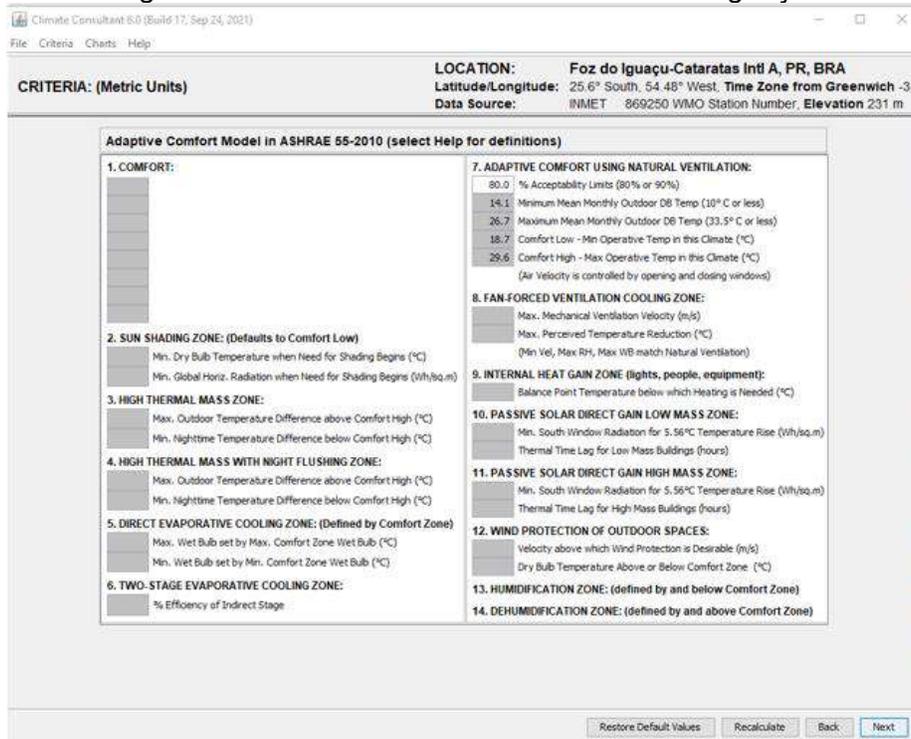


Fonte: LAMBERTS et al., (2014).

Além da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), o *Climate Consultant 6.0* (2021), também apresenta algumas estratégias bioclimáticas para a cidade em estudo, que poderão ser implementadas nos projetos da Habitação Bioclimática Modular. O modelo de conforto escolhido para a avaliação no programa *Climate Consultant* foi o modelo de conforto adaptativo com ventilação natural.

Na **Figura 11** são apresentados os dados iniciais da Cidade de Foz do Iguaçu para que conseqüentemente o programa possa analisar quais estratégias são as adequadas para o clima da mesma.

Figura 11: Dados iniciais da Cidade de Foz do Iguaçu.

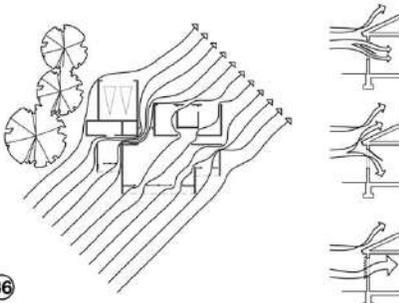
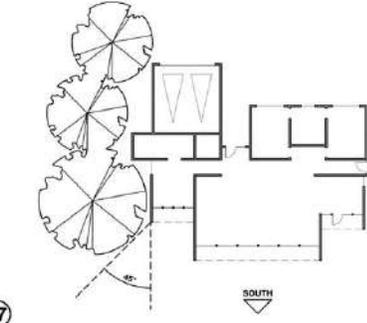
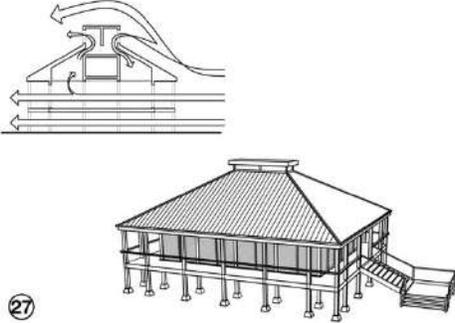
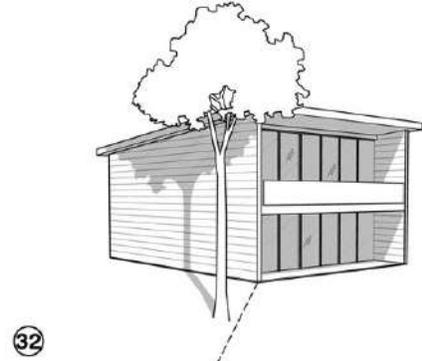


Fonte: Climate Consultant 6.0 (2021).

O Quadro 4 abaixo apresenta algumas estratégias bioclimáticas que podem ser implementados na concepção do projeto arquitetônico, com o objetivo de melhorar as condições de conforto térmico e a eficiência energética nas edificações.

Quadro 4: Detalhamento das Estratégias Bioclimáticas Seleccionadas.

Detalhamento das Estratégias Bioclimáticas Seleccionadas		
Número	Detalhamento	Esquema da Estratégia
Estratégia 35	Uma boa ventilação natural pode reduzir ou eliminar o ar condicionado em climas quentes, se as janelas estiverem bem sombreadas e orientadas para as brisas predominantes.	

Estratégia 36	Para facilitar a ventilação cruzada localizar as aberturas das portas e janelas em lados opostos do edifício, com aberturas maiores voltadas para o vento, se possível.	
Estratégia 17	Utilizar vegetação (arbustos, árvores, paredes cobertas de hera) especialmente no Oeste, para minimizar o ganho de calor (se as chuvas de verão apoiarem o crescimento das plantas nativas).	
Estratégia 27	Se o solo estiver úmido, elevar o edifício bem acima do solo para minimizar a umidade e maximizar a ventilação natural sob o edifício.	
Estratégia 32	Minimizar ou eliminar os vidros voltados para o Oeste, de forma a reduzir o ganho de calor da tarde durante o verão e no outono.	

Fonte: *Climate Consultant 6.0* (2021).

#### 4.5 SISTEMA CONSTRUTIVO EM *WOOD FRAME*

O princípio básico do método construtivo em *Wood frame* é o emprego da madeira, que segundo Marques (2008), devido as suas características e sua disponibilidade no mundo sempre foi uns dos materiais primordiais para a construção utilizada pelo homem

no que diz a respeito de grandes estruturas e acabamentos. Um dos motivos mais importantes pelo qual a madeira é escolhida também se deve por ser um material de construção que ambientalmente é sustentável, além de ser reaproveitável, renovável e biodegradável.

O sistema construtivo em estruturas leves de madeiras é muito utilizado na América do Norte e caracteriza-se pela praticidade, flexibilidade de modulação, industrialização dos elementos que compõe o sistema construtivo e pelo curto período de tempo de construção. Após a Segunda Guerra Mundial, devido as necessidades de novas construções em abundâncias, os países norte-americanos fizeram uso da madeira para as novas técnicas construtivas, tornando-se eficiente (Espíndola; Moraes, 200?).

A utilização da madeira produz uma possibilidade ambientalmente mais adaptada em comparação aos materiais utilizados com maior frequência, por exemplo, os metais, concreto, plásticos e outros, no qual ao longo dos processos produtivos são capazes de utilizar como fonte de energia a queima da própria madeira, ou de seus resíduos, que em relação ao seu ciclo de vida geram maior impacto ambiental. A madeira apresenta uma facilidade de produção e uma versatilidade na aplicação em projetos, mesmo apresentando essas vantagens, no Brasil, o uso da madeira nas construções civis ainda sofre dificuldades no crescimento do uso, devido a questão cultural, a pouca divulgação do sistema construtivo, a insegurança e a escassez de conhecimentos técnicos da mesma (ZENID, 2009).

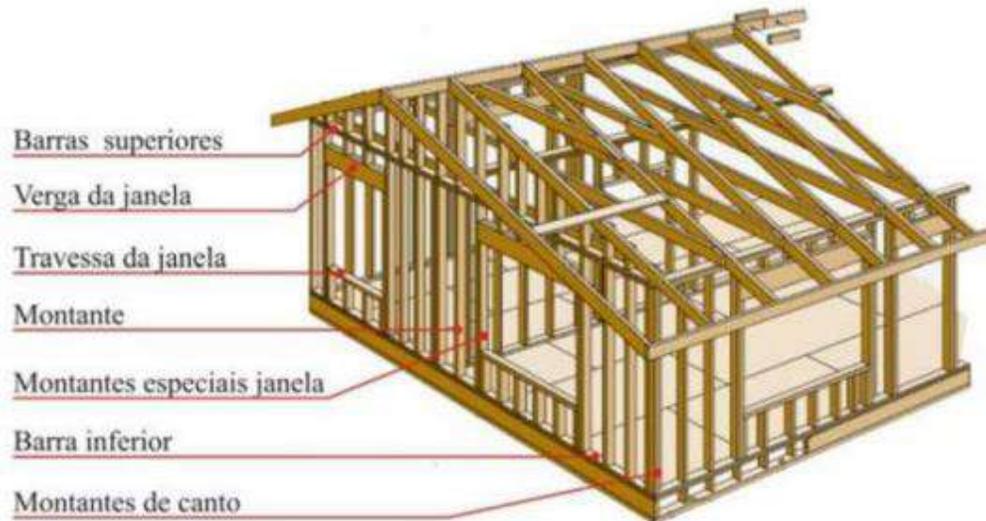
No contexto de utilização da madeira, o sistema *Wood Frame* é um sistema construtivo composto por elementos estruturais em madeiras e fechamentos de várias placas promovendo uma maior rigidez à estrutura, tornando-a capaz de resistir as cargas atuantes, tanto verticais e quanto horizontais, além de prover espaço para isolamento e estrutura para sustentar acabamentos tanto exteriores como interiores (CMHC, 2013).

Esse sistema construtivo é industrializado, conformado por perfis estruturais de madeiras tratada, que se caracteriza por ser leve e durável. Quanto o tratamento da mesma é feito de maneira correta, é de rápida execução e o mais importante é que a diminuição de resíduos dentro do canteiro de obras é significativa, quando comparando com os demais sistemas construtivos, e apresenta um elevado controle de qualidade. A concepção do sistema *wood frame* no ambiente industrial reduz significativamente os desperdícios, o ganho de produtividade vinculado, tanto no processo da construção e após a mesma é bastante significativa, já que como a obra encontra-se

praticamente limpa e seca, além da facilidade de transportar os elementos estruturais e as chapas de fechamento, que exige menos esforços dos trabalhadores dentro da obra (MOLINA; CALIL Jr, 2010).

A **Figura 12** apresenta um exemplo dos componentes que fazem parte da estrutura em *wood frame*.

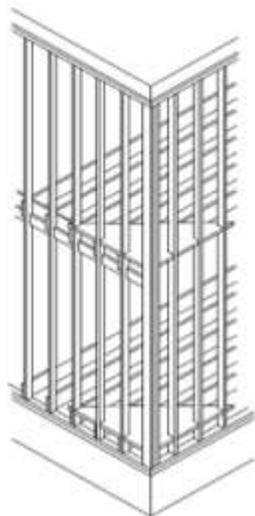
Figura 12: Exemplo de estrutura do sistema em *wood frame*.



Fonte: FREITAS, 2018.

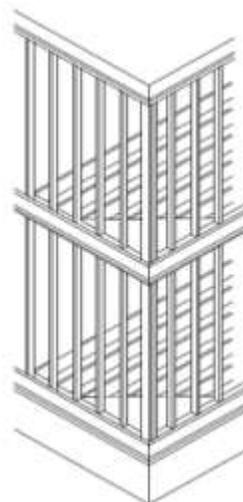
Existem, basicamente dois tipos de sistema construtivo em Wood Frame, o primeiro é o sistema do tipo *Balloon Frame* (**Figura 13**) e o sistema tipo *Platform Frame* (**Figura 14**). A mais comum é o método *Platform Frame*, no qual é construído primeiramente a plataforma de piso e seguidamente as paredes são adicionadas em cada andar, já no método *Balloon Frame* os painéis estruturais são contínuos, passando pela plataforma de pisos até chegar na cobertura (CMHC, 2013). O sistema plataforma em madeira é composto por montantes (estrutura de madeira na vertical) e por travessas (estrutura de madeira na horizontal), as madeiras são maciças e de pequenas dimensões e além dos montantes e travessas tem as chapas estruturais para o fechamento das mesmas (Espíndola; Moraes, 200?).

Figura 13: Sistema *Balloon Framing*



Fonte: CONSULSTEEL, 2008

Figura 14: Sistema *Platform Framing*



Fonte: CONSULSTEEL, 2008

No Brasil, a Battistella Indústria e Comercio LTDA., com sede em Curitiba-PR, foi umas das primeiras empresas pioneiras em trazer e implantar de fato o sistema de *wood frame* para residências de madeira de médio e alto padrão, sendo que a primeira casa construída no Brasil neste tipo de sistema construtivo foi no ano 2001 na cidade de Viamão, no Estado do Rio Grande do Sul (MOLINA; CALIL Jr, 2010).

Segundo a Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE), o Brasil está se preparando para possuir uma norma técnica para o sistema construtivo com madeira, com mais de três anos de trabalho, o processo de normalização do sistema construtivo *wood frame* caminha para a reta final de consolidação do texto final da norma técnica, a norma que está em elaboração abrange assuntos sobre materiais, projetos, execução e desempenho a fim de conseguir elaborar uma norma adequada a realidade brasileira.

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI), informou o encerramento da consulta pública da norma técnica para o sistema construtivo em *wood frame*. A ABNT NBR 16936 foi concebida pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002) junto ao Comitê Brasileiro de Madeira (ABNT/CB-31, sendo que este último teve o acompanhamento do ABIMCI).

No texto que se segue, será abordada a experiência com o sistema *wood frame* da empresa Tecverde. Trata-se de uma empresa que está localizada na cidade de

Araucária-PR, que atua no mercado desde 2010 e adota um sistema construtivo em *wood frame* que tem como finalidade otimizar processos resultando em grandes índices de sustentabilidade e é um bom exemplo de aplicação e estudos para o avanço no uso dessa tecnologia. Portanto, o sistema desenvolvido por essa empresa será a base para o desenvolvimento do presente projeto.

#### 4.5.1 Desempenho Estrutural

Para as construções em madeira, a norma ABNT NBR 15575 (2021), define os critérios para as avaliações de desempenho que devem ser seguidos. Para o caso do Sistema Construtivo em *Light Wood Framing* existe a norma que complementa a NBR 15575, que é a Diretriz SINAT 005, no qual especifica algumas considerações que devem ser cumpridas para este tipo de construção.

A empresa Tecverde define que a parte estrutural desse sistema construtivo se concentra na estabilidade e segurança da construção suportando as cargas verticais e horizontais incidentes na estrutura, além disso, adiciona-se as resistências dos pisos e paredes aos impactos de corpo mole e a capacidade das paredes e tetos para suportarem as cargas suspensas. Os projetos estruturais ainda devem atender as condições de colocação de peças suspensas nas paredes como por exemplo prateleiras, armários, quadros, entre outros.

#### 4.5.2 Desempenho Térmico

A ABNT NBR 15575 de 2021 é a norma técnica que rege os procedimentos da construção habitacional, sempre com o objetivo de oferecer segurança, habitabilidade e sustentabilidade das edificações. O desempenho térmico na norma está diretamente relacionado as condições de habitabilidade e ao conforto dos usuários, e pode ser determinado como a resposta da habitação, através da consideração dos parâmetros climáticos internos e externos (ABNT, 2021).

Segundo a Tecverde (2022), o desempenho térmico é um influenciador no conforto ambiental para os usuários e no consumo energético residencial. A empresa implementa uns dos critérios essenciais da NBR 15575 para o completo atendimento de desempenho térmico nas edificações feitas em *wood frame*, esses critérios são: no verão, a temperatura máxima interna não pode ultrapassar a máxima externa e no inverno, a

temperatura mínima interna da residência deve ser pelo menos três graus acima da mínima externa. Além disso, a Tecverde possui estudos que indicam que o sistema de *wood frame* atende a norma de desempenho e que quando aplicado apresenta uma melhor eficiência energética, quando comparando com sistema de alvenaria convencional, dando a entender que uma edificação que apresenta melhor desempenho térmico reduz significativamente o consumo de energia elétrica, devido a um menor consumo de aparelhos como ar condicionados, ventiladores e aquecedores nos ambientes.

#### 4.5.3 Estanqueidade da Água e Resistência a Umidade

A ABNT NBR 15575 (2021) determina critérios de estanqueidade nas áreas da edificação, por exemplo para fachadas, pisos, coberturas, instalações hidrossanitárias e qualquer elemento que está exposto à umidade.

A Tecverde, para cumprir com as exigências da norma de desempenho, implementa o uso da madeira tratada de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997). Segundo a empresa, o tratamento feito garante uma durabilidade da estrutura por 50 anos. Além do tratamento químico que se faz nas madeiras, todas as peças ficam envoltas por chapas e membranas, com o intuito de que as mesmas não fiquem expostas ao tempo. As partes conformadas do painel estrutural como um todo é apresentado na **Figura 15**. Na face externa da parede sobre as chapas de painéis estruturais são instaladas as chamadas membranas hidrófugas, que tem a função de impedir que a umidade externa intensa entre na estrutura, mas permite que a umidade da parte interna da casa seja dissipada.

Figura 15: Exemplo de estrutura de *wood frame*



Fonte: TECVERDE (2022).

Nas chapas de madeira que tem função estrutural e em entrepisos que

pertencem as áreas úmidas é realizada a impermeabilização da interface entre o piso e a parede, além do tratamento fungicida e inseticida (TECVERDE, 2022).

Outras técnicas que a empresa Tecverde implementa nas obras para melhorar a estanqueidade e minimizar a umidade nas edificações são os seguintes:

- Na criação do telhado recomenda-se fazer com beiral em todo o perímetro da edificação;
- Criar calçadas externa, se possível ao redor de toda a construção;
- Utilizar pingadeiras nos peitoris das janelas;
- Na região úmida como banheiro por exemplo, delimitar o piso do box com o piso do banheiro;
- Nos quadros estruturais dos painéis do pavimento térreo utilizar mantas para impermeabilização, nos contrapisos das áreas molhadas, entre o piso e o ralo, e nas paredes que contenham cubas, lavatórios, o qualquer ponto que contenha torneiras e chuveiros;
- Utilizar contrapisos que tenha como base o cimento.

#### 4.5.4 Resistência ao Fogo

Quando se fala da parte estrutural e comparando com os demais elementos dos sistemas construtivos convencionais (concreto e aço), a madeira tem um desempenho favorável em relação à incêndios (MOLINA; CALIL Jr, 2010). Segundo Pinto (2001), em situações de incêndio ou na presença de fogos, a parte estrutural da madeira apresenta o seguinte comportamento: primeiramente é carbonizada todo seu perímetro externo, ficando a parte interna da madeira quase intacta.

O órgão normativo preocupa-se com o tempo que uma estrutura de madeira pode aguentar em uma situação de incêndio, para que as pessoas que habitam na edificação possam ser retiradas nesse período de tempo, sem apresentar nenhum problema, com o objetivo de preservar a integridade física do ser humano, já que a questão da perda como um patrimônio, por exemplo, pode ser responsabilizada e recuperada por meio de contratos e seguros (MOLINA; CALIL Jr, 2010).

A mesma norma ABNT NBR 15575 (ABNT,2021) – Norma de Desempenho de Edificações, implementa requisitos e critérios que visam dificultar o princípio de incêndio e a sua propagação. Além da norma de desempenho deve ser considerada a norma Técnica elaboradas pelos corpos de Bombeiros estaduais e a NBR

14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos (ABNT, 2000).

O uso das chapas de gesso acartonado como acabamento interno nas edificações é recomendável para a resistência ao fogo, já que a mesma apresenta um grau de combustibilidade muito baixa. A Tecverde ainda especifica que exclusivamente para o sistema construtivo em *wood frame*, qualquer reforma ou mudança estrutural da edificação devem ser realizadas por profissionais capacitados na área, já que cada morador recebe um manual de uso da edificação e tal construção foi pensada de tal modo a promover a segurança contra o incêndio.

#### 4.5.5 Avaliação do Desempenho Térmico das Vedações Verticais em *Wood Frame*

Sabe-se que, para indicar um tipo de fechamento vertical que funcione em termos da temperatura para uma determinada cidade é fundamental o estudo do clima local.

Nas **Figuras 16 e 17** abaixo são apresentados os valores máximos e mínimos da Transmitância térmica das paredes externas ( $U$ ) e da Capacidade Térmica das paredes externas (CT) para cada zona bioclimática.

Figura 16: Transmitância térmica das paredes externas.

Transmitância térmica de paredes ( $U_{par}$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 8	
$U_{par} \leq 2,7$	$\alpha_{par}^a \leq 0,6$	$\alpha_{par} > 0,6$
	$U_{par} \leq 3,7$	$U_{par} \leq 2,5$

<sup>a</sup>  $\alpha_{par}$  é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. Recomenda-se a consideração da degradação do desempenho desta superfície, conforme ABNT NBR 15575-1:2021, 11.2.

Os limites de  $\alpha_{par}$  estabelecem a transmitância térmica de referência que deve ser considerada nas paredes externas.

No caso de paredes com superfície externa em chapas metálicas de qualquer natureza, com ou sem aplicação de pintura ou outro acabamento, a superfície externa deve apresentar valor de emitância térmica superior a 0,7, para as zonas bioclimáticas 3 a 8. O valor da emitância térmica deve ser comprovado por meio de laudo técnico conforme a ABNT NBR 15575-1:2021, Tabela 1.

Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de transmitância térmica de paredes externas que ultrapassem os limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, estabelecido na ABNT NBR 15575-1:2021, 11.4.

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2021).

Figura 17: Capacidade Térmica das paredes externas.

Capacidade térmica de paredes ( $CT_{par}$ ) kJ/(m <sup>2</sup> .K)	
Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zona bioclimática 8
$CT_{par} \geq 130$	Sem requisito
Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de capacidade térmica de paredes externas inferiores aos limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, conforme a ABNT NBR 15575-1:2021, 11.4.	

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2021).

Segundo BRAUHARDT (2016) a resistência térmica, que é a propriedade do material em resistir a passagem de calor e que depende da espessura e condutividade do material, é maior nas paredes de *Wood Frame* quando comparadas com a parede de alvenaria convencional. A parede de *wood frame* que apresenta uma camada interna em material lã de vidro, passa a ter a resistência térmica 5 vezes maior do que a parede em alvenaria.

A resistência térmica é maior para a parede em *wood frame*, por causa de que a mesma tem uma baixa condutividade térmica, ou seja, os materiais que conformam o painel da estrutura em *wood frame* apresentam baixa condutividade, porém, quanto menor for a condutividade térmica de um material, melhor isolamento térmico fornecerá, já que o calor transferido entre as suas superfícies será reduzido. Além da resistência térmica ser maior para a parede de *wood frame*, ela apresenta uma transmitância térmica menor do que uma parede de alvenaria, isso significa que a quantidade de calor que atravessa o fechamento do painel é menor quando comparado com à alvenaria (BRAUHARDT, 2016).

Segundo BRAUHARDT (2016), para conseguir atender os requisitos da transmitância térmica (U) e da absorvância da radiação solar, devem ser utilizadas cores claras nas fachadas da residência e na cobertura para que os painéis de *wood frame* apresentem valores de fator solar menores, também para a cobertura, já que com isso, a quantidade de radiação solar que penetra no interior da parede será reduzida. O uso da lã de vidro nos painéis estruturais apresenta um fator solar 5 vezes menor do que o fator solar da alvenaria. Por outro lado, as paredes de *wood frame* obedecem às condições mínimas do atraso térmico, porém, o uso da lã de vidro faz com que o atraso térmico seja maior do que a alvenaria e esse aumento deve-se à alta resistência térmica da parede.

A diminuição da quantidade de calor que atravessa as paredes em *wood frame* se dá pelo uso da lã de vidro como preenchimento dos vazios, que existe entre os montantes dois painéis de madeira, já que as paredes com o uso desse material apresentam resistências térmicas elevadas (BRAUHARDT, 2016).

Na tabela abaixo serão apresentadas as características principais da construção do *wood frame*, segundo a empresa LP do Brasil (2022), o sistema construtivo em wood frame está dentro do termo de Construção Energitêmica Sustentável (CES).

Tabela 7: Características da Construção.

Energitêmica	Pelo ótimo desempenho térmico da edificação e pela economia de energia, tanto durante o processo construtivo, quanto após a ocupação do imóvel.
Sustentável	Devido ao uso de materiais ecológicos como o OSB, que gera melhor eficiência energética do sistema, ótimo desempenho térmico e acústico, redução do desperdício de materiais, menor geração de resíduos (menos de 1%), redução de consumo de água e baixa emissão de CO2.

Fonte: Empresa LP do Brasil (2022).

A mesma empresa apresenta algumas vantagens do Sistema CES na qual o sistema construtivo em *wood frame* está inserida, como já foi mencionada acima, portanto, as vantagens são os seguintes:

- Custo até 30% menor: devido ao menor prazo de execução, à racionalização da mão de obra e de materiais, a maior produtividade, maior fidelidade orçamentária, ao menor custo de fundação, por ser uma construção leve e com sistema de distribuição de cargas uniforme, e à redução dos custos indiretos;
- Retorno mais rápido do investimento: em função da maior velocidade na execução da obra, o sistema traz um ganho adicional pela ocupação antecipada do imóvel e pela rapidez no retorno do capital investido;
- Menor prazo de execução: redução de até 60% no tempo da obra em comparação aos processos convencionais;
- Fidelidade orçamentária: por ser um sistema inteligente, o orçamento previsto é igual ao realizado;

- Racionalização de materiais e mão de obra: é um sistema construtivo industrializado, reduzindo significativamente o desperdício de materiais com índices abaixo de 1%. Como parâmetro, o sistema convencional tem perdas de até 15%;
- Organização do canteiro de obras: como a estrutura pode ser industrializada, a presença de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens são eliminadas do canteiro. O ambiente limpo, com menor geração de resíduos, oferece melhores condições de segurança ao trabalhador, contribuindo para a redução de acidentes na obra;
- Versatilidade: extremamente flexível, a construção CES aceita qualquer tipo de acabamento exterior e interior, permitindo diversos estilos arquitetônicos. É indicada para edificações comerciais ou residenciais de até cinco pavimentos;
- Garantia e durabilidade: o sistema utiliza produtos de alta tecnologia com garantias estendidas de até 30 anos. Edificações executadas no Sistema CES duram várias gerações, assim como no sistema convencional em alvenaria;
- Resistência: o sistema constituído de perfis contraventados com placas LP OSB APA Plus confere resistência superior aos sistemas convencionais, resistindo a ventos de até 300 km/h;
- Desempenho: o Sistema CES confere à edificação um ótimo desempenho térmico e acústico, além de cumprir todas as exigências da NBR 15575, que regula a construção de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos;
- Manutenção: maior facilidade e praticidade, evitando os tradicionais “quebra-quebras”, além da redução de custos de manutenção em 1/3, quando comparado aos sistemas convencionais, devido à garantia e à durabilidade dos materiais empregados;
- Maior área útil: as seções das paredes e estruturas são mais esbeltas do que as equivalentes em alvenaria, ampliando o espaço interno em até 4% da área útil da edificação;
- Baixa emissão de CO<sub>2</sub>: o Sistema CES emite aproximadamente cinco vezes menos CO<sub>2</sub>, quando comparado aos processos construtivos convencionais;
- Preservação do meio ambiente: redução do consumo de energia na construção em comparação aos sistemas tradicionais. Posteriormente, traz também a redução no consumo com equipamentos de condicionamento do ar, uma vez que a construção tem melhor qualidade térmica.

## 4.6 Estudo de Caso

Neste item, serão apresentadas algumas residências em *Wood Frame* executadas pela empresa Tecverde no Brasil, já que a mesma em agosto de 2016 apresentou o primeiro edifício em *Wood Frame* no Brasil, com 3 andares, localizado na cidade de Araucária, região metropolitana de Curitiba-PR, como é apresentado na **Figura 18** abaixo. A montagem da mesma demorou apenas 64 horas para ser concluída com jornada de 8 horas por dia, a empresa que ajudou para a construção da mesma foi a Construtora CRM Construtora.

Figura 18: Primeiro edifício em *Wood Frame* no Brasil.



Fonte: Tecverde, (2022).

No Quadro abaixo serão apresentadas algumas residências finalizadas em *Wood Frame* pela Tecverde em várias regiões do Brasil.

Quadro 5: Exemplos de residências em *Wood Frame*

Exemplos de residências em <i>Wood Frame</i>		
Residência	Informações	Imagem
Brisa da Mata Park I E II	<p>Localização: Paulínia                      Unidades: 146                      Área: 84m<sup>2</sup>                      Parceiros: HM Engenharia                      Conclusão da Obra: 2021</p>	
Casa Space	<p>Localização: Curitiba-PR                      Unidades: 1                      Área: 309m<sup>2</sup>                      Parceiros: Bacoccini Arquitetura</p>	
Loteamento Santo Antonio do Palmital	<p>Localização: Rio Bom - PR                      Unidades: 23                      Área: Casas Térreas de 43m<sup>2</sup>                      Parceiros: Bau Construtora e União por Moradia Popular no Paraná                      Tipo de Empreendimento: Minha Casa Minha Vida                      Conclusão da Obra: 2015</p>	

---

Residencial Vivendas do  
Taquaral

Localização: Maricá, RJ  
Unidades: 25  
Área: Casas Térreas de  
60m<sup>2</sup>  
Parceiros: Simples  
Construções  
Empreendimento: Minha  
Casa Minha Vida  
Conclusão da Obra:  
2015



---

Casa Sunshine

Localização: Vinhedo,  
SP  
Área: 452m<sup>2</sup>  
Parceiros: Projeto  
Arqbox Arquitetura



Fonte: Tecverde, (2022).

## 5.0 DADOS DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

### 5.1 Características do Município

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o Município de Foz do Iguaçu, localiza-se ao sul do Brasil, no Estado do Paraná, o município se estende por 618,057 km<sup>2</sup> e no último censo a cidade possui 257.971 habitantes. A densidade demográfica é de 414,58 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município e está inserida no bioma da Mata Atlântica.

O relevo é caracterizado como suavemente ondulado, no qual coopera muito para o desenvolvimento da agricultura, por outra parte o município tem uma altitude em torno aos 200 metros, com Latitude de 25° 32' 49" Sul e Longitude de 54° 35' 18" Oeste (GEOGRAFIA, 2018).

Figura 19: Localização da cidade de Foz do Iguaçu.



Fonte: Viaje Paraná (2022).

Os principais rios da cidade são: o Rio Paraná ao oeste e ao sul o Rio Iguaçu, logo tem ao norte o Lago de Itaipu e na parte sudeste o Parque Nacional do Iguaçu, uma das últimas reservas da mata nativa intacta que existem no Paraná. No sudoeste de Foz os Rios Iguaçu e Paraná se unem formando a tríplice fronteira entre Brasil, Argentina e Paraguai (GEOGRAFIA, 2018).

Foz do Iguaçu possui riqueza de recursos hídricos, em virtude ao Aquífero Guarani, e por outra parte os rios com uma grande quantidade de nascentes. O município possui nove microbacias, sendo que sete dessas microbacias estão contidas conjuntamente nos limites do território de Foz do Iguaçu, quatro são os principais rios que perpassam a cidade, dentre delas temos os rios Monjolo, Mathias Almada, M' Boicy e Tamanduá, das quais os três primeiros citados desaguardam para o Rio Paraná e o último ao Rio Iguaçu (GEOGRAFIA, 2018).

Segundo Ambiente Brasil, a vegetação que predomina no município é a mata subtropical que é predominantemente na região do Parque Nacional do Iguaçu e floresta tropical de várzea, nas margens dos rios Paraná e Iguaçu.

Segundo o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), Foz do Iguaçu está constituída principalmente por solos do tipo latossolos vermelhos, nitossolos vermelhos e argissolos vermelhos, de forma subordinada há a ocorrência de gleissolos e neossolos litólicos. Os solos mostram ou apresentam uma origem eruptiva, textura argilosa e são profundos e ricos em matéria orgânica.

## **5.2 Diretrizes Urbanísticas**

As diretrizes urbanísticas de Foz do Iguaçu são ditadas pelo Plano Diretor do Município de 2017, este tem como função principal de ser como um instrumento de planejamento estratégico do progresso e expansão urbana do Município e por sua vez ser como uma referência obrigatória para os agentes públicos e privados que atuam na produção e gestão da cidade.

Segundo a Lei Complementar N° 276, de 6 de novembro de 2017, "Dispõe Sobre o Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo do Município de Foz do Iguaçu" no capítulo II da Estruturação Urbana (Zoneamento), as áreas do perímetro urbano do Município de Foz do Iguaçu estão divididas em zonas, sendo que as mesmas podem estar divididas em setores, sendo elas (FOZ DO IGUAÇU, 2017):

- Zonas Residenciais;
- Zonas de Comércio e Serviços;
- Zonas Turísticas;
- Zonas Especiais;
- Zonas Empresariais e Industriais; e
- Eixos Viários de Bairros – EVB.

A zona de interesse para o projeto em estudo é a Zona Residencial onde a mesma está dividida em setores como:

- Zona Residencial Exclusiva – ZR-1;
- Zona Residencial de Baixa Densidade – ZR-2;
- Zona Residencial de Média Densidade – ZR-3;
- Zona Residencial de Alta Densidade – ZR-4; e
- Zona Residencial de Verticalização – ZR-5.

### 5.2.1 Uso do Solo

A área de estudo insere-se numa Zona Residencial de Baixa Densidade (ZR-2), onde o Plano Diretor da cidade determina que os setores mencionados acima têm o intuito de que nesses setores residenciais a distribuição da população seja equilibrada dentro desses espaços urbanos, levando em consideração o dimensionamento das redes de infraestrutura urbana, o sistema viário e a configuração da paisagem.

A **Figura 20** apresenta os parâmetros urbanísticos para residências da cidade e a **Figura 21** apresenta a área limitada para o estudo, que se encontra dentro da Zona Residencial de Baixa Densidade (ZR-2). O entorno dessa área apresenta Áreas Turísticas, centros comerciais, escolas, bastante áreas verdes, etc.

Figura 20: Quadro de zoneamento de uso e ocupação do solo

Zona	Testada mínima (m)	Área mínima (m <sup>2</sup> )	Recuo Frontal (m)	AFASTAMENTOS		Taxa de Ocupação Máxima	Coef. Aprov. Máximo	Altura máxima Pavimentos	Taxa de Permeabilidade
				Lateral (m)	Fundos (m)				
ZR1 (1)	15,00	600,00	5,00 Em lotes com duas frentes ou mais uma das testadas poderá ter 3,00 em via secundária.	1,50 Sem abertura facultado. Em edificações em madeira, com ou sem aberturas, o recuo mínimo deverá ser de 1,50.	1,50 Sem abertura facultada.	60%	1,2	02	20%
ZR2 (2)	12,00	300,00	3,00. Em lotes com duas frentes ou mais uma das testadas poderá ter 1,50 em via secundária.	1,50 Sem abertura facultado. Em edificações em madeira, com ou sem aberturas, o recuo mínimo deverá ser de 1,50.	1,50 Sem abertura facultado	65%	1,3	02	12%
ZR3 (2)	10,00	250,00	3,00. Em lotes com duas frentes ou mais uma das testadas poderá ter 1,50 em via secundária.	1,50 Sem abertura facultado. Em edificações em madeira, com ou sem aberturas, o recuo mínimo deverá ser de 1,50m.	1,50 Sem abertura facultado.	65%	1,3	02	10%
ZR4 (2)	12,00	360,00	3,00	2,00 Edificações até 02 (dois) pavimentos, (térreo + 1), 1,50 com abertura, sem abertura facultado.	2,00. Edificações até 02 pavimentos (térreo + 1) 1,50 com abertura, sem abertura facultado.	65%	2,6	04	15%
ZR5 (2)	12,00	360,00	5,00. Até 02 pavimentos (térreo + 1) 3,00.	2,50. Edificações até 02 (dois) pavimentos, (térreo + 1), 2,00 com abertura. Sem abertura, facultado.	4,00. Edificações até 04 pavimentos (térreo+3) 1,50 com abertura, sem abertura facultado.	75% (térreo+3) 60% demais	5,4	08	15%

Fonte: FOZ DO IGUAÇU, 2017.

### 5.3 LOCAL E ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO

O terreno escolhido para a implantação das habitações modulares localiza-se entre a Rua das Papoulas e a esquina com a Rua Sibipirunas N° 331, e possui uma área de 1.364,73 m<sup>2</sup> (Apêndice 1), está localizado estrategicamente próximo do Condomínio Safira e Condomínio Horizontal Res, Quinta do Sol, perto do Shopping Catuaí Palladium e próximo a Escola Municipal Professora Lucia Marlene Pena (**Figura 21**). Os principais fatores para que o mesmo fosse escolhido se devem ao fato de ser um terreno de esquina, com boas possibilidades em termos de orientação solar e paisagismo, além de conforme mencionado, contar com infraestrutura próxima.

Figura 21: Localização do Terreno escolhido.



Fonte: Google Maps (2022).

Figura 22: Foto do terreno escolhido



Fonte: Autor (2022).

Figura 23: Foto do terreno demonstrando uma pequena elevação com relação a Rua das Papoulas



Fonte: Autor (2022).

## 6.0 – DIRETRIZES DO PROJETO

### 6.1 Conceito

Este projeto de uma habitação bioclimática modular para a cidade de Foz do Iguaçu –PR, foi elaborado com o intuito de aplicar outros métodos construtivos como neste caso o *wood frame*, que podem ser eficientes e proporcionar melhores condições de conforto, uma vez que sejam aplicados de maneira correta, considerando uma análise detalhada do entorno e das condições climáticas em que a mesma será inserida, garantindo assim maior qualidade de vida aos usuários e diminuindo significativamente os impactos ambientais gerados pelas construções tradicionais. Além disso, tentar fazer um resgate das características das tipologias ribeirinhas de Foz do Iguaçu, mas adaptando às novas tecnologias e considerando estratégias bioclimáticas.

Além disso, incorporar premissas de arquitetura modular, que pode ser descrito como um projeto de simples elaboração, versátil e flexível, permitindo implementar de maneira desejada o aproveitamento dos ambientes e a diminuição de custos, além de ser possível ser inserida em qualquer terreno e a elaboração do *layout* poder ser modificada de acordo com a melhor orientação do local.

### 6.2 Partido Arquitetônico

A concepção inicial do projeto arquitetônico foi elaborada a partir da quantidade de pessoas que irão ocupar o espaço e as necessidades das mesmas, já que a edificação será feita para uma família composta por 5 pessoas.

As áreas e as distribuições dos ambientes da edificação foram planejadas a partir dessas informações de ocupantes, além desses dados iniciais, o projeto foi elaborado respeitando as condições climáticas da cidade de Foz do Iguaçu com a finalidade de obter a eficiência energética e o conforto das pessoas nos respectivos cômodos.

Com a elaboração do projeto arquitetônico, um projeto modular em *wood frame*, buscou-se elaborar um layout de uma casa térrea (Apêndice 1) otimizando as áreas dos ambientes para o mínimo estipulado pela norma de desempenho a NBR 15575 (ABNT, 2021).

Para a implantação da proposta foi pensado em duas residências térreas inseridas no mesmo terreno, respeitando o loteamento mínimo dado pela prefeitura municipal da cidade, criando assim o layout de cada cômodo em relação à melhor

orientação solar e a predominância de incidência do vento no terreno. A obtenção do partido arquitetônico passou por diversos processos e análises, partindo pelo terreno, observando características como a topografia e todo seu entorno, seguido pelo programa de necessidades para os usuários em função a tipologia da edificação, e finalmente levando em consideração os fluxos e os aspectos conceituais do trabalho.

Chegou-se então numa forma que combina a volumetria de prismas retangulares, elevados do solo, com destaque para a cobertura detalhada, remetendo às construções tradicionais de Foz do Iguaçu.

### **6.3 Função**

A edificação consiste em uma residência unifamiliar térrea de habitação bioclimática modular, que poderá abrigar a uma família conformada por cinco pessoas (Apêndice 1), contento os seguintes ambientes:

- 3 dormitórios;
- 1 banheiro;
- 1 sala de estar / jantar;
- 1 cozinha;
- 1 área de serviço.

### **6.4 Adequação Climática e Estudo do Meio**

Conforme descrito anteriormente, o clima de Foz do Iguaçu, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo Cfa, sendo caracterizado como temperado úmido com verão quente, com temperatura média do ar do mês mais frio compreendida entre -3°C e 18°C; a temperatura média do mês mais quente maior que 10°C e as estações de verão e inverno são bem definidas, além disso, apresenta ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; inexistência de estação seca definida, finalmente o verão é quente e a temperatura média do ar no mês mais quente deverá ser superior a 22°C.

A incidência do Sol no terreno, no período da manhã é refletida nas faces Norte, Sul e Leste, e no período da tarde, nas faces Norte e Oeste. Para a distribuição dos cômodos nas edificações o ideal é que os ambientes de maior permanência estejam voltados as fachadas Leste (sol da manhã) e Sul (se menos radiação for desejável) e, os ambientes de menor permanência, nas fachadas Norte e Oeste, quando possível, porém,

esses critérios dependerão principalmente da orientação adotada no terreno e a orientação das residências dentro da mesma.

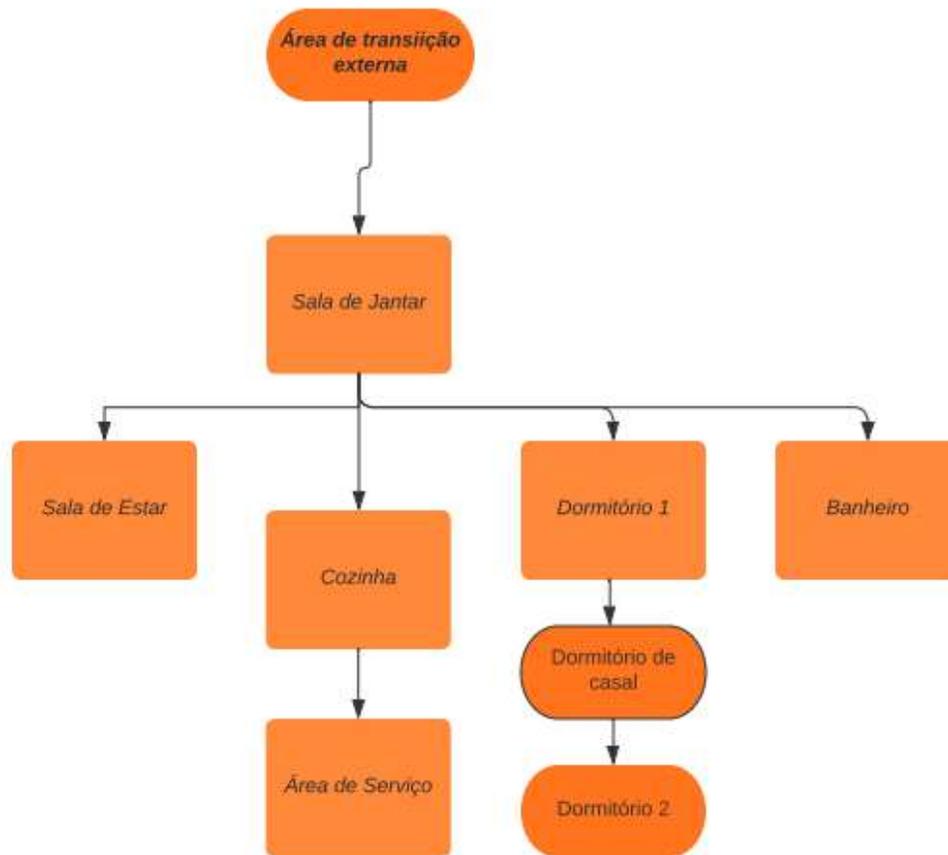
## 7.0. PROGRAMA DE NECESSIDADES

O terreno escolhido como já mencionado anteriormente apresenta uma área de 1.364,73 m<sup>2</sup>, de acordo com dados obtidos por meio da guia amarela do terreno, no site da Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Segundo os mesmos, devem ser respeitadas os recuos laterais de 1,5 metros, o recuo frontal de 3 metros e o recuo de fundo de 2 metros. Além desses critérios para a concepção do projeto devem ser respeitadas a taxa de ocupação de 65%, coeficiente de aproveitamento de 1,30 e a taxa de permeabilidade mínima de 15%.

O programa de necessidades da habitação bioclimática modular está dividido em duas áreas, sendo ela as áreas íntimas conformado pelos três dormitórios, pelo banheiro e pela lavanderia e as áreas comum, conformado pela sala de estar / jantar, pela cozinha e pelas áreas de circulação no interior da edificação. Como já mencionado anteriormente, o sistema construtivo deste projeto baseia-se no Sistema de *Wood Frame*.

Com base nas condições climáticas acima citados, a concepção do projeto arquitetônico para a Habitação Bioclimática Modular foi feita um fluxograma (**Figura 24**), indicando as interligações entres os ambientes da casa (sala, dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço) de acordo com os fluxos.

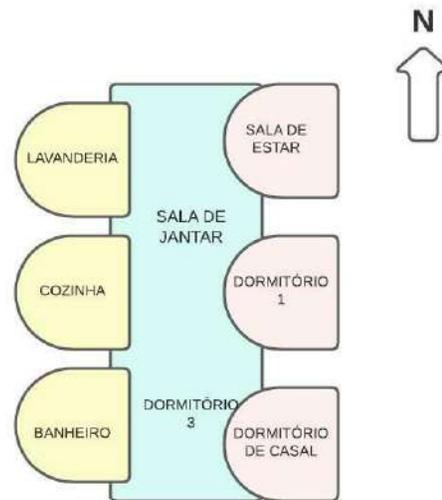
Figura 24: Fluxograma da Habitação Bioclimática Modular



Fonte: Autor (2022).

A setorização dos ambientes foi também elaborada a partir das condições do clima, da orientação solar e da predominância da incidência de vento no terreno (Apêndice 1). A **Figura 25** abaixo apresenta distribuição desses ambientes dentro da área que será construída as residências.

Figura 25: Setorização dos ambientes



Fonte: Autor (2022).

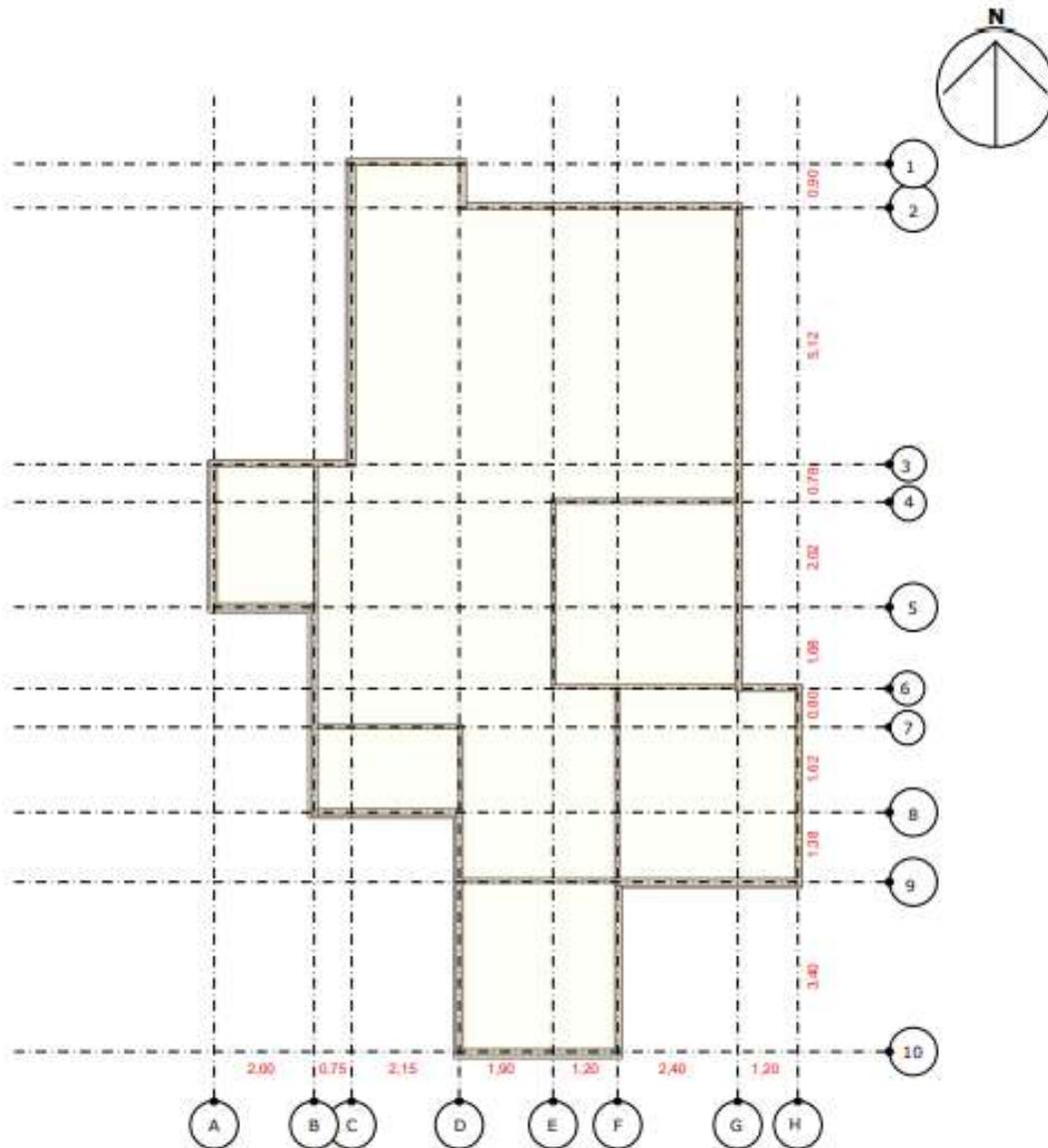
A garagem foi localizada próxima aos acessos de pedestre, fazendo uma conexão com a rua, ficando na parte oeste da residência, sendo que para complementar a proteção dos carros nas garagens foi criado um pergolado de madeira com telhado transparente para garantir a proteção contra a radiação solar e das chuvas.

Na Zona 1 (Z1) foi distribuído a sala de jantar e os acessos as circulações dentro da casa, chegando até o dormitório 3, as aberturas são voltadas para o Norte.

Nas Zonas 2, 3 e 4 (Z2, Z3 e Z4) foram posicionadas a sala de estar, o dormitório 1 e o dormitório de casal, uma vez que os dormitórios são ambientes de maior permanência, principalmente no período noturno. As aberturas estão voltadas para o Norte e para o Leste, para a captação de luz e calor, principalmente no período da manhã, quando ocorrem as temperaturas mais baixas do dia no período do inverno. Para proporcionar a ventilação cruzada nesses ambientes, as aberturas estão posicionadas em fachadas opostas.

Nas Zonas 5, 6 e 7 por se tratarem de ambientes de pouca permanência ou de permanência transitória foram posicionados o banheiro, a cozinha e a lavanderia, especificamente na fachada oeste, isso por serem de pouca permanência, e atuarem de certa forma como barreira contra a radiação solar. Com base no zoneamento estabelecido acima, foi criado um Layout base para a Habitação Bioclimática Modular, conforme mostra a **Figura 26** abaixo.

Figura 26: Layout modular base da Habitação Bioclimática Modular



Fonte: Autor (2022).

Como neste projeto foi pensado em apenas uma tipologia residencial (Casa Térrea), a mesma foi criada de tal forma que se adapte às condições do terreno, com aproveitamento da radiação solar e considerando o conforto dos usuários e a melhores condições de eficiência energética.

## 8.0 ASPECTOS GERAIS DO PROJETO

Na concepção da Habitação Bioclimática Modular, buscou-se introduzir o uso do sistema construtivo (*wood frame*) e o aproveitamento das condições climáticas da

cidade e microclima do terreno de implantação, implementando assim as estratégias adequadas para garantir a eficiência energética e um melhor conforto aos usuários. Na descrição abaixo mostra-se os principais condicionantes do projeto arquitetônico:

- Melhor aproveitamento das condições climáticas locais, por exemplo, a radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e os ventos predominantes, para que com isso possa-se encontrar melhores alternativas de soluções no projeto;
- Implementar o uso de materiais renováveis e que ocasionem menor impacto ambiental;
- Acessibilidade e mobilidade no terreno e aos ambientes;
- Uso de estratégias bioclimáticas.

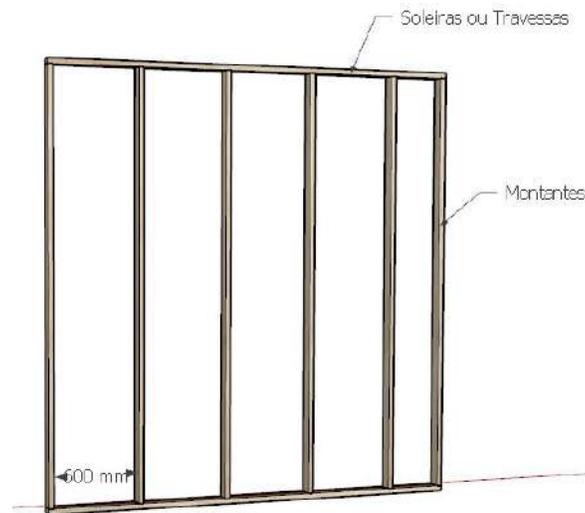
## **8.1 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM *WOOD FRAME* PARA O PROJETO**

Os parâmetros implementados para a elaboração do projeto arquitetônico são parâmetros baseados segundo a literatura da empresa Tecverde.

O presente projeto vai seguir as diretrizes e parâmetros para sistemas *wood frame* da empresa Tecverde, por isso, todas as recomendações listadas são referentes à mesma.

A parte vertical do quadro estrutural das paredes é chamada de montantes e a parte horizontal é denominada de soleira ou travessa (**Figura 27**). Essas peças formam o quadro estrutural e são autoclavadas. Os espaçamentos máximos entre os montantes devem ser determinados segundo o cálculo estrutural da mesma, mas para um pré-dimensionamento, poderá ser adotado no máximo 600mm, valor considerado no presente projeto e na vertical uma altura de 3 metros (TECVERDE, 2022).

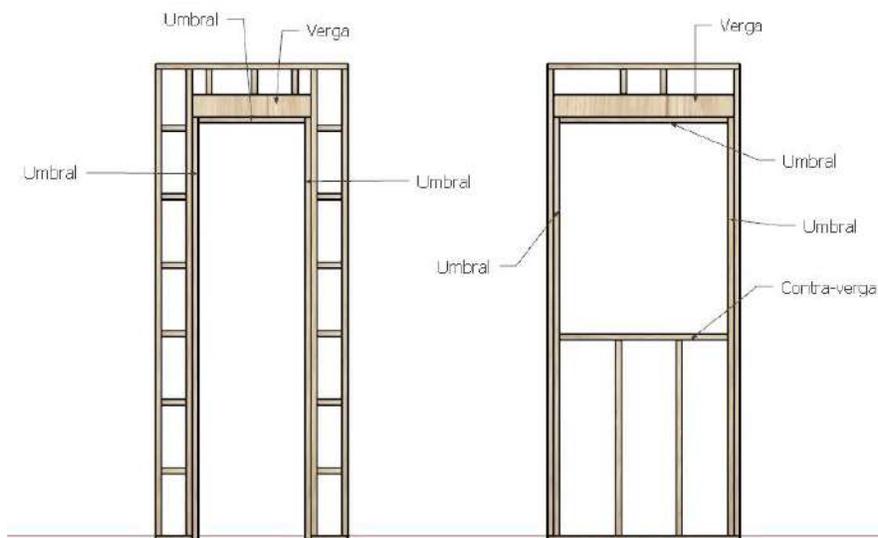
Figura 27: Quadro estrutural das paredes.



Fonte: Autor (2022).

No sistema, tem-se ainda as chamadas vergas e contra vergas que são fixadas entre si através de pregos com diâmetro mínimo de 3,1 mm e comprimento mínimo de 75mm. A **Figura 28** mostra o uso das vergas e contra vergas nos projetos. É importante destacar que o uso de impermeabilização entre a base dos quadros estruturais do pavimento térreo e a fundação deve considerar a colocação de uma manta asfáltica impermeabilizante a uma altura de pelo menos 200 mm em ambos os lados (TECVERDE, 2022).

Figura 28: Quadro estrutural das paredes em zona de esquadrias.

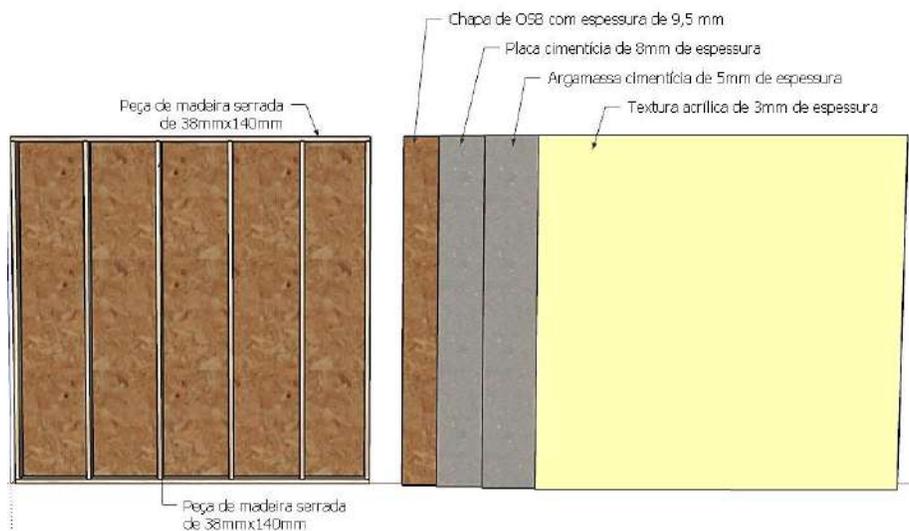


Fonte: Autor (2022).

### 8.1.1 Paredes Externas

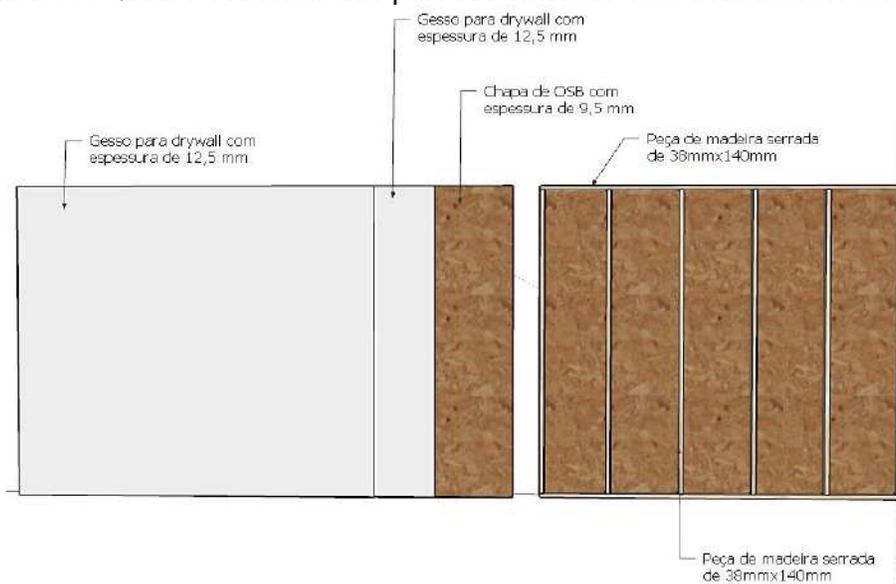
As paredes externas são compostas por quadros estruturais, sendo que a mesma está conformada por peças de madeira serrada de seção transversal de 38mmx140mm e de chapas de OSB com espessura de 9,5 mm nas duas faces do quadro estrutural. Além da chapa e das peças de madeira que conformam o quadro estrutural, adiciona-se a fase de acabamento conformado por placa cimentícia de 8mm de espessura, argamassa cimentícia com 5mm de espessura e uma textura acrílica com 3mm de espessura, para o acabamento externo. Para o acabamento interno das paredes externas são utilizadas duas camadas de gesso para *drywall* com espessura de 12,5 mm, totalizando aproximadamente uma espessura de 200 mm. As **Figuras 29** e **30** apresentam a composição em conjunto da parede externa.

Figura 29: Quadro estrutural das paredes externas com acabamento externo.



Fonte: Autor (2022).

Figura 30: Quadro estrutural das paredes externas com acabamento interno.

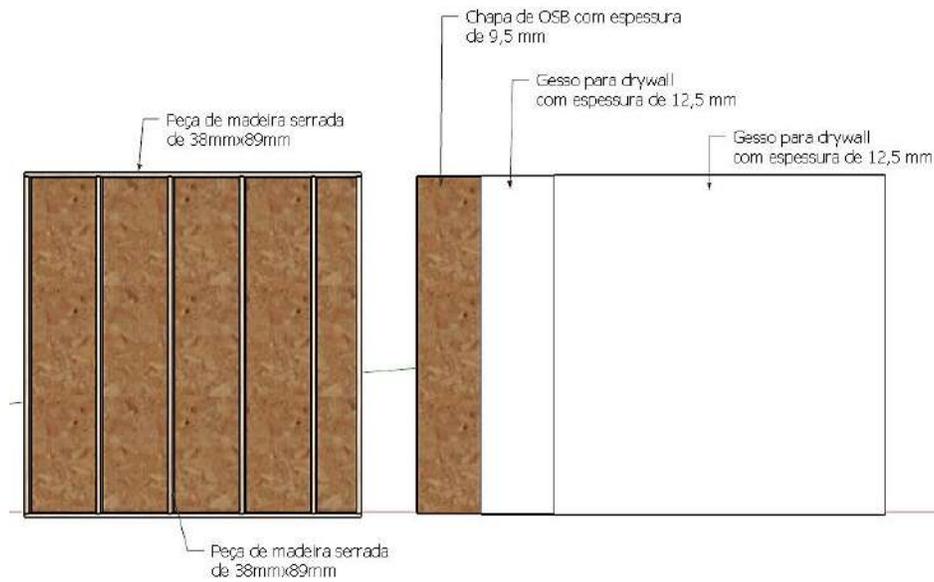


Fonte: Autor (2022).

### 8.1.2 Paredes Internas

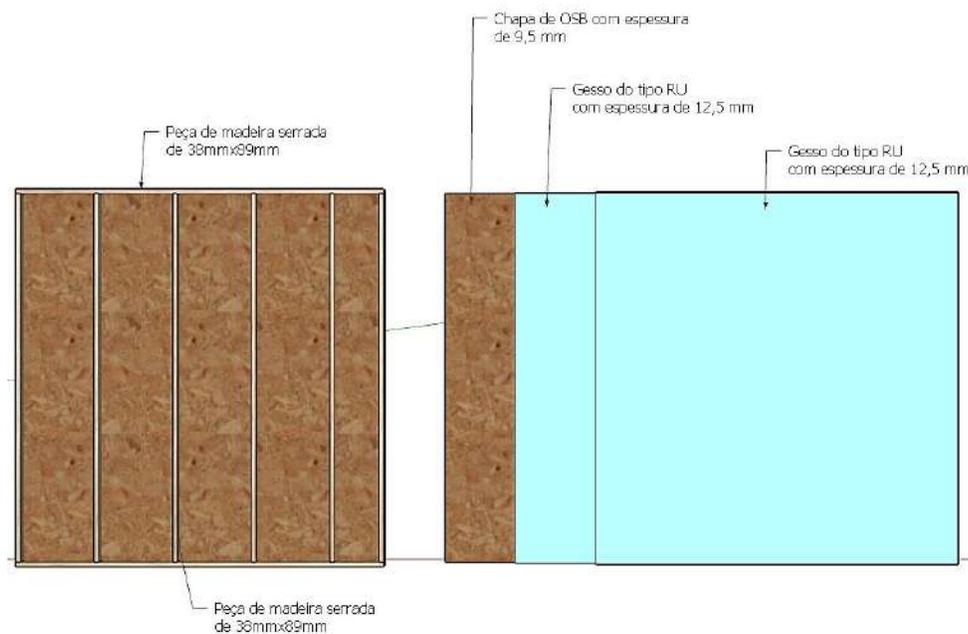
As paredes internas também são compostas por quadros estruturais com peças de madeira serrada de seção transversal 38mmx89mm e as chapas de OSB com espessura de 12,5 mm nas duas faces do quadro estrutural. Os acabamentos internos das paredes internas nas áreas secas são conformadas por duas camadas de chapas de gesso para *drywall* com espessura de 12,5 mm em cada face totalizando assim a espessura de parede aproximadamente de 158 mm. Os acabamentos internos das paredes nas áreas úmidas também recebem chapas de gesso de 12,5 mm de espessura, mas o tipo de gesso utilizado para essas áreas são chapas de gesso do tipo RU, além de placas cerâmicas assentadas com argamassa colante do tipo ACII, ou seja as placas cerâmicas cumprem a função de revestimento e proteção para esses ambientes. As **Figuras 31 e 32** apresentam a composição em conjunto da parede interna.

Figura 31: Quadro estrutural das paredes internas com acabamento interno nas áreas secas.



Fonte: Autor (2022).

Figura 32: Quadro estrutural das paredes internas com acabamento interno nas áreas úmidas.



Fonte: Autor (2022).

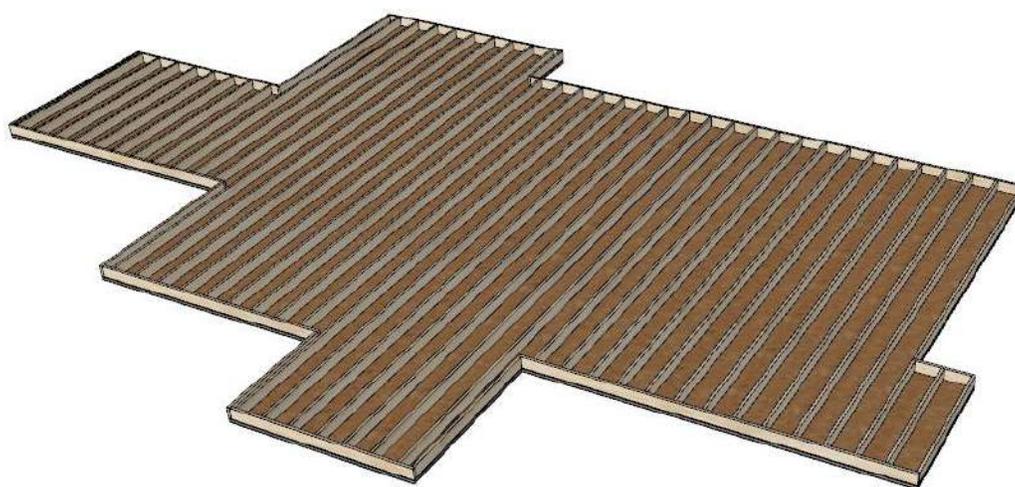
### 8.1.3 Entrepisos

Para os entrepisos dos cômodos são utilizados barrotes de 45mmx190mm (**Figura 33**) formando assim o quadro estrutural. Para o preenchimento do

mesmo são utilizadas também as chapas de OSB de 18,3 mm de espessura na face superior, isso foi implementado, tanto para as áreas secas como para as áreas úmidas, porém, nas áreas úmidas são utilizadas chapas compensados do tipo naval multilaminada em madeira pinus com uma espessura de 18mm, recebendo o tratamento com fungicida.

Sobre as chapas acima mencionadas foram implementadas o contra-piso que tem como base o cimento com espessura de 40mm e acabamento em revestimento de placas cerâmicas utilizando a mesma argamassa do tipo ACII para o assentamento.

Figura 33: Estrutura do Entrepiso.

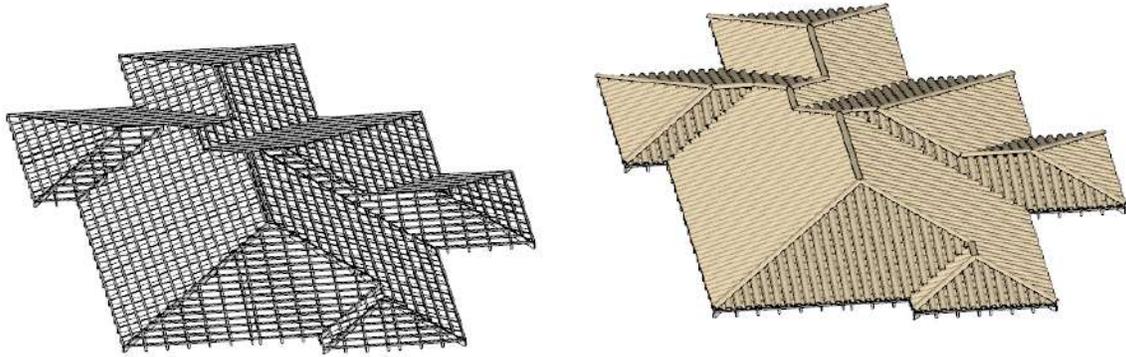


Fonte: Autor (2022).

#### 8.1.4 Cobertura

Antes da colocação das coberturas, é utilizado forro em camada dupla composto por chapas de gesso para *drywall* com espessura de 12,5 mm, sobrepostas por manta de lã de vidro. A cobertura é normalmente executada com elementos em estruturas de madeira e para o telhado são utilizadas telhas cerâmicas, como é apresentado na **Figura 34**.

Figura 34: Estrutura da Cobertura.



Fonte: Autor (2022).

### 8.1.5 Fundação

No sistema de *wood frame* pode ser utilizado qualquer tipo de fundação, já que a mesma se caracteriza por ser apresentar uma estrutura muito mais leve que as construções convencionais e apresenta cargas distribuídas uniformes, porém, os tipos de fundações mais utilizados são o radier e a sapata corrida. Para o projeto da Habitação Bioclimática Modular optou-se por sapata corrida.

### 8.1.6 Instalações elétricas e hidráulicas

As instalações elétricas e de telefonia são colocadas na parte interna das paredes, entrepisos e forros por meio dos conduítes plásticos corrugados e fixados através de braçadeiras ou fitas metálicas aparafusadas na chapa de OSB, nos barrotes e na estrutura da cobertura.

As instalações hidráulicas também são embutidas nas paredes e são utilizadas as mesmas ferramentas para a fixação dos tubos, porém, as tubulações de esgoto e abastecimento de água fria são inseridas em *shafts* posicionados na parte externa.

Figura 35: Instalações Elétricas.



Fonte: Portal Virtuhab,UFSC (2022).

Figura 36: Instalações Hidráulicas.



Fonte: Portal Virtuhab,UFSC (2022).

### 8.1.7 Condições de uso

O sistema construtivo da empresa Tecverde é destinado a edificações unifamiliares e multifamiliares de até 4 pavimentos. Nas normativas de uso fornecida aos moradores salienta-se que não é permitido realizar qualquer tipo de alterações nas paredes para posicionamento de novas aberturas, sejam elas portas ou janelas sem autorização formal do proponente, esse aspecto é mais rigoroso quando se trata de residências unifamiliares, mas também é implementado para as residências multifamiliares.

No processo das montagens das peças que conformam o quadro estrutural da parede devem atentar-se aos períodos de chuvas, já que as chapas de OSB e as chapas de gesso podem absorver umidade e isso poderá ocasionar problemas de infiltração nos ambientes (TECVERDE, 2022).

Todas as madeiras e chapas de OSB que fazem parte da estrutura do sistema devem passar por um tratamento químico com produtos e retenções mínimas conforme a ABNT NBR 16143 (2013) (TECVERDE, 2022).

## 8.2 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS APLICAS NO PROJETO

### 8.2.1 Orientação Solar

As áreas de menor permanência dos usuários (cozinha, área de serviço e banheiro) foram implantadas na fachada oeste, além disso, nessa fachada foram implantadas as paredes verdes, já que a mesma terá também a função de servir como uma barreira contra a radiação solar nessa orientação e assim minimizar o ganho de calor. Já

os dormitórios foram posicionados na fachada leste para obter o ganho de calor no período da manhã, enquanto as salas de estar e jantar foram posicionadas na orientação norte-sul.

A modulação da residência foi posicionada de acordo as condições do terreno, clima e uso das estratégias mencionadas na literatura, já que, a orientação solar influência de maneira direta no desempenho térmico das edificações, e é por isso a importância do estudo da radiação solar na fase de projeto, para a obtenção da eficiência energética, tanto no inverno como no verão e colaborar para um melhor conforto térmico e qualidade de vida dos ocupantes.

Finalmente, para evitar a radiação solar direta nas aberturas dos cômodos, principalmente na fachada norte a cobertura foi proposta um beiral de 80 cm em todo o seu perímetro da edificação, já que a mesma terá a função de sombrear as aberturas e paredes dos ambientes.

### 8.2.2 Esquadrias, Cobertura e Revestimentos

Os posicionamentos das aberturas no projeto foram de tal forma a garantir a ventilação cruzada nos ambientes, principalmente nos ambientes de maior permanência. Para o melhor desempenho térmico das esquadrias, as mesmas possuirão vidro insulado laminado cor verde de 12 mm de espessura correspondente nas fachadas em que as mesmas estão posicionadas. Além do posicionamento das aberturas, foi minimizado as aberturas envidraçadas voltados para a fachada oeste, com o objetivo de reduzir tanto o ganho de calor da tarde, principalmente no verão.

Para a cobertura, que é um elemento de grande influência nos ganhos e perdas térmicos de uma edificação, foi utilizada telhas cerâmicas de cor clara.

Em relação aos revestimentos, em todas as paredes da residência foi utilizada pintura acrílica também de cores claras, na residência 1 foi utiliza a cor branca neve que possui um fator solar de 10,2 e na residência 2 foi utilizada a cor pérola com fator solar de 22,1, de forma a estabelecer uma identidade através das cores, não repetindo a mesma.

A empresa Tecverde apresenta uma tabela baseada em estudos já realizados pela empresa, indicando as condições para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo em relação ao acabamento externo da residência, portanto, a **Figura 37** indica que o uso de cores claras para a zona bioclimática 3, nas fachadas da residência, contribui na obtenção de melhor desempenho térmico.

Figura 37: Cor do acabamento externo das paredes para a obtenção do nível de desempenho térmico mínimo para as oito zonas bioclimáticas.

Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes			
	Períodos de verão e de inverno	Período de verão		
	Condição padrão	Com ventilação	Com sombreamento	Com sombreamento e ventilação
1	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura
2	não atende	Atende com cor clara	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura
3	Atende com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura
4	Atende com cor clara	Atende com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média
5	não atende	não atende	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média
6*	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura
7*	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura
8*	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura

\* As zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 não necessitam avaliação para o período de inverno conforme ABNT NBR 15575-1.

Fonte: TECVERDE (2022).

### 8.2.3 Elevação da Edificação em Relação do Solo

Como o clima do local de estudo é predominantemente úmido, com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; inexistência de estação seca definida e precipitação média do mês mais seco superior a 60mm, para evitar que a umidade avance do solo para as residências, umas das estratégias implementadas foi elevar a edificação a 1 metro do solo, para minimizar a umidade e maximizar a ventilação natural sob o edifício. Essa elevação contribuirá também para a redução da temperatura interna dos ambientes, por meio do resfriamento que ocorrerá devido a convecção do ar em movimento ao entrar em contato com o piso.

## 9.0 CONCLUSÕES

Após o desenvolvimento do projeto proposto, foi possível atender às questões levantadas em termos de conforto térmico e eficiência energética, de forma coerente e objetiva, incluindo aspectos de adequação ao clima. Agregando estratégias bioclimáticas, para ter como consequência a redução de consumo energético e melhoria das condições de conforto ambiental.

De forma geral, as estratégias bioclimáticas empregadas incluíram o uso e a especificação correta dos materiais, o planejamento apropriado de detalhes da edificação e a aplicação das informações climáticas do local, fez com que os objetivos deste trabalho sejam cumpridos, conseguindo assim, um projeto arquitetônico que reúne os requisitos para que o mesmo configure um projeto eficiente, versátil e confortável para os moradores.

Diante disso, acredita-se que o uso desse sistema construtivo para o clima de Foz do Iguaçu pode ser sim umas das opções para as futuras construções, já que a mesma apresenta vantagens de aplicação, tais como a redução de tempo na execução, menor desperdício de materiais no canteiro de obras, elevado controle de qualidade, baixo consumo energético para a produção da matéria prima, além do fato de ser proveniente de fonte renovável.

Para o seu emprego, deve-se atentar à importância de conhecer à fundo seus componentes, processo de projeto e suas limitações, e ainda, considerar a importância de seguir as recomendações em termos de modulação, tanto para fechamentos verticais quanto horizontais, em todas as paredes propostas. Salienta-se que a modulação neste projeto não foi estritamente seguida, porém, considerando questão de economia, de recursos, etc, para trabalhos futuros recomenda-se fortemente que seja seguida modulação em todos os eixos do projeto (x, y e z), e além disso, verificar suas possibilidades de aplicação em conjunto com sistemas construtivos convencionais, quando se fizer necessário. Essa racionalização do projeto permitirá maior precisão e um maior controle e previsões mais reais em relação à execução da obra.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTARL (APRE). Disponível em: < <https://apreflorestas.com.br/>>. Acesso em 15 Ago. 2022.

ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L. E SPAROVEK, G. (2014) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711-728. DOI: <<https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>.

BRAUARDT, B. **Sistema Construtivo em Wood Frame**: Desempenho Térmico das Vedações Verticais e Potencial de Aplicação para Habitação Social em Foz do Iguaçu-PR. Dissertação (Graduação) - Universidade Federal Da Integração Latino-Americana, Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura. Foz do Iguaçu, 2016. 97p.

**CLIMATE Consultant** (versão 6.0 de 18 de outubro de 2021). Programa Climate Consultant. Sociedad de Educadores de Ciencias de la Construcción (SBSE). Disponível para download em:<<https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos** - Conforto Ambiental. Editora Revan, 1a edition, 2003.

DUARTE, V. C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina. CTC – Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 7° edição, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021**: Ano base 2020 / Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

ESPÍNDOLA, L. D. **Habitação de Interesse Social em Madeira Conforme os Princípios de Coordenação Modular e Conectividade**. Dissertação (Pós-Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2010. 173p.

ESPÍNDOLA, L. D; MORAES, P. D. **Coordenação Modular em Sistemas Leves de**

**Madeira e Sistemas Mistos.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 200?.

ESPINOZA, J. N. O; FELIPPE, S. B. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA).** Prefeitura de Foz do Iguaçu- Secretaria de Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <<https://portal.unila.edu.br/noticias/plano-municipal-de-mata-atlantica-pode-fortalecer-o-turismo-em-foz-do-iguacu/PMMAFoz.pdf>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

FOZ DO IGUAÇU. LEI COMPLEMENTAR N° 276, DECRETO No 28.447/2020, 28.455/2020 de 6 de Novembro de 2017 – Leis Municipais/ Paraná/ Foz do Iguaçu. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-foz-do-iguacu-pr>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

FREITAS, F. G. **Dimensionamento de Estrutura Composta por Perfis e Chapas de Madeira (Wood Frame).** Dissertação (Graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA. Curso de Engenharia Civil, 2018. 63p.

GEOGRAFIA DE FOZ DO IGUAÇU. **Ache Tudo e Região.** 23 Dez, 2018. Disponível em: <[https://www.achetudoeregiao.com.br/pr/foz\\_do\\_iguacu/localizacao.htm](https://www.achetudoeregiao.com.br/pr/foz_do_iguacu/localizacao.htm)>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

GIVONI, B. **Climate Considerations in building and urban design.** Canada: John Wiley & Sons, 1998.

GONÇALVES, J.C.; DUARTE, D. H. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, p. 51-81 out. /Dez. 2006. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3720>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil - uma abordagem atualizada.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC, Coleção Habitare 9. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2022). Pesquisa de População no Último Censo. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/foz-do-iguacu/panorama>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 2014.

LANHAM, A.; GAMA, P.; BRAZ, R. **Arquitetura Bioclimática:** Perspectivas de inovação e futuro. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Seminários de Inovação, 14 Jun. 2004.

LP BUILDING PRODUCTS – LP DO BRASIL. **Construção energitêmica sustentável.** Curitiba: 201. Disponível no site: < <http://www.lpbrasil.com.br/>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** São Paulo: Pini, 2001.

MARQUES, L. E. **O Papel da Madeira na Sustentabilidade da Construção.** Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. Portugal, 2008. 111p.

MOLINA, J. C; JUNIOR, C. C. **Sistema Construtivo em Wood Frame para Casas de Madeira**. Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v.31, n.2, p. 143-156, Jul./Dez. 2010.

OLIVEIRA, L. **Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: Estratégias de ventilação natural**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2006. 222p.

PROJETEE. Aquecimento Solar Passivo. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategia/aquecimento-solar-passivo/>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

RORIZ, M. **ZBBR**. Versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LABEEE. São Carlos, 2004. Disponível no site: <<https://labeee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbr>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

SACHT, H. M. et al. Análise de conforto urbano do marco das Três Fronteiras em Foz do Iguaçu-PR. **ACE: Architecture, City and Environment**, 15(43), 8295. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.15.43.8295>

WASSOUF, M. **Da Casa Passiva à Norma Passivhaus: a arquitetura passiva em climas quentes**. 1º. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2014.

SANTOS, T. R. A. **Classificação Climática de Köppen – Geiger**. Unicsul, 2018. Disponível no site: < <https://www.infoescola.com/geografia/classificacao-climatica-de-koppen-geiger/>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

SILVA, C. B; SOUZA, C. D; MORAES, I. P; OLIVEIRA, M; ENGEL. P. R. **Sistema Construtivo em Wood Frame**. Universidade Federal de Santa Catarina- Portal Virtual. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/es/wood-frame-3/>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

TECVERDE. **Tecverde**. 2022. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

VIAJE PARANÁ. **Paraná Inteligência Artificial**. Disponível em: <<https://www.viajeparana.com/Foz-do-Iguacu>>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

ZENID, G. Z. **Madeira: uso sustentável na Construção Civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009.

## APÊNDICES



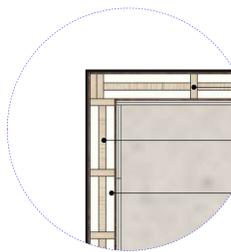
**PLANTA BAIXA**

Escala: 1/100

TABELA DE MEDIDAS - PORTAS			TABELA DE MEDIDAS - JANELAS			
CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL
P1	1,20	2,40	J1	1,00	2,10	0,30
P2	0,80	2,10	J2	1,60	1,20	0,90
P3	0,90	2,10	J3	1,80	1,20	0,90
			J4	1,00	0,80	1,60
			J5	1,80	0,80	1,20
			J6	1,00	1,20	0,90

Obs: Todas as medidas estão em metros.

**Encontro de Parede em L**

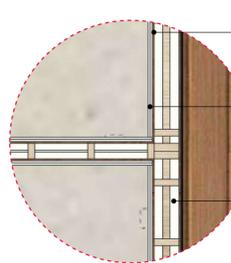


- Montante de madeira
- Travessa de madeira inferior
- Isolamento Térmico e Acústico de 50 mm de espessura

**DETALHE A**

Escala: 1/20

**Encontro de Parede em T**

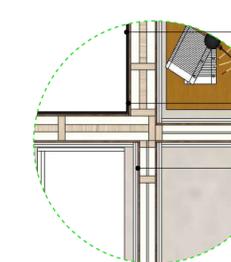


- Chapa de OSB de 9,5 mm de espessura
- Chapa de Gesso de 12,5 mm de espessura
- Isolamento Térmico e Acústico de 50 mm de espessura

**DETALHE B**

Escala: 1/20

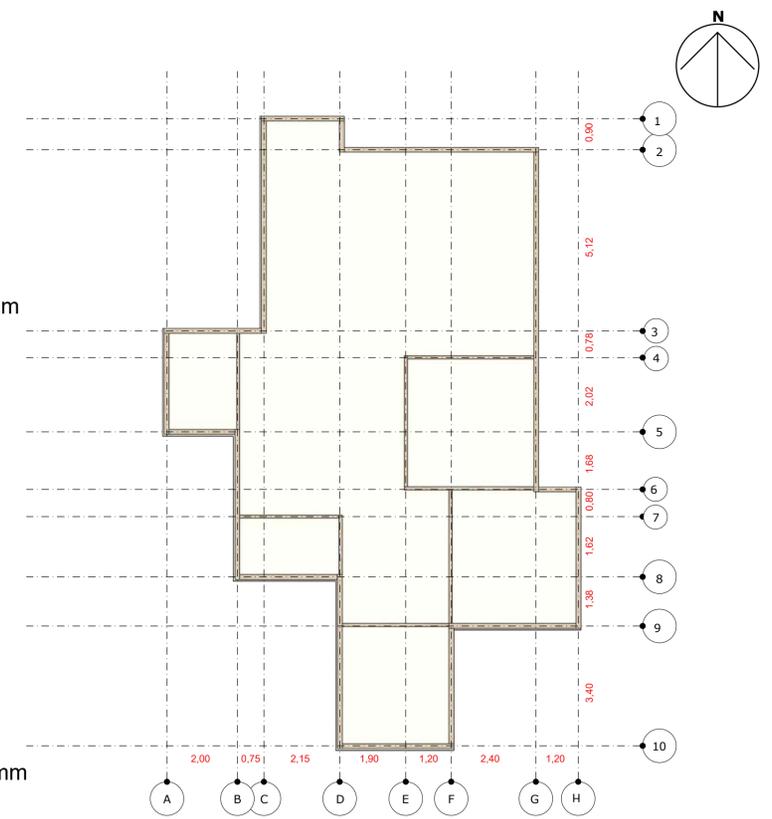
**Encontro de Parede em X**



- Argamassa Cimentícia de 5 mm de espessura
- Placa Cimentícia de 8 mm de espessura
- Chapa de OSB de 9,5 mm de espessura

**DETALHE C**

Escala: 1/20



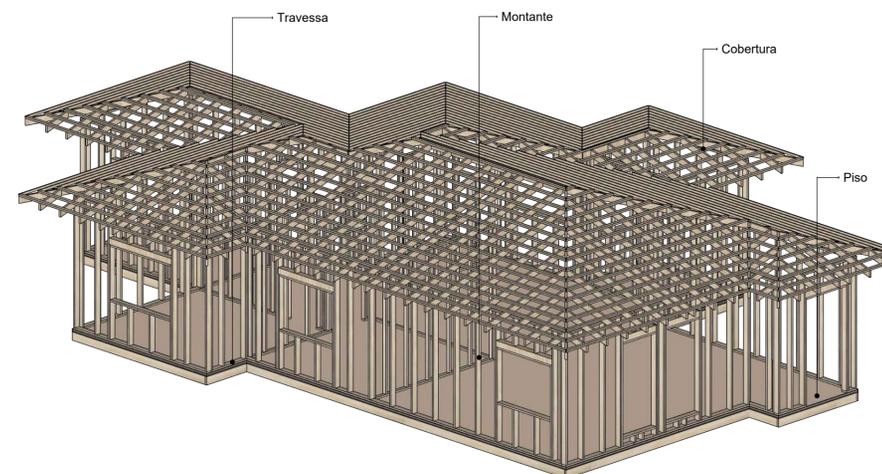
**MODULAÇÃO BASE**

Escala: 1/100



**COBERTURA**

Escala: 1/100



**PERSPECTIVA ESTRUTURAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA**

**PROJETO ARQUITETÔNICO**  
Plantas, Cortes, Fachadas

OBJETO:  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OBJETO:  
HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU - PR

LOCAL:  
RUA DAS PAPOULAS ESQUINA RUA DAS SIBIPIRUNAS, N° 331  
FOZ DO IGUAÇU - PR

DISCENTE:  
NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

ORIENTADORA:  
PROF. DRa. HELENICE MARIA SACTH

ESCALA:  
INDICADA

FOLHA:  
01/06





**ELEVAÇÃO FRONTAL (FACE NORTE)**

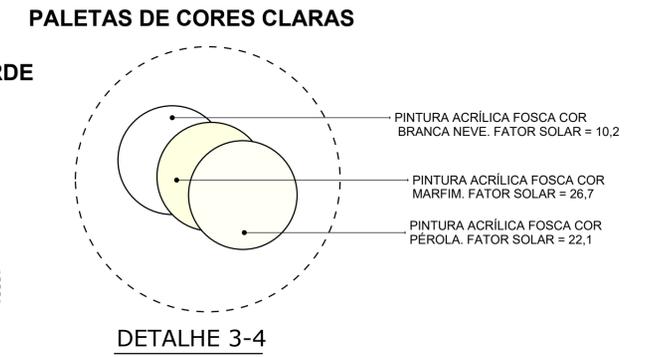
Escala: 1/75



**DETALHE 1**



**DETALHE 2**



**DETALHE 3-4**



**ELEVAÇÃO TRASEIRA (FACE SUL)**

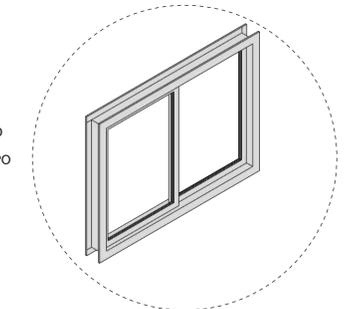
Escala: 1/75



**ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA (FACE LESTE)**

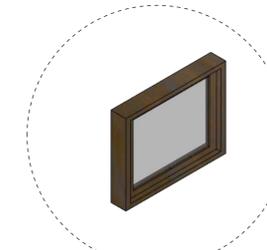
Escala: 1/75

**JANELA DE VIDRO INSULADO LAMINADO COR VERDE**



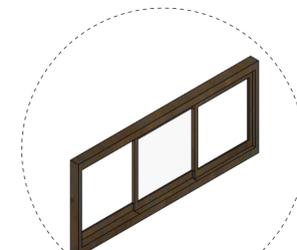
**DETALHE 5**

**JANELA DE VIDRO INSULADO LAMINADO COR VERDE**



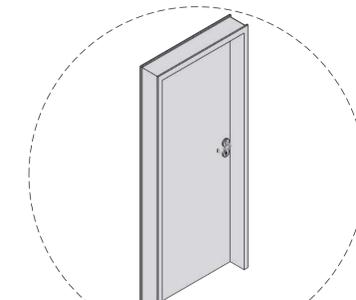
**DETALHE 7**

**JANELA DE VIDRO INSULADO LAMINADO COR VERDE**

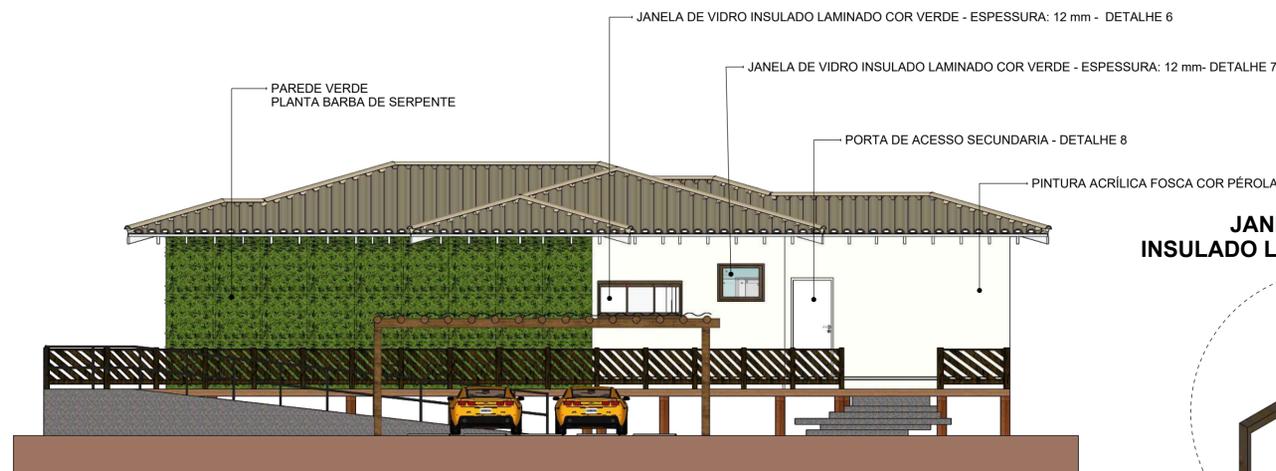


**DETALHE 6**

**PORTA DE MADEIRA COR BRANCA**



**DETALHE 8**



**ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA (FACE OESTE)**

Escala: 1/75

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA**

**PROJETO ARQUITETÔNICO**

OBJETO:  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OBJETO:  
HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU - PR

LOCAL:  
RUA DAS PAPOULAS ESQUINA RUA DAS SIBIPIRUNAS, Nº 331  
FOZ DO IGUAÇU - PR

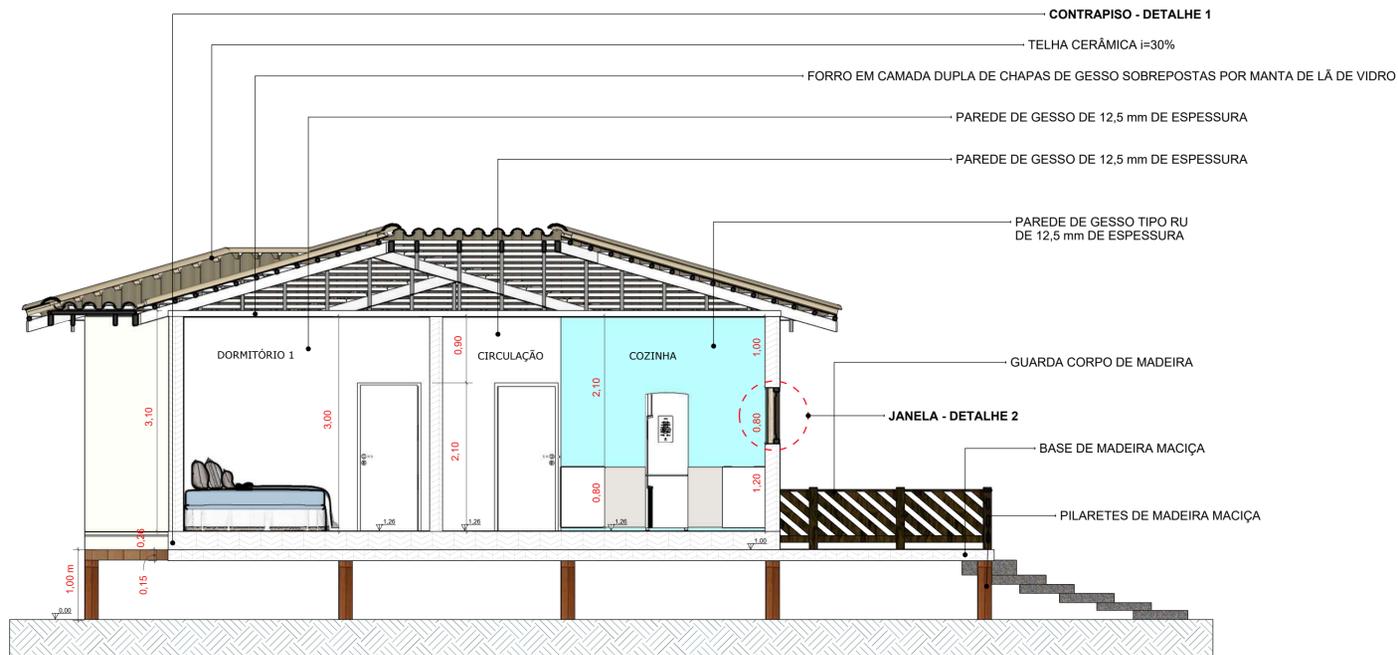
DISCENTE:  
NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

ORIENTADORA:  
PROF. DRa. HELENICE MARIA SACHT

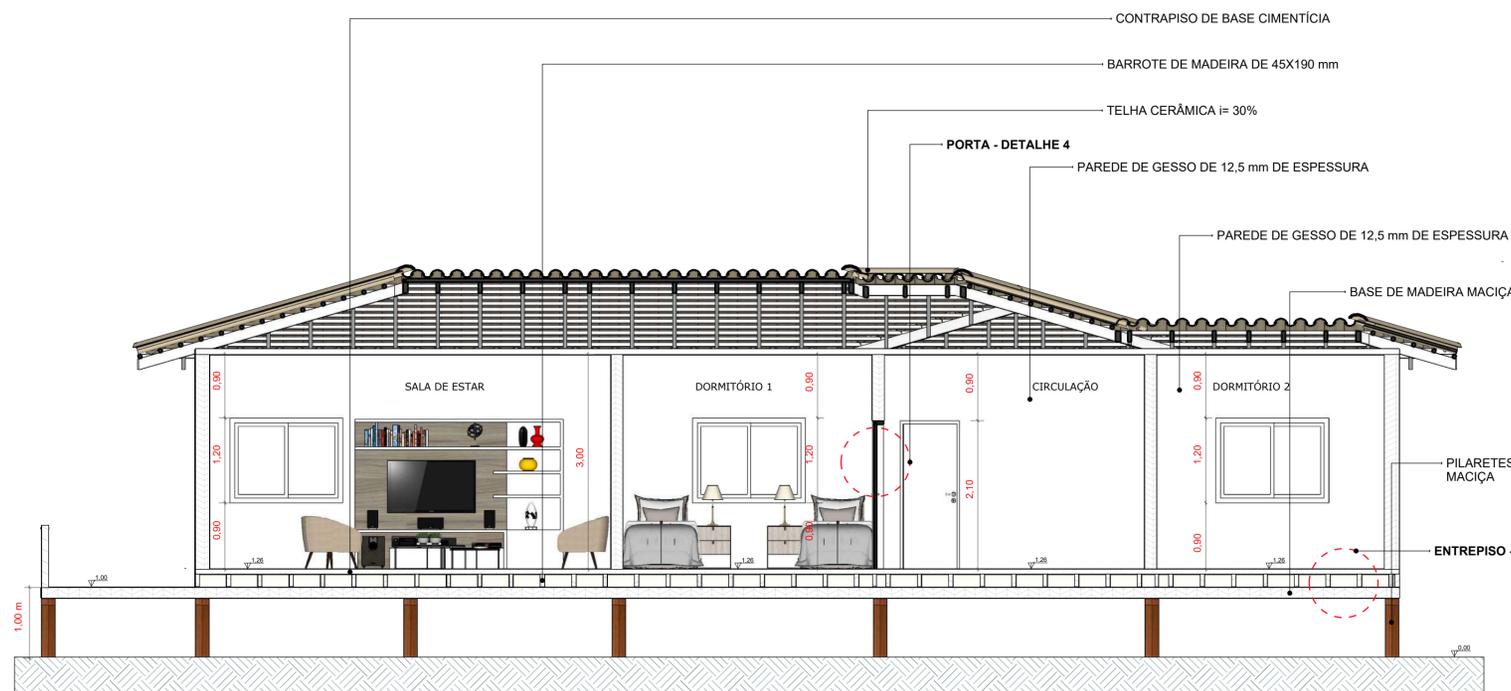
ESCALA:  
INDICADA

FOLHA:  
02/06



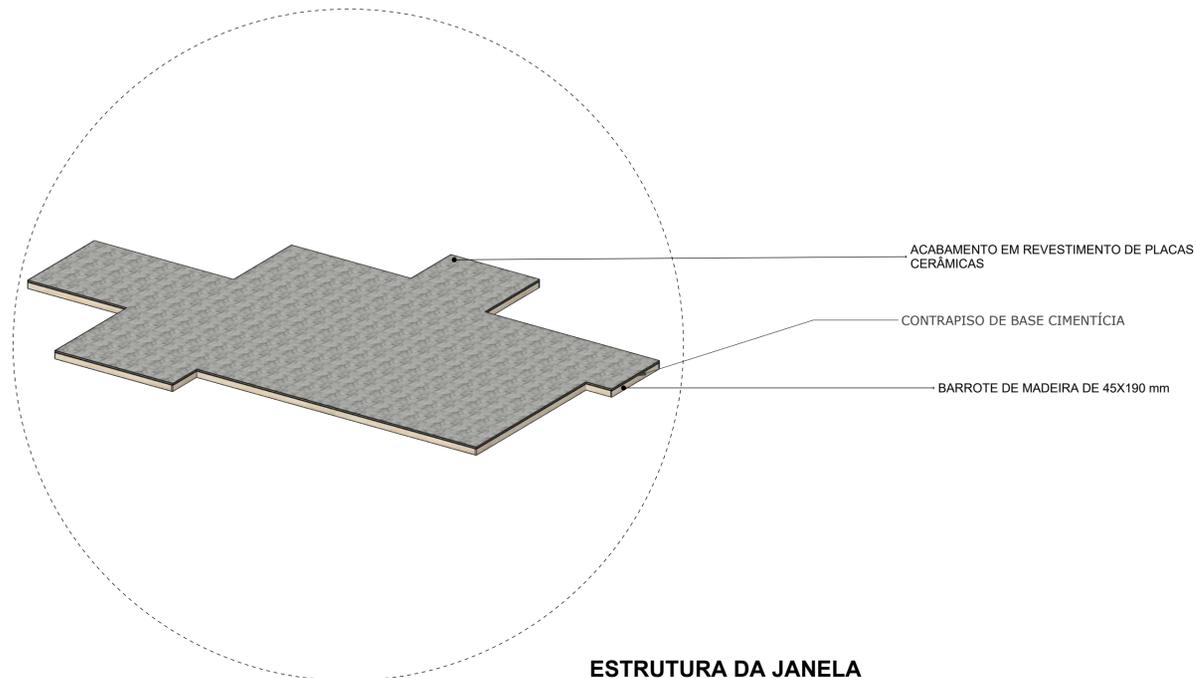


**CORTE A-A**  
Escala: 1/50



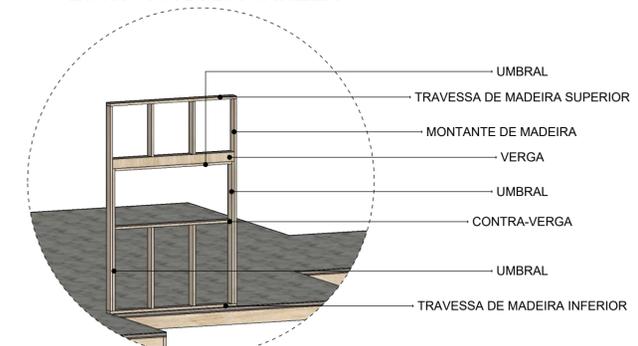
**CORTE B-B**  
Escala: 1/50

**ENTREPISO**



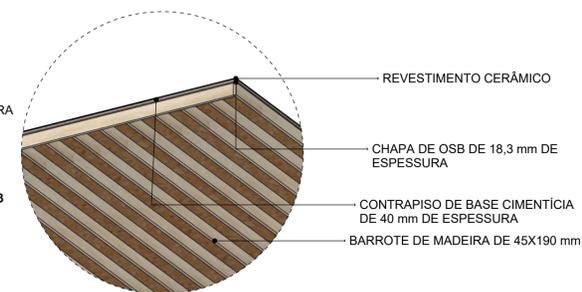
**DETALHE 1**

**ESTRUTURA DA JANELA**



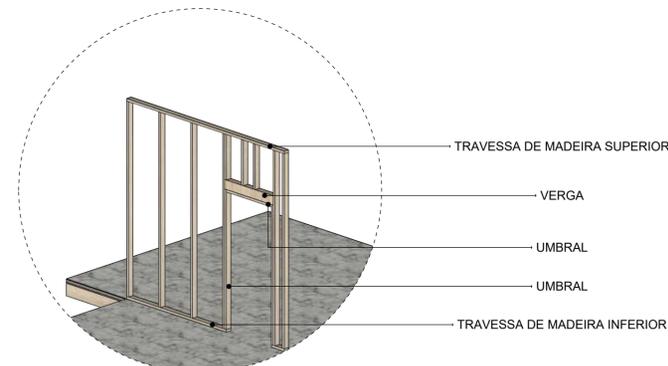
**DETALHE 2**

**ENTREPISO**



**DETALHE 3**

**ESTRUTURA DA PORTA**



**DETALHE 4**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA  
INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA**

**PROJETO ARQUITETÔNICO**

OBJETO:  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OBJETO:  
HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA  
FOZ DO IGUAÇU - PR

LOCAL:  
RUA DAS PAPOULAS ESQUINA RUA DAS  
SIBIPIRUNAS, N° 331  
FOZ DO IGUAÇU - PR

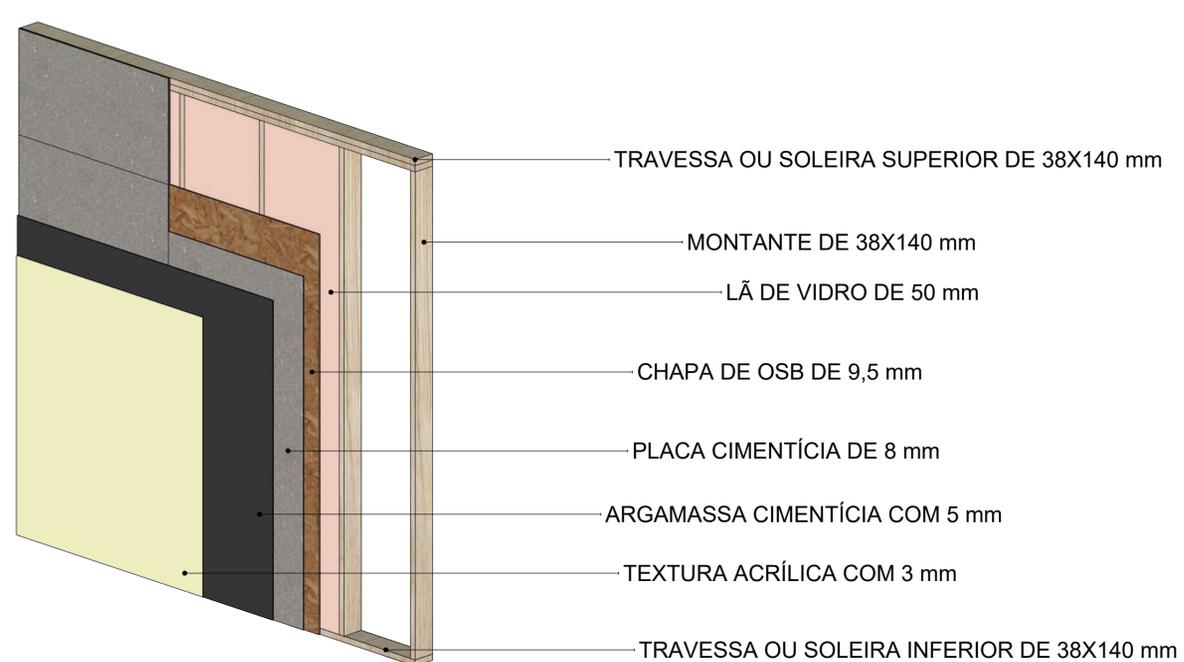
DISCENTE:  
NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

ORIENTADORA:  
PROF. DRa. HELENICE MARIA SACTH

ESCALA:  
INDICADA

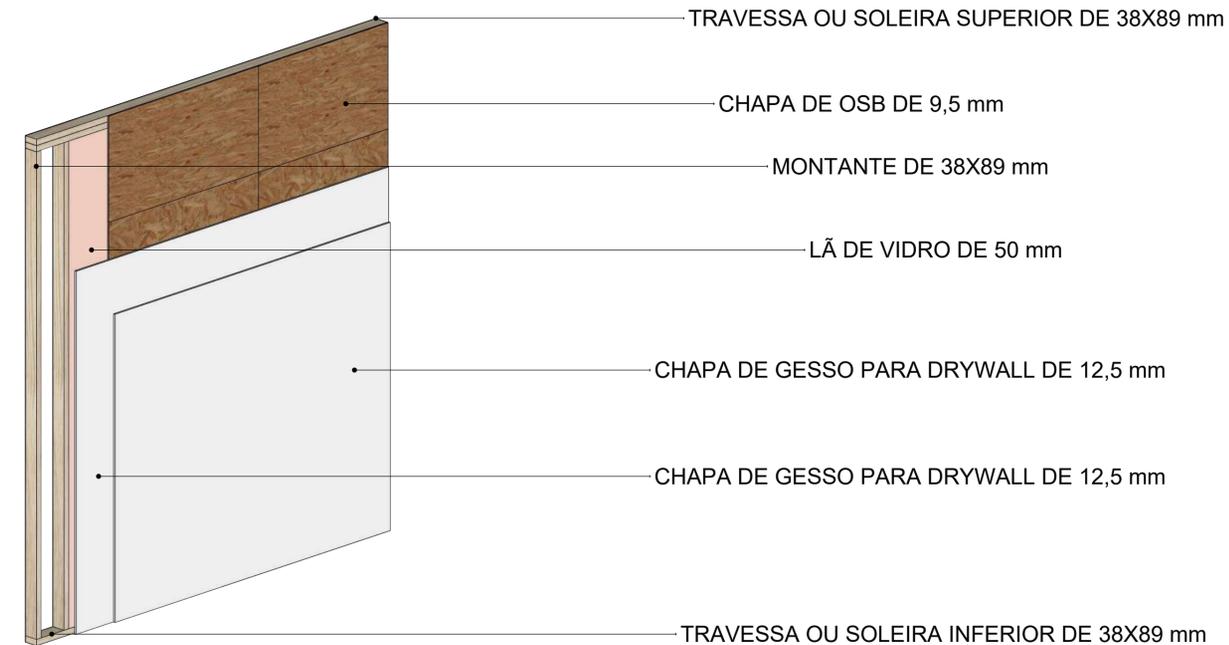
FOLHA:  
03/06





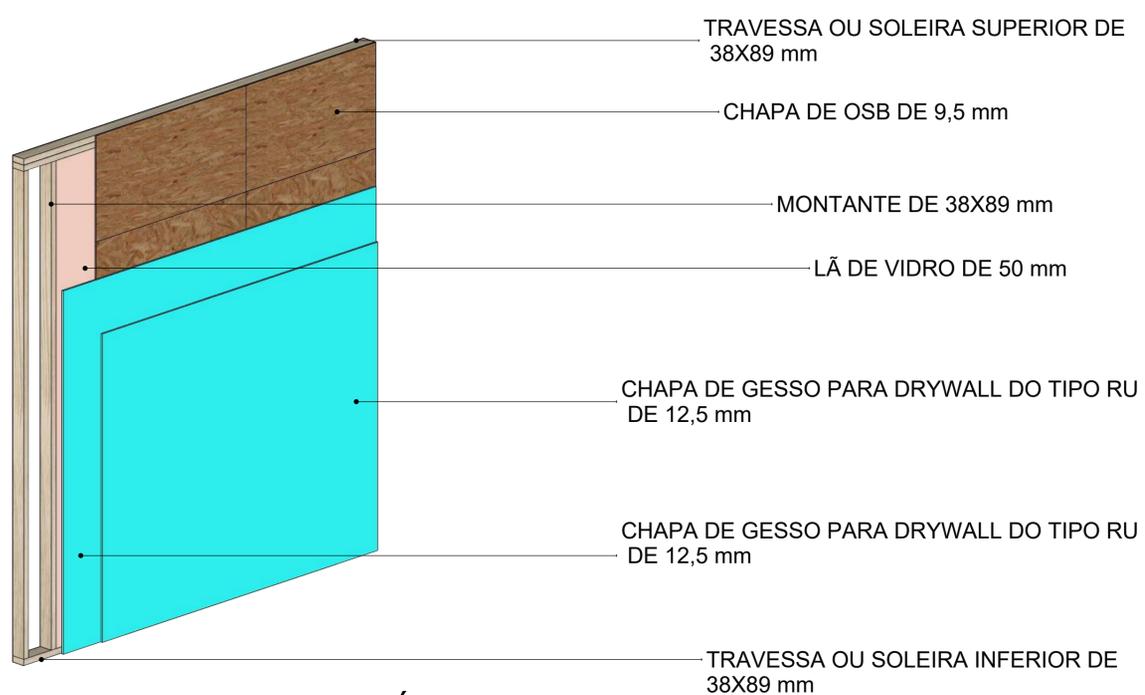
- TRAVESSA OU SOLEIRA SUPERIOR DE 38X140 mm
- MONTANTE DE 38X140 mm
- LÃ DE VIDRO DE 50 mm
- CHAPA DE OSB DE 9,5 mm
- PLACA CIMENTÍCIA DE 8 mm
- ARGAMASSA CIMENTÍCIA COM 5 mm
- TEXTURA ACRÍLICA COM 3 mm
- TRAVESSA OU SOLEIRA INFERIOR DE 38X140 mm

**DETALHE DA PAREDE EXTERNA**



- TRAVESSA OU SOLEIRA SUPERIOR DE 38X89 mm
- CHAPA DE OSB DE 9,5 mm
- MONTANTE DE 38X89 mm
- LÃ DE VIDRO DE 50 mm
- CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL DE 12,5 mm
- CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL DE 12,5 mm
- TRAVESSA OU SOLEIRA INFERIOR DE 38X89 mm

**DETALHE DA PAREDE INTERNA SECA**



- TRAVESSA OU SOLEIRA SUPERIOR DE 38X89 mm
- CHAPA DE OSB DE 9,5 mm
- MONTANTE DE 38X89 mm
- LÃ DE VIDRO DE 50 mm
- CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL DO TIPO RU DE 12,5 mm
- CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL DO TIPO RU DE 12,5 mm
- TRAVESSA OU SOLEIRA INFERIOR DE 38X89 mm

**DETALHE DA PAREDE INTERNA ÚMIDA**

MATERIAL	IMAGEM
PERFIL DE MADEIRA DE 38X140 MM E 38X89MM	
LÃ DE VIDRO	
CHAPA DE OSB	
PLACA CIMENTÍCIA	
ARGAMASSA CIMENTÍCIA	
TEXTURA ACRÍLICA	
PLACA DE GESSO	
PLACA DE GESSO DO TIPO RU	

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA**

**PROJETO ARQUITETÔNICO**

OBJETO:  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OBJETO:  
HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU - PR

LOCAL:  
RUA DAS PAPOULAS ESQUINA RUA DAS SIBIPIRUNAS, N° 331  
FOZ DO IGUAÇU - PR

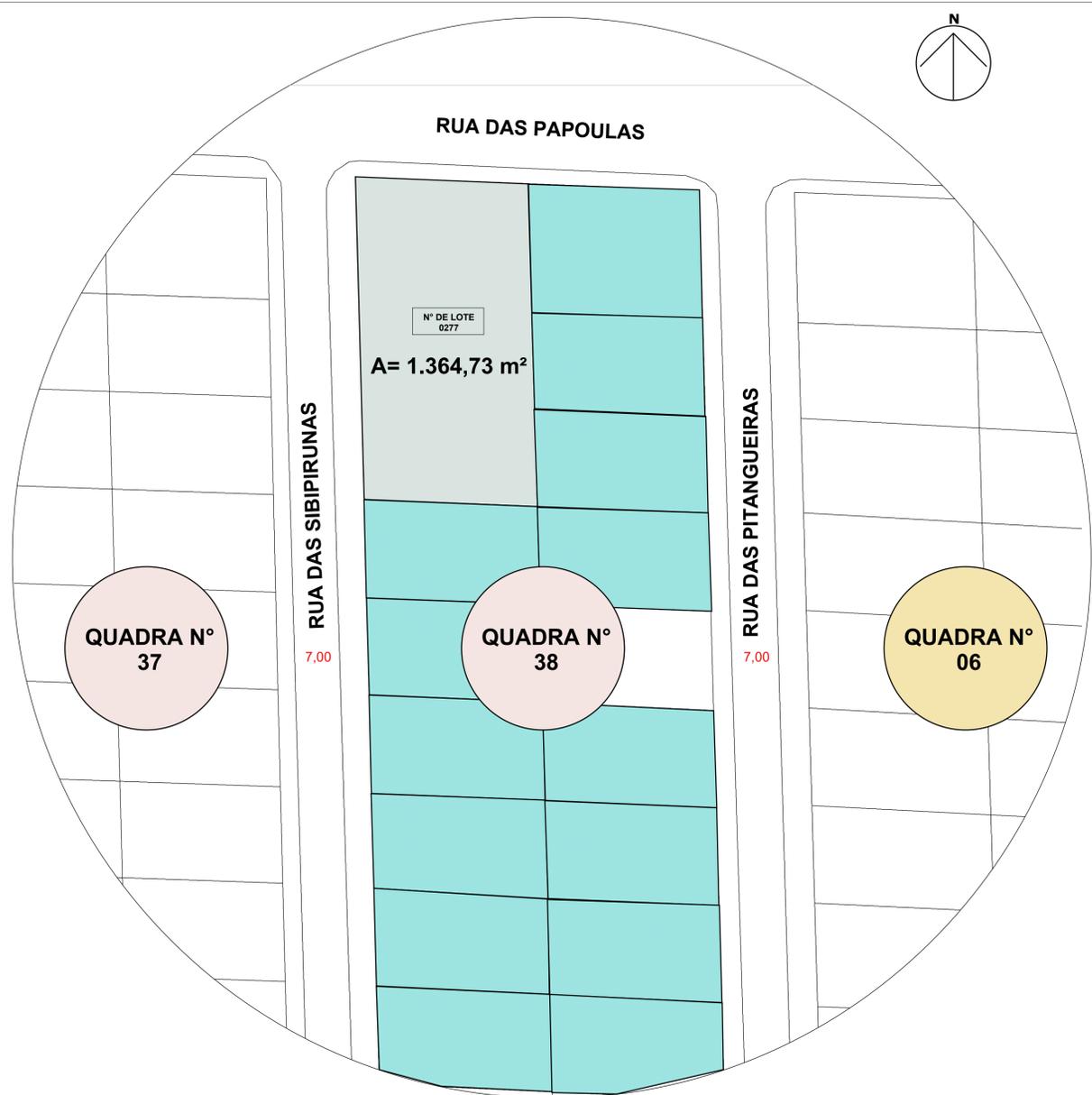
DISCENTE:  
NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

ORIENTADORA:  
PROF. DRa. HELENICE MARIA SACTH

ESCALA:  
INDICADA

FOLHA:  
04/06





**PLANTA DE IMPLANTAÇÃO**

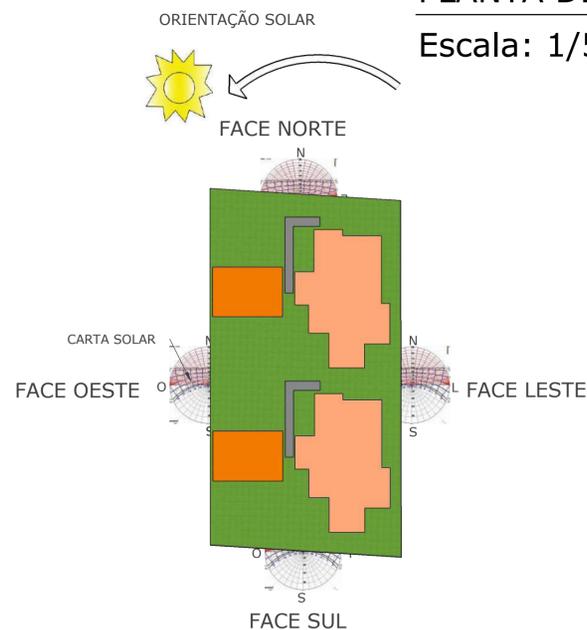
Escala: 1/200

**PLANTA DE SITUAÇÃO**

Escala: 1/500

ÍNDICES URBANÍSTICOS DA ÁREA DE INTERVENÇÃO			
	ÁREA CONSTRUÍDA	ÁREA DO TERRENO	1.364,73 m <sup>2</sup>
<b>TÉRREOS</b>	235,84 m <sup>2</sup>	<b>TAXA DE OCUPAÇÃO</b>	37,50 %
<b>PERGOLADOS</b>	139,59 m <sup>2</sup>	<b>COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO</b>	0,27
<b>ÁREA TOTAL</b>	375,43 m <sup>2</sup>	<b>TAXA DE PERMEABILIDADE</b>	80,25 %
<b>ZONA</b>	ZONA RESIDENCIAL DE BAIXA DENSIDADE ZR-2		

NOTA: Os afastamentos laterais são de 1,50 metros, o afastamento de fundo 1,5 metros e o afastamento frontal de 3,00 metros.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA**

**PROJETO ARQUITETÔNICO**

OBJETO:  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OBJETO:  
HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA  
FOZ DO IGUAÇU - PR

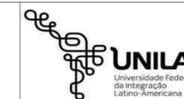
LOCAL:  
RUA DAS PAPOULAS ESQUINA RUA DAS  
SIBIPIRUNAS, N° 331  
FOZ DO IGUAÇU - PR

DISCENTE:  
NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

ORIENTADORA:  
PROF. DRa. HELENICE MARIA SACTH

ESCALA:  
INDICADA

FOLHA:  
05/06





VISTA 3D - RENDER 1



VISTA 3D - RENDER 2



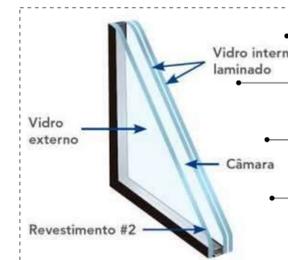
VISTA 3D - RENDER 3

**PLANTA- PAREDE VERDE**



Nome Popular: Barba de Serpente  
 Nome Científico: Ophiopogon jaburan  
 Ciclo de vida: Perene  
 Da flores no verão  
 Adapta-se ao clima Continental, Mediterrâneo,  
 Subtropical e Tropical  
 Exposta em meia sombra e sol pleno  
 Origem: China e Japão

**VIDRO INSULADO LAMINADO**



Melhora o desempenho térmico

Diminui em cerca de 50 % a transferência de calor para dentro do ambiente.

Maior proteção contra os raios UV

Melhor desempenho acústico e maior segurança

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA**

**PROJETO ARQUITETÔNICO**

OBJETO:  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OBJETO:  
HABITAÇÃO BIOCLIMÁTICA MODULAR PARA FOZ DO IGUAÇU - PR

LOCAL:  
RUA DAS PAPOULAS ESQUINA RUA DAS SIBIPIRUNAS, N° 331  
FOZ DO IGUAÇU - PR

DISCENTE:  
NESTOR RODRIGO GONZÁLEZ MEQUERT

ORIENTADORA:  
PROF. DRa. HELENICE MARIA SACTH

ESCALA:  
INDICADA

FOLHA:  
06/06

