

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA - EE**

**PROJETO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR COM A  
INCORPORAÇÃO DE REQUISITOS DE DESEMPENHO, UTILIZANDO O  
SISTEMA DE ALVENARIA ESTRUTURAL E PROCESSO BIM, PARA EXTRAÇÃO  
DE QUANTITATIVOS**

**RELATÓRIO DE PROJETO**

**ABRIL/2023**

**Maira Cordeiro Machado da Silva**

(00217469)

[mairacordeiro.machado@gmail.com](mailto:mairacordeiro.machado@gmail.com)

**PROJETO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR COM A  
INCORPORAÇÃO DE REQUISITOS DE DESEMPENHO, UTILIZANDO O  
SISTEMA DE ALVENARIA ESTRUTURAL E PROCESSO BIM, PARA EXTRAÇÃO  
DE QUANTITATIVOS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
Do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
Título de Engenheira Civil.

Orientador (a): Professora Luciani Somensi Lorenzi

Coorientador (a): Professora Laís Zucchetti

**ABRIL/2023**



**Maira Cordeiro Machado da Silva**

(00217469)

[mairacordeiro.machado@gmail.com](mailto:mairacordeiro.machado@gmail.com)

**PROJETO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR COM A  
INCORPORAÇÃO DE REQUISITOS DE DESEMPENHO, UTILIZANDO O  
SISTEMA DE ALVENARIA ESTRUTURAL E PROCESSO BIM, PARA EXTRAÇÃO  
DE QUANTITATIVOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**ABRIL/2023**

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)**

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Orientador/a

**Profa. Laís Zucchetti (UFRGS)**

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Coorientador/a

**Profa. Morgane Bigolim (UFRGS)**

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

**Eng. Dimas Rodrigues de Sena (UFRGS)**

Eng. Civil pela Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Dedico esse trabalho aos meus familiares e amigos.  
Em especial ao meu sobrinho Enzo e minha Avó Conceição.

Vocês moram em meu coração.

***“Se você quer ir rápido, vá sozinho.***

***Se quiser ir longe, vá acompanhado.”***

Provérbio Africano

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Professora Laís Zucchetti e a Professora Luciani Somensi Lorenzi, coorientadora e orientadora deste trabalho, por terem dedicado seu tempo, auxiliando no desenvolvimento deste projeto, contribuindo com seus conhecimentos. Acima de tudo, agradeço o amparo, o incentivo e a empatia que foram fundamentais para a realização desse trabalho.

Agradeço a minha mãe, pelas conversas, companheirismo e cumplicidade. Ao meu pai por todo esforço investido na minha educação. As minha irmãs Janine e Yasmin, pela amizade e atenção dedicada quando sempre precisei. Ao meu namorado Kahê Maya por estar comigo durante esses 10 anos, na luta em busca desse sonho.

Agradeço aos meus amigos Isack, Leonardo, Kátia, Tamara e Vitória, sem os quais eu não chegaria até aqui, pelas palavras de apoio e carinho.

Agradeço a Arquiteta Cláudia Nicolini por contribuir enormemente na construção do modelo de projeto, essencial para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço a coordenadora Kethelin pelos conselhos e incentivos, durante os períodos mais sensíveis que vivenciei.

Agradeço a todos da Technique pelo apoio, cuidado e confiança.

Agradeço imensamente a todos que de alguma forma fizeram parte dessa jornada, incentivando-me nos momentos mais difíceis.

## RESUMO

A necessidade de implementação de um sistema que integre todas as etapas de um projeto em todo o seu ciclo de vida é cada vez mais necessário, assim como automatização dos processos durante o desenvolvimento do projeto até a sua compatibilização. Com a aplicação da Metodologia BIM nos processos das etapas de projeto, tende-se a gerar modelos mais precisos em um ambiente mais coordenado e produtivo. Este trabalho tem como objetivo, abordar o desenvolvimento de um projeto de uma unidade habitacional unifamiliar em alvenaria estrutural não-modular, incorporando os requisitos de desempenho no projeto arquitetônico e elaboração de quantitativos a partir do modelo BIM. O processo inicia-se com o estudo das condicionantes de projeto, seguindo para a análise dos sistemas construtivos predefinidos e posteriormente passando pelas áreas temáticas de desempenho quanto a incêndio, desempenho acústico, desempenho térmico, desempenho quanto a estanqueidade, até a extração dos quantitativos de alguns dos elementos dos sistemas construtivos. Com o auxílio do Software, 3D de modelagem BIM Revit ® 2020 da Autodesk®, desenvolveu-se o modelo paramétrico utilizando blocos não-modulares da família M15. Ao final do processo percebeu-se que o BIM facilita os processos de um projeto desde que se tenham predefinições estabelecidas quanto as informações do projeto, bem como o software de modelagem utilizado deve estar com as configurações alinhadas às necessidades do projeto. Além de terem sido extraídos os quantitativos de alguns dos elementos do sistema de piso, sistema de cobertura, sistema de vedação vertical externo e esquadrias internas e externas.

**Palavras-chave:** BIM; Projeto; Desempenho; Alvenaria Estrutural.

## **ABSTRACT**

The need to implement a system that integrates all stages of a project throughout its life cycle is increasingly necessary, as well as the automation of processes during the development of the project until its compatibility. With the application of the BIM Methodology in the processes of the design stages, there is a tendency to generate more accurate models in a more coordinated and productive environment. This work aims to address the development of a project for a single-family housing unit in non-modular structural masonry, incorporating the performance requirements in the project design and the preparation of quantities from the BIM model. The process begins with the study of design constraints, proceeding to the analysis of predefined building systems and subsequently going through the thematic areas of performance in terms of fire, acoustic performance, thermal performance, performance in terms of tightness, until the occurrence of the quantitative of some of the elements of building systems. With the help of the Software, 3D BIM modeling Revit ® 2020 from Autodesk®, the parametric model was developed using non-modular blocks of the M15 family. At the end of the process, it was heard that BIM facilitates the processes of a project if it has protected presets regarding project information, as well as the modeling software used must have the settings defined for the needs of the project. In addition to extracting the quantities of some of the elements of the floor system, roofing system, external vertical sealing system and internal and external frames.

**Keywords:** BIM, Project, Performance, Structural Masonry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – População de Balneário Pinhal em relação ao demais localidades do estado .....	23
Figura 2 - Localização de Balneário Pinhal no Estado do Rio Grande do Sul.....	24
Figura 3 - Limites de Balneário Pinhal.....	24
Figura 4 - Pirâmide Etária - 2010 .....	25
Figura 5 - Imagem 3D da localização do terreno em relação ao mar .....	26
Figura 6- Terreno para incorporação .....	26
Figura 7 - Ângulo de orientação em relação ao norte geográfico .....	27
Figura 8 - Carta solar da fachada Norte.....	28
Figura 9 - Carta solar da fachada Oeste.....	28
Figura 10 - Carta solar da fachada Sul .....	29
Figura 11 - Carta solar da fachada Leste .....	29
Figura 12 - Área de lotes urbanos de Balneário Pinhal no entorno do terreno para incorporação .....	30
Figura 13 - Funcionograma .....	34
Figura 14 - Camadas de revestimento sobre substrato .....	35
Figura 15 - Blocos de Concreto Família 15x40 - Classe B $4,0 \leq f_{bk} < 8,0$ com função estrutural .....	37
Figura 16 - Processo de aplicação do método simplificado para desempenho térmico .....	39
Figura 17 - Zoneamento bioclimático Brasileiro.....	50
Figura 18 - Sistema de Laje maciça (10cm), câmara de ar (>5cm) e telha de fibrocimento....	51
Figura 19 - Estrutura do SVVE analisado para desempenho térmico .....	62
Figura 20 - Estrutura de parede drywall com estupeira de 98mm.....	65
Figura 21 - Gráfico de isopleias da velocidade básica do vento ( $V_0$ ), em /s, no Brasil.....	70
Figura 22 - Gráfico Rosa dos Ventos .....	72
Figura 23 - Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 9h na localidade do projeto .....	76
Figura 24 - Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 12h na localidade do projeto .....	76
Figura 25-Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 14h na localidade do projeto .....	77
Figura 26-Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 15h na localidade do projeto .....	77

Figura 27-Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 16h na localidade do projeto .....	78
Figura 28 – Tipologia do vidro utilizado nas esquadrias externas .....	80

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do Terreno .....	31
Quadro 2 - Ocupação e Parcelamento de Solo para a Zona Residencial 1 .....	32
Quadro 3 - Resumo das características dos blocos da Família 15x40 - Classe B .....	36
Quadro 4 - Classificação dos materiais que compõem as camadas do sistema de piso .....	42
Quadro 5 - Classificação do sistema de piso .....	43
Quadro 6 - Classificação da camada de acabamento, incluindo todas as camadas subsequentes que podem interferir no comportamento do piso.....	44
Quadro 7 - Resumo da compatibilização entre requisitos e critérios da NBR15575-4 (ABNT, 2021) e os resultados da FAD N (2015) .....	47
Quadro 8 - Classificação dos materiais para o sistema de cobertura.....	48
Quadro 9 - Classificação dos materiais especiais com base na BS EM 13823 que não podem ser caracterizados através da ABNT NBR 9442 (ABNT, 2019).....	49
Quadro 10 - Classificação dos materiais de acordo com o método da NBR 9442 (ABNT, 2019) .....	49
Quadro 11 - Comparativo dos valores de referência dados de Transmitância térmica (U) e Capacidade térmica (CT) em norma do desempenho térmico, da combinação dos sistemas de cobertura e laje, e os resultados encontrados no catálogo da PBE 2017 .....	51
Quadro 12 - Nível de desempenho para estanqueidade de telhas.....	52
Quadro 13 - Tipologia do forro de gesso acartonado .....	54
Quadro 14 - Resumo da compatibilização entre requisitos e critérios da NBR15575-5 e os resultados da FAD 05 e o catálogo do INMETRO nº 50 para o sistema de cobertura.....	54
Quadro 15 - Classificação dos materiais referentes a face interna dos sistemas de vedações verticais com base no método ABNT NBR 9442 .....	56
Quadro 16 - Classificação dos materiais referentes a face interna dos sistemas de vedações verticais com base no método EN 13823 .....	57
Quadro 17 - Tempo requerido de resistência ao fogo .....	58
Quadro 18 - Valores de Referência para Transmitância térmica e Capacidade térmica de paredes externas.....	59
Quadro 19 - Valores mínimos de referência para o parâmetro “diferença padronizada de nível ponderada” da vedação externa de dormitório .....	59
Quadro 20 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, da vedação externa de dormitório .....	60



Quadro 21 – Formação das paredes internas e externas da alvenaria estrutural.....	60
Quadro 22 - Ensaios para análise de desempenho quanto à incêndio .....	61
Quadro 23 - Ensaio para análise de desempenho térmico .....	62
Quadro 24 - Análise de desempenho Bloco Brasil.....	62
Quadro 25 – Resultados da análise de desempenho do SVVE.....	62
Quadro 26 - Ensaios para análise de desempenho acústico.....	63
Quadro 27 – Característica da parede drywall utilizada no projeto .....	65
Quadro 28 - Resultados para a avaliação da reação da face interna dos SVVI e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústivos.....	67
Quadro 29 - Tipologia das Janelas e suas características .....	68
Quadro 30 - Tipologia das Portas e suas características.....	68
Quadro 31 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachada) e esquadrias .....	69
Quadro 32 - Nível de desempenho das esquadrias quanto ao seu uso (janelas).....	70
Quadro 33 - Requisitos mínimos para (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995)e componentes resistentes à umidade (RU).....	71
Quadro 34 - Percentual de abertura de referência para ventilação .....	72
Quadro 35 - Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2.....	73
Quadro 36 - Área das janelas e a localização nos níveis cada ambiente .....	74
Quadro 37 - Área das portas e a localização nos níveis cada ambiente .....	74
Quadro 38 - Proporção de referência dos elementos transparentes.....	75
Quadro 39 - Percentual de transparência das APP .....	75
Quadro 40 - Tipo de vidro, fabricante, produto e características térmicas.....	80
Quadro 41 - Resultados em $R_w$ e as respectivas classificações de desempenho.....	81
Quadro 42 - Especificação das portas isolantes acústicas por nível de desempenho, ocupação e uso.....	82
Quadro 43 – Levantamento do quantitativo de blocos .....	83
Quadro 44 – Levantamento do quantitativo de esquadrias - Janelas.....	83
Quadro 45 – Levantamento do quantitativo de esquadrias - Portas .....	84
Quadro 46 – Levantamento do quantitativo de argamassa assentamento, chapisco, reboco e pintura externa e interna .....	84
Quadro 47 – Levantamento do quantitativo de lajes .....	85
Quadro 48 – Levantamento do quantitativo de revestimento cerâmico externo e interno e contrapisos.....	85
Quadro 49 – Levantamento do quantitativo de telhas .....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas

APP - Ambientes de Permanência Prolongada

ASTM- *American Society For Testing and Materials* (Sociedade Americana de Testes e Materiais)

BIM - *Building Information Modeling*

FADs - Fichas de Avaliação de Desempenho

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

IFC - *Industry Foundation Classes*

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO - Organização da informação da construção

MDIC - Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

NBR - Normas Brasileiras

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

PDDUA - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental

PI - Permeabilidade inicial

PMBP - Plano Diretor de Balneário Pinhal

PMBP – Prefeitura Municipal de Balneário Pinhal

RF- Resistentes ao fogo

RU - Resistência à Umidade

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SVV - Sistemas de vedação vertical

SVVE - Sistema de Vedação Vertical Externa

SVVI - Sistema de Vedação Vertical Interna

SVVIE - Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa

TO - Taxa de Ocupação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS .....	19
1.2	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	19
1.2.1	O projeto e seus sistemas .....	19
1.2.2	O projeto arquitetônico quanto a incorporação de desempenho .....	19
1.2.3	O projeto de modulação do sistema de vedação vertical .....	20
1.2.4	O projeto para extração de quantitativos .....	20
1.3	LIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	20
1.4	DELINEAMENTO DO TRABALHO .....	21
<b>2</b>	<b>PROJETO DA EDIFICAÇÃO .....</b>	<b>22</b>
2.1	ASPECTOS FÍSICOS-CONSTRUÍDOS .....	23
2.2	ASPECTOS NATURAIS.....	26
2.3	ASPECTOS LEGAIS .....	30
2.3.1	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental – PDDUA e Código de Obras da Cidade ..	30
2.4	PROGRAMA DE NECESSIDADES .....	33
2.5	FUNCIONOGRAMA.....	34
2.6	PARTIDOS .....	34
<b>3</b>	<b>PROJETO DE MODULAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
3.1	SISTEMA CONSTRUTIVO: ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO .....	35
<b>4</b>	<b>DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO E SEUS SISTEMAS .....</b>	<b>38</b>
4.1	DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO .....	38
4.1.1	Desempenho Térmico .....	39
4.1.2	Desempenho Acústico .....	40
4.1.3	Desempenho quanto à estanqueidade .....	40
4.1.4	Desempenho quanto à segurança contra incêndio .....	40
4.2	DESEMPENHO DOS SISTEMAS.....	41
4.2.1	Sistema de piso (entrepiso) .....	41
4.2.2	Sistema de cobertura.....	47
4.2.3	Sistema de vedação vertical externo (SVVE) – Paredes Externas.....	55
4.2.4	Sistema de Vedação Vertical Interna (SVVI) .....	64
4.2.5	Esquadrias.....	68
<b>5</b>	<b>LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS .....</b>	<b>82</b>
5.1	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS .....	83
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>

7	REFERÊNCIAS .....	88
8	APÊNDICES.....	93
9	ANEXOS .....	95

# 1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM - *Building Information Modeling*), pode ser considerada uma mudança de grande importância na prática de projeto. Prática esta, que nos redireciona para um novo caminho no desenvolvimento de projeto. Eastman fala a respeito da mudança dos aspectos tradicionais de produção de desenho para a automação parcial de modelos de construção, reorganizando as etapas de trabalho de um determinado projeto de construção, dando ênfase na fase de concepção deste projeto (EASTMAN, et al., 2014).

A tecnologia BIM, proporciona a criação de modelos de informações para todas as etapas de um projeto de construção, através de informações integradas em base de dados compartilhadas. E ao decorrer da vida útil desse projeto são gerenciados e analisados todos os seus aspectos de forma minuciosa (GARIBALDI, 2020).

Campestrini, et al. (2015), ressalta que “com o BIM é possível contratar uma única equipe de projetos e ainda ter inúmeros projetos diferentes até a definição das melhores soluções[.]”. Ele ainda enfatiza que os projetos antes entregues com soluções individuais (cada envolvido entrega sua parte) sofrerão uma transição significativa com o início dos processos colaborativos, nos quais compreendem a iteração entre profissionais para tomadas de decisões conjuntas.

Segundo Garibaldi (2020), o BIM possui diferentes níveis de maturidade. Esses níveis se referem ao seu grau de colaboração presente no projeto. E através delas, se pode compreender melhor todo o seu ciclo de vida. De acordo com o site da (BIBLUS, 2018), esses níveis de informações correspondem às dimensões clássicas desse processo. E são eles: 3D – Modelagem Paramétrica; 4D – Planejamento; 5D – Orçamento; 6D – Sustentabilidade e 7D Gestão e Manutenção.

Através de um modelo paramétrico é possível ter coordenação e direcionamento de informações associadas ao ciclo de vida do projeto. Sendo possível também, rastrear incompatibilidades do modelo, gerar quantitativos, bem como, gerar instanciações do modelo 2D e 3D (PINHEIRO, et al., 2016).

O modelo paramétrico “permite representar os objetos por parâmetros e regras associados à sua geometria, assim como, incorporar propriedades não geométricas e características a esses objetos” (ANDRADE, et al., 2009).

A parametrização dos elementos construídos dentro de um modelo paramétrico permite a extração de quantitativos diretamente dos elementos construídos no modelo, assim como, possibilita a atualização das características desses elementos ao longo do projeto (ABDI, 2017).

Koelln (2015) reforça a ideia dizendo que “quanto mais bem definidos e especificados os objetos a serem quantificados no modelo, mais preciso será o levantamento de quantidades”.

O mecanismo de parametrização, aliado a um software como o Revit® está diretamente relacionado a coordenação e gerenciamento de todos os elementos de um projeto. Esses parâmetros, além de serem gerados automaticamente, têm a possibilidade de criar novas parametrizações. O software também tem a possibilidade de realizar projetos multidisciplinares oferecendo suporte para trabalhos colaborativos e compartilhamento de trabalho (VIEIRA, et al., 2020).

Com o avanço das inovações tecnológicas, a metodologia BIM se tornou cada vez mais difundida internacionalmente. Essa metodologia, a qual baseia-se em uma abordagem colaborativa e interdisciplinar, conduziu o BIM para o desenvolvimento de padrões de trabalho que são fundamentais para a criação de um ambiente interoperável e que garanta a integridade das informações (BIBLUS, 2022).

As normas internacionais surgem com a necessidade de uma comunicação colaborativa. A primeira norma a regulamentar a metodologia BIM internacionalmente, foi a ISO 19650 (Organização da informação da construção – Gestão da informação usando modelagem da informação da construção), ela possui 5 partes referentes ao ciclo de vida do projeto (conceitos e princípios, fase de entrega de ativos, processos de desenvolvimento e gestão da informação durante a fase de construção, troca da informação e, por fim, requisitos de segurança da informação) (BIBLUS, 2022).

Em função do crescimento internacional do BIM, o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) criou a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, com o objetivo de desenvolver essa metodologia no Brasil (MODELAZ, 2021).

Com isso, hoje a ABNT conta em seu acervo com a NBR 15965-1 (ABNT, 2011) que trata do sistema de classificação da informação da construção, a NBR 15965-2 (ABNT, 2012) tratando das características dos objetos da construção, a NBR 15965-3 (ABNT, 2014) que fala dos processos da construção, a NBR 15965-4 (ABNT, 2021) conduzindo os assunto sobre os Recursos da construção, a NBR 15965-5 (ABNT, 2022) falando sobre os resultados da construção, a NBR 15965-6 (ABNT, 2022) que trata das unidades e espaços da construção, e por fim a NBR 15965-7 (ABNT, 2015) trazendo as premissas da informação da construção.

Ao que concerne a vida financeira de um projeto, Mattos (2006) nos diz que: “Independentemente de localização, recursos, prazos, cliente e tipo de projeto, [...], o aspecto

custo reveste-se de especial importância” e Garibaldi (2020), reforça essa ideia com a seguinte frase “O Custo é um dos elementos mais importantes associados a um projeto”.

Mattos (2006), indica que a técnica orçamentária engloba a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de muitos elementos dentro de um projeto. Ele ainda afirma ser necessário ter uma certa atenção nos estudos prévios ao orçamento para que não existam “lacunas na composição do custo, nem considerações descabidas”.

Outro aspecto importante associado ao desenvolvimento de um projeto é o comportamento dos sistemas construtivos a partir da análise de desempenho da edificação. Lorenzi (2013), afirma que “pesquisas na área de avaliação de desempenho de edificações alinhadas à produção de material didático podem suprir a falta de informação aos profissionais da área e, também, promover mudanças significativas na tomada de decisão quanto a seleção e escolha de sistemas construtivos[.]”.

A autora estima ser possível entender uma edificação “por desempenho”, a partir desses recursos tecnológicos que potencializam a tomadas de decisões quanto aos sistemas construtivos de uma edificação.

Borges (2008), diz que a busca pela racionalização e industrialização dos sistemas construtivos, assim como a inovação tecnológica, associada a construções de larga escala em muitos países, passa pela discussão de qual desempenho se pretende obter ao longo do ciclo de vida de um projeto.

No que diz respeito a visão e conceito de um projeto considerando as condições de desempenho, pode-se dizer que “o desempenho de uma edificação está no equilíbrio da função a qual se destina, do meio no qual será inserida, e as soluções construtivas adotadas pelos projetistas” (LORENZI,2013).

De modo geral, afirma-se que “avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço para o setor e constitui o caminho para a evolução que compõem a cadeia da construção civil” CBIC (2013).

A NBR 15575 e suas partes NBR 15.575-1 (ABNT, 2021) (requisitos gerais), NBR 15.575-3 (ABNT,2021) (sistema de piso) e NBR 15.575-4 (ABNT, 2021) (sistema de vedação vertical interna e externa), NBR 15.575-5 (ABNT, 2021) (sistema de cobertura), trazem o conceito de comportamento em uso dos componentes e sistemas das edificações, devendo a edificação atender as exigências dos usuários no decorrer do seu ciclo de vida (CBIC, 2013).

Dentro dos requisitos dos usuários estão compreendidas 12 áreas temáticas: Segurança (segurança estrutural; segurança contra fogo, segurança no uso e na operação), Habitabilidade (estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; saúde,

higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico) e por fim Sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental).

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo paramétrico em alvenaria estrutural de uma edificação assobradada, através do Software, 3D de modelagem BIM Revit ® 2020 da Autodesk®, aplicando os conceitos BIM nos processos de modulação e a incorporando dos requisitos de desempenho.

Dessa forma, propõe-se elaborar um projeto pensado por desempenho, passando pelo estudo das condicionantes de projeto, o anteprojeto, o projeto arquitetônico, a compatibilização entre o projeto arquitetônico e o sistema de alvenaria estrutural, a compatibilização das exigências de desempenho das seguintes áreas temáticas: desempenho quanto a segurança contra incêndio, desempenho acústico, desempenho térmico, desempenho quanto à estanqueidade à água, finalizando com o projeto compatibilizado, e a extração dos quantitativos de elementos específicos dos sistemas de Vedação Vertical Interna e Externa (SVVIE), de Piso e de Cobertura.

Ao final do processo serão gerados os seguintes produtos com o uso de BIM: projeto arquitetônico, projeto de modulação, extração de quantitativos e o seu relatório de projeto.



## 1.1 Objetivo Geral e Específicos

O presente trabalho, propõe como objetivo geral, através do Software, 3D de modelagem BIM Revit<sup>®</sup> 2020 da Autodesk<sup>®</sup> e realizar a extração de quantitativos do projeto de uma edificação assobradada em alvenaria estrutural.

Os objetivos específicos são:

- Desenvolvimento do projeto arquitetônico e de modulação com base no sistema de alvenaria estrutural, não modular.
- Incorporação de requisitos de desempenho no projeto arquitetônico

## 1.2 Delimitação do trabalho

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico e de modulação de uma edificação habitacional unifamiliar de dois pavimentos (para modelagem com uso do processo BIM) foi utilizado o software Revit<sup>®</sup>, com foco em extração de quantitativos.

O projeto arquitetônico tem como premissa o plano diretor, código de obras do Município de Pinhal/RS e a ABNT NBR 15575 (norma de desempenho) e suas partes ABNT NBR 15.575-1 (ABNT, 2021) (requisitos gerais), ABNT NBR 15.575-3 (ABNT, 2021) (sistema de piso), ABNT NBR 15.575-4 (ABNT, 2021) (sistema de vedação vertical interna e externa) e ABNT NBR 15.575-5 (ABNT, 2021) (sistema de cobertura).

### 1.2.1 O projeto e seus sistemas

- **Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa (SVVIE):** Alvenaria estrutural não modular; incorporado sistema de aberturas (portas e janelas);
- **Sistema de Piso:** Lajes maciças, contrapiso e revestimento cerâmico;
- **Sistema de Cobertura:** laje maciça com telhado de fibrocimento.

### 1.2.2 O projeto arquitetônico quanto a incorporação de desempenho

- Área temática desempenho quanto a segurança contra incêndio e a abordagem no requisito de resistência ao fogo e reação ao fogo para o sistema de vedação vertical externo (fachada);
- Área temática desempenho acústico e a abordagem no requisito quanto ao isolamento acústico do sistema de vedação vertical externo (fachada);
- Área temática desempenho térmico e a abordagem no requisito quanto a transmitância e capacidade térmica para o sistema de vedação vertical externo (fachada) e para o sistema de cobertura;

- Área temática desempenho quanto à estanqueidade à água e a abordagem no requisito de estanqueidade à água da chuva e de uso para o sistema de cobertura, sistema de piso e para o sistema de vedação vertical externo (esquadrias).

### **1.2.3 O projeto de modulação do sistema de vedação vertical**

- Utilização do sistema de alvenaria estrutural, não-modular;
- A alvenaria estrutural será composta por bloco de concreto não modulares da família M15 e utilização de 1 cm para a junta na vertical e horizontal;
- A modulação conta com blocos especiais para o atendimento da alvenaria “não modular”.

### **1.2.4 O projeto para extração de quantitativos**

- A extração de quantitativos está vinculada as informações contidas no projeto arquitetônico, projeto de modulação e na incorporação de componentes nos sistemas no atendimento às exigências de desempenho;
- Será realizado o levantamento dos seguintes quantitativos, referente a uma unidade habitacional (blocos de concretos, esquadrias, argamassa de assentamento, argamassa de revestimento - camada chapisco, argamassa de revestimento - camada reboco e pintura externa e interna, laje, contrapisos, revestimento cerâmico externo e interno, telhas de fibrocimento).

## **1.3 Limitação do trabalho**

As diretrizes do trabalho não abrangem projetos de edificações multifamiliares, edificações que não sejam sobrados, sistemas construtivos diferentes de alvenaria estrutural, bem como a elaboração dos projetos de topografia, drenagem, fundação, impermeabilização, elétrico e lógica, hidrossanitário, águas pluviais, plantas de forros, luminotécnico, climatização, proteção contra incêndio e segurança, e paisagismo. Os aspectos de dimensionamento estrutural para o sistema de alvenaria estrutural e dimensionamento de calhas não serão abordados neste trabalho.

Quanto ao desempenho da edificação não foram incorporadas as seguintes áreas:

- Área de segurança: desempenho estrutural e desempenho quanto ao uso e operação
- Área de habitabilidade: desempenho lumínico, desempenho quanto a funcionalidade e acessibilidade, desempenho quanto ao conforto tátil e antropodinâmico e desempenho quanto a saúde, higiene e qualidade do ar.

- Área de sustentabilidade: durabilidade e vida útil, manutenibilidade e adequação ambiental

Quanto a extração de quantitativos não foram considerados nenhum quantitativo referente a projetos complementares da edificação, bem como não serão especificados insumos que não fazem parte do projeto arquitetônico e de modulação.

#### **1.4 Delineamento do trabalho**

O trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas:

- Estudo dos condicionantes para desenvolvimento do projeto;
- Elaboração do anteprojeto e projeto arquitetônico
- Compatibilização entre o projeto arquitetônico e o sistema de alvenaria estrutural
- Compatibilização das exigências de desempenho de edificações com o projeto desenvolvido
- Projeto compatibilizado: arquitetônico x sistema de alvenaria x desempenho

Extração de quantitativos de alguns elementos dos sistemas:

- Sistema de piso (laje maciça, contrapiso de 5cm e revestimento cerâmico interno e externo);
- Sistema de cobertura (telhas de fibrocimento);
- Sistema de vedação vertical externo (blocos de concreto, argamassa de assentamento, chapisco, reboco, pintura externa e interna);
- Esquadrias internas e externas.

## 2 PROJETO DA EDIFICAÇÃO

Avaliou-se inicialmente os aspectos físico-construídos, os aspectos naturais e os aspectos legais para o projeto de um condomínio com 4 unidades habitacionais assobradadas em alvenaria estrutural, levando em consideração para a análise, que o projeto em questão reflete as condições para a construção de um projeto real. No entanto, o objeto de estudo deste trabalho foi a unidade habitacional A. No APÊNDICE J é possível visualizar a planta de implantação/localização do condomínio com a distribuição das áreas comuns (área de descarte de resíduos, depósitos, medidores de água e energia; áreas verdes; área de via interna de acesso ao condomínio e passeio) e as áreas privativas (unidades habitacionais unifamiliares).

As unidades habitacionais A, B, C, e D, indicadas no APÊNDICE J, formam um conjunto de 4 unidades habitacionais unifamiliares isoladas, dispostas lado-a-lado na parte norte do terreno. Cada unidade possui uma frente de 7m de comprimento por 8m de fundos, 2 andares (pavimento térreo e segundo pavimento), uma área projetada de 56m<sup>2</sup> e a seguinte distribuição de ambientes: 1 vaga de garagem, área de lazer externa, ambiente integrado (cozinha e sala), banheiro 1, circulação íntima, 1 dormitório com varanda e a cobertura com acesso ao reservatório, essas informações podem ser vistas nos APÊNDICE B, APÊNDICE C, APÊNDICE D e APÊNDICE E.

Nos aspectos físicos-construídos abordou-se as informações referentes ao crescimento da cidade, aos dados populacionais, ao índice de urbanização, a localização do terreno para incorporação, assim como as motivações de um projeto no Litoral Norte.

Abrangeu-se nos aspectos naturais, a análise de incidência solar nos contornos do terreno, a partir do norte geográfico e as perpendiculares das suas faces. Outro dado avaliado, nos aspectos naturais, foram os ventos predominantes da região. Ambas as informações foram relevantes para determinação da disposição mais eficiente das unidades autônomas.

Por fim, nos aspectos legais avaliou-se a política de desenvolvimento urbano do município, no que diz respeito as diretrizes do Plano Diretor de Balneário Pinhal regulamentado pela Lei 1.105 (PMBP, 2012), a fim de compatibilizar as características referentes ao regime urbanístico do município, com as informações da análise de incidência solar e ventos predominantes explicitadas no tópico de aspectos naturais.

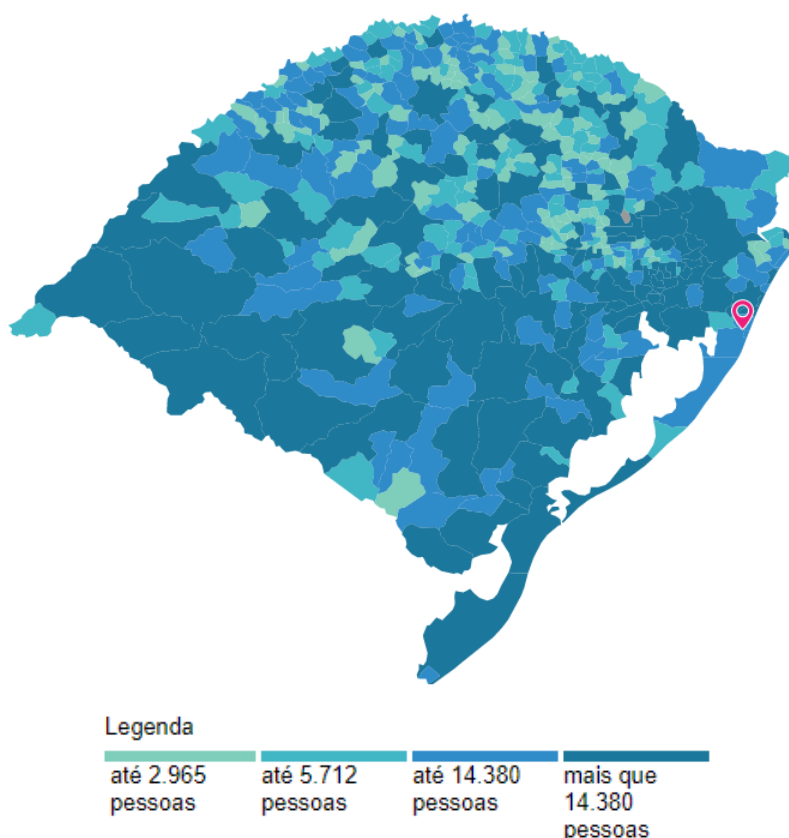
A partir desse conjunto de informações, foi possível determinar a distribuição de áreas comuns e áreas privativas do condomínio. Assim como, a melhor localização e orientação no terreno das unidades habitacionais.

Nos tópicos seguintes, foram apresentados os detalhes do Programa de necessidades, o funcionograma e os partidos considerados nas decisões durante o desenvolvimento do modelo.

## 2.1 Aspectos físicos-construídos

De acordo com os dados da Prefeitura de Balneário Pinhal, a cidade que está localizada no estado do Rio Grande do Sul, se encontra a uma altitude de 100m em relação ao nível do mar. A área total de Balneário Pinhal é de 106,5km<sup>2</sup>, e sua densidade demográfica é de aproximadamente 138 hab./km<sup>2</sup>. Em 2010, no último censo a população de Balneário Pinhal chegava a 10.856 hab. (Figura 1). A sua população hoje, conforme dados prévios do censo, estima-se 14.769 habitantes (IBGE, 2022).

**Figura 1 – População de Balneário Pinhal em relação ao demais localidade do estado**



Fonte: Mapa da população do censo de Balneário Pinhal (IBGE,2010)

Balneário Pinhal faz parte das praias do litoral norte do Rio Grande do Sul ( Figura 2), e está localizada a uma distância de 95 km da Capital Porto Alegre, fazendo limite com os Municípios de Cidreira, Palmares do Sul e Capivari do Sul, (Figura 3). O seu acesso pode ser realizado pelas rodovias RS—040 e RS-786.

**Figura 2 - Localização de Balneário Pinhal no Estado do Rio Grande do Sul**



Fonte: Mapa Estatístico Municipal de Balneário Pinhal (IBGE,s.d)

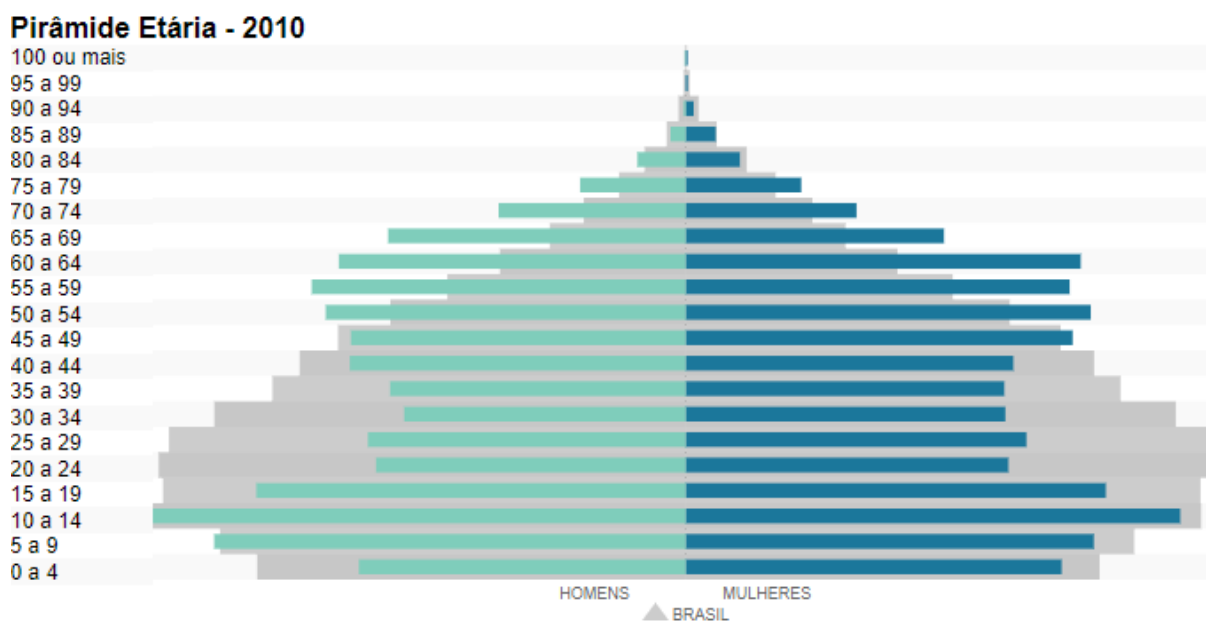
**Figura 3 - Limites de Balneário Pinhal**



Fonte: Google Maps , dados do mapa ©2023, acessado em: 16/04/2023

O município integra como residentes, em sua maioria a população com 60 anos ou mais, bem como a população entre 6 e 14 anos de idade, como pode ser visto na Figura 4 (IBGE, 2010).

Figura 4 - Pirâmide Etária - 2010



Fonte: População de Balneário Pinhal: Pirâmide Etária (IBGE,2010)

O município apresenta 69,5% de residências com esgotamento sanitário em condições adequadas, uma área urbanizada de 12,57 km<sup>2</sup>, assim como possui 50,3% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização. No entanto, a urbanização de vias públicas, com a presença de bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio, ficam apenas em torno de 0,9%. Balneário faz parte do Bioma do Pampa, além de fazer parte do Sistema Costeiro-Marinho (IBGE, 2010).

De acordo com o Presidente do Sinduscon-RS Aquiles Dal Molin, em entrevista ao Jornal do Comércio, durante a pandemia a população desenvolveu um novo hábito: a busca por qualidade de moradias, locais mais espaçosos e próximos a natureza. Dal Molin, atenta para o que chama de “êxodo” para o litoral norte do estado (transferência de pessoas saindo dos centros urbanos para o litoral). Com as mudanças de hábitos em conjunto com a transição na forma de trabalho, o home office, muitas pessoas estão optando por morar nessas regiões (JORNAL DO COMÉRCIO, 2020).

No APÊNDICE A, encontra-se a Planta de Situação do projeto com a indicação do terreno para incorporação, bem como a hierarquia de vias que rege seu entorno. A Rua Carlos Cazaletti Filho é a via coletora de acesso aos terrenos, nos limites da quadra, em interseção com essa via, está a Travessa Sessenta e Um e a Avenida da Bandeira.

É possível observar na Figura 5, a localização do terreno em relação ao mar com uma distância entre os dois locais de 167 m aproximadamente. A imagem do terreno pode ser vista na Figura 6.



**Figura 5 - Imagem 3D da localização do terreno em relação ao mar**



Fonte: Google Maps , dados do mapa ©2023, acessado em: 16/04/2023

**Figura 6- Terreno para incorporação**



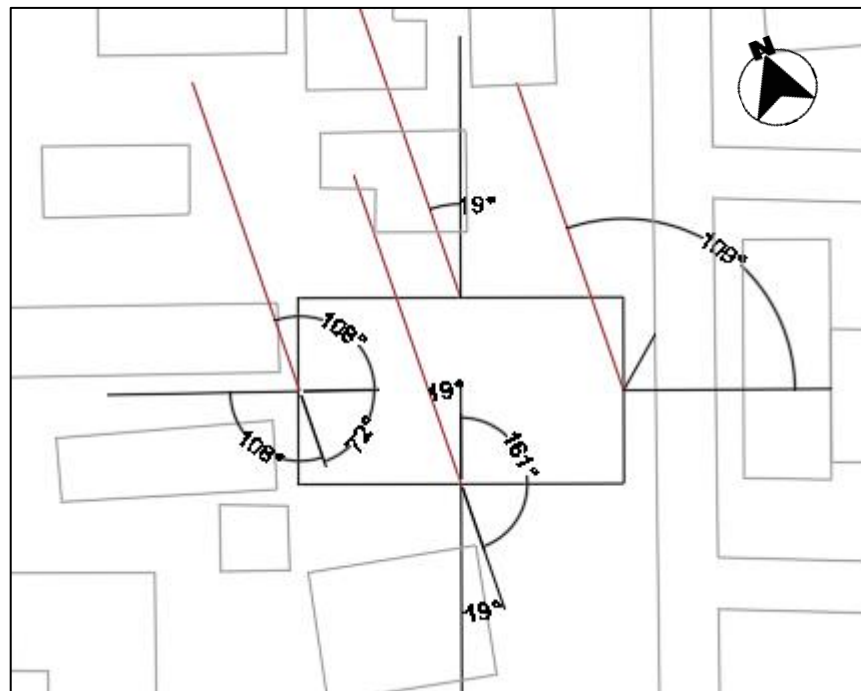
Fonte: Google Maps , dados do mapa ©2023, acessado em: 16/04/2023

## 2.2 Aspectos naturais

O estudo prévio da incidência solar sobre o terreno foi realizado com o Software Sol-Ar<sup>®</sup>. Para tal análise, foi preciso traçar em cada face do terreno a sua perpendicular em relação ao norte da região. Na Figura 7, estão representadas as linhas vermelhas como sendo a referência do norte geográfico e, as linhas pretas, como a referência das perpendiculares às faces do terreno. É possível observar os ângulos de orientação em relação a esses dois parâmetros. A fachada leste do terreno faz 109° com o Norte, a sua fachada norte faz 19°, a fachada sul 199° e por fim, a fachada oeste 278° com o Norte, conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7 - Ângulo de orientação em relação ao norte geográfico



Fonte: elaborado pela autora

Dessa forma, foi possível gerar a carta solar em relação a cada fachada do terreno, para a latitude de  $-30.264389$  e determinar a melhor disposição das unidades autônomas no terreno com relação a incidência solar.

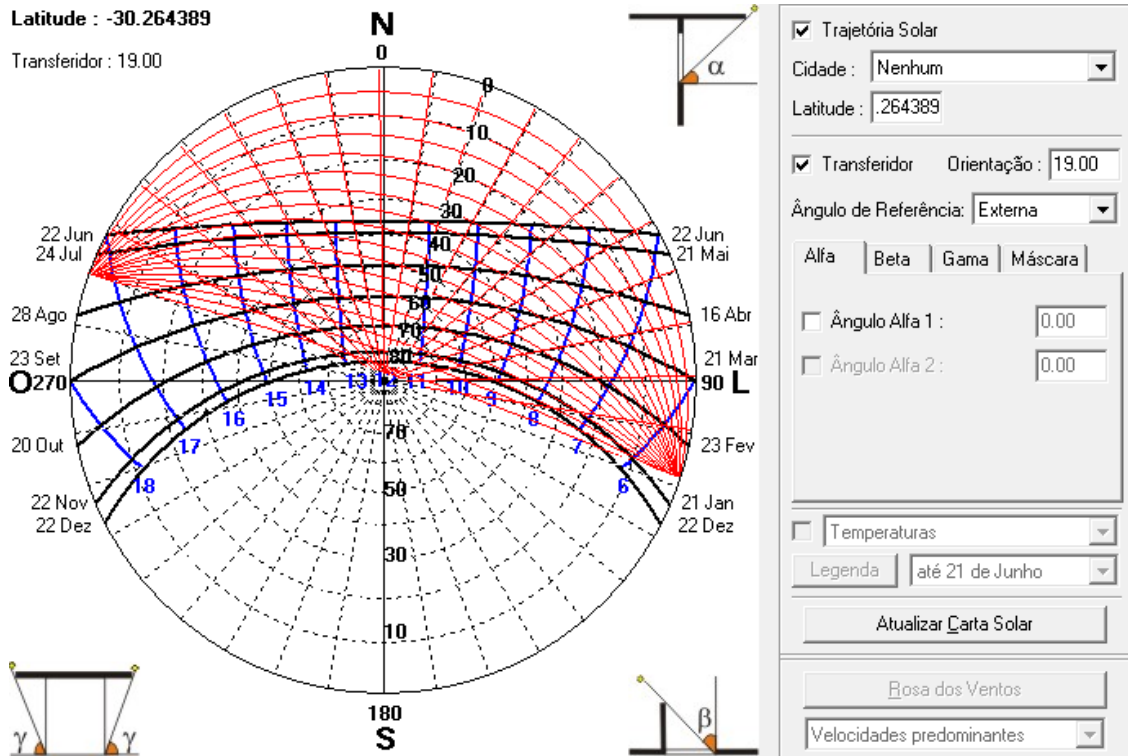
A carta solar da fachada norte, indicou que durante a estação do verão essa fachada receberá a influência do sol somente no período da manhã entre as 6h30min e 12h. Já na estação do inverno, ela receberá a incidência do sol, tanto no período da manhã, quanto no período da tarde (Figura 8).

Verificou-se na carta solar da fachada oeste que durante a estação de inverno e verão, essa fachada receberá a influência do sol em todo período da tarde após as 12h, conforme pode ser visto na Figura 9.

Na análise da fachada sul, percebeu-se a influência solar no verão por volta das 5h da manhã até às 6h, e retornando por volta das 14h até o pôr do sol. No entanto no inverno, essa fachada não receberá a incidência do sol em nenhum horário (Figura 10).

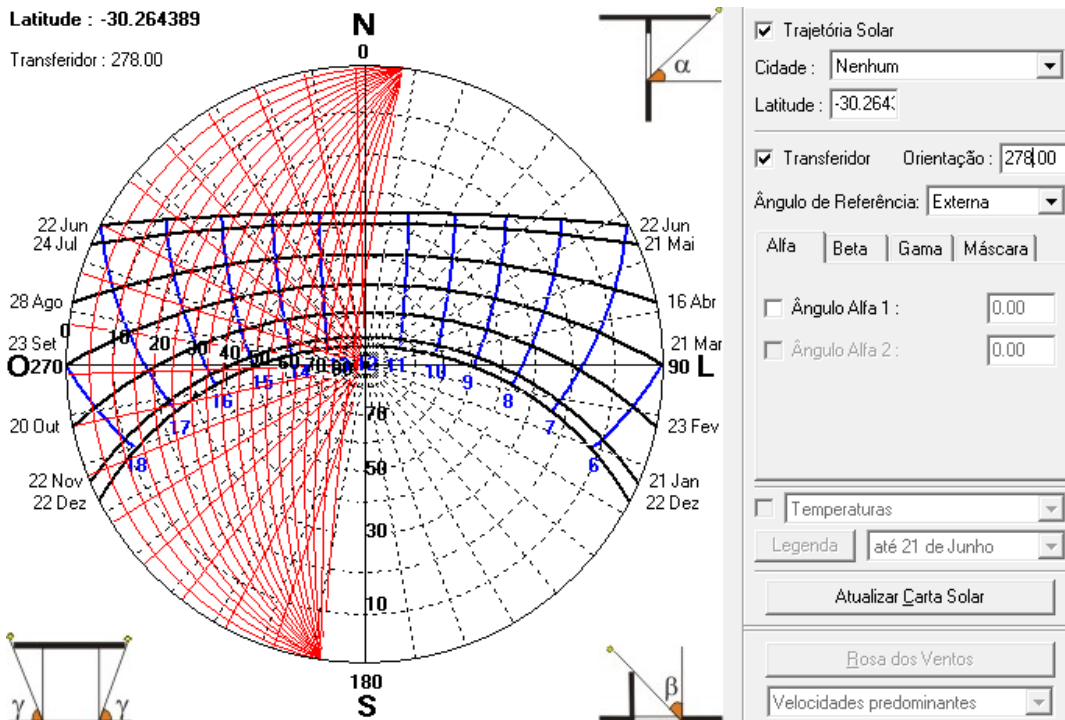
No fechamento da análise de incidência solar sobre as fachadas, verificou-se que a fachada leste estará sob a exposição do sol durante todo o período da manhã na estação do verão e não terá influência nenhuma do sol, na parte da tarde. Já na estação do inverno, terá a incidência solar ao nascer do sol até aproximadamente às 10h45min da manhã, no entanto após esse horário não haverá sol na fachada (Figura 11).

Figura 8 - Carta solar da fachada Norte



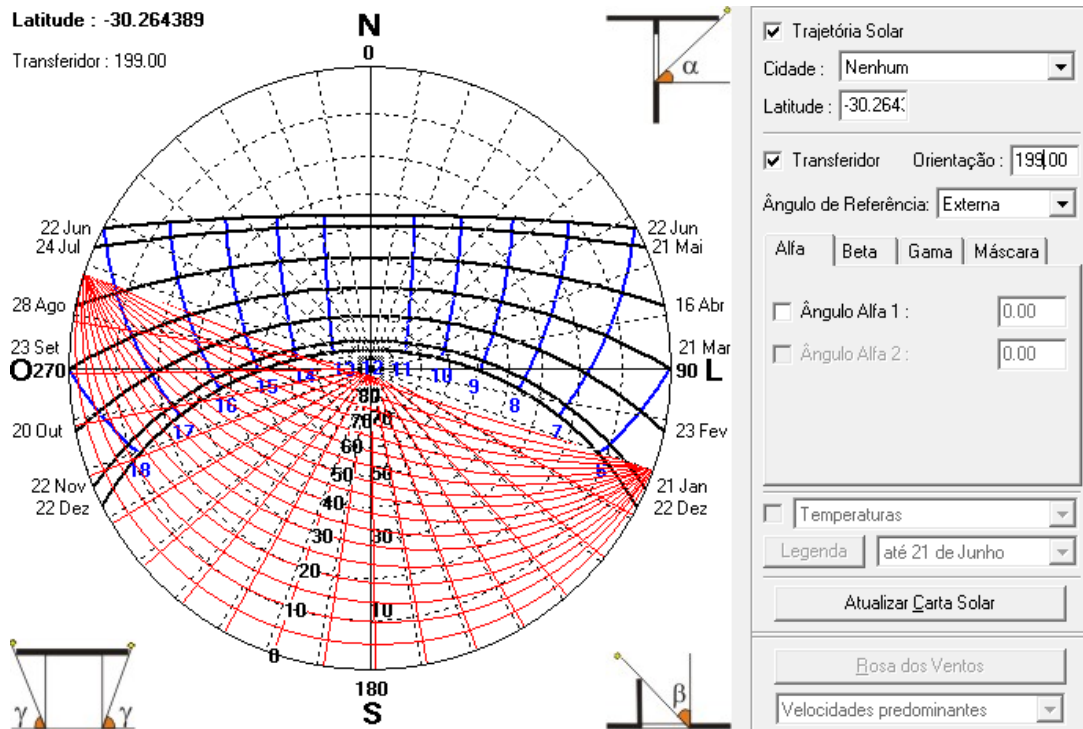
Fonte: Software Sol-Ar®

Figura 9 - Carta solar da fachada Oeste



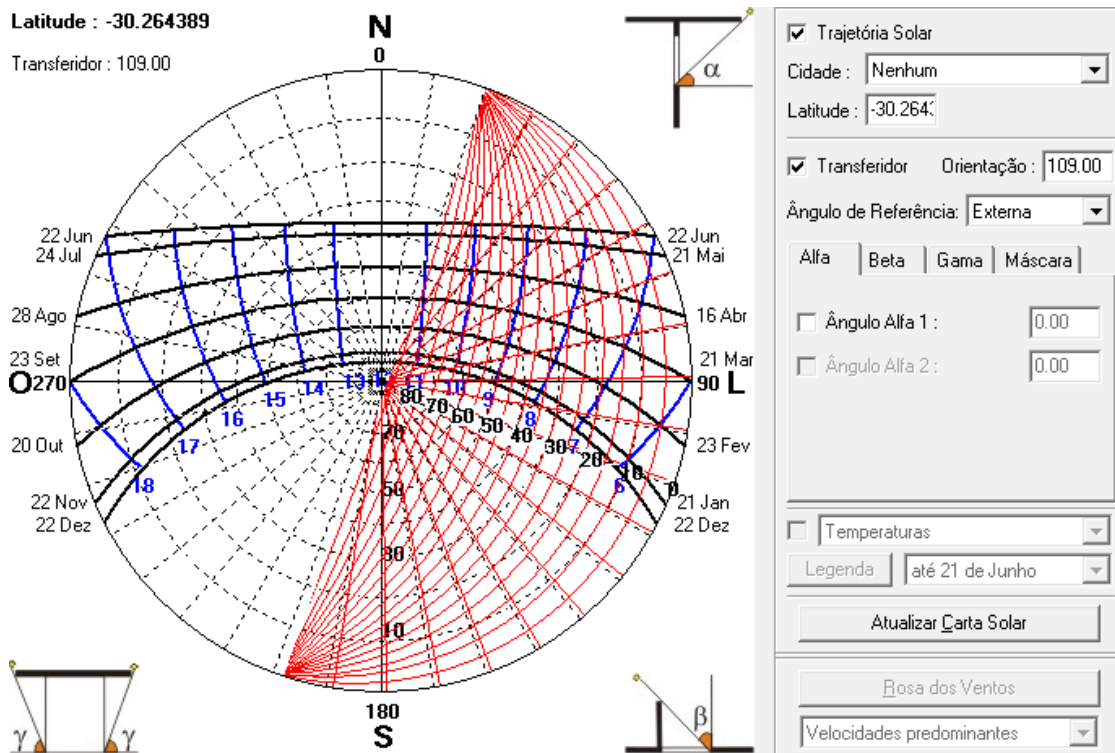
Fonte: Software Sol-Ar®

Figura 10 - Carta solar da fachada Sul



Fonte: Software Sol-Ar®

Figura 11 - Carta solar da fachada Leste



Fonte: Software Sol-Ar®

Outro aspecto relevante para a análise da conformação das unidades autônomas dentro do terreno, foi a influência dos ventos predominantes da região. De acordo com o Plano Diretor de Balneário Pinhal, a localização do município recebe a predominância dos ventos nordestes.

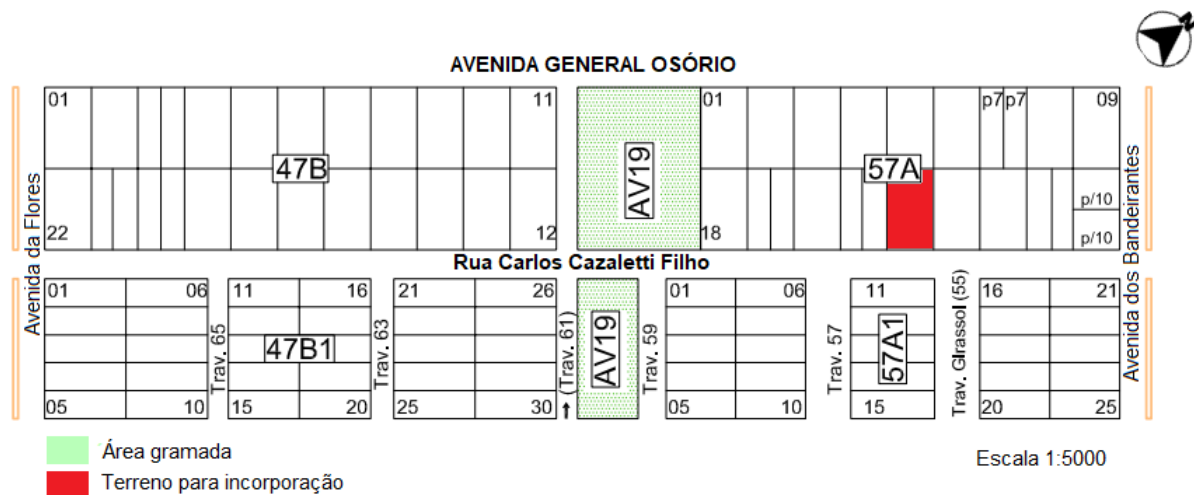
## 2.3 Aspectos legais

### 2.3.1 Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental – PDDUA e Código de Obras da Cidade

De acordo com a Lei Municipal 1.105 de 2012 em seu Art. 2º, o Plano Diretor Municipal é o instrumento global e estratégico da política de desenvolvimento urbano, determinante para todos os agentes públicos e privados que atuam no Município”.

O terreno para implantação da unidade habitacional, está localizado no Perímetro Urbano chamado de: Área Urbana da Sede. E no Zoneamento Ambiental: Zona Central Sede. Ele possui uma área de 70m<sup>2</sup> e, dimensões de 20m na face frontal voltada para a Rua Cazaletti Filho, por 35m nas laterais com limites para terrenos lindeiros, conforme pode-se observar na Figura 12 e no APÊNDICE A.

Figura 12 - Área de lotes urbanos de Balneário Pinhal no entorno do terreno para incorporação



Fonte: Mapa Urbano de Balneário Pinhal (2022)

A Zona Central Sede “engloba o território compreendido pelo polígono constituído pela Avenida Pampa, Avenida General Osório, [...] e Avenida Itália, fechando na Avenida Pampa.” (RIO GRANDE DO SUL, 2012)

Em conformidade com o Plano Diretor de Balneário Pinhal da Lei 1.105 (PMBP, 2012) fica estabelecido à Zona Central Sede, para a subdivisão do Zoneamento Ambiental, as seguintes características correspondentes ao Regime Urbanístico do Município:

→ Ocupação do Solo

- Taxa de Ocupação
  - Recuos (Laterais, frente e fundos)
  - Altura Máxima
- Parcelamento do Solo
- Lote Mínimo (Área e testada)
  - Quarteirão Máximo
- Regime de Atividades
- Usos Permitidos

Para se chegar aos coeficientes dos parâmetros relacionados à ocupação e parcelamento de solo, considerou-se as dimensões de área e testada do terreno. Quadro 1.

**Quadro 1 - Dados do Terreno**

TERRENO			
DADOS	ÁREA DO TERRENO	700	m <sup>2</sup>
	FUNDOS	35	m
	TESTADA	20	m

Fonte: elaborada pela autora

As informações quanto ao Regime Urbanístico do Município de Balneário Pinhal, seguem diretrizes específicas do Plano Diretor para cada tipo de área a ser construída no Município. O terreno do trabalho em questão, está alocado na Zona Residencial 1 quadra 57-A, conforme apresentado na Figura 12. Para essa zona, estão atribuídos os critérios e parâmetros, discriminados no Plano Diretor de Balneário Pinhal da Lei 1.105/2012 (RIO GRANDE DO SUL, 2012):

- a) Taxa de Ocupação (TO) dada como a percentagem de área horizontal do lote passível de ser ocupada com edificações [...]
- b) Recuo de Ajardinamento (frente) o recuo obrigatório será observado em todas as frentes para vias públicas [...]
- c) Recuos (laterais e fundos) são considerados afastamentos do Plano Diretor, relacionados à testada do terreno [...]
- d) Altura máxima (H) da edificação a medida vertical tomada entre o Plano de Referência e o forro acabado do último pavimento [...]
- e) lote mínimo de (área e testada)
- f) Drenagem do solo
- g) Áreas Verdes

Para que o projeto se enquadrasse nas condicionantes do Planejamento Urbano do Município, foi necessário seguir as diretrizes mínimas exigidas pelo Plano Diretor de Balneário Pinhal da Lei 1.105/2012, Quadro 2. Nos Anexo A e B, encontram-se, os parâmetros de ocupação de solo, parcelamento de solo e o regime de atividades de todas as zonas urbanas do Município de Balneário Pinhal.

**Quadro 2 - Ocupação e Parcelamento de Solo para a Zona Residencial 1**

<b>REGIME URBANÍSTICO</b>		
<b><u>OCUPAÇÃO DE SOLO</u></b>	<u>TAXA DE OCUPAÇÃO</u>	60 %
	<u>DRENAGEM DE SOLO</u>	10 %
	<u>ÁREAS VERDES</u>	10 %
	<u>ÁREA COMUM</u>	25 %
	<u>VIAS DE TRÂNSITO INTERNO COM PASSEIO</u>	12 m
	<u>RECUO DE FRENTE</u>	4 m
	<u>RECUO LATERAL</u>	15 %
	<u>RECUO DE FUNDOS</u>	15 %
<b><u>PARCELAMENTO DE SOLO</u></b>	<u>ALTURA MÁXIMA</u>	6 m
	<u>LOTE MÍNIMO - ÁREA</u>	300 m <sup>2</sup>
	<u>LOTE MÍNIMO - TESTADA</u>	12 m
	<u>QUARTEIRÃO MÁXIMO</u>	- m

Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Balneário Pinhal – Regimes Urbanísticos

No que se refere a ocupação de solo, é correto afirmar que o terreno permite a construção do projeto em uma área horizontal de no máximo 60 % da área total do terreno, bem como nas áreas verdes e de drenagem do solo, é aceito uma área mínima de 10% para ambas.

Seguindo para as áreas de uso comum, é visto que a legislação, exige o mínimo de 25% da área total do terreno. No que concerne as vias de trânsito internas do condomínio, está disposto em lei que “as vias destinadas ao trânsito de veículos e pedestres deverão ser pavimentadas e ter largura mínima (incluindo os passeios) de 12 metros”. Outro aspecto importante do sistema viário, no que se refere à condomínios, para as decisões de projeto, é o acesso as áreas de uso exclusivo, essas devem ter, obrigatoriamente, acesso através das áreas de uso comum.

Fica estabelecido pelo Plano Diretor de Balneário Pinhal da Lei 1.105/2012 que os Recuos laterais e de fundos da Zona Residencial 1, deverão ter no mínimo 15% de afastamento dos lotes lindeiros, assim como, para o recuo de frente deve ser previsto um afastamento mínimo de 4m da testada do terreno.

Por fim, é determinado que a altura máxima da unidade autônoma seja de 6m, contados do plano de referência do projeto ao forro acabado do último pavimento.

O Regime Urbanístico para a Zona Residencial 1, também traz as condicionantes para os lotes mínimos de área e testada, porém estes parâmetros se aplicam para as situações de desmembramento do terreno em lotes individuais com apenas uma unidade autônoma, devendo atender aos requisitos estabelecidos no Anexo A. Logo, este critério não se aplica à análise dos parâmetros do projeto. Isso serve para o quarteirão máximo.

Segue no Quadro 2 as dimensões estabelecidas para o projeto, considerando um condomínio de 4 unidades autônomas isoladas.

No Anexo B, encontram-se os grupos de atividades permitidas na Zona Residencial 1. Dentre as atividades permitidas, estão as residências unifamiliares isoladas e as residências agrupadas horizontalmente.

Como mencionado no início desse capítulo, a estrutura deste trabalho irá compor a análise de critérios e requisitos técnicos de desempenho, conforme as exigências da ABNT NBR 15575 e suas partes, de somente uma das unidades autônomas do condomínio.

As dimensões e disposição no terreno no que se refere a Unidade Habitacional A, se deu em função da regulamentação do Plano Diretor e Código de Obras do Município de Balneário Pinhal, disposto na Lei 1.105/2012. Assim como, da NBR 9050/2015, que normativa à Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Bem como, a avaliação das condicionantes dos aspectos naturais, no que concerne a influência dos ventos e incidência solar no local.

## **2.4 Programa de necessidades**

O programa de necessidades do condomínio está dividido em Áreas de uso comum e Áreas privativas.

- **Áreas de uso comum:** Vias de acesso de veículos e passeios, Área de descarte de resíduos e Depósito e Áreas verdes.
- **Áreas Privativas:** Garagem, Área de lazer externa, Ambiente Integrado (cozinha e sala), Circulação íntima, Dormitório, Banheiro 1 e Banheiro 2.

As áreas comuns e seus dimensionamentos justificam-se em função do Plano Diretor do Município de Balneário Pinhal.

Optou-se por dispor as 4 unidades habitacionais adjacentes à face lateral norte do terreno considerando a predominância dos ventos nordestes e a incidência solar.

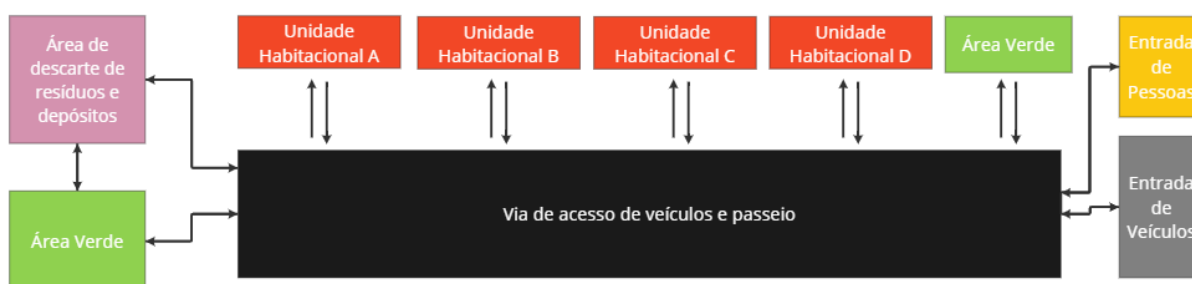
Para as decisões de projeto das áreas privadas, considerou-se as informações dos aspectos naturais e legais, assim como a modulação e o desempenho dos sistemas do projeto. Esses últimos serão apresentados com mais detalhes nos capítulos seguintes.

Outro aspecto importante analisado para o projeto, foi a acessibilidade. O pavimento térreo, conta com um banheiro para pessoas com deficiência (PCD) e todas as portas considerando vão livre de 80cm, exceto a porta da entrada que possui 100cm de largura. O segundo pavimento, apesar de não possuir acessibilidade, tem a possibilidade de ser adaptado para tal. Todas as esquadrias do segundo pavimento contam com vão de 80cm.

## 2.5 Funcionograma

O Funcionograma representa os fluxos dentro dos espaços do condomínio.

Figura 13 - Funcionograma



Fonte: elaborado pela autora

## 2.6 Partidos

Inicialmente foi pensado nas disposições internas dos ambientes que contemplariam o projeto da unidade habitacional autônoma. A partir da construção dos partidos indicados no APÊNDICE K, foi possível determinar o modelo de projeto a ser estudado.

## 3 PROJETO DE MODULAÇÃO

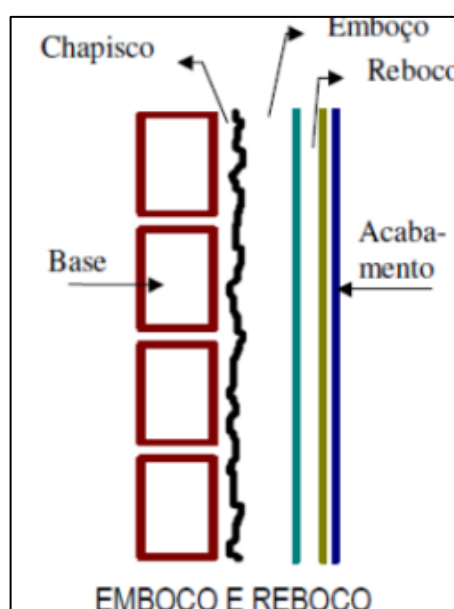
O projeto possui um sistema construtivo em Alvenaria estrutural não modular. Sua solução contempla os blocos da família M15, ou seja, “possui dimensões modulares do comprimento (20cm) diferentes da largura (15cm)”.

A família 39 possui 3 elementos básicos, o bloco B39 (39x19 cm) e largura variável; o bloco B19 (19x19cm) e largura variável e os blocos B54 (54x19 cm), também com largura variável. As diferenças nesses blocos, exigem a complementação com blocos compensadores para manter a modulação nos encontros das paredes, nas amarrações dos cantos e amarrações em T. Os blocos 14x19x39 são chamados de blocos especiais, pois servem para paredes onde não são necessários os blocos compensadores (UFRGS, s.d).



O projeto também considerou para o revestimento da alvenaria, 3 camadas essenciais para as análises de desempenho que serão apresentadas no capítulo seguinte. São elas o chapisco, o emboço e o reboco. Dessa forma, com o objetivo de preparar a base e uniformizar a superfície quanto à absorção e aderência do revestimento, considerou-se sobre a base (de blocos de concreto), uma camada de chapisco de 5mm. Na camada seguinte, para regularizar a superfície e prepará-la para receber outra camada, definiu-se 20 mm de emboço. Ao final, para obter-se uma superfície que permita receber o acabamento (neste caso com pintura acrílica), foi estabelecido uma camada de 5mm de reboco, conforme segue na Figura 14. NBR 13529 (ABNT, 1998).

Figura 14 - Camadas de revestimento sobre substrato



Fonte: BELLAVÉR, 2010 apud ALMEIDA, 2010

Seguindo essa lógica, foi realizado o projeto de modulação da unidade habitacional, com os todos os blocos indicado no Quadro 3. Nos APÊNDICE F, APÊNDICE G, APÊNDICE H e APÊNDICE I estão apresentadas as plantas da 1ª e 2ª fiada do projeto de modulação do pavimento térreo, pranchas de cortes e fachada, do segundo pavimento e da caixa d'água e as soluções de projeto para a modulação de encontros com paredes, nas amarrações dos cantos e amarrações em T. Assim como, as vergas e contravertas para as esquadrias.

### 3.1 Sistema Construtivo: alvenaria estrutural com blocos de concreto

Os blocos de concreto fazem parte do sistema de vedação vertical interno e externo deste projeto, integrando a superestrutura do Sobrado. É correto dizer que, “em Alvenaria Estrutural não se utilizam pilares e vigas, pois as paredes chamadas de portantes compõem a estrutura da

edificação e distribuem as cargas uniformemente ao longo das fundações”. (TAUIL, et al., 2010)

O projeto em questão utiliza a família de blocos de concreto 15 x 40 – classe B. Os blocos dessa família possuem função estrutural e resistência característica à compressão axial, maior ou igual a 4,0 Mpa e menor que 8,0 Mpa. Essa família de blocos faz parte do Manual de utilização Biblioteca Bim de Blocos de Concreto. E serão avaliadas com base nos ensaios do seu Manual de Desempenho. (ASSOCIAÇÃO BLOCO BRASIL, 2020)

A dimensão padrão dessa família é de 14 cm de largura por 19 cm de altura. Já os seus comprimentos dependem diretamente do tipo de bloco. As nomenclaturas e os comprimentos de cada uns desses blocos, seguem discriminadas no Quadro 3. O modelo paramétrico dos blocos de concreto em 3D está representado na Figura 15.

**Quadro 3 - Resumo das características dos blocos da Família 15x40 - Classe B**

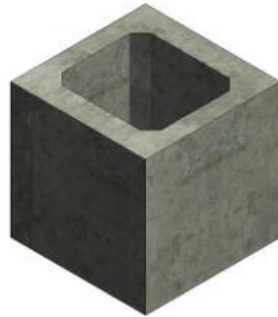
<b>Classe</b>		<b>B</b>
<b>Classificação</b>		Com função Estrutural
<b>Resistência característica à compressão axial (Mpa)</b>		$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$
<b>Família</b>		M15 - 15 x 40cm
<b>Largura</b>		14cm
<b>Altura</b>		19cm
<b>Comprimento</b>	Inteiro	39cm
	Meio	19cm
	Amarração L	34cm
	Amarração T	54cm
	Compensador A	9cm
	Compensador B	4cm
	Canaleta Inteira	39cm
	Meia Canaleta	19cm

Fonte: Adaptado do Manual de Utilização de Biblioteca BIM de Blocos de Concreto da Associação Bloco Brasil/2020

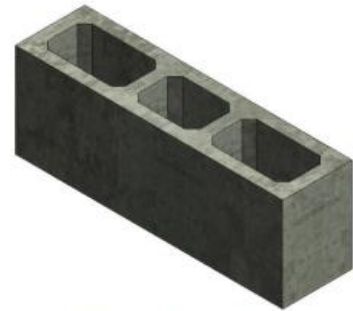
**Figura 15 - Blocos de Concreto Família 15x40 - Classe B  $4,0 \leq f_{bk} < 8,0$  com função estrutural**



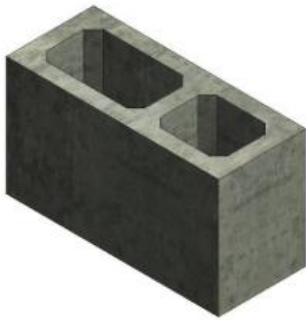
Bloco Inteiro  
14x19x39cm



Meio Bloco  
14x19x19cm



Bloco de Amarração T  
14x19x54cm



Bloco de Amarração L  
14x19x34



Bloco Compensador A  
14x19x9cm



Bloco Compensador B  
14x19x4cm



Bloco Canaleta  
Inteira 14x19x39cm



Bloco Meia Canaleta  
14x19x19cm

Fonte: Manual de Utilização de Biblioteca BIM de Blocos de Concreto da Associação Bloco Brasil (2020)

## **4 DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO E SEUS SISTEMAS**

Neste capítulo estão abordados o desempenho da edificação e as áreas temáticas selecionadas para este trabalho e a abordagem dos sistemas construtivos está composta por tomada de decisão por desempenho, com utilização de métodos de avaliação de desempenho, informações das Fichas de Avaliação de Desempenho (FADs) (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2015) e do Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros da portaria INMETRO nº50 (PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2013).

A NBR 15575 (ABNT,2021) e suas partes, estabelece níveis de desempenho mínimo, intermediário e superior correspondes aos requisitos e critérios de cada área temática de desempenho. No entanto, a norma determina que seja atendido, obrigatoriamente, o critério de desempenho mínimo.

### **4.1 Desempenho da edificação**

Dentre as diversas abordagens sobre desempenho de edificações, estudadas ao longo dos anos, é apontado por Borges (2008) que o anseio pela otimização dos sistemas construtivos, através da redução de custos e implementação de avanços tecnológicos, atrelado às necessidades de solucionar os déficits habitacionais dos países, “passa pela discussão de qual desempenho se pretende obter para as edificações ao longo de uma vida útil desejada” (BORGES, 2008).

Esse questionamento, acerca do desempenho de edificações, destaca a importância de antecipar as decisões no processo de desenvolvimento do projeto quanto ao desempenho dos sistemas. Outro ponto interessante nesse contexto, passa pela mudança na forma de pensar projetos de edificação. Lorenzi (2013) diz que, “uma abordagem do comportamento em uso de sistemas construtivos para definir a qualidade da edificação pode representar, na prática, a aplicação do conceito de desempenho”. A autora, também ressalta que essa postura pode representar a transição do pensar em projetos de edificações para pensar a edificação “por desempenho” (LORENZI, 2013).

Nas seções deste capítulo são abordados os requisitos, critérios e parâmetros de desempenho estabelecidos na ABNT NBR 15575 (ABNT, 2021). A incorporação do pensar por desempenho para o desenvolvimento do projeto da edificação em questão tem como premissa a incorporação de 4 (quatro) áreas temáticas, conforme descrito na delimitação deste trabalho: desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho quanto a estanqueidade à água e desempenho quanto a segurança contra incêndio.

### 4.1.1 Desempenho Térmico

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2021), “o desempenho térmico de habitações depende de seus componentes (paredes coberturas), das áreas envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos) [...]”. O método de avaliação do desempenho térmico pode ser com o método simplificado e com o método computacional. Neste trabalho utilizou-se o método simplificado para os sistemas de vedação vertical externo e sistema de cobertura, onde consiste basicamente no seguinte processo:

Avalia o desempenho térmico da UH por meio da comparação de características geométricas dos APP e de propriedades térmicas dos sistemas construtivos em relação aos valores de referência destes parâmetros. Este procedimento estabelece o atendimento aos requisitos e critérios para sistemas de vedações verticais e externas (SVVE) e de coberturas, descritos na ABNT NBR 15575-4:2021, e na ABNT NBR 15575-5:2021, Seção 11, respectivamente. [...]. O procedimento simplificado permite a análise de desempenho térmico para a obtenção do nível mínimo, de caráter obrigatório. O atendimento aos níveis intermediário e superior deve ser avaliado por meio do procedimento de simulação computacional (ABNT, 2021).

Na Figura 16 é apresentado um esquema do processo do método simplificado que é aplicado apenas para o nível de desempenho mínimo. O processo consiste em comparar as características geométricas e propriedades térmicas dos componentes e elementos dos sistemas, relacionando-os a parâmetros de referência. Dentre os parâmetros avaliados, encontram-se a transmitância térmica ( $U_{par}$ ), a capacitância térmica ( $CT_{par}$ ), o percentual de abertura para ventilação ( $Pv,APP$ ), o percentual de elementos transparentes ( $Pt,APP$ ) e área de superfície dos elementos transparentes ( $At,APP$ ). O atendimento dos níveis intermediários e superior, são analisados a partir de métodos computacionais e não serão aplicados neste projeto.

**Figura 16 - Processo de aplicação do método simplificado para desempenho térmico**



Fonte: Adaptado da NBR 15575-1(ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 1- Requisitos gerais

#### **4.1.2 Desempenho Acústico**

As generalidades do desempenho acústico, especificam que uma edificação precisa “apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre as áreas comuns e privativas e entre as áreas privadas de unidades autônomas” (ABNT, 2021).

O desempenho acústico elenca 3 requisitos importantes para uma avaliação de desempenho. São eles: os requisitos de isolamento acústico de vedações externas; o requisito de isolamento acústico entre os ambientes e o requisito de isolamento a ruídos de impactos. Todos apontam, a necessidade de propiciar condições mínimas de isolamento acústico, seja, nas fachadas e coberturas, em áreas internas de unidades habitacionais, entre unidades habitacionais distintas, seja no controle dos ruídos aéreos ou de impacto.

Neste trabalho aplica-se o isolamento acústico do sistema de vedação vertical externo (SVVE) referente a fachadas, onde será utilizado as fichas de avaliação de desempenho (FAD) disponibilizadas pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). (BRASIL, 2023).

#### **4.1.3 Desempenho quanto à estanqueidade**

É necessário estar explicitado em projeto condições que prevejam a exposição à chuva, à umidade do solo e, também de exposição à água dentro da própria edificação habitacional. Tais condicionantes de projeto, tem como objetivo prevenir a deterioração, a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído (ABNT, 2021).

Dos requisitos elencados na NBR 15575-1 (ABNT, 2021) temos a “estanqueidade a fontes de umidade externa à edificação”. Essa premissa tem como objetivo, impedir a entrada de água da chuva, bem como a entrada de umidade relacionada ao solo e nível de lençol freático. Outro requisito importante, é a “estanqueidade a fontes de umidade externa ao projeto” que prevê “assegurar a estanqueidade à água utilizada na operação e manutenção do imóvel em condições normais de uso” (ABNT, 2021).

#### **4.1.4 Desempenho quanto à segurança contra incêndio**

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021), relativos ao desempenho quanto à segurança contra incêndio, baseiam-se nas seguintes premissas:

- Proteger a vida dos ocupantes das edificações, em caso de incêndio;
- Dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;

- Proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- Dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros.

Este trabalho focou na premissa de “dificultar o princípio do incêndio”, que tem como objetivo, impedir a propagação de incêndio através das condicionantes dadas em projeto e na construção da edificação, onde baseasse na resistência ao fogo dos elementos estruturais da edificação e quanto a reação ao fogo dos componentes que compõe os sistemas da edificação

## **4.2 Desempenho dos sistemas**

Nos itens a seguir estão especificados requisitos, critérios, parâmetros e premissas estabelecidos quanto ao desempenho na NBR 15575 (ABNT, 2021).

Para melhor entender a tomada de decisão de projeto por desempenho, neste item são apresentados os requisitos e critérios das áreas temáticas de desempenho vinculados aos sistemas da edificação (compostos por componentes e elementos). Bem como é apresentado a compatibilização entre as exigências de desempenho e as informações contidas na Ficha de Avaliação de Desempenho (FADs), tendo como resultado a tomada de decisão de composição dos sistemas da edificação

Sendo assim, verificou-se os sistemas e seus componentes no que se refere as exigências estabelecidas na NBR 15575 (ABNT,2021) e suas partes, no que concerne ao atendimento dos requisitos correspondentes ao nível de desempenho mínimo de cada área temática

### **4.2.1 Sistema de piso (entrepiso)**

O Sistema de piso considerado para o projeto é formado por uma Laje maciça de 10cm de espessura, um contrapiso de argamassa convencional de 5cm e revestimento cerâmico. O (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2015), registrou os aspectos relacionados aos diferentes desempenhos técnicos do sistema de piso mencionado. Esse registro ocorreu, por meio de uma Ficha de Avaliação de Desempenho – FAD N (Anexo C).

Nas seções seguintes, serão abordadas as premissas de desempenho mínimo exigidas pela NBR 15575-3 (ABNT, 2021), comparando cada requisito e critério aos resultados encontrados na Ficha de Avaliação e, determinando se as condicionantes de projeto atendem as diretrizes de desempenho.

#### **4.2.1.1 Requisitos e Critérios de Desempenho quanto segurança contra Incêndio**

##### **a) Reação ao Fogo**

A premissa “dificultar a ocorrência da inflamação generalizada”, é o primeiro requisito de desempenho quanto à segurança contra incêndio para o sistema de piso, e tem o objetivo de dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não

gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio. O critério para esse requisito é a reação ao fogo.

O critério é “avaliação da reação ao fogo da face inferior do sistema de piso”, são encontradas as classificações necessárias de acordo com os locais internos a uma edificação, como:

- Cozinha: podem ser utilizados componentes com a reação ao fogo com classificação I ou IIA;
- Locais internos da edificação, exceto cozinha: podem ser utilizados componentes com a reação ao fogo com classificação I, IIA ou IIIA;

Para melhor compreensão das exigências quanto a reação ao fogo, o Quadro 4 e o Quadro 5 apresentam a classificação dos materiais que compõem os sistemas de piso e a classificação do sistema de piso, respectivamente, que são necessárias para atender ao requisito de dificultar a ocorrência da inflamação generalizada.

**Quadro 4 - Classificação dos materiais que compõem as camadas do sistema de piso**

Classe		Método de ensaio		
		Indicado no ISO 1182	Indicado na ABNT NBR 9442	Indicado na ASTM E662
<b>I</b>		Incombustível	-	-
<b>II</b>	<b>A</b>	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) menor que 25	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>menor</b> ou igual a 450
	<b>B</b>	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) menor que 25	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>maior</b> ou igual a 450

Fonte: Adaptado da NBR 15575-3 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 3 – Requisitos para o sistema de pisos.



Quadro 5 - Classificação do sistema de piso

Classe	Método de ensaio		
	Indicado na ISO 1182	Indicado na EN 13823	Indicado na ISO 11925-2 (exp.=30s)
<b>I</b>	Incombustível	-	-
<b>II</b>	<b>A</b> Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) <b>menor ou igual</b> a 120w/s	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq 150$ mm em 60 s
		Propagação lateral da chama (LSF) <b>menor</b> canto do corpo de prova	
Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) <b>menor ou igual</b> a 7,5 MJ			
*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) <b>menor ou igual</b> a 180 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> e			
Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) <b>menor ou igual</b> que 200m <sup>2</sup>			
<b>B</b> Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) <b>menor ou igual</b> a 120w/s	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq 150$ mm em 60 s	
	Propagação lateral da chama (LSF) <b>menor</b> canto do corpo de prova		
	Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) <b>menor ou igual</b> a 7,5 MJ		
	*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) <b>maior</b> que 180 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> e		
	Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) <b>maior</b> que 200m <sup>2</sup>		
*correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência			

Fonte: Adaptado da NBR 15575-3 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 3 – Requisitos para o sistema de pisos.

A avaliação da reação ao fogo da face superior do sistema de piso também faz parte da análise da composição do sistema de piso, pois todas as camadas de acabamento da estrutura que possam interferir de alguma forma no comportamento de reação ao fogo precisam ser avaliadas. O Quadro 6 apresenta os resultados correspondentes a classificação indicada para ser utilizada no projeto em desenvolvimento.

**Quadro 6 - Classificação da camada de acabamento, incluindo todas as camadas subsequentes que podem interferir no comportamento do piso.**

Classe	Método de ensaio			
	Indicado na ISO 1182	Indicado na ABNT NBR 8660 (ABNT, XXXX)	Indicado na ISO 11925-2 (exp.=15s)	Indicado na ASTM E662
I	Incombustível	-	-	-
II	A	Fluxo crítico <b>maior ou igual</b> a 8 kW/m <sup>2</sup>	(FS) <b>menor ou igual</b> 150 mm em 20 s	(Dm) <b>menor</b> ou igual a 450
	B	Fluxo crítico <b>maior ou igual</b> a 8 kW/m <sup>2</sup>	(FS) <b>menor ou igual</b> 150 mm em 20 s	(Dm) <b>menor</b> ou igual a 450

Fonte: Adaptado da NBR 15575-3 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 3 – Requisitos para o sistema de pisos.

#### a) Resistência ao Fogo

O requisito, “dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação”, tem como critério para este projeto a resistência ao fogo de elementos de compartimentação entre pavimentos e elementos estruturais associados. Em relação ao sistema de piso é estabelecido que “os entrepisos propriamente ditos, [...], devem atender aos critérios de resistência ao fogo, destacando-se que os tempos requeridos se referem à categoria corta-fogo, onde são considerados os critérios de isolamento térmico, estanqueidade e estabilidade: (a) unidades habitacionais assobrada, isoladas ou geminadas: 30 min [...]”

#### 4.2.1.2 Requisitos e Critérios de Desempenho quanto à Estanqueidade à água

##### a) Umidade ascendente

O requisito de desempenho quanto a estanqueidade de sistema de pisos em contato com a umidade ascendente, preza evitar “condições de risco à saúde dos usuários e deterioração da camada de acabamento dos pisos e áreas adjacentes”.

No que diz respeito ao critério os sistemas de pisos, devem ser estanques à umidade ascendente, considerando a altura máxima do lençol freático prevista para o local da obra

##### b) Áreas molhável e molhada

O requisito quanto a estanqueidade de sistemas de pisos de áreas molháveis da edificação está estabelecida que áreas molháveis não são estanques, portanto, o critério de estanqueidade não se aplica nessa situação.

O requisito quanto a estanqueidade de sistemas de pisos de áreas molhadas da edificação tem critério objetivo, e descreve com clareza os resultados a serem obtidos para se atingir o desempenho mínimo.

Os sistemas de pisos de áreas molhadas não podem permitir o surgimento de umidade, permanecendo a superfície inferior e os encontros com as paredes e pisos adjacentes que os delimitam secos, quando submetidos a uma lâmina d'água de no mínimo 10mm em seu ponto mais alto, durante 72h. (ABNT, 2021)

#### **4.2.1.3 Requisitos e Critérios de Desempenho Acústico**

Devido a conformação estabelecida dos ambientes do projeto deste trabalho, a condicionante, referente aos níveis de ruídos de impacto, mais próxima ao sistema de piso utilizado no projeto, é o elemento de separação: “sistema de piso de unidades habitacionais autônomas sobre sala”, conforme a Tabela E.1 dos critérios de desempenho, para ruídos de impactos em sistemas de pisos para salas e dormitórios da NBR 15575-3 (ABNT,2021). Essa condicionante, possui os valores, para o nível de desempenho intermediário de ruído, de 56 a 65 dB e para o nível de desempenho superior, de no máximo 55dB, sendo que o nível mínimo não se aplica.

O critério de desempenho para ruídos aéreos em sistemas de pisos ( $D_{nT,w}$ ), especificado na Tabela E.2 dos critérios e níveis de desempenho, para ruídos aéreos em sistemas de pisos da NBR 15575-3 (ABNT,2021), determina que o sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório, nas situações em que não haja ambiente dormitório, o isolamento do ambiente de até 55 dB (no nível superior), de 50 a 54dB (no nível intermediário) e de 45 a 49 (no nível mínimo).

#### **4.2.1.4 Decisões de projeto para o sistema de piso**

A compatibilização entre os requisitos de desempenho quanto à segurança contra incêndio, desempenho quanto à estanqueidade à água e desempenho acústico permitiu a tomada de decisão ser baseada na da Ficha de Avaliação de Desempenho – N (FAD-N) (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2015), que contém as informações de desempenho.

- **Quanto a segurança contra incêndio na FAD-N:**

As informações quanto a reação ao fogo para a face inferior e para face superior do sistema de piso tem classificação IA, ou requisito seja, os materiais incombustíveis, atendendo as exigências de desempenho para o projeto. O requisito de resistência ao fogo para edificações

assobradadas tem tempo requerido de resistência ao fogo de 30 minutos, atendendo as exigências de desempenho para o projeto.

- **Quanto a estanqueidade à água na FAD-N:**

O requisito de estanqueidade de áreas molhadas é atendido desde que constituídos por lajes projetadas e executadas de acordo com as normas NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 14831 (ABNT, 2002), com sistemas de impermeabilização e revestimento. Dessa forma, para o banheiro localizado no 2º pavimento do projeto deve ser aplicado um sistema de impermeabilização. Para o sistema de cobertura está previsto o telhado de fibrocimento, com o objetivo de proteger o local de intempéries. Como solução do escoamento da água, foi proposto um sistema de calhas. No entanto, esse sistema não será abordado neste relatório, considerando que o dimensionamento de calhas e o projeto de águas pluviais não fazem parte do escopo deste trabalho.

- **Quanto ao desempenho acústico na FAD-N:**

Os resultados descritos compreendem sistemas de pisos entre unidades habitacionais autônomas ou áreas de uso coletivo. Logo, não se aplica ao projeto, considerando que a edificação desenvolvida é unifamiliar. No entanto, para projetos de multifamiliares quando sistemas de piso estiver separando pavimentos distintos, o primeiro requisito mencionado, atende o nível mínimo de desempenho (com o resultado de 78dB). Já o “sistema de piso de áreas de usos coletivo (atividades de lazer e esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas” não atende ao desempenho mínimo.

**Quadro 7 - Resumo da compatibilização entre requisitos e critérios da NBR15575-4 (ABNT, 2021) e os resultados da FAD N (2015)**

SISTEMA DE PISO DESEMPENHO MÍNIMO E DECISÕES DE PROJETO		
Requisitos e Critérios	Documentos de referência para tomada de decisões	
NBR 15575-3	FAD N	
<b>Desempenho quanto à Incêndio</b>		
a) <u>Reação ao fogo</u>	Classe I, IIA, IIIA	Classe IA
b) <u>Resistência ao fogo</u>	30 min	30 min
<b>Desempenho quanto à água</b>		
a) <u>Umidade ascendente</u>	Devem ser estanques à umidade ascendente, considerando a altura do lençol freático	Não avaliado na FAD N
b) <u>Áreas molhável e molhada</u>	Não podem permitir o surgimento de umidade, permanecendo a superfície inferior e os encontros com paredes e pisos adjacentes, quando submetidos a lâmina d'água não inferior a 10mm em 72h	Atende desde que constituído por lajes dentro das normas da NBR 6118 e NBR 14831 com sistema de impermeabilização e revestimento
<b>Desempenho acústico</b>		
<u>Ruído de impacto</u>	Requisitos e critérios referentes a sistemas de pisos de entre unidades habitacionais autônomas ou áreas de uso coletivo	Não se aplica ao projeto.
<u>Ruído aéreo</u>		

Fonte: Adaptado da NBR15575-3 (ABNT, 2021): Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 3 – Requisitos para sistemas de pisos e Ficha de Avaliação de Desempenho – 05 (FAD N)

#### 4.2.2 Sistema de cobertura

Nas seções deste tópico, serão abordadas as premissas de desempenho mínimo exigidas pela NBR 15575-4 (ABNT, 2021), comparando cada requisito e critério aos resultados encontrados na Ficha de Avaliação e, determinando se as condicionantes de projeto atendem as diretrizes de desempenho.

O sistema de cobertura do projeto é constituído de telhas onduladas de fibrocimento de 5mm, sem amianto, sendo utilizada como base para definição da composição do sistema de cobertura a Ficha de Avaliação de Desempenho – FAD 05 e INMETRO nº50 (PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2013).

## Requisitos e Critérios de Desempenho quanto à Incêndio

### a) Reação ao Fogo

O requisito quanto a reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento visa impedir a propagação de chamas no local onde iniciou-se o incêndio e permitir que os usuários tenham sua fuga facilitada em situação de emergência. O critério para avaliar a reação ao fogo da face interna do sistema de cobertura das edificações tem a seguinte classificação: “[..] o sistema de cobertura do lado interno da edificação deve classificar-se como I, II A ou III A, [..]. No caso de cozinhas, a classificação deve ser I ou IIA, apresentado nos Quadro 8 e Quadro 9.

**Quadro 8 - Classificação dos materiais para o sistema de cobertura**

Classe	Método de ensaio		
	Indicado no ISO 1182	Indicado na ABNT NBR 9442	Indicado na ASTM E662
I	Incombustível	-	-
IIA	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) menor que 25	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>menor</b> ou igual a 450
IIIA	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) maior que 25 e menor ou igual a 75	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>menor</b> ou igual a 450

Fonte: Adaptado da NBR 15575-5 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 5 – Requisitos para o sistema de cobertura.

**Quadro 9 - Classificação dos materiais especiais com base na BS EM 13823 que não podem ser caracterizados através da ABNT NBR 9442 (ABNT, 2019)**

Classe	Método de ensaio		
	Indicado no ISO 1182	Indicado na EN 13823	Indicado no BS EN ISO 11925-2 (exp.=30s)
I	Incombustível	-	-
II A	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) <b>menor ou igual</b> a 120w/s	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq 150$ mm em 60 s
		Propagação lateral da chama (LSF) <b>menor</b> canto do corpo de prova	
		Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) <b>menor ou igual</b> a 7,5 MJ	
		*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) <b>menor ou igual</b> a 180 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> e	
		Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) <b>menor ou igual</b> que 200m <sup>2</sup>	
III A	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) <b>menor ou igual</b> a 250w/s	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq 150$ mm em 60 s
		Propagação lateral da chama (LSF) <b>menor</b> canto do corpo de prova	
		Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) <b>menor ou igual</b> a 15 MJ	
		*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) <b>menor ou igual</b> que 180 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> e	
		Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) <b>menor ou igual</b> que 200m <sup>2</sup>	
*correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência			

Fonte: Adaptado da NBR 15575-5 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 5 – Requisitos para o sistema de cobertura.

A avaliação quanto a reação ao fogo da face externa do sistema de cobertura das edificações determina que a face externa do sistema de cobertura se classifique como I, II, ou III, conforme Quadro 10.

**Quadro 10 - Classificação dos materiais de acordo com o método da NBR 9442 (ABNT, 2019)**

Classe	Método de ensaio	
	Indicado no ISO 1182	Indicado na ABNT NBR 9442
I	Incombustível	-
II	Combustível	Índice de propagação superficial de chama <b>menor que 25</b>
III	Combustível	Índice de propagação superficial <b>maior que 25 e menor ou igual a 75</b>

Fonte: Adaptado da NBR 15575-5 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 5 – Requisitos para o sistema de coberturas.7

## b) Resistência ao Fogo

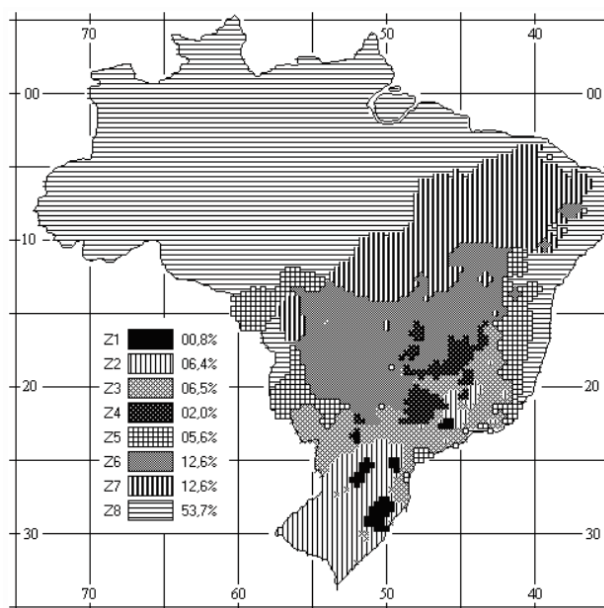
A resistência ao fogo para o sistema de cobertura estabelece que para unidades habitacionais unifamiliares geminadas de até 2 pavimentos tenha o critério de tempo requerido de resistência ao fogo de no mínimo de 30 minutos.

### 4.2.2.1 Requisitos e Critérios de Desempenho Térmico

O requisito para desempenho térmico de coberturas estabelece que o critério de transmitância térmica de coberturas ( $U_{cob}$ ), nas áreas de permanência prolongada (APP), devem possuir valores de transmitância térmica igual ou inferiores aos valores de referência das suas zonas bioclimáticas.

Na ABNT NBR 15220-3, o zoneamento bioclimático das oito zonas distribuídas pelo território brasileiro, Figura 17. A zona bioclimática do projeto deste trabalho é 2, visto que a localização é na Rua Carlos Cazaletti Filho, 2486 – Balneário Pinhal, na Latitude: -30.264389 e Longitude: -50.237472 aproximadamente. Para as Zonas Bioclimáticas 1 e 2 é previsto em norma uma transmitância térmica de coberturas ( $U_{cob}$ ) menor ou igual a  $2,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

**Figura 17 - Zoneamento bioclimático Brasileiro**



Fonte: NBR15220-3 (ABNT, 2005) – Desempenho Térmico de Edificações

Outro aspecto relevante para o projeto, é a combinação do sistema de laje maciça com a cobertura de telha de fibrocimento, em relação ao desempenho térmico. Através do Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros da portaria INMETRO nº50 (PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2013), são determinados os parâmetros de transmitância térmica e capacidade térmica da combinação dos 2 sistemas.



No Quadro 11, encontra-se o comparativo dos valores de referência dados de Transmitância térmica (U) e Capacidade térmica (CT) em norma do desempenho térmico, da combinação dos sistemas de cobertura e laje, e os resultados encontrados no catálogo da PBE 2017, seguidos dos valores encontrados no Catálogo de propriedades térmicas.

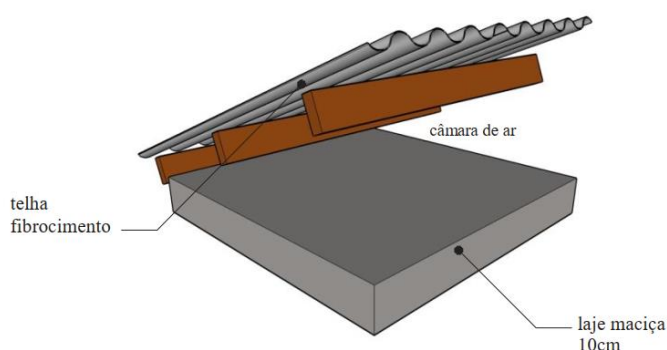
**Quadro 11 - Comparativo dos valores de referência dados de Transmitância térmica (U) e Capacidade térmica (CT) em norma do desempenho térmico, da combinação dos sistemas de cobertura e laje, e os resultados encontrados no catálogo da PBE 2017**

SISTEMA COBERTURA/LAJE		
Valores de referência (para Zona bioclimática 1) das NBR15575-4 e NBR15575-5	Valores de referência das diretrizes construtivas (para Zona bioclimática 1) da NBR15220-3	Resultado encontrado no Catálogo de Propriedades Térmicas
$(U_{cob} \leq 2,30)$	$(U_{cob} \leq 2,00)$	$U = 2,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
$(CT_{par} \geq 130)$		$CT = 233 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

Fonte: Adaptado das NBR15575-4 (ABNT, 2021): Requisitos para o sistemas de vedações verticais internas e externas, NBR15575-5 (ABNT, 2021): Requisito para o sistema de coberturas e do Catálogo de Propriedades Térmicas de paredes, coberturas e vidros, NBR15220-3 (ABNT, 2021): Desempenho Térmico de Edificações

O Sistema considerado no comparativo avaliou a composição do sistema cobertura/laje indicadas no Catálogo de propriedades térmicas, conforme pode ser visto na Figura 18.

**Figura 18 - Sistema de Laje maciça (10cm), câmara de ar (>5cm) e telha de fibrocimento**



Fonte: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros (2013)

#### 4.2.2.2 Requisitos e Critérios de Desempenho quanto à Estanqueidade à água

O nível de desempenho será atendido no mínimo, desde que sejam atendidas as premissas de projeto estabelecidas por requisito.

##### a) Impermeabilidade

O requisito condições de salubridade no ambiente habitável prevê para o critério de impermeabilidade a seguinte premissa: se o sistema de cobertura não pode apresentar escorrimento, gotejamento de água ou gotas aderentes, aceita-se o aparecimento de manchas de umidade, desde que restritas à no máximo 35% da área das telhas. No Quadro 12 estão apresentados os níveis de desempenho conferidas às condições das telhas.

**Quadro 12 - Nível de desempenho para estanqueidade de telhas**

Condição	Nível de desempenho
O telhado não deve apresentar aparecimento de gotas aderentes e manchas de umidade superiores a 35% da área das telhas.	Mínimo
O telhado não deve apresentar aparecimento de gotas aderentes e manchas de umidade superiores a 25 % da área das telhas.	Intermediário
O telhado não deve apresentar aparecimento de manchas de umidade	Superior

Fonte: Adaptado da NBR 15575-5: (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 5 – Requisitos para o sistema de coberturas.

Para atender um nível de desempenho mínimo no sistema de cobertura deve-se atender as premissas de projeto a seguir, conforme apresentado na NBR 15575-5 (ABNT, 2021):

- Estabelecer a necessidade do atendimento da regularidade geométrica da trama da cobertura, durante a vida útil de projeto, a fim de que não resulte em prejuízo à estanqueidade do SC;
- Mencionar as Normas Brasileiras dos componentes para o SC ou, na inexistência de Normas Brasileiras, as indicações dos fabricantes do componente telham ou normas estrangeiras;
- Detalhar, quando requerido ou previsto, a presença de barreiras: de radiação solar, isolante térmica e ao vapor; detalhar: a forma de aplicação e fixação da subcobertura, as sobreposições e tamanhos das emendas e dos acessórios necessários;
- Indicar as sobreposições das peças (longitudinal e transversa)
- Dimensões dos panos;
- Indicar declividade dos SC face aos componentes específicos;
- Indicar acessórios necessários;
- Indicar materiais e detalhes construtivos dos arremates [..];
- Indicar a forma de fixação dos componentes;
- Indicar a ação do vento no local da edificação habitacional, e que foi considerada no projeto.

#### **b) Estanqueidade**

A estanqueidade das aberturas de ventilação, propõe em sua premissa de projeto: “[...] detalhar e posicionar os sistemas de aberturas e de saídas que atendam ao critério de estanqueidade e ventilação de maneira que o ático permaneça imune à entrada de água e de animais dentro das condições previstas em projeto”. (ABNT, 2021)

### **c) Captação e escoamento das águas pluviais**

A captação e escoamento de águas pluviais no sistema de cobertura deve ter a capacidade de captar toda água das chuvas ocorridas na região do projeto, de forma a não permitir empoçamentos ou extravasamentos dessa água para dentro da edificação. A premissa de projeto determina que:

- o projeto considere as disposições da ABNT NBR 10844, referentes à avaliação da capacidade de drenagem pluvial do SC;
- compatibilizar os projetos de arquitetura do telhado e da impermeabilização, bem como especifique os detalhes do sistema de impermeabilização nas lajes de cobertura, terraços, fachadas e outros componentes da construção (no projeto em questão, a impermeabilização da cobertura, foi substituída pelo sistema de cobertura com telha de fibrocimento, porém para os beirais e áreas molhadas como os banheiros, por exemplo, será aplicado impermeabilização).

Também é dito nas premissas de projeto que:

- é preciso especificar os caimentos das águas do telhado, seus encontros, projeções dos beirais, encaixes, sobreposições e fixação das telhas;
- precisa especificar o sistema de águas pluviais;
- é necessário detalhar os elementos que impeçam o acúmulo de água nas superfícies das fachadas.

#### **4.2.2.3 Decisões de projeto para o sistema de cobertura**

A compatibilização entre os requisitos de desempenho quanto à segurança contra incêndio, desempenho térmico e desempenho quanto à estanqueidade à água permitiu a tomada de decisão ser baseada na da Ficha de Avaliação de Desempenho – 05 (FAD-05) (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2015), que contém as informações de desempenho. Quanto ao desempenho térmico foi adotado as informações do Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros da portaria INMETRO nº50 (PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2013).

Ainda neste sistema será utilizado forro de gesso não aderido, cujo objetivo é criar um compartimento de passagem das instalações elétricas, instalações hidráulicas e as linhas frigorígenas da climatização. A estrutura foi avaliada como parte do sistema de cobertura.

A estrutura do forro de gesso é composta basicamente por perfis M48 simples (montante de 48mm) e chapa dupla de em gesso acartonado com 12,5mm de espessura. Nas áreas molhadas, foi utilizado as chapas com Resistência à Umidade (RU) – devido a umidade por

condensação - e para as áreas secas, as chapas de gesso Standard (ST). Neste projeto não foi considerado as chapas resistentes ao fogo (RF).

O forro de gesso do projeto atende os critérios de desempenho quanto à incêndio, bem como os requisitos e critérios de desempenho acústico. Logo, é percebido que a inclusão deste elemento irá compor o sistema sem ônus ao desempenho.

**Quadro 13 - Tipologia do forro de gesso acartonado**

TIPOLOGIA	PERFIL	Nº DE CHAPAS	RESISTÊNCIA AO FOGO		ÍNDICE DE ISOLAMENTO ACÚSTICO	
			Com chapa ST	Com chapa RF	Com chapa ST	Com chapa RF
FGE – FORRO GYPSUM ESPECIAL	M 48	2	30	30	33	38

Fonte: Adaptado da tabela de desempenho 2014 da Gypsum

- **Quanto a segurança contra incêndio na FAD-05:**

As informações quanto a reação ao fogo para a face inferior e para face superior do sistema de cobertura tem classificação IIA, ou seja, os materiais que apresentem o índice de propagação de chama (Ip) igual a zero e densidade óptica de fumaça (Dm) igual a 14, se enquadram na classificação II-A. Portanto o sistema de cobertura escolhido atende às especificações exigidas pela norma. O requisito de resistência ao fogo para o sistema de cobertura de edificações assobradadas tem tempo requerido de resistência ao fogo de 30 minutos, atendendo as exigências de desempenho para o projeto.

- **Quanto a estanqueidade à água na FAD-05:**

Nas avaliações do critério de impermeabilidade, foram realizadas as seguintes avaliações: a avaliação da impermeabilidade, com a aplicação de uma coluna d'água de 250mm de altura e diâmetro de 35mm e a avaliação da permeabilidade, aplicando uma lâmina de água de 20mm acima das cristas da telha. Ambas as análises ocorreram em um período de 24h sob nenhuma ocorrência durante o ensaio. Assim sendo atendida às especificações dadas na NBR 15575-5.

- **Quanto ao desempenho térmico portaria INMETRO n°50:**

O sistema de cobertura apresentado na portaria do INMETRO n°50 atende aos requisitos exigidos para a região bioclimática 2, localização do projeto em estudo.

A seguir é apresentado um resumo da compatibilização entre requisitos e critérios da NBR15575-5 e os resultados da FAD 05 e o catálogo do INMETRO n° 50 para o sistema de cobertura, Quadro 14.

**Quadro 14 - Resumo da compatibilização entre requisitos e critérios da NBR15575-5 e os resultados da**

**FAD 05 e o catálogo do INMETRO n° 50 para o sistema de cobertura**

SISTEMA DE COBERTURAS DESEMPENHO MÍNIMO E DECISÕES DE PROJETO			
3333		Documentos de referência para tomada de decisões	
NBR 15575-5		FAD 05	INMETRO n° 50
Desempenho quanto à Incêndio			
<u>Reação ao fogo</u>	Classe I, IIA, IIIA	Classe IIA	
<u>Resistência ao fogo</u>	30 min	30 min	
Desempenho quanto à água			
<u>Impermeabilidade</u>	Não apresentar escoamento, gotejamento. Permite manchas de 35% área da telha	Atende às especificações	
<u>Estanqueidade</u>	Durante a vida útil do sistema, não pode haver infiltração de água que resulte em escoamento ou gotejamento	Atende às especificações	
<u>Captação de águas pluviais</u>	Devem atender às premissas de projeto	Não apresentado na FAD 05	
Desempenho térmico			
<u>Transmitância Térmica (Ucob)</u>	Zonas bioclimáticas 1 e 2 $U_{cob} \leq 2,30$		$U_{cob} \leq 2,00$

Fonte: Adaptado da NBR15575-5 (ABNT, 2021): Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 5 – Requisitos para sistemas de coberturas, Ficha de Avaliação de Desempenho – 05 (FAD 05) e Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros da portaria INMETRO n°50

**4.2.3 Sistema de vedação vertical externo (SVVE) – Paredes Externas**

O Sistema de vedação vertical externo (SVVE) considerado para o projeto é formado por paredes de alvenaria estrutural, com blocos de concreto da família (15x40) cm, com argamassa de assentamento de 1,0cm, revestimento interno/externo com chapisco 1,0cm e reboco 2,0cm, e por fim, a camada de acabamento de pintura. Nas seções seguintes, serão abordadas as premissas de desempenho mínimo exigidas pela NBR 15575-3 (ABNT, 2021), comparando cada requisito e critério aos resultados encontrados na Ficha de Avaliação de Desempenho (FADs) e no Manual de Desempenho/2022 da (ASSOCIAÇÃO BLOCO BRASIL, 2022), determinando se as condicionantes de projeto atendem as diretrizes de desempenho.

### 4.2.3.1 Requisitos e Critérios de Desempenho quanto à Incêndio

#### a) Reação ao Fogo

O critério de “avaliação da reação ao fogo da face externa das vedações verticais que compõem a fachada”, determina que as faces externas das fachadas sejam classificadas como I ou II B. As características e resultados de cada classificação mencionada, estão descritas no Quadro 15 e Quadro 16.

**Quadro 15 - Classificação dos materiais referentes a face interna dos sistemas de vedações verticais com base no método ABNT NBR 9442**

Classe	Método de ensaio			
	Indicado no ISO 1182	Indicado na ABNT NBR 9442	Indicado na ASTM E662	
I	Incombustível	-	-	
II	A	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) <b>menor</b> que 25	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>menor</b> ou igual a 450
	B	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) <b>menor</b> que 25	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>maior</b> 450
III	A	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) <b>maior</b> que 25 e <b>menor ou igual</b> a 75	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>menor</b> ou igual a 450
	B	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) <b>maior</b> que 25 e <b>menor ou igual</b> a 75	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>maior</b> 450
IV	A	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) <b>maior</b> que 25 e <b>menor ou igual</b> a 150	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>menor</b> ou igual a 450
	B	Combustível	Índice de propagação superficial de chama (Ip) <b>maior</b> que 25 e <b>menor ou igual</b> a 150	Densidade específica óptica máxima de fumaça (Dm) <b>maior</b> 450

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa.

**Quadro 16 - Classificação dos materiais referentes a face interna dos sistemas de vedações verticais com base no método EN 13823**

Classe	Método de ensaio			
	Indicado no ISO 1182	Indicado na EN 13823	Indicado no ISO 11925-2 (exp.=30s)	
I	Incombustível	-	-	
II	A	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq 120\text{w/s}$	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq 150\text{ mm em }60\text{ s}$
			Propagação lateral da chama (LSF) < canto do corpo de prova	
			Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) $\leq 7,5\text{ MJ}$	
			*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e	
			Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $\leq 200\text{m}^2$	
	B	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq 120\text{w/s}$	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq 150\text{ mm em }60\text{ s}$
			Propagação lateral da chama (LSF) < canto do corpo de prova	
			Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) $\leq 7,5\text{ MJ}$	
			*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e	
			Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $> 200\text{m}^2$	
III	A	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq 250\text{w/s}$	
			Propagação lateral da chama (LSF) < canto do corpo de prova	
			Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) $\leq 15\text{ MJ}$	
			*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e	
			Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $\leq 200\text{m}^2$	
	B	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq 250\text{w/s}$	
			Propagação lateral da chama (LSF) < canto do corpo de prova	
			Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) $\leq 15\text{ MJ}$	
			*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e	
			Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $> 200\text{m}^2$	
IV	A	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq 750\text{w/s}$	
			*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e	
			Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $\leq 200\text{m}^2$	
	B	Combustível	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq 750\text{w/s}$	
			*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e	
			Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $> 200\text{m}^2$	
*correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência				

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa.

### b) Resistência ao Fogo

O requisito de resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação atende a premissa de dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação. A ABNT NBR15575-4 traz a seguinte afirmativa: “as paredes estruturais devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30min, assegurando neste período condições de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica, no caso de edificações habitacionais de até cinco pavimentos.

Esse critério também indica que os sistemas de vedação vertical (SVV) da edificação atendam o que estabelece a ABNT NBR 14432, com o propósito de controlar os riscos de incêndio e preservar estruturalmente a edificação, onde normatiza que o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) para o grupo A, condizentes com as edificações de uso residencial de altura entre 6 e 12m e divisão A-1/A-2, seja de no mínimo 30min. Estes dados seguem no Quadro 17 (ABNT, 2001).

**Quadro 17 - Tempo requerido de resistência ao fogo**

GRUPO	OCUPAÇÃO/USO	DIVISÃO	ALTURA DA EDIFICAÇÃO	*TRRF
A	Residencial	A-1 (Habitações unifamiliares)	6m<h<12m	30min
*Tempo mínimo de resistência ao fogo, preconizado pela NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações- Procedimentos, de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão.				

Fonte: Adaptado da NBR14432 (ABNT, 2001):Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações- Procedimentos

#### 4.2.3.2 Requisitos e Critérios de Desempenho Térmico

O desempenho térmico do sistema de vedação vertical externo (SVVE), fachadas, estabelecem o atendimento mínimo de seus critérios, considerando os valores de referência para a transmitância térmica de paredes externas, capacidade térmica de paredes externas, percentual de abertura para ventilação e o percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes. Este trabalho focou nos critérios de transmitância térmica e capacidade térmica para a análise das paredes externas, considerando a zona bioclimática 2, conforme apresentado na Figura 17.

A transmitância térmica de paredes externas ( $U_{par}$ ) e a capacidade térmica de paredes externa ( $CT_{par}$ ) possuem limites de referência para cada zona bioclimática. O Quadro 18 apresenta os valores indicados na ABNT NBR 15575-4.



**Quadro 18 - Valores de Referência para Transmitância térmica e Capacidade térmica de paredes externas**

<b>PAREDES EXTERNAS VALORES DE REFERÊNCIA</b>			
TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DE PAREDES ( $U_{par}$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)			
ZONAS BIOCLIMÁTICAS	Zona 1 e 2	Zona 3 a 8	
	$U_{par} \leq 2,7$	$\alpha_{par} \leq 0,6$	$\alpha_{par} > 0,6$
		$U_{par} \leq 3,7$	$U_{par} \leq 2,5$
CAPACIDADE TÉRMICA DE PAREDES ( $CT_{par}$ ) kJ/(m <sup>2</sup> .K)			
ZONAS BIOCLIMÁTICAS	Zona 1 e 7	Zona 8	
	$CT_{par} \geq 130$	Sem requisito para a zona	

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa.

#### 4.2.3.3 Requisitos e Critérios de Desempenho Acústico

A NBR 15575-4: 2021 estabelece que o sistema de vedação vertical externo (SVVE), apresente nível de desempenho mínimo, para atender ao isolamento a ruído aéreo de sistemas de vedações externas: fachadas, conforme indicado no Quadro 19.

**Quadro 19 - Valores mínimos de referência para o parâmetro “diferença padronizada de nível ponderada” da vedação externa de dormitório**

Classes de ruídos	Índice de pressão sonora incidente na fachada do ambiente ( $L_{inc}$ ) dB	Diferença de nível padronizada da fachada a 2 metros de distância ( $D_{2m,nT,w}$ ) dB
I	$\leq 60$	$\geq 20$
II	61 a 65	$\geq 25$
III	66 a 70	$\geq 30$

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa.

Conforme apresentado na NBR 15575-4:2013, o projeto está localizado em área sujeita a situação de ruído classe II. Dessa forma considera-se o isolamento acústico mínimo de 25 dB, como diferença de nível padronizada da fachada a 2 metros de distância. Essa classificação se encontra no Quadro 20.

**Quadro 20 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, da vedação externa de dormitório**

CLASSE DE RUÍDO	LOCALIZAÇÃO DA HABITAÇÃO	(D2m,nT,w) dB
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	$\geq 20$
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	$\geq 30$

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2021) – Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa.

#### 4.2.3.4 Decisões de projeto para o sistema de vedação vertical externo (SVVE) – Paredes Externas

A formação das paredes estruturais do projeto, foram dadas pelos seguintes elementos: blocos da família 15x40, argamassa de assentamento de 1,0cm, revestimento interno/externo com chapisco 1,0cm e reboco 2,0cm, e por fim, a camada de acabamento externo com pintura acrílica e interna com pintura à base de água, Quadro 21.

De acordo com o setor de aprovação e licenciamento de projeto da Prefeitura Municipal de Balneário Pinhal - PMBP a espessura das paredes externas deverá seguir as mesmas regras estabelecidas no código de obras do Município de Cidreira. Ficando estabelecido para as paredes externa a espessura mínima de 20cm.

**Quadro 21 – Formação das paredes internas e externas da alvenaria estrutural**

ALVENARIA ESTRUTURAL INTERNA E EXTERNA	
<b>BLOCOS</b>	14X19X39
<b>REVESTIMENTO INTERNO</b>	CHAPISCO 0,5CM EMBOÇO 2,0CM REBOCO 0,5CM
<b>REVESTIMENTO EXTERNO</b>	CHAPISCO 0,5CM EMBOÇO 2,0CM REBOCO 0,5CM
<b>ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO</b>	ARGAMASSA 1CM
<b>ACABAMENTO EXTERNO</b>	PINTURA COM TINTA ACRÍLICA
<b>ACABAMENTO INTERNO</b>	PINTURA COM TINTA PVA

Fonte: elaborado pela autora

- **Quanto a segurança contra incêndio:**

Ao que concerne ao desempenho quanto à incêndio, foram utilizados como parâmetros de referência os ensaios 02, 04, 09, 11 e 12 do Manual de Desempenho/2022 da

(ASSOCIAÇÃO BLOCO BRASIL, 2022), para aferir resultados aceitáveis à tipologia de parede escolhida para o projeto.

**Quadro 22 - Ensaio para análise de desempenho quanto à incêndio**

<i>DADOS</i>	<i>TIPOLOGIA DA PAREDE ENSAIADA</i>		<i>RESULTADO</i>
<i>ENSAIO</i> 02	Bloco Classe B 14x19x39cm	Face exposta: 15mm de Argamassa Face oposta: 15mm de Argamassa	CF 90 min
<i>ENSAIO</i> 04	Bloco Classe B 14x19x39cm	Face exposta: Chapisco + 20mm de Argamassa Face oposta: Sem revestimento	CF 90 min
<i>ENSAIO</i> 09	Bloco Classe C 14x19x39cm	Face exposta: 10mm de Argamassa Face oposta: 25mm de Argamassa	CF 120 min
<i>ENSAIO</i> 11	Bloco Classe B 14x19x39cm	Face exposta: Chapisco + 15mm de Argamassa Face oposta: Chapisco + 15mm de Argamassa	CF 180 min
<i>ENSAIO</i> 12	Bloco Classe A 14x19x39cm	Face exposta: Sem revestimento Face oposta: Sem revestimento	CF 60 min
<b>PROJETO</b>	<b>Bloco Classe B</b> <b>14x19x39cm</b>	Face exposta: Chapisco + 20mm de Argamassa Face oposta: Chapisco + 20mm de Argamassa	Supõe-se que esteja entre 60 e 180 min

Fonte: Adaptado do Manual de Desempenho do Bloco Brasil (2022)

Avaliando os ensaios de cada bloco no Quadro 22, é possível observar que para o ensaio 12, considerando ambas as faces do bloco sem revestimento, consegue-se atingir um CF de 60min. Enquanto, o ensaio 02 com o bloco Classe B e ambas as faces moldadas com argamassa de 1,5cm, chega-se ao resultado de corta fogo (CF) igual a 90 min. No ensaio 4, as faces do bloco, constitui-se de chapisco e uma camada 2cm de argamassa em sua face exposta. Já na face oposta, não foi inserido revestimento. O resultado positivo deste ensaio, foi de CF igual a 90 min.

O ensaio 9, apresenta um CF de 120 min, para este resultado foi avaliado o bloco classe C. Com face exposta de 1cm de argamassa e face oposta com 2,5cm de argamassa. Já o ensaio 11, foi avaliado o bloco classe B, considerando em ambas as faces chapisco e uma camada de 1,5 cm de argamassa, chegando a um resultado de 180 minutos.

Percebe-se que nos últimos a resistência ao fogo aumentou, considerando também o aumento da espessura do revestimento. Dessa forma, supõe-se que o bloco classe B com chapisco e 2cm de argamassa em ambas as faces possui um CF entre 60 e 180 min. Primando pela segurança, adotou-se um CF igual a 60min como referência. Portanto os blocos da família 15x40 – Classe B, atendem aos requisitos mínimos do desempenho quanto à incêndio, pois o CF de referência está acima do mínimo determinado pela NBR 14432.

- **Quanto ao desempenho térmico:**

O desempenho térmico, no Ensaio 01 realizado pelo método simplificado, apresentado no Manual de Desempenho/2022 da (ASSOCIAÇÃO BLOCO BRASIL, 2022) foi um dos parâmetros utilizado para a análise. Segue no Quadro 23 o resumo do ensaio.

**Quadro 23 - Ensaio para análise de desempenho térmico**

<i>DADOS</i>	<i>TIPOLOGIA DA PAREDE ENSAIADA</i>		<i>RESULTADO</i>
<i>ENSAIO 02 – Manual de Desempenho do Bloco Brasil</i>	Bloco Classe B 14x19x39cm	Face exposta: 25mm de Argamassa Face oposta: 05mm de Argamassa	U = 2,70 W/(m²K) CT= 194 kJ/m²K

Fonte: Adaptado do Manual de Desempenho do Bloco Brasil (2022)

Através do Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros da portaria INMETRO nº50 (PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2013), são determinados os parâmetros para transmitância térmica e capacidade térmica de parede com blocos de concreto 14x19x39cm, argamassa de assentamento de 1,5cm, argamassa interna de 2,5cm, argamassa externa de 2,5cm e pintura externa, conforme o

Quadro 24.

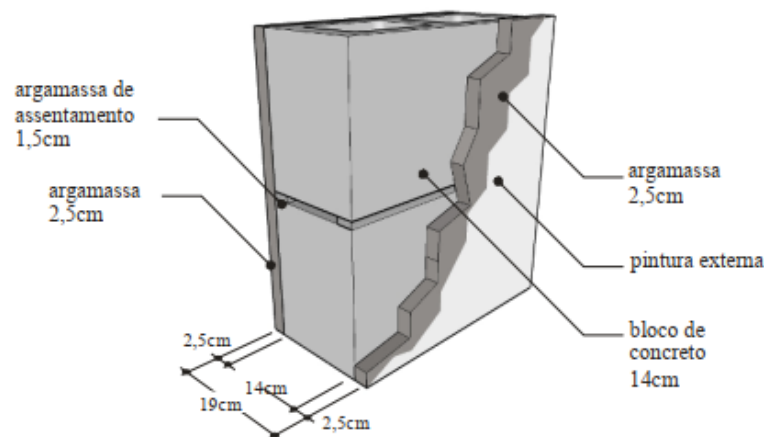
**Quadro 24 - Análise de desempenho Bloco Brasil**

<i>DADOS</i>	<i>TIPOLOGIA DA PAREDE</i>	<i>RESULTADO</i>
<i>Catálogo Propriedades Térmicas</i>	Argamassa interna (2,5cm) Bloco Classe 14x19x39cm Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa	U = 2,69 W/(m²K) CT= 272 kJ/m²K

Fonte: Adaptado do Catálogo de Propriedades Térmicas (2013)

A Figura 19 mostra um desenho esquemático do sistema de vedação vertical externo (SVVE), sem aberturas, avaliado para determinação dos parâmetros de desempenho térmico.

**Figura 19 - Estrutura do SVVE analisado para desempenho térmico**



Fonte: Adaptado do Catálogo de Propriedades Térmicas (2013)

**Quadro 25 – Resultados da análise de desempenho do SVVE**

SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNO				
VALORES DE REFERÊNCIA ZONA 1		RESULTADOS ENCONTRADOS		PROJETO
NBR15575-4	NBR15220-3	Manual de Desempenho Bloco Brasil	Catálogo de Propriedades Térmicas	AFERIÇÃO
( $U_{par} \leq 2,7$ )	( $U_{par} \leq 3,00$ )	$U = 2,70 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$U = 2,69 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	Supõe-se que U esteja entre 2,70 e 2,69 W/ (m <sup>2</sup> .K)
( $CT_{par} \geq 130$ )	Não possui referência	$CT = 194 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$	$CT = 272 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$	Supõe-se que CT esteja entre 194 e 272 kJ/ (m <sup>2</sup> .K)

Fonte: Adaptado da, NBR15575-4 (ABNT, 2021), NBR15220-3 (ABNT, 2005), Manual de Desempenho Bloco Brasil e Catálogo de Propriedades Térmicas

Dessa forma, infere-se que o bloco classe B com chapisco e 2cm de argamassa em ambas as faces possui uma transmitância térmica (U) entre 2,7 e 2,69 W/(m<sup>2</sup>.K) e capacidade térmica (CT) entre 194 e 272 kJ/(m<sup>2</sup>.K). De forma a atender as especificações mínima dadas em norma, adotou-se uma transmitância térmica (U) entre 2,7 W/(m<sup>2</sup>.K) e capacidade térmica (CT) de 194 W/(m<sup>2</sup>.K) para o projeto. Logo, os valores de projeto atendem aos valores de referência para a zona bioclimática 2, indicados nas NBRs 15575-4 e 15220-3.

- **Quanto ao desempenho acústico:**

Foram avaliados os ensaios 02, 03, 04 e 06 para as considerações a respeito dos aspectos de desempenho acústico do sistema de parede, conforme pode-se visualizar no Quadro 26 (ASSOCIAÇÃO BLOCO BRASIL, 2022).

**Quadro 26 - Ensaios para análise de desempenho acústico**

DADOS	TIPOLOGIA DA PAREDE ENSAIADA		RESULTADO
ENSAIO 02	Bloco Classe C 14x19x39cm	Face exposta: 22mm de Argamassa Face oposta: 22mm de Argamassa	43 dB
ENSAIO 03	Bloco Classe B 14x19x39cm	Face exposta: 19mm de Argamassa Face oposta: 19mm de Argamassa	48 dB
ENSAIO 04	Bloco Classe B 14x19x39cm	Face exposta: 29mm de Argamassa Face oposta: 29mm de Argamassa	50 dB
ENSAIO 05	Bloco Classe C 14x19x39cm	Face exposta: 25mm de Argamassa Face oposta: 25mm de Argamassa	44 dB
ENSAIO 06	Bloco Classe A 14x19x39cm	Face exposta: Sem revestimento Face oposta: Sem revestimento	46 dB
ENSAIO 07	Bloco Classe A 14x19x39cm	Face exposta: 16 mm de Argamassa Face oposta: 16 mm de Argamassa	48 dB
<b>PROJETO</b>	<b>Bloco Classe B 14x19x39cm</b>	Face exposta: Chapisco + 20mm de Argamassa Face oposta: Chapisco + 20mm de Argamassa	Supõe-se que esteja entre 48 e 50 dB

Fonte: Adaptado do Manual de Desempenho do Bloco Brasil (2022)

Observa-se no Quadro 26 que os blocos classe A, B e C tiveram variação gradativa dos seus isolamentos acústicos com o aumento da área de argamassa. Portando, estima-se que o bloco classe B do projeto, esteja entre 48 dB e 50dB. Pressupõe-se que a edificação em estudo, estará localizada em um condomínio com mais 3 sobrados iguais, lado a lado. E sua separação se dará à distância da garagem de cada unidade autônoma.

Dessa forma, a análise dos aspectos de desempenho acústico, procedeu-se com as três situações abaixo, encontradas no Quadro 18.

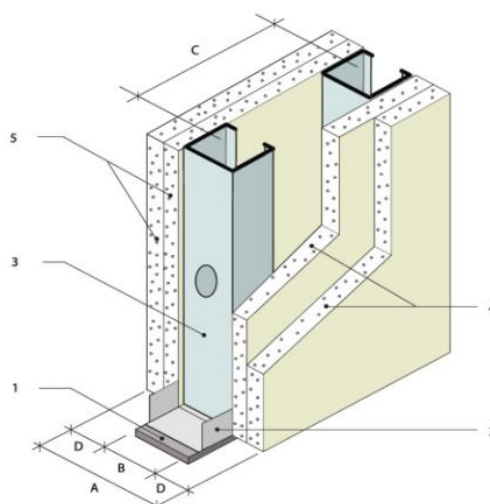
- Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.  **$D_{nT,w} \geq 45 \text{ dB}$**
- Parede cega entre o dormitório ou sala de uma unidade habitacional e as áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.  **$D_{nT,w} \geq 45 \text{ dB}$**
- Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$  obtida entre as unidades), caso pelo menos um dos usos dos ambientes seja dormitório.  **$D_{nT,w} \geq 45 \text{ dB}$**

Considerando que o projeto deverá ter um desempenho acústico mínimo de 45 dB e respeitar o nível de desempenho da classe de ruído II, inferiu-se que o SVVE proposto no projeto tem pelo menos entre 48 e 50 dB de isolamento acústico, conclui-se que o sistema atende ao critério da norma.

#### **4.2.4 Sistema de Vedação Vertical Interna (SVVI)**

O sistema de vedação vertical interno (SVVI) do projeto tem a proposição de ser composto pelo sistema *drywall*. Esse sistema é formado por uma parede de espessura 98mm, montante de largura 48mm e espaçamento de 600mm entre eles, 2 chapas com Resistência à Umidade (RU) ou 2 chapas de gesso Standard (ST) em cada um dos lados, conforme pode-se observar na Figura 20.

**Figura 20 - Estrutura de parede drywall com estyperua de 98mm**



Fonte: Ficha de Avaliação de Desempenho I do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQPH, 2023)

As chapas RU gesso acartonado, foram consideradas no sistema de vedação vertical interno do banheiro 1 do pavimento térreo, do banheiro 2 do segundo pavimento e na estrutura verticalizada para acesso às tubulações hidrossanitárias e de ventilação (*shaft*). Se arbitrou as chapas ST para as paredes da suíte, espaço ambiente integrado e circulação do segundo pavimento. Conforme pode-se observar no Quadro 27.

**Quadro 27 – Característica da parede drywall utilizada no projeto**

SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNO (SVVI)				
SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL				
DESCRIÇÃO SVVI	ESPESSURA	QTDADA	ESPAÇAMENTO MONTANTES	LOCAL DE APLICAÇÃO
1. Banda Acústica				
2. Guia de aço galvanizado classe Z 275	48mm			
3. Montante de aço galvanizado classe Z 275	48mm		600mm	
4. Chapa de gesso drywall RU	12,5mm	2		Banheiros e <i>Shaft</i>
5. Chapa de gesso drywall ST	12,5mm	2		Suíte e ambiente integrado
6. Guia de aço				

Fonte: Ficha de Avaliação de Desempenho I do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQPH, 2023)

#### 4.2.4.1 Requisitos e Critérios de Desempenho quanto à Incêndio

##### a) Reação ao Fogo

O requisito dificultar a ocorrência da inflamação generalizada estabelecido na NBR15575-4, diz que o sistema de vedação vertical escolhido, deve impedir a propagação generalizada do princípio de incêndio, de forma a promover com facilidade a fuga dos usuários mediante a essa ocorrência.

O critério a ser avaliado é o de reação da face do SVVI e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústico advindo do requisito mencionado anteriormente, para as seguintes classificações encontradas na NBR 15575-4 (ABNT, 2021):

- a) I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- b) I, II A, III A, IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos da habitação, exceto cozinha [..]

É possível visualizar os valores de referência para cada classificação, nos Quadro 15 e Quadro 16 (ABNT, 2021)

##### b) Resistência ao Fogo

Quanto ao critério de “resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação” do requisito “dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação”, é possível visualizar os valores de referência para cada classificação, no Quadro 17.

Portanto considera-se como desempenho mínimo aceitável para o projeto, o tempo mínimo de resistência ao fogo (TRRF) igual a 30 min para as paredes de gesso.

#### 4.2.4.2 Decisões de projeto para o sistema de vedação vertical interno (SVVI)

As paredes de gesso do sistema *drywall*, no que se refere ao critério avaliação da reação da face interna dos SVVI e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos, estão classificadas para a classe de materiais IIA, conforme descrito na Ficha de Desempenho I (FAD-I).

O Quadro 28 - Resultados para a avaliação da reação da face interna dos SVVI e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos apresenta os resultados comparativos entre os dados encontrados na FAD I e os parâmetros de referência da NBR 15575-4.



**Quadro 28 - Resultados para a avaliação da reação da face interna dos SVVI e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos**

CLASSE	REFERÊNCIA NORMA NBR 15575-4		RESULTADOS – FAD I	
	EN 13823	ISSO 11925-2 (exp.=30s)		
II A	Índice da taxa de desenvolvimento de calor (FIGRA) $\leq$ 120w/s	Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado (FS) $\leq$ 150 mm em 60 s	25W/s	Não atingiu 15mm
	Propagação lateral da chama (LSF) < canto do corpo de prova		Não atingiu	
	Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (THR600s) $\leq$ 7,5 MJ		1,0 MJ	
	*Taxa de desenvolvimento de fumaça (SMOGRA) $\leq$ 180 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> e		Limiar não alcançado	
	Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas (TSP600s) $\leq$ 200m <sup>2</sup>		19 m <sup>2</sup>	

Fonte: Adaptado da Ficha de Avaliação de Desempenho I do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQPH, 2023) e da NBR15575-4 (ABNT, 2021): Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE

O critério de “avaliação de reação ao fogo de face externa das vedações verticais que compõem a fachada”, não foi avaliado, considerando que esse critério não se aplica para o projeto. Já que o sistema de vedação vertical interno não compõe a fachada, além de não possuir função estrutural (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2015).

Para o requisito “resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação” o elemento parede de gesso, foi classificado com CF igual a 60min nos casos em que as chapas de gesso sejam do tipo Standard (ST) ou Resistentes à Umidade (RU), e CF igual a 90 min para os casos em que forem utilizadas as chapas Resistentes ao Fogo (RF). Dessa forma atende ao mínimo especificado na NBR15575-4.

Com isso, é possível inferir que o sistema *drywall* atende os desempenhos mínimos determinado em norma, no que se refere ao desempenho quanto à incêndio.

#### 4.2.5 Esquadrias

As esquadrias fazem parte do SVVE. Todavia, como este projeto é composto por um grupo de 9 esquadrias externas que possuem influência significativa no desempenho da edificação, foi decidido que elas teriam uma análise em separado para posteriormente o seu desempenho ser incorporado no SVVE. As esquadrias externas são: 5 janelas de alumínio, 2 portas janelas em alumínio e 2 portas de madeira

A tipologia das esquadrias segue a lógica de nomenclatura e modelo, a partir das seguintes características: tipo de esquadria, tipo de material, tipo de abertura, aplicação no projeto (interno ou externo), quantidade de folhas e a suas dimensões (largura e altura).

Abaixo, nos Quadro 29 e Quadro 30 encontra-se o levantamento das esquadrias, com suas nomenclaturas, modelo, dimensões e quantidades, incluindo as esquadrias interna, compostas por 3 portas.

**Quadro 29 - Tipologia das Janelas e suas características**

levantamento de Janelas				
Nomenclatura	Modelo	Altura	Largura	Contagem
JAV -E1M	Janela em Alumínio Maxim Ar	0.80	0.80	2
JAV-E9M	Janela em Alumínio e Vidro Externa com 3 Módulos inferiores e superiores fixos e 3 Módulos centrais móveis	2.60	2.32	2
JAV-E 12M	Janela em Alumínio e Vidro Externa, 4 módulos inferiores e superiores fixos e 4 Módulos centrais móveis	2.60	2.54	1
PJAV-CE2F	Porta Janela em Alumínio de Correr Externa - 2 Folhas	2.20	1.70	2

Fonte: elaborado pela autora

**Quadro 30 - Tipologia das Portas e suas características**

Levantamento de portas				
Nomenclatura	Modelo	Altura	Largura	Contagem
PAV-AE1F	Porta em Alumínio e Vidro de Abrir Externa - 1 Folha	2.20	0.87	1
PMA-E1F	Porta de Madeira de Abrir Externa - 1 Folha	3.00	1.20	1
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	2.10	0.87	3
PMF-E1F	Porta de Madeira Fixa Externa - 1 Folha	3.00	1.20	1

Fonte: elaborado pela autora

##### 4.2.5.1 Requisitos e Critérios de Desempenho quanto à Estanqueidade à água

O desempenho quanto à estanqueidade à água descrito na NBR 15575-4 (ABNT, 2021), determina que o sistema de vedações verticais externa e interna (SVVEI) se enquadra no desempenho mínimo quando o critério estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)” atender ao projeto e às premissas de projeto.

No entanto, para os casos de esquadrias, a norma indica que sejam atendidas as especificações dadas na NBR 10821-2 (ABNT, 2017) para esquadrias externas em edificações, conforme Quadro 31.

**Quadro 31 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachada) e esquadrias**

EDIFICAÇÃO	TEMPO DE ENSAIO h	PERCENTUAL MÁXIMO DAS MANCHAS DE UMIDADE NA FACE OPOSTA À INCIDÊNCIA DA ÁGUA, EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL DO CORPO DE PROVA SUBMETIDO À ASPERSÃO DE ÁGUA, AO FINAL DO ENSAIO	NÍVEL DE DESEMPENHO
Térrea (somente a parede de vedação)	7	10	M
		Sem manchas	I; S
Com mais de um pavimento (somente a parede de vedação)	7	5	M
		Sem manchas	I; S
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821-3		M

Fonte: NBR15575-4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE

Através de ensaios de laboratório para verificação da estanqueidade à água de esquadrias externas, é possível determinar os 3 níveis de desempenho quanto ao seu uso: o desempenho mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Contudo, este trabalho abordará às exigências a serem atendidas pelo nível mínimo de desempenho.

Os parâmetros de desempenho mínimo de janelas, após a realização dos ensaios de permeabilidade do ar e estanqueidade, encontram-se no Quadro 32. A pressão de ensaio a serem adotadas depende da região do país em que se encontra o projeto.

Quadro 32 - Nível de desempenho das esquadrias quanto ao seu uso (janelas)

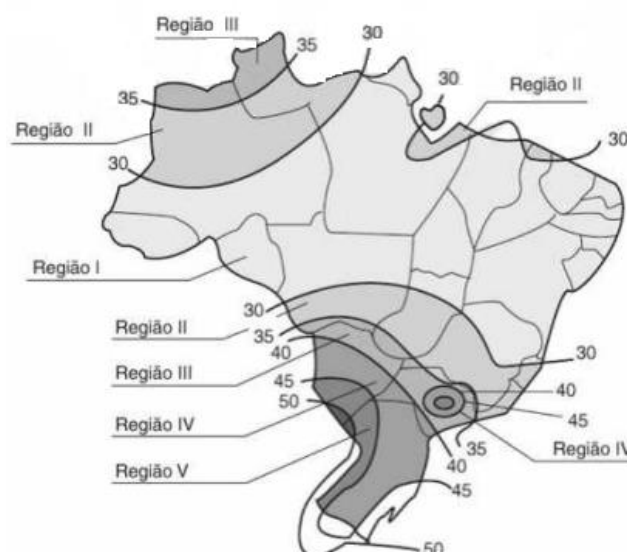
ENSAIO	DESEMPENHO		
	MÍNIMO (M)	INTERMEDIÁRIO (I)	SUPERIOR (S)
Permeabilidade ao ar	Vazão por área 62,45 m <sup>3</sup> /h x m <sup>2</sup> a 163,52 m <sup>3</sup> /h x m <sup>2</sup> Vazão por comprimento 15,61 m <sup>3</sup> /h x m a 40,88 m <sup>3</sup> /h x m	Vazão por área 6,66 m <sup>3</sup> /h x m <sup>2</sup> a 62,44 m <sup>3</sup> /h x m <sup>2</sup> Vazão por comprimento 1,66 m <sup>3</sup> /h x m a 15,60 m <sup>3</sup> /h x m	Vazão por área < 6,65 m <sup>3</sup> /h x m <sup>2</sup> Vazão por comprimento < 1,65 m <sup>3</sup> /h x m
Estanqueidade à água	É permitido (* <i>PI</i> ). É permitida a presença de água no perfil inferior do marco ou água originada do <i>PI</i> , desde que ocorra escoamento após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco.	Não é permitido <i>PI</i> . É permitida a presença de água no perfil inferior do marco, desde que ocorra escoamento, após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco.	Não é permitido <i>PI</i> . Não é permitida a presença de água na face interna da esquadria.

\* *PI* - Permeabilidade inicial, segundo NBR 10821-3 (ABNT, 2017) é o vazamento, escoamento ou borbulhamento de água no interior da esquadria ou das partes, ocorrido a qualquer tempo, desde que a água não ultrapasse o plano interno do marco da esquadria, sem molhar o peitoril da alvenaria ou na face interna da parede. O *PI* determina o nível de desempenho da esquadria, não aprova ou reprova. É permitida bolha de equalização nos primeiros 30s iniciais da aplicação de cada pressão.

Fonte: Adaptado da NBR 10821-2 (ABNT, 2017) Esquadrias externas – Requisitos e classificação

Pela Figura 21, verifica-se que a edificação fica na região V. Logo, é estabelecido pela NBR 10821-3 (ABNT, 2017) que as pressões de ensaio, segurança e água, em edificações com pavimentos de até 2 andares, altura máxima de 6m e localizadas na região V, serão respectivamente, 950, 1.430 e 160 Pascals.

Figura 21 - Gráfico de isopletas da velocidade básica do vento (V0), em /s, no Brasil



Fonte: NBR 10821-2 (ABNT, 2021) Esquadrias externas – Requisitos e classificação

A única esquadria em madeira está localizada na fachada sul do projeto. Ela possui 118 cm de largura com 292cm de altura e madeira em Angelim-pedra. De acordo com a NBR 15930-2 este tipo de material possui um grau de durabilidade alta.

Por ser a porta de entrada da edificação, deve apresentar resistência a umidade. A NBR 15930-2, determina como requisito mínimo para as portas e os componentes resistentes à umidade (RU), em função da avaliação da resistência à ação da água, do calor e da umidade, os parâmetros apresentados no Quadro 33. (ABNT, 2022)

**Quadro 33 - Requisitos mínimos para (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995)e componentes resistentes à umidade (RU)**

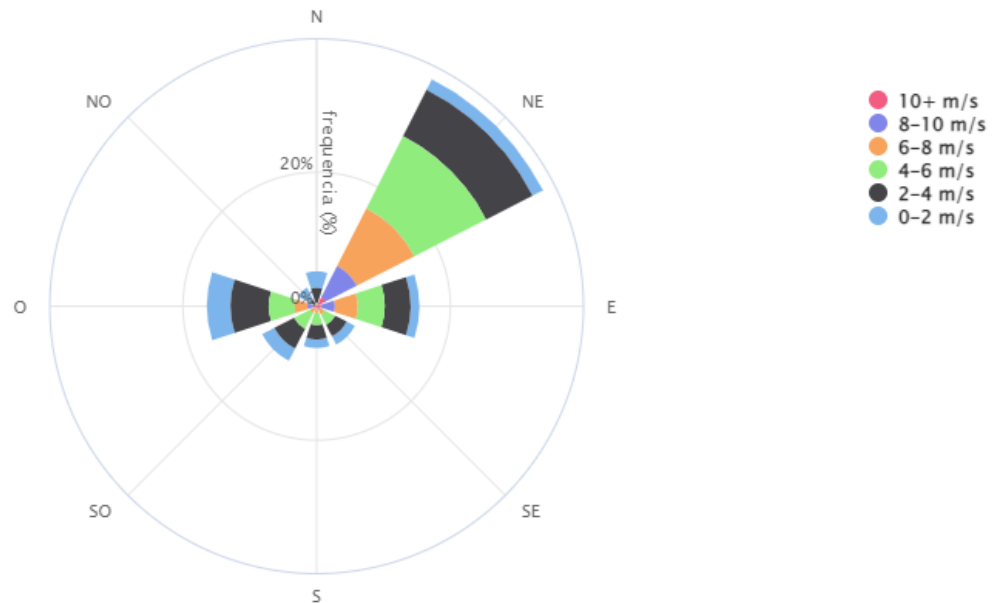
<b>TIPO DE AÇÃO</b>	<b>LIMITES DAS OCORRÊNCIAS EM AMBAS AS FACES DO COMPONENTE</b>	<b>REQUISITOS</b>
<b>Ação da água</b>	Limite do aumento de espessura (%)	8
	Limite da extensão do descolamento e/ou delaminação do bordo inferior por ocorrência isolada (mm)	25
	Limite do somatório dos deslocamentos e/ou delaminações do bordo inferior (mm)	10% do perímetro do bordo imerso em água
	Limite de extensão das fissuras verticais por ocorrência isolada (mm)	25
<b>Ação do calor e da umidade</b>	Limite do deslocamento e/ou delaminação do revestimento/acabamento, por ocorrência isolada, avaliando-se toda a extensão do componente (mm <sup>2</sup> )	3% da área da face avaliada
	Limite do somatório dos deslocamentos e/ou delaminações do revestimento/acabamento, avaliando-se toda a extensão do componente (mm <sup>2</sup> )	10% da soma das áreas das faces do componente
	Limite de extensão das fissuras, incluindo o perímetro do deslocamento entre a contracapa e o quadro e outros tipos de deslocamentos, por ocorrência isolada, avaliando-se toda a extensão do componente (mm)	25

Fonte: Adaptado da NBR 15930-2 (ABNT, 2022) Portas de madeira para edificações Parte 2: Requisitos

#### **4.2.5.2 Requisitos e Critérios de Desempenho Térmico**

Sabe-se que os ventos nordestes nessa região do projeto, podem influenciar significativamente no desempenho térmico do projeto (Figura 22). Devido a posição geográfica do Estado do Rio grande do Sul, os ventos predominantes são leste e nordeste. Isso ocorre em função dos principais sistemas climatológicos do estado (CAMARGO ENGENHEIROS e ELETROSUL, 2014).

Figura 22 - Gráfico Rosa dos Ventos



Fonte: Projeteee do Ministério de Minas e Energia

No entanto, essa influência será pouco percebida considerando que as esquadrias da edificação estão posicionadas nas fachadas oeste e sul. Contudo, para que os ambientes da edificação, principalmente os ambientes de permanência prolongada (APP), tenham uma circulação de ar adequada, é necessário que as esquadrias do projeto atendam às exigências mínimas da norma.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2021), estabelece no critério percentual de abertura para ventilação ( $P_{v,APP}$ ) que os APP devem possuir aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação específica da cidade na qual a UH está localizada [...]. Nos casos de não ter exigências referente a legislação do local de implantação da unidade habitacional (UH), os ambientes de permanência prolongadas (APP) deverão cumprir com normativas indicadas no Quadro 34 abaixo.

**Quadro 34 - Percentual de abertura de referência para ventilação**

<b>PERCENTUAL DE ABERTURA PARA VENTILAÇÃO (<math>P_{v,APP}</math>)</b>		
<b>Zona Bioclimática 1 a 7</b>	<b>Zona Bioclimática 8 - Região Norte do Brasil</b>	<b>Zona Bioclimática 8 - Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil</b>
$P_{v,APP} \geq 7,0$ % da área de piso	$P_{v,APP} \geq 12,0$ % da área de piso	$P_{v,APP} \geq 8,0$ % da área de piso

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (ABNT, 2021): Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa

O percentual de cálculo das aberturas deve seguir a fórmula

$$P_{V,APP} = 100 \times \frac{(A_{V,APP})}{(A_{P,APP})}$$

$P_{V,APP}$  - Percentual de abertura para ventilação da APP (%)

$A_{V,APP}$  - Área efetiva de abertura para ventilação da APP (m<sup>2</sup>)

$A_{P,APP}$  - Área de piso da APP (m<sup>2</sup>)

De forma a contribuir com a análise do critério percentual de abertura para ventilação ( $P_{V,APP}$ ) da NBR 15575-4:2021, foram analisadas simultaneamente as premissas estabelecidas na NBR 15229-3:2005.

A partir de parâmetros e condições de contorno preestabelecidos na NBR 15220-3:2005, foram elaboradas, em caráter orientativo, diretrizes construtivas para as 8 zonas bioclimáticas do Brasil. Essas diretrizes correspondem as seguintes condições de contorno: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e as estratégias de condicionamento térmico passivo (ABNT, 2005).

O Quadro 35 contém as orientações das diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2. Nele constam as informações a respeito dos tamanhos adequados de aberturas para ventilação, sobre a importância da entrada de insolação nos ambientes durante o inverno, bem como, as condições de ventilação cruzada no verão e, a necessidade de aquecimento solar e vedações pesadas, no inverno.

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005), considera como aberturas de ventilação médias, as aberturas com percentual de área, entre 10% e 25% da área de piso do ambiente em se localizam.

**Quadro 35 - Diretrizes construtivas para a zona bioclimática 2**

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO E SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS	
<b>Abertura para ventilação</b>	Médias (10% < A < 25%) *A (em % da área de piso)
<b>Sombreamento das aberturas</b>	Permitir sol durante o inverno
ESTRATÉGIAS DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO PARA AS ESTAÇÕES	
<b>Verão</b>	a) Ventilação Cruzada
<b>Inverno</b>	b) Aquecimento Solar c) Vedações internas pesadas

Fonte: Adaptado da NBR15220-3(ABNT, 2005)-Desempenho Térmico de Edificações

No projeto existem 2 ambientes que são considerados ambientes de permanência prolongada, um deles é, o ambiente integrado (cozinha e sala), localizado no pavimento térreo e, outro a suíte que está situado no pavimento 2. O ambiente integrado tem uma área de 17m<sup>2</sup>,

enquanto a suíte possui 12 m<sup>2</sup> de área. Fazendo a relação desses resultados, com as áreas de abertura das esquadrias apresentadas no Quadro 36 e Quadro 37, chegamos aos seguintes valores:

- a) Percentual de abertura para ventilação do ambiente integrado (somente janela externa desse cômodo aberta):11,71% do piso do ambiente integrado
- b) Percentual de abertura para ventilação do ambiente integrado (janelas e portas externas desse cômodo abertas):55.11% do piso do ambiente integrado

Os valores acima foram calculados com base nas esquadrias externas relacionadas ao ambiente integrado. No item b, foi considerado 33% da área da janela em alumínio e vidro JAV-E9M (pois a esquadria possui 9 módulos e, somente 3 possibilitam abertura), 50% da área da porta janela em alumínio e vidro PJAV-CE2F, 100% da área da porta de madeira de abrir PMA-AE1F e 100% da área da porta em alumínio e vidro PAV-A1F.

No item a, foi considerado somente 33% da área da janela em alumínio vidro JAV-E9M e para essa situação é atendido os parâmetros do Quadro 35. Portanto, os ambientes de permanência prolongada possuem aberturas que atendam às exigências tanto da NBR 15575-4 (ABNT, 2021), quanto da NBR 15220-3 (ABNT, 2021),

**Quadro 36 - Área das janelas e a localização nos níveis cada ambiente**

levantamento de áreas e localização das janelas				
Nomenclatura	Modelo	Nível	Ambiente	Área
JAV -E1M	Janela em Alumínio Maxim Ar	01-TÉRREO	Banheiro 1	0.64 m <sup>2</sup>
JAV -E1M	Janela em Alumínio Maxim Ar	02-PAVIMENTO 02	Banheiro 2	0.64 m <sup>2</sup>
JAV-E9M	Janela em Alumínio e Vidro Externa com 3 Módulos inferiores e superiores fixos e 3 Módulos centrais móveis	02-PAVIMENTO 02	Suite	6.03 m <sup>2</sup>
JAV-E9M	Janela em Alumínio e Vidro Externa com 3 Módulos inferiores e superiores fixos e 3 Módulos centrais móveis	01-TÉRREO	Integrado	6.03 m <sup>2</sup>
JAV-E12M	Janela em Alumínio e Vidro Externa, 4 módulos inferiores e superiores fixos e 4 Módulos centrais móveis	02-PAVIMENTO 02	Circulação Íntima	6.60 m <sup>2</sup>
PJAV-CE2F	Porta Janela em Alumínio e Vidro de Correr Externa - 2 Folhas	01-TÉRREO	Integrado	3.74 m <sup>2</sup>
PJAV-CE2F	Porta Janela em Alumínio e Vidro de Correr Externa - 2 Folhas	02-PAVIMENTO 02	Suite	3.74 m <sup>2</sup>

Fonte: elaborado pela autora

**Quadro 37 - Área das portas e a localização nos níveis cada ambiente**

levantamento de áreas e localização das portas				
Nomenclatura	Modelo	Ambiente	Nível	Área
PAV-AE1F	Porta em Alumínio e Vidro de Abrir Externa - 1 Folha	Integrado	01-TÉRREO	1.91 m <sup>2</sup>
PMA-E1F	Porta de Madeira de Abrir Externa - 1 Folha	Integrado	01-TÉRREO	3.60 m <sup>2</sup>
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	Integrado	01-TÉRREO	1.83 m <sup>2</sup>
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	Banheiro 2	02-PAVIMENTO 02	1.83 m <sup>2</sup>
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	Circulação Íntima	02-PAVIMENTO 02	1.83 m <sup>2</sup>
PMF-E1F	Porta de Madeira Fixa Externa - 1 Folha	Suite	02-PAVIMENTO 02	3.60 m <sup>2</sup>

Fonte: elaborado pela autora

Avançando para o critério de elementos transparentes da NBR 15575-4 (ABNT, 2021), é observada a seguinte premissa sobre o percentual de superfícies transparentes da edificação:



“as aberturas de cada APP devem atender ao percentual de elementos transparentes ou à área de superfície dos elementos transparentes”, conforme os limites de área de piso do Quadro 38.

**Quadro 38 - Proporção de referência dos elementos transparentes**

PERCENTUAL DE ELEMENTOS TRANSPARENTES ( $P_{t,APP}$ ) (%)	PERCENTUAL DE ELEMENTOS TRANSPARENTES ( $A_{t,APP}$ ) (m <sup>2</sup> )
$A_{p,APP} \leq 20,0 \text{ m}^2$	$A_{p,APP} > 20,0 \text{ m}^2$
$P_{t,APP} \leq 20 \%$	$A_{t,APP} \leq 4,0 \text{ m}^2$

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4(ABNT, 2021): Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4 – Requisitos para o sistema de vedações verticais interna e externa

Os valores do Quadro 39, mostram que o percentual de elementos transparentes dos ambientes de permanência prolongada ultrapassa os limites descritos pela norma. Nestes casos, a NBR 15575-4 (ABNT, 2021), determina que as unidades habitacionais que adotarem valores acima do estabelecido pelo Quadro 38, deverão ser avaliados através do procedimento de simulação computacional, nos casos em que não forem considerados vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento.

**Quadro 39 - Percentual de transparência das APP**

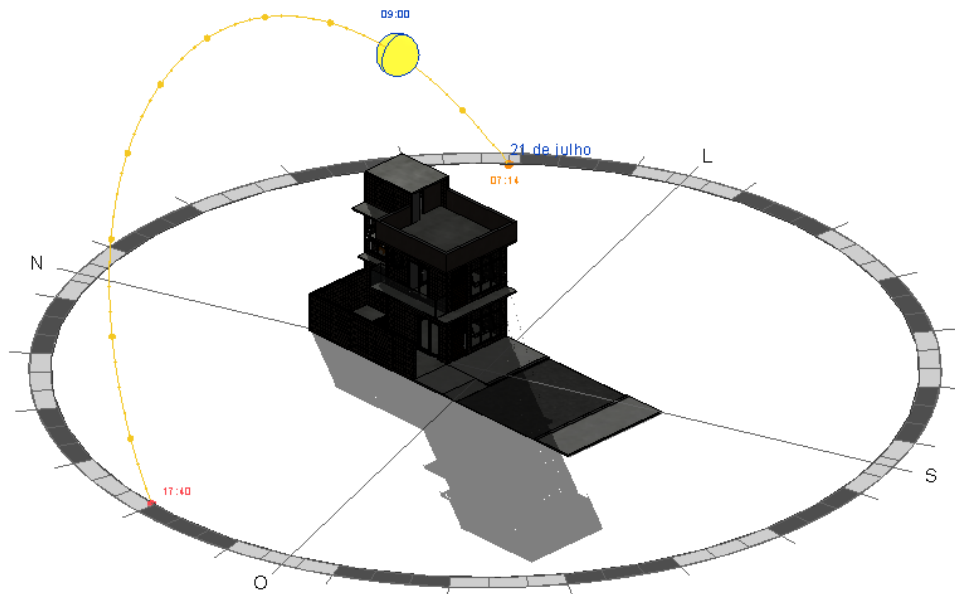
Nomenclatura (Esquadrias)	Área de Vidros (m <sup>2</sup> )	Ambiente de Permanência Prolongada (APP)	Total de Área Transparente (m <sup>2</sup> )	Área do APP ( $A_{p,APP}$ ) (m <sup>2</sup> )	Percentual de Elementos Transparentes ( $P_{t,APP}$ ) (%)
JAV-E12M	5,21m <sup>2</sup>	Ambiente integrado	9,32 m <sup>2</sup>	17 m <sup>2</sup>	54,82%
PJAV-CE2F	2,44m <sup>2</sup>				
PAV-AE1F	1,67m <sup>2</sup>				
JAV-E12M	5,21m <sup>2</sup>	Suíte	7,65 m <sup>2</sup>	12 m <sup>2</sup>	63,75%
PJAV-CE2F	2,44m <sup>2</sup>				

Fonte: Elaborado pela autora

O aquecimento solar é uma das condicionantes apresentadas NBR15220-3 (ABNT, 2005). Essa condicionante diz que a disposição da edificação no terreno, assim como a correta orientação das superfícies envidraçadas, contribui diretamente para o aquecimento do ambiente, nos períodos frios.

O software Revit<sup>®</sup> 2020 permite realizar a análise de incidência solar prevista para as diferentes estações do ano na localidade do projeto. Verificando a posição solar para a data de 21 de julho às 9h da manhã sem a influência de luz artificial, percebe-se que a fachada ao sul e todos os ambientes internos da edificação não terão a radiação do sol atuando nesse horário, como mostra a Figura 23.

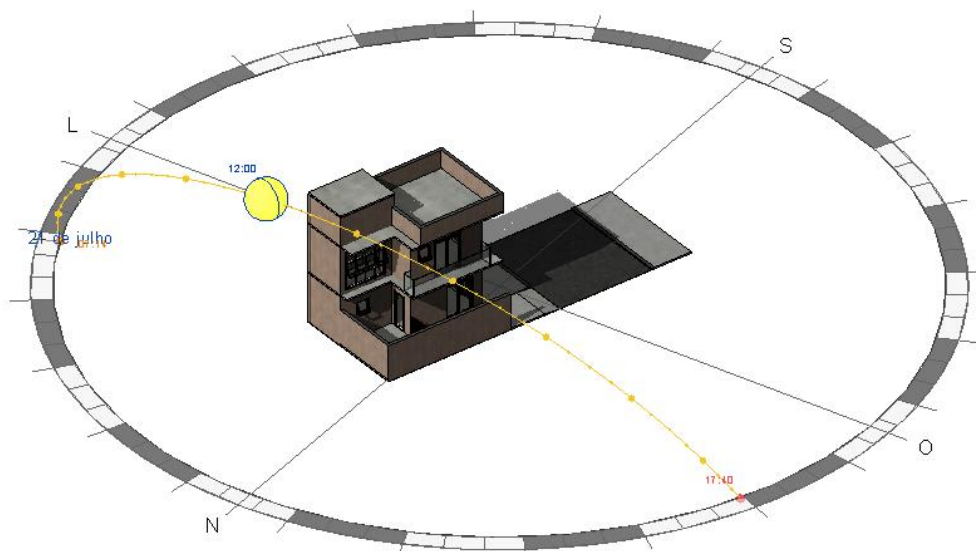
**Figura 23 - Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 9h na localidade do projeto**



Fonte: elaborado pela autora

Na mesma data, analisando para o horário das 12h, nota-se que os ambientes mais próximos a fachada norte e, a própria fachada, recebem significativamente a influência do sol. No entanto, os ambientes internos, principalmente os cômodos de permanência prolongada recebem de forma irrisória essa influência. Figura 24.

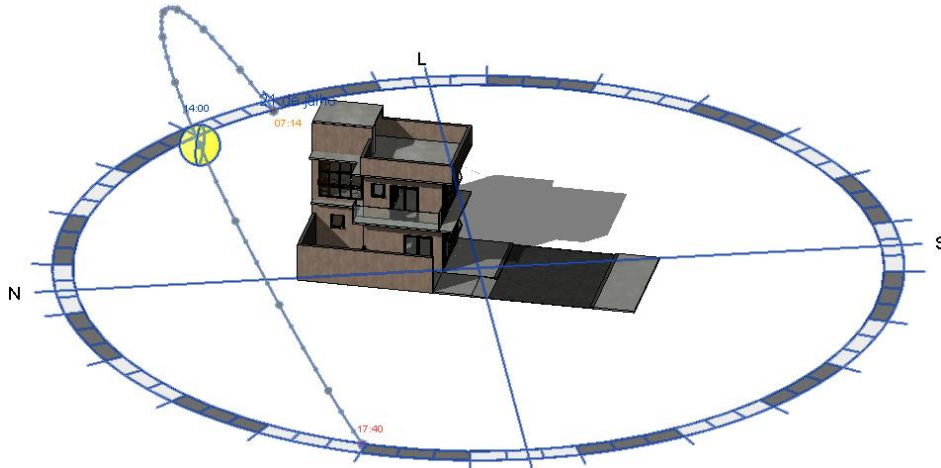
**Figura 24 - Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 12h na localidade do projeto**



Fonte: elaborado pela autora

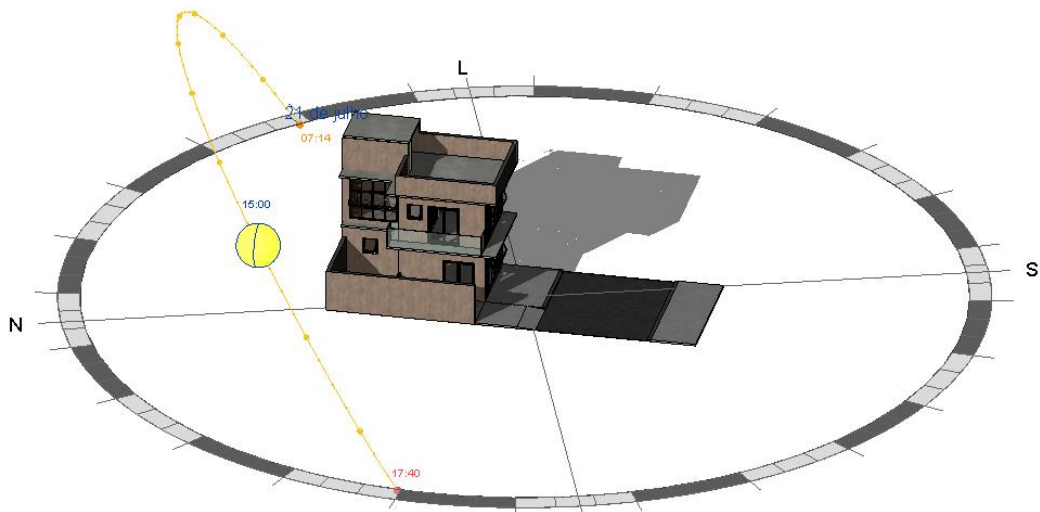
Prosseguindo para a Figura 25, às 14, 15 e 16h observa-se a influência do sol, no aquecimento dos cômodos a oeste do projeto.

**Figura 25-Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 14h na localidade do projeto**



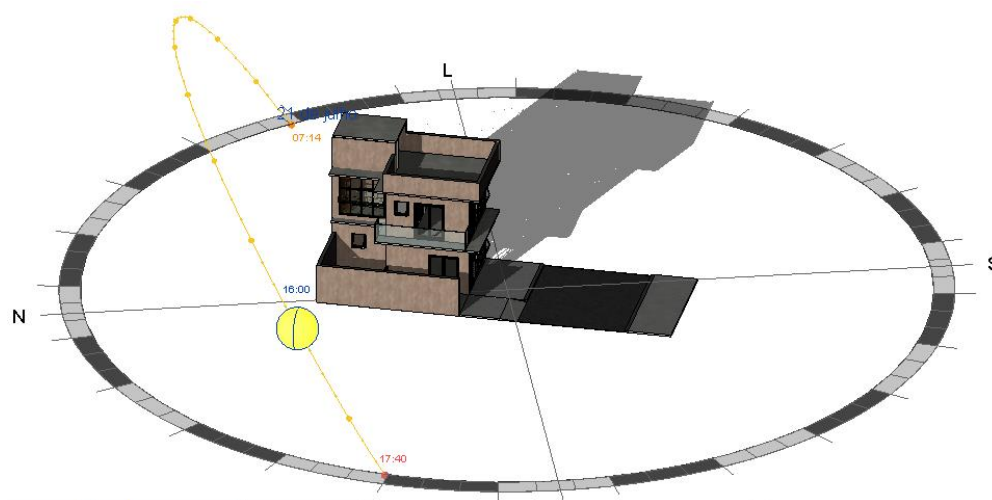
Fonte: elaborado pela autora

**Figura 26-Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 15h na localidade do projeto**



Fonte: elaborado pela autora

**Figura 27-Influência da Incidência solar e sombreamento no período de inverno às 16h na localidade do projeto**



Fonte: elaborado pela autora

As estratégias de condicionamento térmico passivo para as estações, apresentadas no Quadro 35, também fazem parte de algumas das soluções indicadas pela plataforma *Projetee* – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes para a região bioclimática do projeto.

O *Projetee* analisou as estratégias bioclimáticas da zona 2, a partir das referências da cidade de Tramandaí-RS. Já que a cidade de Balneário Pinhal-RS não possui dados bioclimáticos.

Os gráficos das temperaturas, chuva, zona de conforto, umidade relativa, radiação média, rosa dos ventos e carta solar, fazem parte dos aspectos analisados pela *Projetee*. A fim de indicar as estratégias de projeto mais adequadas para região, assim como o detalhamento das práticas dessas estratégias.

De acordo com a plataformas, as estratégias bioclimáticas mais eficientes para a zona 2, dependem da estação em que se é analisada. Segue abaixo as estratégias bioclimáticas, conforme a estação de referência.

- Verão
  - Ventilação natural
  - Sombreamento
  - Inércia Térmica para aquecimento
- Primavera
  - Inércia Térmica para aquecimento

- Ventilação natural
- Sombreamento
- Inverno
  - Inércia Térmica para aquecimento
  - Aquecimento solar passivo
- Outono
  - Inércia Térmica para aquecimento
  - Ventilação natural
  - Aquecimento solar passivo

De acordo com a plataforma *Projeteee*, a edificação com uma alta inércia térmica “proporciona uma diminuição das amplitudes térmicas internas e de um atraso térmico no fluxo de calor devido a sua alta capacidade de armazenar calor, fazendo com que o pico de temperatura interna apresente uma defasagem e um amortecimento em relação ao externo”.

Componentes com essas características, no verão, tendem a absorver o calor, mantendo o ambiente interno confortável termicamente, e no inverno, podem armazenar o calor para liberá-lo a noite, permitindo o aquecimento da edificação (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, s.d).

Os ambientes com ventilação natural cruzada promovem a remoção do calor por acelerar as trocas por convecção e contribuir para melhoria da sensação térmica dos ocupantes por elevar os níveis de evaporação (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, s.d).

O aquecimento solar passivo, pode ser direto ou indireto, no primeiro, a radiação solar no inverno (hemisfério norte no Sul) penetra na edificação pelas aberturas e superfícies envidraçadas, influenciando imediatamente no aquecimento. Nos períodos noturno, ocorre a perda de calor devido à queda de temperatura, dessa forma o ideal é utilizar esquadrias de maior resistência térmica com vidro duplos, cortinas e isolamento térmico externo nas paredes.

Já no aquecimento indireto, são utilizados componentes de alta capacidade térmica, submetidos a exposição direta dos raios solares, que retém o calor absorvido e libera quando as temperaturas diminuem. No entanto, esses elementos devem ser sombreados e protegidos do da exposição solar no verão para evitar o sobreaquecimento do ambiente interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, s.d).

O sombreamento é uma das estratégias propostas para a zona 2. Segundo a análise da plataforma *Projeteee*, essa estratégia bem aplicada ao projeto, ajuda evitar os ganhos solares

nos períodos mais quentes do ano. Contudo, é necessário que não prejudique o aquecimento da edificação no inverno, bem como a iluminação natural através das aberturas.

Foi adotado para os ambientes de permanência prolongada o vidro laminado azul 8mm (4+4) como parte do sistema de vedação vertical externo.

**Figura 28 – Tipologia do vidro utilizado nas esquadrias externas**



Fonte: Projeto do Ministério de Minas e Energia

**Quadro 40 - Tipo de vidro, fabricante, produto e características térmicas**

TIPO	FABRICANTE	PRODUTO	ESPESSURA (mm)	PROCESSO	U (W/m <sup>2</sup> )	FS
VIDRO	CEBRACE	COOL LITE KNT AZUL	8,0	LAMINADO INCOLOR	5,7	0,29

Fonte: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros.

De acordo Lambert, et al., s.d, os vidros duplos possuem as seguintes características:

- Aumento da resistência térmica
- Pequena redução da transmissão de luz
- Melhor desempenho térmico com espaço igual a 12mm entre os panos preenchidos por ar
- Podem ser usados em construções com necessidades de aquecimento ou resfriamento

#### 4.2.5.3 Requisitos e Critérios de Desempenho Acústico

No que concerne aos critérios e requisitos de desempenho acústico das esquadrias, foi considerada a mesma análise realizada para elementos de alvenaria estrutural e parede de gesso. O sistema de esquadrias aplicado ao projeto, deverá obter desempenho acústico mínimo para a classe de ruídos II, considerando a estrutura em alumínio mais o vidro.

No Quadro 41, pode-se observar os resultados de índice de redução sonora ponderado e suas classificações quanto a classe de ruído da NBR 15575-4 dos tipos de vidros utilizados

nos dois modelos de esquadrias testados. As esquadrias eram compostas de perfis de PVC rígido, estrutura interna em aço galvanizado, vedações entre vidro e perfil em borracha EPDM, guias dos caixilhos em alumínio, deságue através de câmaras independentes dos reforços e persiana integrada (SCHVARSTZHaupt, et al., 2015).

**Quadro 41 - Resultados em  $R_w$  e as respectivas classificações de desempenho**

Esquadria	Tipo de vidro	$R_w$ (dB)		Desempenho conforme a classe de ruído					
		PA	PF	I		II		III	
				PA	PF	PA	PF	PA	PF
Modelo A	Comum 4mm	29	37	M	S	N/A	I	N/A	M
	Comum 6mm	29	38	M	S	N/A	I	N/A	M
	Laminado 4+4mm	30	38	I	S	M	I	N/A	M
	Laminado 4+6mm	33	39	I	S	M	I	N/A	M
	Duplo 4(6)6mm	30	38	I	S	M	I	N/A	M
Modelo B	Comum 6mm	30	37	I	S	M	I	N/A	M
PA – Persiana Aberta PF – Persiana Fechada M – Desempenho Mínimo I – Desempenho Intermediário S – Desempenho Superior N/A – Não atende;									

Fonte: Adaptado da Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório (2015)

Percebe-se que o vidro laminado 4+4 e o vidro duplo 4(6)6 apresentam para a classe de ruído II, apresentam índice de redução sonora de 30dB e 38dB, nos casos testados.

No projeto, é solicitado o atendimento acústico mínimo, considerando a classe de ruídos II. Logo, infere-se que o vidro duplo laminado 4+4 atenderá às exigências da norma.

As especificações mínimas de isolamento acústico para as portas de madeira, de acordo com o nível de desempenho, ocupação e uso, estão apresentadas no quadro abaixo.

**Quadro 42 - Especificação das portas isolantes acústicas por nível de desempenho, ocupação e uso**

Perfil de desempenho	Requisito	Nível de desempenho da porta isolante acústica (PIA)		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Porta Externa de Madeira Resistente a umidade - PEM-RU	Ocupação	Privada	Coletiva Pública	
	Uso	Residencial	Residencial (Alto padrão); Corporativo; Hotelaria; Hospitalar; Institucional; Educacional; Esportivo.	
	Redução sonora (Rw)	Classe 1	Classe 3	Classe 5
		Classe 2	Classe 4	Classe 6

Fonte: Adaptado da NBR 15930-3 (ABNT, 2022); Portas de madeira para edificações Parte 2: Requisitos

#### 4.2.5.4 Decisões de projeto as esquadrias

A análise das esquadrias foi baseada nos conceitos, requisitos e critérios especificados pela NBR 10821-2 (ABNT, 2017), NBR 15575-4 (ABNT, 2021), NBR 15220-3 (ABNT, 2005), NBR 12609 (ABNT, 2021), 15930-2 (ABNT, 2018), e 15930-3 (ABNT, 2022). Com a proposta de garantir as condições mínimas de desempenho acerca das especificações técnicas das esquadrias, no que concerne os requisitos e critérios de desempenho quanto à estanqueidade à água, térmico e acústico.

Destaca-se que não foi analisado a esquadria incorporada no SVVE, pois as informações disponíveis para uma avaliação de desempenho estão mais direcionadas ao vidro, que é na grande maioria a composição da esquadria. Todavia, não se pode descartar que a interface do vidro com o restante da esquadria e a interface da esquadria com a parede que compõem o SVVE não tenham influência no desempenho.

Portanto, a decisão de projeto referente as esquadrias têm indicativo e atender de um potencial desempenho, que só será comprovado com ensaios e simulações computacionais que integrem o desempenho térmico e acústico das esquadrias no SVVE.

## 5 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

A partir dos elementos construtivos modelados e parametrizados no desenvolvimento do projeto da unidade unifamiliar, foi possível extrair o quantitativo de partes dos elementos que compõem a sua estrutura. Os elementos que tiveram seus quantitativos extraídos, foram os seguintes: os blocos de concreto, as esquadrias, a argamassa de assentamento, a argamassa de revestimento - camada chapisco, a argamassa de revestimento - camada emboço, pintura



externa e interna, as lajes do segundo pavimento e de cobertura, contrapisos, revestimento cerâmico externo e interno.

### 5.1 Levantamento de quantitativos de serviços

Nos quadros abaixo, seguem os levantamentos quantitativos dos elementos associados ao modelo BIM para uma unidade habitacional, extraído do software Revit® 2020.

- Blocos de Concreto

No Quadro 43 são apresentadas as quantidades referentes aos blocos de alvenaria estrutural.

**Quadro 43 – Levantamento do quantitativo de blocos**

Levantamento de Blocos de Concreto	
Tipo de Bloco	Total de Blocos
Bloco de Concreto - Amarração L	213
Bloco de Concreto - Amarração T	15
Bloco de Concreto - Canaleta Inteira	198
Bloco de Concreto - Compensador A	90
Bloco de Concreto - Compensador B	51
Bloco de Concreto - Inteiro	1379
Bloco de Concreto - Meia Canaleta	14
Bloco de Concreto - Meio Bloco	157

Fonte: elaborado pela autora

- Esquadrias

Nos Quadro 44 e Quadro 45 então os levantamentos dos quantitativos de esquadrias e seus ambientes.

**Quadro 44 – Levantamento do quantitativo de esquadrias - Janelas**

Levantamento de Janelas					
Nomenclatura	Modelo	Nome do Ambiente	Altura	Largura	Contagem
JAV -E1M	Janela em Alumínio Maxim Ar	Ambiente Integrado	0.80 m	0.80 m	1
JAV -E1M	Janela em Alumínio Maxim Ar	Banheiro 2	0.80 m	0.80 m	1
JAV -E9M	Janela em Alumínio e Vidro Externa com 3 Módulos inferiores e superiores fixos e 3 Módulos centrais móveis	Dormitório	2.60 m	2.32 m	1
JAV -E9M	Janela em Alumínio e Vidro Externa com 3 Módulos inferiores e superiores fixos e 3 Módulos centrais móveis	Ambiente Integrado	2.60 m	2.32 m	1
JAV -E12M	Janela em Alumínio e Vidro Externa, 4 módulos inferiores e superiores fixos e 4 Módulos centrais móveis	Circulação Íntima	2.60 m	2.54 m	1
PJAV-CE2F	Porta Janela em Alumínio e Vidro de Correr Externa - 2 Folhas	Ambiente Integrado	2.20 m	1.70 m	1
PJAV-CE2F	Porta Janela em Alumínio e Vidro de Correr Externa - 2 Folhas	Dormitório	2.20 m	1.70 m	1

Fonte: elaborado pela autora

**Quadro 45 – Levantamento do quantitativo de esquadrias - Portas**

Levantamento de portas					
Nomenclatura	Modelo	Ambiente	Altura	Largura	Contagem
PAV-AE1F	Porta em Alumínio e Vidro de Abrir Externa - 1 Folha	Ambiente Integrado	2.20 m	0.87 m	1
PAV-E1F	Porta de Alumínio Venezianada Externa - 1 Folha	Caixa d' Água	1.70 m	0.70 m	1
PMA-E1F	Porta de Madeira de Abrir Externa - 1 Folha	Ambiente Integrado	2.92 m	1.18 m	1
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	Ambiente Integrado	2.10 m	0.87 m	1
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	Circulação Íntima	2.10 m	0.87 m	1
PMA-I1F	Porta de Madeira de Abrir Interna -1 Folha	Banheiro 2	2.10 m	0.87 m	1
PMF-E1F	Porta de Madeira Fixa Externa - 1 Folha	Dormitório	2.93 m	1.18 m	1

Fonte: elaborado pela autora

- Argamassa de Assentamento, argamassa de revestimento - camada chapisco, argamassa de revestimento - camada emboço e, pintura externa e interna

O quantitativo de argamassa de assentamento e revestimento das paredes internas e externa está contemplado no Quadro 46.

**Quadro 46 – Levantamento do quantitativo de argamassa assentamento, chapisco, reboco e pintura externa e interna**

Levantamento de Argamassa de Assentamento	
Material	Volume
Argamassa de Assentamento 1cm	1.10 m <sup>3</sup>

Levantamento de Argamassa de Revestimento - Camada Chapisco	
Material	Volume
Chapisco	3.09 m <sup>2</sup>

Levantamento de Argamassa de Revestimento - Camada Reboco	
Material	Volume
Reboco	7.28 m <sup>2</sup>

Levantamento de Pintura Externa e Interna	
Material	Área
Textura Cimento Queimado Bege Claro	378.50 m <sup>2</sup>

Fonte: elaborado pela autora

- Laje, contrapisos, revestimento cerâmico externo e interno

O levantamento dos quantitativos de lajes maciças, revestimentos cerâmico externo e interno e contrapisos, constam nos .

Quadro 47 – Levantamento do quantitativo de lajes

Levantamento Lajes			
Descrição	Tipo	Área	Volume
Estrutural	Laje maciça 10cm	86 m <sup>2</sup>	8.62 m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pela autora

Quadro 48 e **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 47 – Levantamento do quantitativo de lajes

Levantamento Lajes			
Descrição	Tipo	Área	Volume
Estrutural	Laje maciça 10cm	86 m <sup>2</sup>	8.62 m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pela autora

Quadro 48 – Levantamento do quantitativo de revestimento cerâmico externo e interno e contrapisos

Levantamento de Revestimentos		
Tipo	Área	Volume
Revestimento Cerâmico Externo	23 m <sup>2</sup>	0.23 m <sup>3</sup>
Revestimento Cerâmico Interno	50 m <sup>2</sup>	0.50 m <sup>3</sup>
Contrapiso 3cm	10 m <sup>2</sup>	0.30m <sup>3</sup>
Contrapiso 5cm	85m <sup>2</sup>	4.25m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pela autora

- Telhas de fibrocimento

Por fim, segue no Quadro 49 o levantamento do quantitativo das telhas que compõem o sistema de cobertura do projeto.

Quadro 49 – Levantamento do quantitativo de telhas

Levantamento de Telhas	
Modelo	Contagem
Telha Ondulada 0.92 Brasilit	24

Fonte: elaborado pela autora

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Modelagem da Informação da Construção vem ganhando espaço na Construção Civil e se tornando uma tecnologia de extrema importância no que concerne ao ciclo de vida de um projeto. A adoção do BIM aplicado a todos os níveis de um projeto, tende a gerar modelos cada vez mais precisos, colaborativos e com análise de informações mais rápidas.

A necessidade de integrar informações nos processos da construção, aliadas a importância de se obter um modelo de projeto com componentes paramétricos, levou-se a necessidade de se ter um ambiente de trabalho capaz de facilitar a troca de informações com todos os envolvidos do projeto, considerando todas as etapas do processo.

Outro ponto importante associado ao desenvolvimento de projetos, está na análise dos aspectos de desempenho durante as decisões dos sistemas construtivos e suas características. O pensar por desempenho em conjunto com a metodologia BIM, fornecem aos projetistas análises valiosas para as tomadas de decisões referentes a cada nível de maturidade do BIM.

Com objetivo de desenvolver um projeto que contemplasse os processos BIM no desenvolvimento de um modelo paramétrico de uma unidade habitacional autônoma assobrada em alvenaria estrutural não-modular, associada a incorporação da análise de desempenho e extração de seus quantitativos. Deu-se início ao estudo das condicionantes atrelada as etapas de projeto, a elaboração do anteprojeto e do projeto arquitetônico, bem como a compatibilização entre o projeto arquitetônico e o sistema de alvenaria estrutural. Nessa etapa com o auxílio do software Revit®, foi realizado o anteprojeto para validação de um modelo que atendesse as condicionantes referentes ao município de Balneário Pinhal, bem como a determinação dos sistemas construtivos que seriam avaliados durante o processo. Dessa forma foi possível buscar referências que validassem o desempenho técnico de sistemas já ensaiados e com predefinições de seus desempenhos. Após a validação do modelo, foi iniciado a modulação da alvenaria estrutural e a parametrização dos sistemas de pisos, cobertura, vedação vertical interna e externa. Percebeu-se que a integração das informações dentro o software facilitou a atualização de informações dentro do projeto, no entanto alguns processos durante a parametrização, como

por exemplo a associação de parâmetros e regras associadas a geometria dos elementos construtivos, dificultaram na agilidade no desenvolvimento do modelo. Isso ocorreu devido a não padronização inicial do processo. Deve-se planejar melhor a forma que irá introduzir informações em modelos paramétricos.

No processo de compatibilização do projeto, com o sistema de alvenaria e as exigências de desempenho, identificou-se diversos pontos de atenção quanto ao desempenho dos sistemas construtivos. O primeiro ponto é a dificuldade em encontrar informações sobre os aspectos desempenho exigidos em norma. Para os casos em que os elementos de construção possuíam fichas de avaliações, as etapas de trabalho se tornavam mais produtivo e fluido. Em contrapartida, os sistemas que não possuíam fichas de avaliações, necessitaram de mais atenção, já que era necessário realizar diversas buscas por materiais que fornecessem informações quanto críveis ao desempenho desses sistemas. A existência de uma base de dados com informações desempenho técnico compiladas dos sistemas mais utilizados para utilização de um plug-in compatível a softwares BIM seria essencial para otimização desse processo.

No final, foram realizadas a extração dos quantitativos de alguns dos elementos dos sistemas estudados, essa etapa se torna simples quando bem configurado o software de modelagem e compatibilizado os projetos (para que os quantitativos reflitam de forma verossímil ao que foi projetado).

## 7 REFERÊNCIAS

**ABDI. 2017.** BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM . Brasília : ABDI-MDIC, 2017. Vol. Três.

**ALVES, ALINE. 2007.** Perigo suspenso. *TÉCHNE*. 120, Março de 2007, Vol. 120, 120, pp. 34-38.

**ANDRADE, MAX LIRA VERAS X. DE e RUSCHEL, REGINA COELI. 2009.** BIM: Conceitos, Cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. São Carlos : PPG-AU EESC USP, 2009.

**ASSOCIAÇÃO BLOCO BRASIL. 2022.** Manual de Desempenho. São Paulo : s.n., 2022.

— **2020.** Manual de Utilização Biblioteca BIM de Blocos de Concreto. 2020.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2022.** 15930-2 :Portas de madeira para edificações Parte 3: Requisitos de desempenho adicionais. Rio de Janeiro : ABNT, 2022. Segunda.

— **2017.** NBR 10821-2: Esquadrias externas – Requisitos e classificação. ABNT : s.n., 2017.

— **2021.** NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro : ABNT, 2021.

— **2013.** NBR 15575-2: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 2: Requisitos para o sistemas estruturais. Rio de Janeiro : ABNT, 2013.

— **2011.** NBR 15965-1: Sistema de classificação da informação. 2011.

— **2012.** NBR 15965-2: Características dos objetos da construção. 2012.

— **2014.** NBR 15965-3: Processos da construção. 2014.

— **2021.** NBR 15965-4 : Recursos da construção. 2021.

— **2022.** NBR 15965-5:2022 : resultados da construção. 2022.

— **2022.** NBR 15965-6:2022 : Unidades e espaços da construção. 2022.

— **2015.** NBR 15965-7 : Informação da construção. 2015.

—. **2001**. NBR14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações- Procedimentos. Rio de Janeiro : s.n., 2001.

—. **1995**. NBR14529: Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas. 1995.

—. **2005**. NBR15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro : ABNT, 2005. Vol. Primeira.

—. **2021**. NBR15575-3 - Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de piso . Rio de Janeiro : ABNT, 2021.

—. **2021**. NBR15575-4: Edificações habitacionais - Desempenho parte 4: Requisitos para o sistema de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro : ABNT, 2021. Quinta.

—. **2021**. NBR15575-5: Edificações Habitacionais - Desempenho parte 5 - Requisitos para o sistemas de coberturas. Rio de Janeiro : ABNT, 2021. Quinta.

**BELLAVER, GUSTAVO BRIDI. 2016**. Falta de aderência entre o revestimento argamassado e o substrato de alvenaria: influência do tipo de argamassa, espessura e técnica utilizadas. Porto Alegre : UFRGS, 2016.

**BIBLUS. 2018**. As dimensões do BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D. [Online] Abril de 2018. [Citado em: 08 de outubro de 2021.] <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>.

—. **2022**. As normas BIM são procedimentos e diretrizes com finalidade de administrar todas as operações do ciclo de vida de uma obra. *BIBLUS ACCA SOFTWARE*. [Online] 28 de julho de 2022. [Citado em: 12 de 04 de 2023.] <https://biblus.accasoftware.com/ptb/quais-sao-as-normas-bim/>.

**BORGES, CARLOS ALBERTO DE MORAES. 2008**. O Conceito de Desempenho de Edificações e a sua Importância para o Setor da Construção Civil no Brasil. São Paulo : Escola Politécnica - USP, 2008.

**BRASIL. 2023**. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) . 2023.

**CAMARGO ENGENHEIROS e ELETROSUL. 2014**. *Atlas Eólico: Rio Grande do Sul*. Porto Alegre : SDPI:AGDI, 2014.

**CAMPESTRINI, T. F., et al. 2015.** *Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da.* Curitiba : Campestrini, 2015.

**CBIC. 2013.** DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS. *Guia Orientativo para Atendimento à Normas ABNT 15575/2013.* Brasília : s.n., 2013. Segunda.

**EASTMAN, C., et al. 2014.** *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.* Porto Alegre : Bookmann, 2014.

**FAISTAUER, MARIA CARDOSO.** Poder executivo de Balneário Pinhal - Histórico. *Balneário Pinhal RS.* [Online] Prefeitura de Balneário Pinhal. [Citado em: 27 de 03 de 2023.] <https://balneariopinhal.rs.gov.br/pagina/id/2/?historia-do-municipio.html>.

**GARIBALDI, B. C. B. 2020.** Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM. *SIENGE.* [Online] SIENGE, Janeiro de 2020. [Citado em: 08 de outubro de 2021.] <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>.

**IBGE. 2010.** [Online] 2010. [Citado em: 16 de 04 de 2023.] <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/balneario-pinhal/panorama>.

—. **2022.** CENSO 2022: Prévia da população calculada com base nos resultados do Censo Demográfico 2022 até 25 dezembro 2022. 2022.

**JORNAL DO COMÉRCIO. 2020.** Em alta, a construção civil quer manter bons resultados. [Online] 18 de 12 de 2020. [Citado em: 16 de 04 de 2023.] [https://www.jornaldocomercio.com/\\_conteudo/especiais/perspectivas\\_2021/2020/12/770296-em-alta-construcao-civil-quer-manter-bons-resultados.html](https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/especiais/perspectivas_2021/2020/12/770296-em-alta-construcao-civil-quer-manter-bons-resultados.html).

**KOELLN, FRIEDRICH PFEIFER. 2015.** Tecnologia BIM na construção civil: composição de custos direto. Porto Alegre : UFRGS, 2015.

**LORENZI, LUCIANI SOMENSI. 2013.** Análise Crítica e Proposições de Avanços nas Metodologias de Ensaio Experimentais de Desempenho à Luz da ABNT NBR 15575 (2013) para Edificações Habitacionais de Interesse Social Térreas. Porto Alegre : UFRGS, 2013.

**MATTOS, A. D. 2006.** *Como preparar orçamentos de obras.* São Paulo : Pini, 2006.

**MODELAZ. 2021.** Normas Brasileiras Para o Uso do BIM. [Online] 2021. [Citado em: 18 de 04 de 2023.] <https://www.ufrgs.br/blogmodelaz/2021/07/normas-brasileiras-para-o-uso-do-bim/>.



**PINHEIRO, LEVI TEIXEIRA, CARDO, DANIEL RIBEIRO e BERTINI, ALEXANDRE ARAÚJO. 2016.** Estudos para Automação do Projeto a Alvenaria Racionalizada em Plataformas BIM. Santa Cruz do Sul : s.n., Dez de 2016. Vol. 20, 2, pp. 129-138.

**PMBP. 2012.** Lei Municipal 1.105. Balneário Pinhal : s.n., 2012.

**PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. 2013.** Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. s.l. : INMETRO, 2013.

**RIO GRANDE DO SUL. 2012.** Plano Diretor de Balneário Pinhal. [Online] 27 de 12 de 2012. [Citado em: 03 de 04 de 2023.] <https://www.balneariopinhal.rs.gov.br/pagina/id/1003/?plano-diretor.html>.

**SCHVARSTZHAUPT, CRISTIANE CASSOL, TUTIKIAN, BERNARDO FONSECA e NUNES, MARIA FERNANDA DE OLIVEIRA. 2015.** Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório. s.l. : Universidade do Vale dos Rio dos Sinos, 2015.

**SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. 2015.** FAD I: Sistema de Vedação Vertical Interno - SVVI. 2015.

—. **2018.** FAD-05: Sistema de cobertura com telhado constituído de telhas onduladas de fibrocimento sem amianto - tipo grandes ondas (GO) de 5mm de espessura. São Paulo : SINATI, 2018.

—. **2015.** FAD-N: Sistema de piso composto por laje maciça de concreto armado 100mm de espessura, contrapiso de argamassa convencional de 50mm espessura e placa cerâmica. s.l. : SINATI, 2015.

**STAUDT, LEANDRO. 2023.** Gaúcha ZH. *ClicRBS*. [Online] Zero Hora, 09 de 02 de 2023. [Citado em: 27 de 03 de 2023.] <https://gauchazh.clicrbs.com.br/colunistas/leandro-staudt/noticia/2023/02/conheca-a-origem-do-balneario-pinhal-assista-a-video-de-1955-cldvodffv002k0157lrsabwoe.html>.

**TAUIL, CARLOS ALBERTO e NESE, FLÁVIO JOSÉ MARTINS. 2010.** *Alvenaria Estrutural*. São Paulo : PINI, 2010.

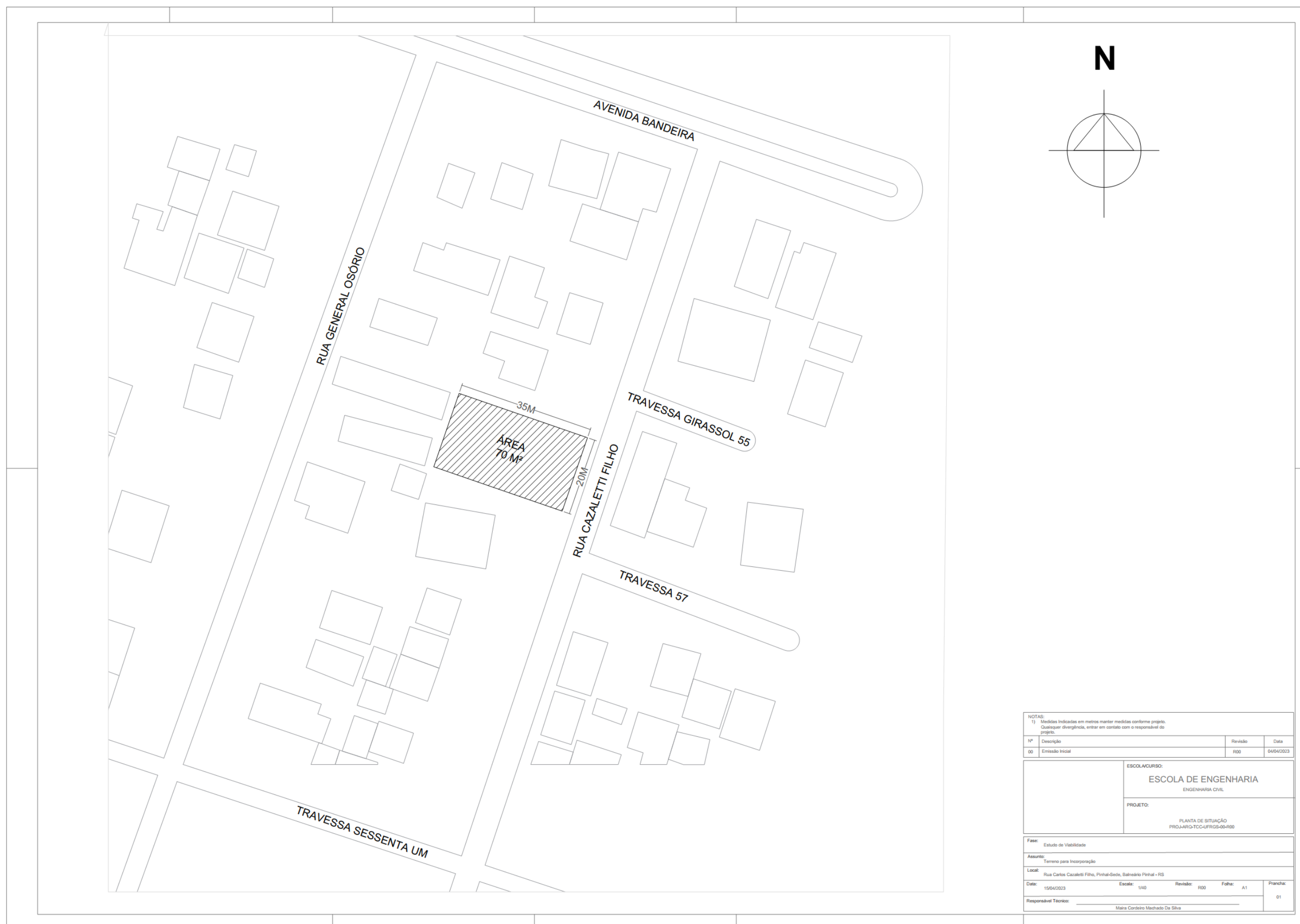
**UFRGS. s.d.** Blocos de Tijolos de Concreto. [Online] s.d. [Citado em: 17 de 04 de 2023.] [https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos\\_concreto.php](https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. s.d.** Projeteee. *Ministério de Minas e Energias*. [Online] s.d. [Citado em: 09 de 04 de 2023.] <http://www.mme.gov.br/projeteee>.

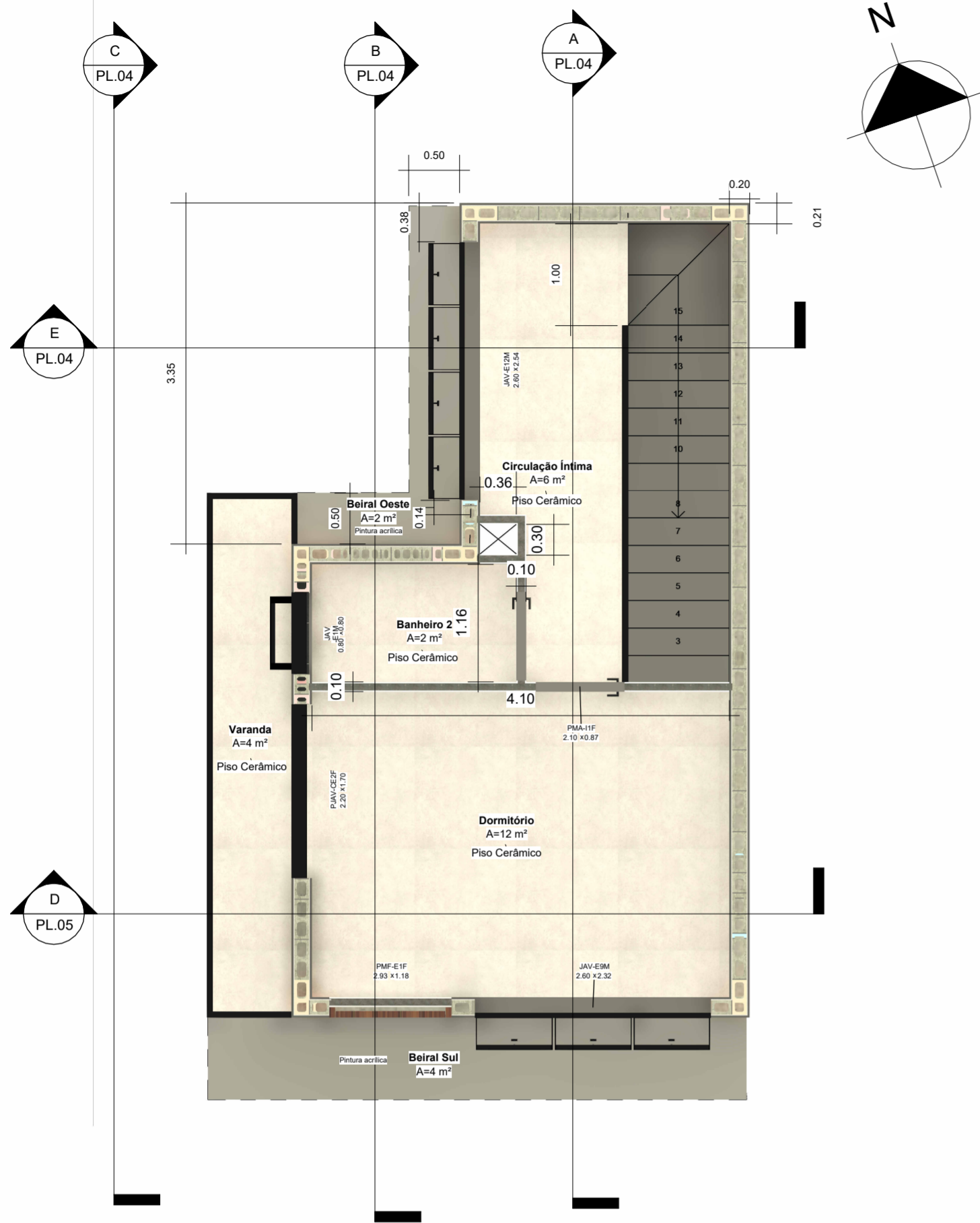
**VIEIRA, TAYNA e FIGUEIREDO, KAROLINE. 2020.** Vantagen de planejar uma obra com a plataforma BIM, Revti. s.l. : Revista Boletim do Gerenciamento, 2020. 17.

## 8 APÊNDICES

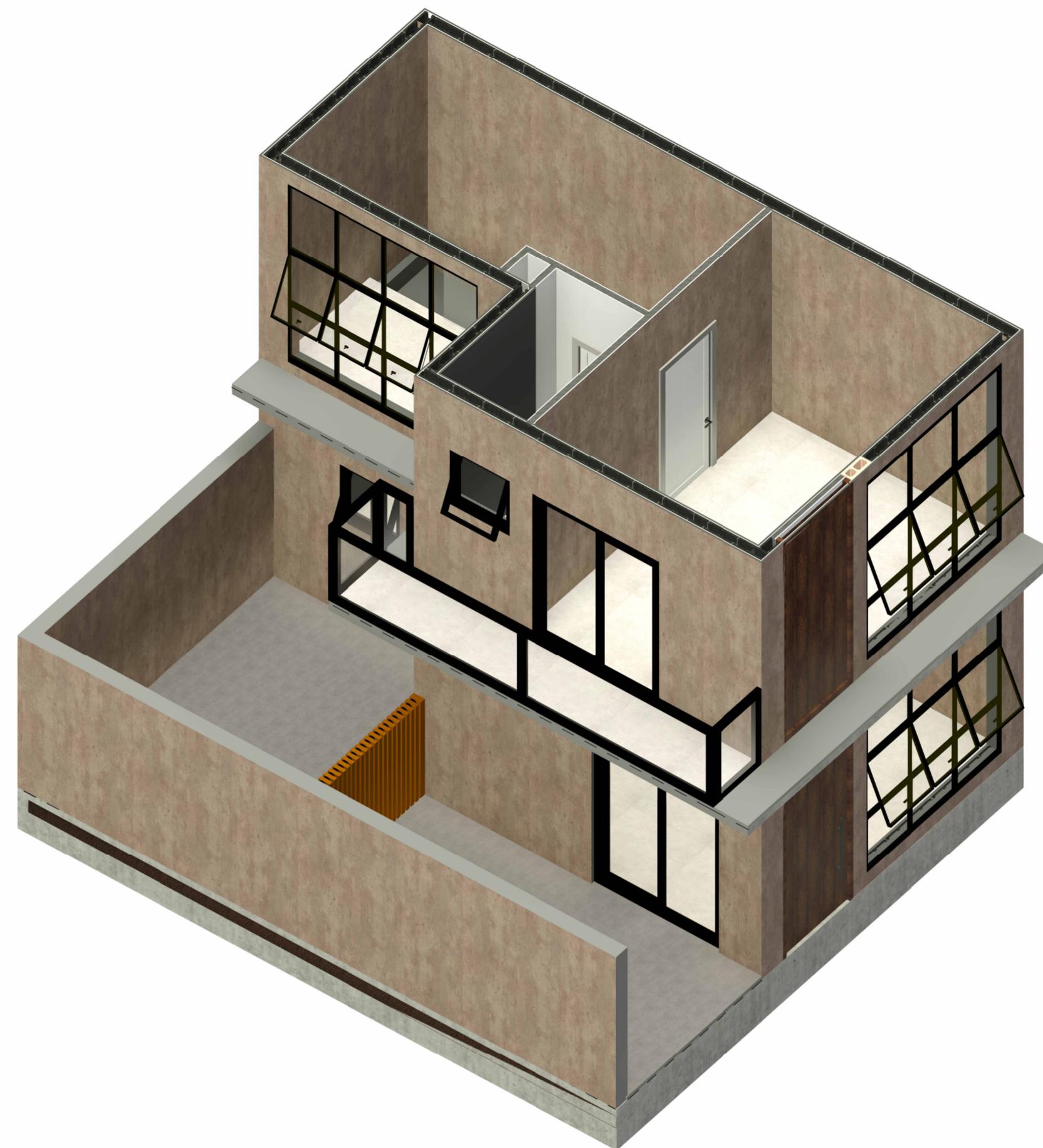
## APÊNDICE A - Planta de Situação



APÊNDICE C - PL.02 - Planta Baixa Pavimento 02



1 02-PAVIMENTO 02\_01  
1 : 50



2 ARQ-3D-PAVIMENTO 02



www.autodesk.com/revit

Número	Descrição	Data

<b>Projeto</b>	
<b>Casa de Praia</b>	
<b>Planta Baixa Pavimento 02</b>	
Número do projeto	01
Data	17/04/2023
Desenhadas por	Autor
Verificado por	Verificador
<b>PL.02</b>	
Escala	1 : 50

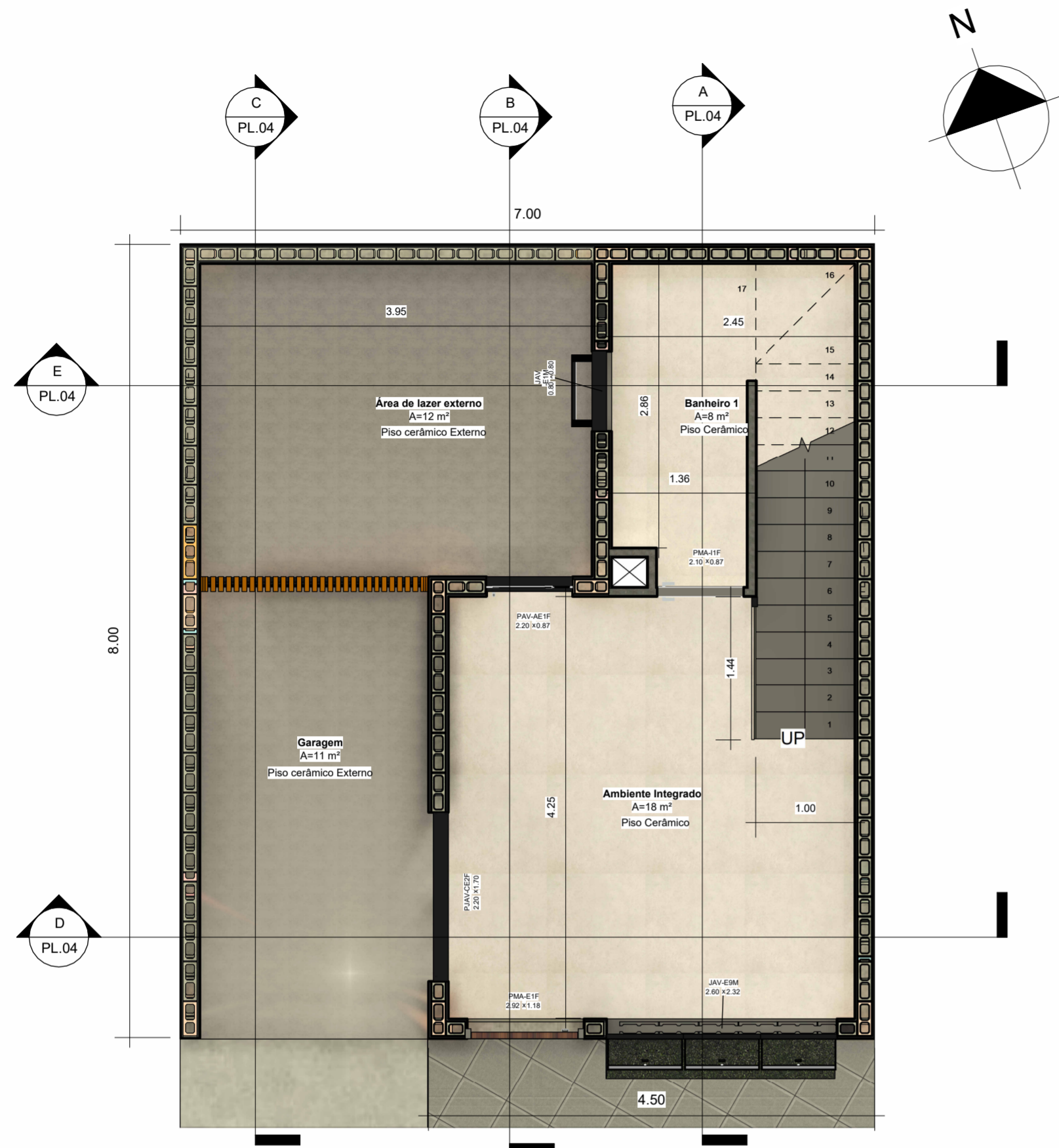
24/04/2023 06:23:05







APÊNDICE B - PL.01 - Planta Baixa Térreo



1 01-TÉRREO\_01  
1 : 50



2 ARQ-3D-TÉRREO

Número	Descrição	Data

<b>Projeto</b>	
<b>Casa de Praia</b>	
<b>Planta Baixa Térreo</b>	
Número do projeto	01
Data	17/04/2023
Desenhadas por	Maira Cordeiro
Verificado por	Verificador
<b>PL.01</b>	
Escala	1 : 50

















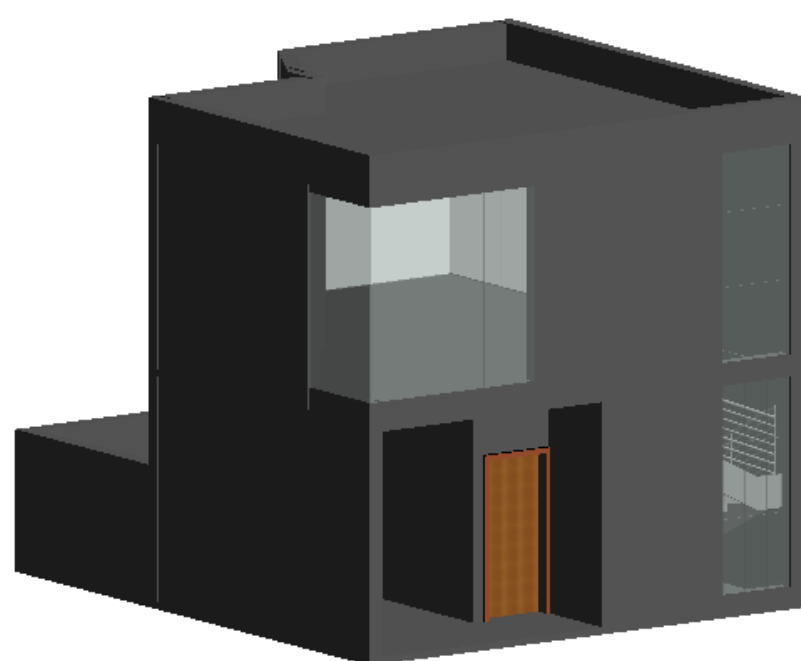
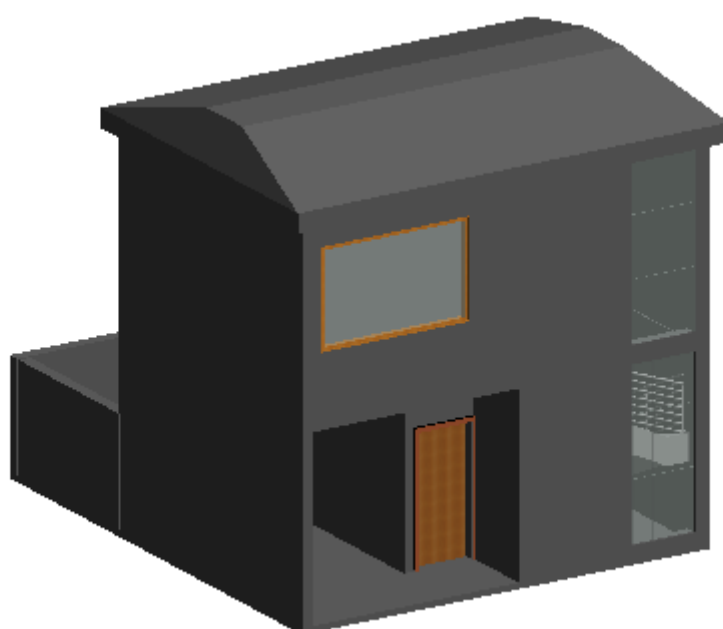
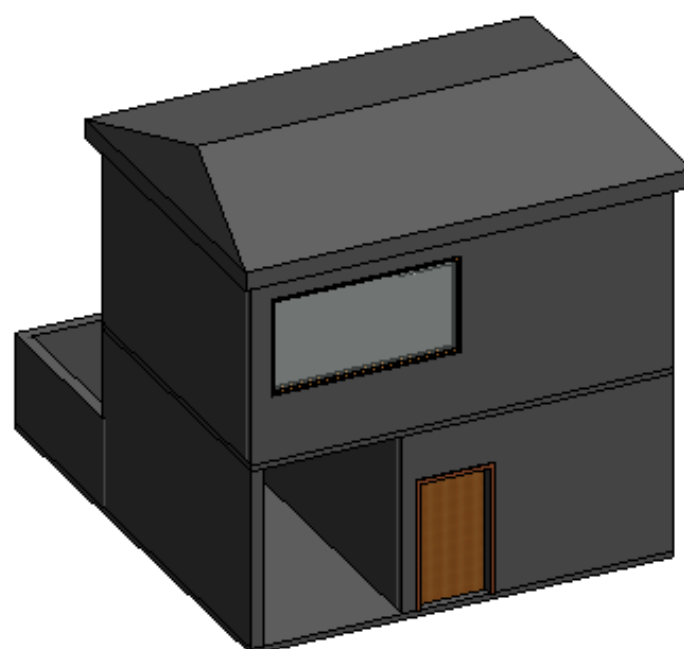








## APÊNDICE K - Partidos



## 9 ANEXOS

ANEXO A - Diretrizes de ocupação de solo e parcelamento de solo das zonas urbanas do Município de Balneário Pinhal

PLANO DIRETOR MUNICIPAL BALNEÁRIO PINHAL- Quadro de Regimes Urbanísticos Anexo II								
ZONAS URBANAS	OCUPAÇÃO DO SOLO					PARCELAMENTO DO SOLO		
	Taxa de Ocupação	Recuos			Altura Máxima	Lote Mínimo		Quarteirão Máximo
		Frente	Lateral	Fundo		Área	Testada	
Zona Extensiva Rerrefeita	40%	6m	15%*	3m	6m (02 pvtos)	2500m <sup>2</sup>	50m	—
Zona Residencial 1	60%	4m	15%*	15%*	6m (02 pvtos)	300m <sup>2</sup>	12m	—
Zona Residencial 2	60%	4m	15%*	15%*	9m (03 pvtos)	300m <sup>2</sup>	12m	—
Zona Residencial 3	60%	4m	15%*	15%*	9m (03 pvtos)	360m <sup>2</sup>	12m	200m
Zona Residencial 4	60%	4m	15%*	15%*	6m (02 pvtos)	450m <sup>2</sup>	15m	200m
Zona Mista 1	70%	—*	—	—	9m (03 pvtos)	300m <sup>2</sup>	12m	—
Zona Mista 2	70%	4m*	—	—	9m (03 pvtos)	300m <sup>2</sup>	12m	—
Zona Industrial	70%	9m	4m	4m	9m (03 pvtos)	2500m <sup>2</sup>	35m	—
Zona Interesse Cultural	50%	6m	15%*	3m	3m (01 pvto)	—	—	—
Zona Interesse Social	a) 60%	4m	15%*	15%*	6m (02 pvtos)	300m <sup>2</sup>	12m	—
	b)	conforme projeto						
Zona Interesse Público	conforme projeto							
Zona Gerenciamento Especial	60%	4m	15%*	—	6m (02 pvtos)	300m <sup>2</sup>	12m	—

\*RECULO DE FRENTE: conforme tabela. Consultar Daer para o recuo mínimo nas rodovias.

\*RECULO LATERAL: É obrigatório a partir do 2º pavimento. O recuo lateral é medido em relação a uma das divisas laterais do lote. O cálculo para o afastamento é de 15% em relação a testada do lote.

\*RECULO DE FUNDO: É obrigatório a partir do 2º pavimento. O cálculo para o afastamento é de 15% em relação a testada do lote.

## ANEXO B - Regime de Atividades das zonas urbanas do Município de Balneário Pinhal

PLANO DIRETOR MUNICIPAL BALNEÁRIO PINHAL- Quadro de Regimes Urbanísticos Anexo III										
ATIVIDADES										
ZONAS URBANAS - Usos Permitidos (conforme quadro de referência anexo IV)										
Zona Especialidade Residencial	1,1/1,4	2,1/2,3/2,5	Grupo 3	4,1/4,3/4,4	5,1/5,2/5,3/5,4	Grupo 6	Grupo 7	6,1/6,2/6,3/6,4 6,6/6,7/6,8	9,1/9,4/9,5	Grupo 10
Zona Residencial 1	1,1/1,2	---	---	4,1/4,3/4,4	---	6,1/6,2/6,3/6,6/6,10	7,1/7,4	---	---	---
Zona Residencial 2	1,1/1,2/1,3/1,4/1,5	---	---	4,1/4,3/4,4	---	6,1/6,2/6,3/6,4/6,5 6,6/6,7/6,8/6,9/6,10	7,1/7,2/7,4	6,6/6,7	---	---
Zona Residencial 3	Grupo 1	---	---	4,1/4,3/4,4	---	6,1/6,2/6,3/6,4/6,5 6,6/6,7/6,8/6,9/6,10	7,1/7,3/7,4 7,6/7,7/7,8	6,6/6,7	---	---
Zona Residencial 4	Grupo 1	---	---	4,1/4,4	---	6,7/6,8/6,10	7,1/7,4/7,7/7,8	6,6	---	---
Zona Mista 1	1,1/1,2/1,3	Grupo 2	3,1/3,3	Grupo 4	5,5	Grupo 6	7,1/7,2/7,4/7,6/7,8	6,3/6,4/6,6/6,7	9,1	---
Zona Mista 2	1,1/1,2/1,3	Grupo 2	3,1/3,3	Grupo 4	5,3	Grupo 6	7,1/7,2/7,4/7,6/7,8	6,3/6,4/6,6/6,7	9,1	---
Zona Industrial	---	2,2/2,4/2,6	Grupo 3	---	---	6,3/6,4/6,5/6,6/6,7 6,8/6,9/6,10/6,11	7,8	---	9,1/9,2/9,3	---
Zona Interesse Cultural	---	---	---	4,4	---	6,10	7,8	---	---	---
Zona Interesse Social	1,1/1,2/1,3/1,4/1,5	2,1/2,3/2,5	3,1/3,3	4,1/4,3/4,4	5,5*	6,1/6,2/6,3/6,4/6,5 6,6/6,7/6,8/6,9/6,10	7,4/7,8	6,6	---	10,2
Zona Interesse Público	---	---	---	---	---	6,5/6,6/6,7/6,8 6,9/6,10	---	6,1/6,2/6,3/6,4 6,6/6,7/6,8	---	---
Zona Ambiental-Projeto Orla	---	---	---	---	---	6,10	---	---	---	---
Zona Ambiental	---	---	---	---	---	6,10	---	6,9	---	---
Zona Transição Ambiental	---	---	---	---	---	6,10	7,8	---	---	---
Zona Rural	1,1/1,4	Grupo 2	Grupo 3	4,1/4,3/4,4	Grupo 5	6,1/6,2/6,5/6,6/6,8 6,10/6,11	7,3/7,5** 7,6/7,7/7,8	6,6	6,4/6,5	Grupo 10
Zona Verde	---	---	---	---	---	6,10	---	---	---	---
Zona Gerenciamento Especial	1,1/1,2	---	---	4,1/4,3/4,4	---	---	---	---	---	---

## ANEXO C



SPIS-LCA-002-000		SISTEMA DE PISO						23/11/2015									
REPRESENTAÇÃO			TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO				DESCRIÇÃO										
			EDIFÍCIOS COM +1 PAVIMENTO				Sistema de piso composto por laje maciça de concreto armado 100 mm de espessura, contrapiso de argamassa convencional de 50 mm espessura e placa cerâmica										
			SISTEMA DE PISO														
			DESCRIÇÃO	MATERIAL	ESPESSURA (mm)	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA	densidade										
			1. Forro	sem forro													
			2. Camada estrutural	concreto	100		2400kg/m³										
			3. Impermeabilização	sem impermeabilização													
			4. Isolamento térmico ou acústico	sem isolamento													
			5. Camada de Contrapiso	argamassa	50		1800kg/m³										
			6. Camada de Fiação	argamassa colante													
			7. Camada de Acabamento	cerâmica													
SEGURANÇA ESTRUTURAL																	
REQUISITO	R1. Estabilidade e Resistência estrutural		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
	C1. A camada estrutural do sistema de pisos da edificação deve atender aos critérios especificados na ABNT NBR 15575-2 para edificações até 5 pavimentos		Atende as premissas de projeto.	sem critério	sem critério				Potencial de atendimento desde que o dimensionamento seja realizado de acordo com a NBR 6118 e a execução de acordo com a NBR 14931.								
REQUISITO	R2. Limitação dos deslocamentos verticais		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
C2. A camada estrutural do sistema de pisos da edificação deve atender aos critérios especificados na ABNT NBR 15575-2 para edificações até 5 pavimentos	Visual / Insegurança psicológica	C2.1. Deslocamento limite para cargas permanentes e acidentais para preservar o elemento estrutural (sistema de piso) / parcela do deslocamento correspondente a carga do elemento	L/250	Sem critério		Sem critério			Potencial de atendimento desde que o dimensionamento seja realizado de acordo com a NBR 6118 e a execução de acordo com a NBR 14931.								
		Destacamento em acabamentos	Rígidos L/800 Flexíveis L/600														
	Constituídos ou revestidos	C2.2. Flechas máximas para cargas gravitacionais permanentes e acidentais que excedam as expectativas com relação a deformações dependentes do tempo (para total, considerando a carga da estrutura e do piso)	Flecha instantânea		Flecha total		RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
			Sqk	Sqk	Sqk + 0,7 Sqk	Sqk + 0,7 Sqk (total)	Resultado	Classificação									
		Material Rígido	L/700	L/1500	L/130	L/320	Sem critério		idem anterior								
		Material Flexível	L/750	L/1200	L/120	L/280	Sem critério										
REQUISITO	R3. Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
C3.1. Resistência a impactos de corpo duro	Energia de 5J	Não ocorrência de ruptura total da camada de acabamento. Permissa falhas superficiais, como moças, lascamentos, fissuras e desagregações	Não ocorrência de falhas		moça ≤ 5mm	Não ocorrência de falhas		moça ≤ 2mm	Exigência é estabelecida para o acabamento do piso. Contrapiso desenvolvido e piso em concreto queimado atendem à exigência. No caso de outros materiais (assosinhos, placas cerâmicas, porcelanato etc.) o fabricante deverá demonstrar o atendimento								
		Energia de 30J	Moça ≤ 5mm	Moça ≤ 2mm	Moça ≤ 2mm		Moça ≤ 2mm										
C3.2. Resistência a Impactos de Corpo Mole	Energia de impacto de corpo mole em Joules	960 J	Não ocorrência de ruína, são permitidas falhas localizadas.		Não ocorrência de ruína, são permitidas falhas localizadas		Não ocorrência de ruína mas são permitidas falhas localizadas		Laje maciça moldada no local - espessura de 100mm, apoiada nos quatro lados e área ≤ 20m² atende a requisitos de 960J. Segundo a NBR 15.575-2, são dispensadas da verificação desse requisito as estruturas projetadas conforme a NBR 6118, NBR7100, NBR6000, NBR5156 e NBR14762.								
		720 J	Não ocorrência de ruína, são permitidas falhas localizadas.		Não ocorrência de ruína, são permitidas falhas localizadas		Não ocorrência de ruína e não ocorrência de falhas										
		480 J	Não ocorrência de ruína, são permitidas falhas localizadas.		Não ocorrência de ruína e não ocorrência de falhas		Não ocorrência de ruína e não ocorrência de falhas										
		360 J	Não ocorrência de falhas.		Não ocorrência de falhas e dv ≤ L/300 e div ≤ L/900		Não ocorrência de falhas e dv ≤ L/300 e div ≤ L/900										
		240 J	Não ocorrência de falhas e dv ≤ L/300 e div ≤ L/900		Não ocorrência de falhas e dv ≤ L/300 e div ≤ L/900		Não ocorrência de falhas e dv ≤ L/300 e div ≤ L/900										
		120 J	Não ocorrência de falhas		Não ocorrência de falhas		Não ocorrência de falhas										
REQUISITO	R4. Cargas verticais concentradas		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
C4. Resistir a cargas verticais concentradas de 1 MN, aplicadas no ponto mais desfavorável.	Material Rígido	Moça ≤ 5mm	Moça ≤ 5mm		Moça ≤ 2mm		Moça ≤ 2mm		Lajes em concreto armado, independentemente do tipo do revestimento do piso, suportam cargas verticais concentradas de 1 MN aplicadas no ponto mais desfavorável								
		Moça ≤ 2mm	Moça ≤ 2mm		Moça ≤ 2mm		Moça ≤ 2mm										
	Material Dócil	Moça ≤ 5mm		Moça ≤ 2mm		Moça ≤ 2mm											
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO																	
REQUISITO	R1. Dificultar a ocorrência de inflamação generalizada		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIO		ISO 1182		ABNT NBR 9442		ASTM E662										
C1. Avaliação da reação ao fogo da face inferior dos sistemas de piso	Classe	C1.1 Ignitabilidade	A		B		A		B								
			I	Combustível	Combustível	sem critério	sem critério	sem critério	sem critério	Classe I	Mínimo (M)	Materiais incombustíveis atendem ao critério estabelecido.					
			II	Combustível	Combustível	ip ≤ 25	ip ≤ 25	ip ≤ 25	ip ≤ 25								
			III	Combustível	Combustível	25 < ip ≤ 75	25 < ip ≤ 75	25 < ip ≤ 75	25 < ip ≤ 75								
			IV	Combustível	Combustível	75 < ip ≤ 150	75 < ip ≤ 150	75 < ip ≤ 150	75 < ip ≤ 150								
			V	Combustível	Combustível	150 < ip ≤ 400	150 < ip ≤ 400	150 < ip ≤ 400	150 < ip ≤ 400								
VI	Combustível	Combustível	ip > 400	ip > 400	ip > 400	ip > 400											
C2. Avaliação da reação ao fogo da face superior dos sistemas de piso	Classe	C1.1 Ignitabilidade	A		B		A		B								
			I	Incombustível (ATc 30°, Δm ≤ 50% e Tf ≤ 130)	sem critério	sem critério	sem critério	sem critério	sem critério	sem critério	Classe I	Mínimo (M)	Materiais incombustíveis (placas cerâmicas, ladrilhos hidráulicos, concreto, pisos cimentados, etc) atendem ao critério estabelecido. Para outros acabamentos (piso vinílico, carpetes, assosinhos etc) o fabricante deverá demonstrar que a densidade específica (dita de fumaça (Dm) não ultrapassa o valor de 450 e que, atenuando a chama por 15 segundos, a frente de propagação da chama (FS) não supere 150 mm. Necessidade ainda de atender Fluxo crítico de calor de acordo com a Tabela 4 da NBR 15575-2.				
			II	Combustível	Fluxo crítico > 8,0 kW/m²	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s								
			III	Combustível	Fluxo crítico 2,4-5 kW/m²	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s								
			IV	Combustível	Fluxo crítico > 3,0 kW/m²	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s								
			V	Combustível	Fluxo crítico > 3,0 kW/m²	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s	FS ≤ 150 mm em 20 s								
VI	Combustível	Fluxo crítico > 3,0 kW/m²	FS > 150 mm em 20 s	FS > 150 mm em 20 s	FS > 150 mm em 20 s	FS > 150 mm em 20 s											
REQUISITO	R2. Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		ISO 1182		ABNT NBR 8660		ISO 11925-2 (exp. = 15s)		ASTM e662								
C2.1. Resistência ao fogo de elementos de compartimentação entre pavimentos	30 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos	180 minutos	60 minutos	90 minutos	Lajes de concreto armado de 100mm de espessura, dimensionadas de acordo com as normas NBR 6118 e NBR 15500 atendem ao critério de 30, 60 e 90 minutos								
										Unidades Habitacionais assobradadas, isoladas ou geminadas	Edificações Multifamiliares até 12 metros de altura	Edificações Multifamiliares com altura acima de 12 metros e até 23 metros	Edificações Multifamiliares com altura acima de 23 metros e até 30 metros	Edificações Multifamiliares com altura acima de 30 metros e até 120 metros	Edificações Multifamiliares com altura acima de 120 metros	Substâncias	Resultados
										Alturas decedentes até 10 metros	Alturas decedentes > 10 metros	Resultados	Classificação				
										Resultado	Classificação						
										Resultado	Classificação						
										Resultado	Classificação						
USO E OPERAÇÃO																	
REQUISITO	R1. Coeficiente de atrito da camada de acabamento		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		Ambiente nivelado (ABNT NBR 13818)				Ambiente externo em nível ou não (ABNT NBR 13818)										
	C1. Coeficiente de atrito dinâmico		Em áreas molhadas, rampas, escadas em áreas de uso comum e terraços: Coeficiente ≥ 0,4				Sem Critério		As placas cerâmicas tem potencial para atendimento a esse critério, devendo o desempenho ser demonstrado para cada produto especificado.								
DESEMPENHO ACÚSTICO																	
REQUISITOS	R1. Níveis de ruído permitidos na habitação		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
C1. Ruído de impacto em sistemas de piso	C1.1. Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 dB ≤ L'w, w2 80 dB	56 dB ≤ L'w, w2 65 dB		L'w, w ≤ 55 dB		78 dB	Mínimo (M)	Para atingir o desempenho é necessário que, na instalação, garanta-se que as placas cerâmicas não toquem nas paredes que delimitam o ambiente.								
		C1.2. Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 dB ≤ L'w, w2 55 dB	46 dB ≤ L'w, w2 50 dB		L'w, w ≤ 45 dB		Não atende									
	C1. Critérios para diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w	C1.1 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 dB ≤ D nT, w < 49 dB		50 dB ≤ D nT, w < 54 dB		D nT, w ≥ 55 dB		46 dB								
C1.2 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso eventual como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como pavimentos distintos. Sistemas de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório		40 dB ≤ D nT, w < 44 dB		45 dB ≤ D nT, w < 49 dB		D nT, w ≥ 50 dB		46 dB	Menor valor encontrado para sistema de piso integrado por laje de concreto armado e contrapiso, com altura total de 130mm.								
C1.3 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.		45 dB ≤ D nT, w < 49 dB		50 dB ≤ D nT, w < 54 dB		D nT, w ≥ 55 dB		46 dB									
REQUISITO	R1. Estanqueidade de sistemas de pisos de áreas molhadas		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
	C1. Estanqueidade de sistemas de pisos de áreas molhadas		A superfície da face inferior e os encontros com as paredes e pisos adjacentes, devem permanecer secos, quando submetidos a uma lâmina d'água de no mínimo 10 mm em seu ponto mais alto, durante 72 h.				sem critério		Atendem a este critério, pisos de áreas molhadas, constituídos por lajes projetadas e executadas de acordo com as normas NBR 6118 e NBR 14931, com sistema de impermeabilização e revestimento								
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE																	
REQUISITO	R1. Atendimento a Vida Útil		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
	Projetar os sistemas da edificação de acordo com os valores teóricos de vida útil estabelecidos em projeto		Estrutura ≥ 50 anos	Estrutura ≥ 63 anos		Estrutura ≥ 75 anos		Atendem ao critério laje em concreto armado, projetada e executada de acordo com as normas NBR 6118 e NBR 14931, respeitando-se classe de resistência do concreto e cobrimento; considerando que sejam cumpridas as condições de estanqueidade à água indicadas nos itens anteriores.									
REQUISITO	R1. Resistência à unidade do sistema de piso de áreas molhadas e molháveis		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
	C1. Ausência de danos em sistemas de pisos de áreas molhadas e molháveis pela presença de umidade		O sistema de piso exposto a uma lâmina de água de 10mm no piso mais alto, por um período de 72 horas, não pode apresentar, após 24 horas de retirada da água, danos como: manchas, fissuras, empolamentos, destacamentos, delaminações, eflorescência e desagregação superficial.				sem critério		As placas cerâmicas tem potencial para atendimento a esse critério, devendo o desempenho ser demonstrado para cada produto especificado.								
REQUISITO	R2. Resistência a ataque químico dos sistemas de pisos		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
	C1. Ausência de danos em sistemas de pisos pela presença de agentes químicos		A camada de acabamento utilizada deve resistir à exposição aos agentes químicos normalmente utilizados na edificação ou presentes nos produtos de limpeza doméstica, desde que usados conforme recomendação do fabricante.				sem critério		As placas cerâmicas tem potencial para atendimento a esse critério, devendo o desempenho ser demonstrado para cada produto especificado.								
REQUISITO	R3. Resistência ao desgaste em uso		PARÂMETROS				RESULTADO		OBSERVAÇÕES								
	CRITÉRIOS		MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR		Resultado	Classificação									
	C1. Desgaste por abrasão		As camadas de acabamento da habitação devem apresentar resistência ao desgaste devido esforços de uso, de forma a garantir a vida útil.				sem critério		As placas cerâmicas tem potencial para atendimento a esse critério, devendo o desempenho ser demonstrado para cada produto especificado.								