



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO**

**MARTA EMANUELA DA SILVA FERREIRA**

**LABEEM – LABORATÓRIO DE ENSAIOS E ESTUDOS EM MADEIRA.**

**FORTALEZA-CE**

**2023**

MARTA EMANUELA DA SILVA FERREIRA

LABEEM – LABORATÓRIO DE ENSAIOS E ESTUDOS EM MADEIRA.

Trabalho de Conclusão de Curso do  
Curso de Graduação em Arquitetura e  
Urbanismo do Centro Universitário  
Christus (UNICHRISTHUS).

Orientadora: Profa. Ma. Kelma Pinheiro  
Leite

FORTALEZA-CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Centro Universitário Christus - Unichristus  
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do  
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F1            Ferreira, Marta Emanuela da Silva.  
                 LABEEM : Laboratório de Ensaios e Estudos em Madeira /  
                 Marta Emanuela da Silva Ferreira. - 2023.  
                 104 f. : il. color.

                 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro  
                 Universitário Christus - Unichristus, Curso de Arquitetura e  
                 Urbanismo, Fortaleza, 2023.

                 Orientação: Profa. Ma. Kelma Pinheiro Leite.

                 1. Projeto arquitetônico. 2. Laboratório de ensaios. 3.  
                 Estrutura em madeira. I. Título.

CDD 720

**MARTA EMANUELA DA SILVA FERREIRA**

**LABEEM – LABORATÓRIO DE ENSAIOS E ESTUDOS EM MADEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de apresentado  
ao Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro  
Universitário Christus como requisito para obtenção do  
título de Arquiteta e Urbanista

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Ma. Kelma Pinheiro Leite  
Centro Universitário Christus  
Orientadora

---

Prof<sup>ª</sup>. Me. Wladmir Capelo Magalhães  
Examinador interno  
Centro Universitário Christus

---

Prof. Dr. Jober de Souza Pinto  
Membro externo

“Espero que estejam satisfeitos com o que fizeram. Poderíamos ter sido mortos, ou pior, expulsos. Agora, se vocês não se importam, eu vou me deitar” (ROWLING, 2017, p 111)

## AGRADECIMENTOS

Não comum, irei agradecer primeiramente a todos os Taylor's Version que estiveram comigo durante todo o meu processo de aprendizado e crescimento pessoal e profissional. Citando o discurso de recebimento do título de Doutora Honorária em Belas Artes, pela Universidade de Nova York, Taylor Swift diz que “nenhum de nós que está aqui hoje fez sozinho. Nós somos uma colcha de retalhos daqueles que nos amaram, daqueles que acreditaram em nossos futuros, daqueles que nos mostraram empatia e bondade”<sup>1</sup>. Então, são à essas pessoas que eu agradeço.

Eu dedico este trabalho aos meus pais, Ivete Chaves e Messias Ferreira, ambos fazem parte da criação direta do tema deste trabalho. A minha mãe, que hoje é uma analista laboratorial, e ao meu pai, que sempre trabalhou como pedreiro. A eles eu dedico toda a minha formação. A minha irmã, que mesmo mais nova, por muitas vezes cuidava de mim como se fosse a mais velha.

Aos meus amados amigos, que mesmo entrando na minha vida em diferentes fases dela, seja no jardim de infância, ensino médio ou faculdade, sempre estiveram ao meu lado me apoiando, dando suporte emocional, fazendo-me rir e conquistar meus sonhos. Tornar a faculdade mais fácil e leve só foi possível graças a vocês.

Aos professores de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitários Christus – UniChristus. Um agradecimento especial é dedicado à professora Kelma Pinheiro, que mesmo nos momentos mais adversos me proporcionou o suporte necessário para continuar no processo de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso.

Gostaria de agradecer aos coordenadores do curso de Engenharia Civil da UniChristus, Francelino Franco L. de M. Sousa e a Paula Nobre de Andrade, que estiveram com as portas abertas para tirar dúvidas e compartilhar conhecimentos com os alunos da Arquitetura e Urbanismo.

À Claudia Mariana Costa Maia, que faz parte da Assessoria de Coordenação, e a Virna Fernandes Távora Rocha, que fez parte da Coordenação de Pesquisa durante os semestres que eu fiz parte do programa de monitoria.

## **RESUMO**

O LABEEM – Laboratório de Ensaios e Estudos em Madeira tem como objetivo oferecer suporte no campo de ensino e pesquisa aos alunos do Departamento de Engenharia Civil e do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará, bem como aos alunos de outras instituições, através de parcerias no desenvolvimento de projetos que envolvam novas tecnologias usando a madeira como principal material para a construção civil.

Para a construção teórica do projeto, é estudado edificações que tem um programa de necessidades semelhantes ao objeto de estudo. Somado a isso, é usado a ABNT NBR 7190:2023 – Estrutura de madeira e a ABNT NBR NT NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais como bases teóricas para embasar as diretrizes do programa de necessidades.

Estudos de locais mais adequados para inserir o projeto na cidade de Fortaleza – Ce, é indicado o Campus do Pici como o ambiente mais propenso a receber o empreendimento, onde atualmente abriga empresas de desenvolvimento tecnológicos como Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e o Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará – Nutec, tornando-se assim um local com base para acolher novos pesquisadores.

Por fim é estudado a melhor maneira de locar os dois edifícios, o Pavilhão Administrativo e o Pavilhão de Ensaios, dentro do novo parcelamento para que o programa de necessidades fosse concretizado sem que ele afetasse os edifícios pré-existentes.

Palavras chaves: Projeto arquitetônico, laboratório de ensaios, estrutura em madeira.

## **ABSTRACT**

LABEEM - Laboratório de Ensaios e Estudos em Madeira aims to provide support in the field of teaching and research to students from the Civil Engineering Department and the Architecture and Urbanism Department of the Federal University of Ceará, as well as students from other institutions, through partnerships in the development of projects involving new technologies using wood as the main material for civil construction.

For the theoretical construction of the project, buildings with a program of needs similar to the object of study are studied. In addition, ABNT NBR 7190:2023 - Wooden structure and ABNT NBR NT NBR 15575:2021 - Residential buildings are used as theoretical bases to support the guidelines for the program of needs.

Studies of the most suitable locations for the project in the city of Fortaleza, Ce, indicated the Pici Campus as the most suitable environment for the project, which currently houses technological development companies such as the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa) and the Ceará Industrial Technology and Quality Center (Nutec), making it a base for new researchers.

Finally, the best way of locating the two buildings, the Administrative Pavilion and the Testing Pavilion, within the new subdivision was studied, so that the program of needs could be realized without affecting the pre-existing buildings.

**Keywords:** Architectural design, testing laboratory, wooden structure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tripé do Desenvolvimento Sustentável. ....	18
Figura 2: Previsão das relações da pegada ecológica através dos anos.....	21
Figura 3: Marco da pegada ecológica em 2018.....	21
Figura 4: Resistencia e rigidez à flexão.....	32
Figura 5: Tração paralela às fibras .....	32
Figura 6: Compressão paralela às fibras.....	33
Figura 7: Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras. ....	33
Figura 8: Resistência à tração perpendicular às fibras. ....	33
Figura 9: Resistência e rigidez à compressão perpendicular às fibras. ....	34
Figura 10: Módulo de elasticidade transversal. ....	34
Figura 11: Determinação da resistência e rigidez ao cisalhamento transversal (rolling shear). ....	38
Figura 12: Determinação somente da força de resistência ao cisalhamento transversal (rolling shear) .....	38
Figura 13: ensaio de flexão para painéis de MLCC com carregamento paralelo ao plano do painel. ....	39
Figura 14: Cisalhamento em uma camada - seção transversal líquida.....	39
Figura 15: Tijolo Ecológico.....	48
Figura 16: Desenho Técnico Tijolo Ecológico.....	49
Figura 17: Instalações com o Tijolo Ecológico.....	49
Figura 18: Fachada do Wood Innovation Research Laboratory.....	51
Figura 19: Interior do Wood Innovation Research Laboratory. ....	52
Figura 20: Etapa de construção do Wood Innovation Research Laboratory.....	52
Figura 21: Circulação interior do Wood Innovation Research Laboratory. ....	53
Figura 22: Setores da Wood Innovation Research Laboratory.....	54
Figura 23: Interior do Wood Innovation Research Laboratory. ....	54
Figura 24: Fachada norte do Wood Innovation Research Laboratory. ....	55
Figura 25: Fachada Oeste do INRA. ....	56
Figura 26: Implantação do INRA .....	56
Figura 27: Vista isométrica do INRA.....	57
Figura 28: Atrio dos blocos Norte e Sul do INRA. ....	57
Figura 29: Fachada Sul do INRA. ....	58
Figura 30: Fachada Norte do INRA. ....	58

Figura 31: Entrada principal da Sede Administrativa do MUCJI. ....	59
Figura 32: Sistema estrutural da Sede Administrativa do MUCJI. ....	60
Figura 33: Divisórias da Sede Administrativa do MUCJI.....	60
Figura 34: Beirais da Sede Administrativa do MUCJI.....	61
Figura 35: Rosa dos Ventos de Fortaleza. ....	73
Figura 36: Gráfico das temperaturas de Fortaleza.....	73
Figura 37: Gráfico de Chuva de Fortaleza.....	74
Figura 38: Insolação - Fachada Nordeste. ....	74
Figura 39: Insolação - Fachada Noroeste. ....	75
Figura 40: Insolação – Fachada Sudeste.....	75
Figura 41: Insolação - Fachada Sudoestes.....	76
Figura 42: Fluxograma. ....	80
Figura 43: Planta esquemática do novo parcelamento. ....	83
Figura 44: Quadra 01 - Pavilhão de Ensaios. ....	84
Figura 45: Quadra 03 - Pavilhão da Administração. ....	85
Figura 46: Quadra 02 - Área de Protótipos. ....	86
Figura 47: Fachada leste iluminada a noite. ....	87
Figura 48: Fachada Sul do Pavilhão da Administração.....	88
Figura 49: Pavilhão de Ensaios - áreas livres entre blocos.....	89
Figura 50: Vistas da Hiperboloide de Uma Folha. ....	90
Figura 51: Pavilhão de Ensaios - Hiperboloide de uma folha ....	90
Figura 52: Corte do Pavilhão de Ensaios. ....	91
Figura 53: Corte do Pavilhão Administrativo. ....	91
Figura 54: Vista Isométrica - Pavilhão da Administração.....	92
Figura 55: Planta baixa - Pavilhão da Administração. ....	92
Figura 56: Planta Baixa - Pavilhão de Ensaios.....	93
Figura 57: Laje de reação. ....	94
Figura 58: Pavilhão de Ensaios - jardineiras centrais.....	94
Figura 59: Pavilhão de Ensaios – Docas. ....	95
Figura 60: Pavilhão de Ensaios - aproximação das docas. ....	95
Figura 61: Pavilhão de Ensaios. ....	96
Figura 62: Pavilhão da Administração. ....	96
Figura 63: Pavilhão da Administração - Iluminação de piso.....	97

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Resumo das ODS's usadas no referencial conceitual. ....	19
Quadro 2: Ensaio da ABNT NBR 7190-2: Métodos de ensaios para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira .....	29
Quadro 3: Ensaio da ABNT NBR 7190-4: Métodos de ensaios para caracterização de peças estruturais.....	31
Quadro 4: Ensaio da ABNT NBR 7190 – Parte 6: Métodos de ensaios para caracterização MLC estrutural. ....	35
Quadro 5: Ensaio da ABNT NBR 7190 – Parte 7: Métodos de ensaio para caracterização de madeira laminada colada cruzada estrutural.....	36
Quadro 6: Ensaio e aparelhos - ABNT NBR 15575-2.....	43
Quadro 7: Ensaio e aparelhos - ABNT NBR 15575-3.....	43
Quadro 8: Ensaio e aparelhos - ABNT NBR 15575-4.....	44
Quadro 9: Norma Ensaio Aparelho .....	46
Quadro 10: Síntese de diretrizes projetuais. ....	61
Quadro 11: Programa de Necessidades – Pavilhão Administrativo.....	77
Quadro 12: Programa de Necessidades – Pavilhão de Ensaio.....	78

**LISTA DE MAPAS**

Mapa 1: Georeferenciamento - Wood Innovation Research Laboratory. ....	53
Mapa 2: Destaque para o bairro do Pici. ....	63
Mapa 3: Destaque para a Secretaria Executiva Regional XI.....	64
Mapa 4: Destaque do terreno no Campus do Pici. ....	64
Mapa 5: Destaque para o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH. ....	65
Mapa 6: Densidade populacional do bairro Pici.....	66
Mapa 7: Destaque do terreno e seu Uso e Ocupação no solo.....	66
Mapa 8: Indicação do terreno dentro do bairro do Pici. ....	67
Mapa 9: Cheios e vazios destacando o terreno.....	68
Mapa 10: Áreas verdes e praças. ....	69
Mapa 11: Áreas com conjuntos habitacionais e favelas. ....	69
Mapa 12: Sistema viário local. ....	70
Mapa 13: Curvas de nível.....	70
Mapa 14: Macrozoneamento de Fortaleza.....	71
Mapa 15: Destaque do terreno dentro de uma Zona Especial. ....	72

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	Tema .....	14
1.2	Justificativa .....	14
1.3	Objetivos .....	15
1.3.1	Geral .....	15
1.3.2	Específico .....	15
1.4	Metodologia .....	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
2.1	Desenvolvimento sustentável .....	18
2.2	Construções sustentáveis .....	22
2.3	Construções em madeira .....	25
2.3.1	Classificação da madeira .....	26
2.4	Normas de desempenho .....	28
2.4.1	ABNT NBR 7190:2023 Projeto de Estrutura de madeira .....	28
2.4.2	ABNT NBR 15521:2007 Ensaios não destrutivos - Ultra-som - Classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas.....	39
2.4.3	ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração .....	40
2.4.4	ABNT NBR NT NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais — Desempenho 41	
2.5	Sistemas Construtivos.....	48
3.4.1	Tijolo ecológico.....	48
4	REFERENCIAL PROJETUAL .....	51
4.4	Wood Innovation Research Laboratory / UNBC.....	51
4.4.1	Acessos, zoneamento funcional e suas circulações.....	53
3.4.1	Volumetria/Massa e Linguagem arquitetônica.....	54
4.5	Laboratório de Pesquisa INRA - Institut National de la Recherche Agronomique 55	
4.6	Sede Administrativa Fundação Florestal – Juréia-Itatins .....	59
4.7	Análise geral .....	61
5	DIAGNOSTICO.....	63
5.4	Sobre a área de Intervenção – Bairro Pici.....	63

5.5	Dados socioeconômicos.....	65
5.6	Sobre o terreno.....	67
5.7	Condições legais do terreno.....	71
5.7.1	Lei de parcelamento, Uso e Ocupação do Solo – LOUS.....	71
5.8	Condições ambientais.....	72
6	PROPOSTA CONCEITUAL E PRELIMINAR.....	77
6.4	Programa de necessidades.....	77
6.5	Fluxograma.....	80
6.6	Conceito e partido.....	80
6.7	Implantação e zoneamento.....	82
7	MEMORIAL DESCRITIVO.....	83
6.1	Ficha técnica do empreendimento.....	83
6.3	Dados do terreno e entorno.....	87
6.4	Premissas de durabilidade.....	88
7.4.1	Fachadas e vedações internas.....	88
7.5	Plantas dos pavilhões.....	92
7.6	Imagens do Projeto.....	94
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
	REFERÊNCIAS.....	99

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Tema**

Este trabalho trata-se da proposição de um anteprojeto arquitetônico de um laboratório de ensaios e estudos em madeira atendo-se ao desenvolvimento de novas tecnologias que abordem o material citado como um produto básico para a construção civil.

O LABEEM – Laboratório de Ensaios e Estudos em Madeira oferece suporte no campo de ensino e pesquisa aos alunos do Departamento de Engenharia Civil e do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, bem como aos alunos de outras instituições, através de parcerias no desenvolvimento de projetos.

Complementando as atividades já citadas, o LABEM oferecerá suporte ao desenvolvimento de análises, estudos e projetos de pesquisa que estejam associados ao crescimento de informações sobre o produto à base de madeira.

### **1.2 Justificativa**

Segundo Oxman (2014), está próxima a transição em que a antropomassa – aquela que incorpora todos os ambientes construídos pelo homem (como o concreto, o metal, o tijolo e o vidro) – irá superar a biomassa do planeta, que inclui as árvores, as plantas, os animais, as bactérias, os fungos e os vírus.

O autor Charles J. Kibert (2020) aponta que o mercado de edificações sustentáveis está crescendo internacionalmente, de forma não isolada, mostrando-se presente em diferentes regiões e culturas. Profissionais da construção civil, como arquitetos e engenheiros, ao redor do mundo estão tendendo ao desenvolvimento de projetos e edificações sustentáveis.

Em 2008, durante um levantamento, a principal razão do envolvimento com a construção sustentável era estar fazendo a coisa certa, buscando ter um impacto positivo no meio ambiente. Já em 2014, as razões passaram a ter o foco em motivações que pudessem suprir a demanda de clientes e do mercado, custos de operação mais baixos, relações públicas e promoção das marcas (Kibert, 2020, p. 2).

Assim, a edificação ecológica desenvolve-se para que a construção possa gerar bons negócios, e suas atividades possam se expandir de modo a criar altos padrões de eficiência no ambiente construído, promovendo a saúde humana (Kibert, 2020, p. 2).

Atualmente, o único espaço que trabalha com o desenvolvimento de programas com foco em estudos e ensaios tecnológicos para a construção civil no Ceará é o Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará – Nutec, localizado dentro do

Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC), contudo o seu foco é para sistemas que sejam feitos em concreto.

Outro espaço que trabalha a pesquisa tecnológica, porém fora do campo da construção civil, é a Embrapa. Localizada no Campus do Pici da UFC, a Embrapa tem foco em “desenvolver a base tecnológica de um modelo de agricultura e pecuária genuinamente tropical” (EMBRAPA, 2023).

Com o déficit de pesquisas realizadas na área da construção civil com foco em matérias sustentáveis, há a necessidade de buscar novas alternativas para que a construção civil diminua o seu impacto sobre o sistema ambiental do planeta. Este trabalho propõe criar um espaço onde estudos e ensaios possam acontecer fazendo-se o uso da madeira como matéria prima para a construção civil.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Elaborar um anteprojeto arquitetônico de um laboratório de ensaios e estudos que desenvolve o uso da madeira como material básico para a construção civil, discutindo a aplicabilidade das características da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável na sua composição.

#### **1.3.2 Específico**

- Entender as premissas do desenvolvimento sustentável aplicado à arquitetura;
- Conhecer a madeira como material da construção civil, assim como seus sistemas construtivos de estrutura, vedação e cobertura;
- Entender o que são laboratórios de ensaios e sua legislação corrente;
- Analisar referências projetuais para estabelecer parâmetros de projetos;
- Selecionar um local adequado para a elaboração de projeto com diagnóstico.

### **1.4 Metodologia**

A metodologia usada neste trabalho foi baseada na ABNT NBR 16636:2017 que define duas fases para o projeto arquitetônico: (1) fase de preparação e (2) fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos.

A fase de preparação estabelece as seguintes etapas: (a) o levantamento de informações preliminares; (b) o programa geral de necessidades; (c) o estudo de viabilidade do empreendimento; e (d) o levantamento das informações técnicas

específicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017). Assim, este trabalho inicia a fase de preparação, sendo acrescentados o referencial teórico e diagnóstico por se tratar de um trabalho acadêmico.

O referencial teórico apresenta a definição de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, pontuando os seus objetivos e as suas expectativas para atingir essas metas. Ainda dentro da perspectiva de sustentabilidade, é abordado a ideia de como a eficiência dos recursos naturais são e devem ser utilizados nas edificações, além de apontar conceitos como pegada ecológica e biocapacidade.

Seguindo, é analisado o uso da madeira dentro da construção civil e por fim as Normas Brasileiras que são importantes para se ter o conhecimento necessário das necessidades específicas dos ambientes que realizam ensaios destrutivos e não destrutivos em madeira.

A análise das referências projetuais é feita visando o entendimento da formação, desenvolvimento e criação de um laboratório para pesquisa e ensaios em madeira, usando como parâmetros edifícios com tipologia similares ao tema proposto.

No diagnóstico, é abordado informações relevantes sobre o terreno e o seu entorno através da utilização de mapas, mostrando dados da legislação vigente e da análise física e espacial do local escolhido. Também é levantado as análises dos aspectos físicos e ambientais do local usando a carta solar e a rosa dos ventos, enfatizando os principais interesses visuais e ambientais para nortear o planejamento das diretrizes do projeto.

A fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos é estabelecida como a apresentação das representações da configuração arquitetônica da edificação, “concebida e desenvolvida mediante a coordenação e orientação geral dos projetos de todos os elementos da edificação, dos sistemas prediais de instalações, dos componentes construtivos e da especificação dos materiais de construção, gerando o projeto completo da edificação, por meio do processo de sua compatibilização” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

A última etapa é constituída pelo desenvolvimento do anteprojeto arquitetônico, levando em consideração as informações coletadas através do levantamento bibliográfico e do levantamento de dados utilizado para embasar este trabalho de proposição projetual, no seu conceito e partido, assim como na utilização de técnicas com que trabalhem com a diminuição dos impactos ambientais, visando a

sustentabilidade construtiva, as características físicas do ambiente em que se insere o projeto, uma região tropical com clima semiárido quente.

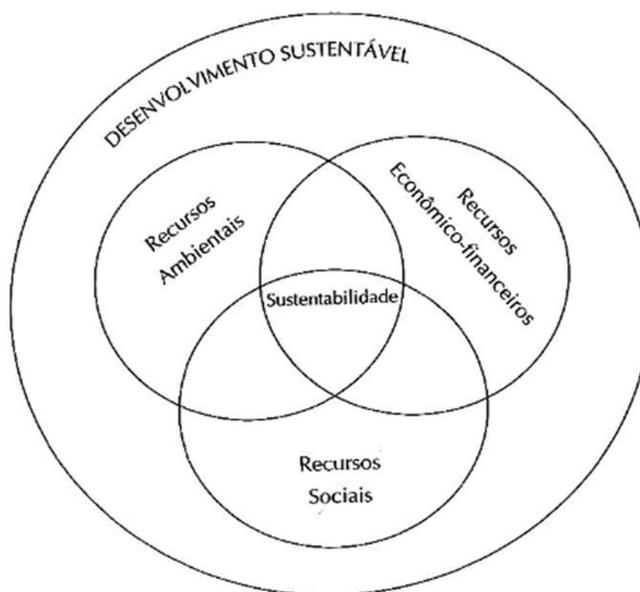
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Desenvolvimento sustentável

A origem da palavra sustentabilidade não é bem conhecida. Charles J. Kibert aborda o que é uma sociedade sustentável de acordo com a sua própria tradução do livro *Building a Sustainable Society* de Lester Brown, definindo-se como “aquela que pode satisfazer às suas necessidades sem diminuir as chances das gerações futuras” (Kibert, 2020, p. 34)

Para Agopyan e John (2011), a sustentabilidade é entendida como a conciliação dos aspectos ambientais, os aspectos econômicos e os aspectos sociais, reconhecendo assim esses como o Tripé do Desenvolvimento Sustentável (Figura 1). Para conseguir o desenvolvimento sustentável é necessário fazer a “economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para as futuras gerações” (Agopyan; John, 2011, p. 13).

Figura 1: Tripé do Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Andrade, Barros e Castro, 2019, p. 147

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), criados para a Agenda 2030, abrangem metas ligadas ao âmbito social, econômico, ambiental e institucional. Contudo, para fim de utilização conceitual e justificação na formulação deste trabalho, usa-se os objetivos 9 e 11. Ambos os objetivos servem como parâmetros de adequação do edifício às novas tentativas do projeto arquitetônico dentro do desenvolvimento sustentável.

O primeiro objetivo a ser analisado é o 9º - Indústria, Inovação e Infraestrutura. Aqui é apresentado a ideia de desenvolvimento de construções com infraestruturas resilientes, promovendo a industrialização inclusiva e sustentável, assim fomentando a inovação local (ONU, 2015). Deste modo, podemos focar nas suas metas 9.2, 9.4 e 9.5 descritas no Quadro 1.

O segundo objetivo usado é o 11º - Cidades e Comunidades Sustentáveis. Neste objetivo, o seu comprometimento é com “tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis” (ONU, 2015). Ele aborda principalmente o desenvolvimento urbano e social, mas aqui podemos destacar a sua meta 11.6 para usar como referencial conceitual (Quadro 1).

Quadro 1: Resumo das ODS's usadas no referencial conceitual.

<b>Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)</b>	
<b>OBJETIVOS</b>	<b>METAS</b>
<b>9º - Indústria, Inovação e Infraestrutura.</b>	9.2 Promover a industrialização inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentar significativamente a participação da indústria no setor de emprego e no PIB, de acordo com as circunstâncias nacionais, e dobrar sua participação nos países menos desenvolvidos
	9.4 Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades
	9.5 Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento
<b>11º - Cidades e Comunidades Sustentáveis</b>	11. Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

Fonte: ONU (2018), adaptado pela autora.

Atualmente, a Terra leva mais de um ano e dois meses para recuperar aquilo que foi consumido durante o período de um ano. Em relação ao desmatamento, foi calculado que 17% das extensões originais de florestas já foram consumidas, devendo-se somar 17% de área degradada (Almond et al, 2022, p. 7).

O termo efetividade ou eficiência de recursos surge como designação ao fato de se tirar proveito dos recursos naturais que estão dispostos, maximizando os seus benefícios. Contudo, a forma como usamos esses recursos possa evitar a sua liquidação,

recomendando ser usado apenas o necessário, para resguardar o sistema natural e nos manter e viver bem (Keeler; Vaidya, 2018, p. 225).

Para os autores Keeler e Burke (2010) os recursos naturais são aqueles que advêm da natureza, como os recursos hídricos (oceanos, corpos de água e precipitações), os solos, os minerais, os biomas, as florestas e a sua biodiversidade de espécies, e podendo chegar a área em que o projeto acontecerá no terreno.

Dessa maneira, podemos entrar no tópico de Pegada ecológica, referenciando-se como “à quantidade de terras biologicamente produtivas e áreas de corpos d’água necessárias para se produzir os recursos consumidos pelos seres humanos e também para absorver os resíduos gerados por tal consumo” (Keeler; Vaidya, 2018, p. 226).

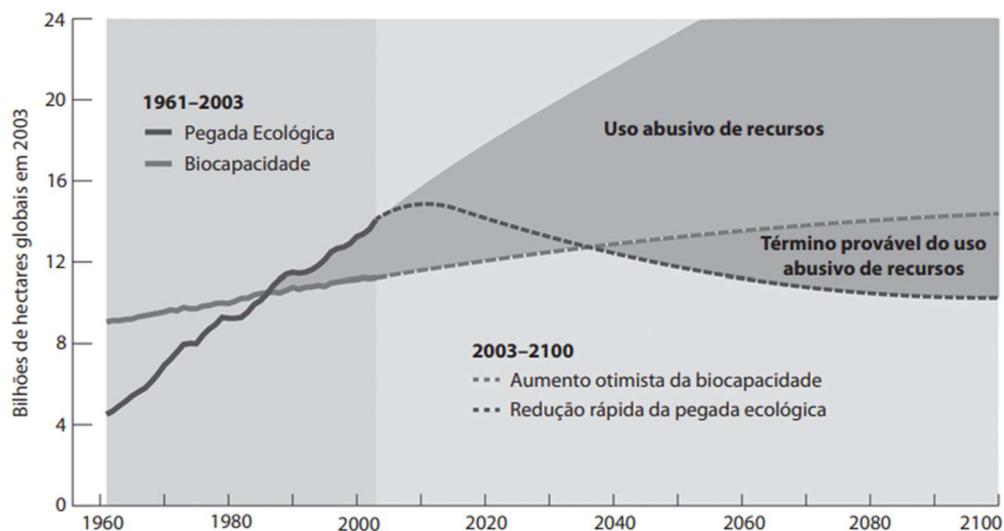
De acordo com o Global Footprint Network (2023), as pegadas ecológicas podem ser definidas como um sistema métrico que mensura quanto da natureza se fez uso, além de como esse material foi utilizado. Para analisar os impactos que o planeta sofreu, o grupo de pesquisa elabora mapas com suas medidas padronizadas com as unidades sendo hectares globais.

Outro conceito importante para a eficiência dos recursos naturais é a biocapacidade. Ela pode ser definida como a capacidade que o ecossistema tem de produzir sua renovação biológica e absorver os resíduos gerados pelos humanos.

Portanto, é possível notar que a reserva ou déficit ecológico é o resultado da diferença de cada região em termos de biocapacidade e a sua pegada ecológica. Na capacidade de carregamento se encontram as reservas ecológicas de água, solo, biodiversidade e matérias-primas, como minerais combustíveis fósseis, metais ou água (Keeler; Vaidya, 2018, p. 227).

Para Keeler e Vaidya (2018), a biocapacidade e os dados da pegada ecológica são dois conceitos que geram possibilidades de se criação de dados referentes à uma área de território disponível para amparar a população em relação a sua área de consumo através das atividades humanas. Essas informações adquiridas pelo o uso dos conceitos citados acima podem ser úteis, por exemplo, na elaboração de políticas públicas, em programas de sustentabilidade corporativa ou para empresas que participam do projeto e construções de edifícios sustentáveis.

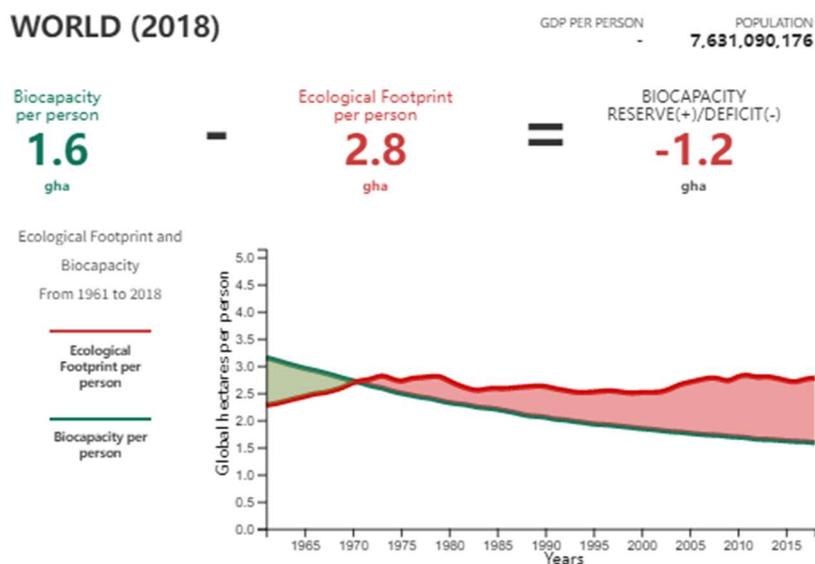
Figura 2: Previsão das relações da pegada ecológica através dos anos.



FONTE: Keeler e Vaidya, 2018, p. 228.

Em 1970, os cálculos estimados levaram a marca de 14 bilhões de hectares globais foram consumidos na pegada ecológica, contudo apenas 11 milhões foram identificados como a biocapacidade do planeta naquele ano (figura 2).

Figura 3: Marco da pegada ecológica em 2018.



Fonte: Global Footprint Calculator (2023).

Logo, é possível notar na figura 2: previsão das relações da pegada ecológica através dos anos, mostra que a projeção para os anos subsequentes entrariamos em uma área de abuso dos recursos naturais, o que se confirma através dos dados coletados pela Global Footprint Calculator (figura 3) onde o gráfico mostra que em 2018 a pegada ecológica chegou a 2.8 hectares globais por pessoa, o que daria cerca de 21 bilhões, superando a marca prevista pela figura 2.

## 2.2 Construções sustentáveis

O ano de 2022 marcou a transição em que a antropomassa – aquela que incorpora todos os ambientes construídos pelo homem (como o concreto, o metal, o tijolo e o vidro) – superou a biomassa do planeta, que inclui as árvores, as plantas, os animais, as bactérias, os fungos e os vírus (OXMAN, 2014).

Atualmente, há muitos termos que podem definir uma “edificação sustentável”, contudo há uma concordância para criar um denominador comum, que assim define os componentes essenciais para que a construção seja sustentável. “Para ser sustentável, uma edificação precisa solucionar mais do que um problema ambiental” (Keeler; Vaidya, 2018). De acordo com Keeler e Burke (2018), ainda que impossível solucionar todos os problemas, elas devem ao menos abordar:

- O gerenciamento dos resíduos advindos da demolição no terreno e da construção, bem como dos resíduos advindos dos usuários.
- A eficiência na utilização dos recursos, buscando reduzir o consumo de solo, água e energia durante a manufatura dos materiais, a construção da edificação e utilização por seus usuários.
- A conservação de energia e projetar visando ao consumo eficiente de energia advindo do edifício. Planejar a redução das emissões que a edificação emite durante a sua construção e vida útil é uma obrigação sócio-política.
- A necessidade de ofertar um ambiente saudável para as atividades a serem desenvolvidas futuramente no local. Assim deve-se evitar o uso de materiais de construção e limpeza que agridam o meio ambiente, evitar o uso de equipamentos que não possuem controle sobre a produção de particulados. E principalmente, projetar uma conexão com o exterior que forneça ventilação natural, iluminação diurna e permeabilidade visual.

As edificações sustentáveis que são consideradas bem projetadas apresentam em seu projeto adaptações ao clima regional, utilizando materiais de construções disponíveis e técnicas já testadas de modo eficiente. Os benefícios que edificações com alto desempenho no seu consumo de energia, qualidade do ar interno e despesas com recursos são quantificáveis e concretos para os proprietários, usuários, projetistas e construtores (Keeler; Vaidya, 2018).

O projeto e construção sustentáveis promove e utiliza sistemas com pegadas ecológicas entre mínimas e nulas. Além disso, uma é essencial que uma edificação

considere o ciclo de vida em todos os níveis para se enquadrar dentro da definição de edificação ou construção sustentável (Keeler; Vaidya, 2018).

Agopyan e John (2011) descrevem que para atingir a sustentabilidade dentro da construção civil é necessário a adequação e o uso de novas formas de inovação em todos os âmbitos de suas atividades.

As construções sustentáveis que são realizadas atualmente tem aumentado gradualmente os seus padrões quanto ao cuidado com o seu desempenho e seu desenvolvimento, porém são poucas as exceções que se enquadram na categoria de sustentabilidade verdadeira. O objetivo é converter a construção e a sua arquitetura sejam neutras em carbono; desenvolver a capacidade de produzir a energia e a água potável que será consumida; oferecer ambientes saudáveis seguros e não tóxicos para seus usuários; e fazer o projeto e as operações sejam zero energia (Keeler; Vaidya, 2018).

Para aumentar a sustentabilidade dentro do setor da construção civil é necessário ter soluções em todos os níveis de projeto, contudo a produção de materiais e componentes que alimentam o setor da construção civil, por si só, tem grande impacto sobre o meio, assim precisando ser mitigado. Os produtos utilizados em todas as etapas de construção da edificação, aos quais são ofertados, não suprem a necessidade de tornar as obras sustentáveis ou ao menos influenciar na diminuição dos impactos que o edifício causa ao ambiente e no próprio ciclo de vida (Agopyan; John, 2011).

O panorama geral mundial dos impactos da construção civil é posto como: o responsável por 40% do consumo de energia e um terço dos recursos naturais; o emissor um terço dos gases de efeito estufa; o consumidor de 12% da água potável; produzindo 40% dos resíduos sólidos urbanos; sendo responsável por 10% da contratação de mão de obra e atende à 10% do PIB global (CBCS, [s.d.]).

Em relação ao panorama brasileiro, a construção é responsável pelo consumo de 16% de água; causante do consumo de 9,4 toneladas por habitantes de materiais, gerando cerca de 500kg de resíduos sólidos anualmente; produz 9,2% do PIB nacional (CBCS, [s.d.]).

No Brasil é possível ver a iniciativa de colaborar com o aumento do exercício da sustentabilidade dentro da área da construção civil, a exemplo da criação da Câmara Ambiental da Indústria da Construção através do Estado de São Paulo; elaboração da Resolução 307 do CONAMA, onde aborda a gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC); e criação de selos de eficiência energética para edifícios que estão dentro do Programa Nacional de Uso Racional da Água (Agopyan; John, 2011).

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é um exemplo de implementação a nível nacional de programas que incentivam o desenvolvimento e evolução sustentável dentro do setor habitacional, buscando garantir habitação de interesse social de qualidade marcada pela segurança e durabilidade (BRASIL, 2021a).

É possível notar que os sistemas construtivos aos quais são mais comuns de serem encontrados na construção civil e podem ser considerados como modelos sustentáveis são: o Steel Frame (estrutura de aço que serve de suporte para outros tipos de materiais vedantes); o Wood Frame (estrutura de madeira) e a Madeira Laminada Cruzada Colada – CLT (painéis estruturais que podem ser utilizados como piso, parede e teto).

Agopyan e John (2011) apontam que para atingir a sustentabilidade da construção civil é indispensável a incorporação de inovação dentro da construção civil, e para isso o conhecimento adquirido deve-se ser posto em prática, colocando-o de forma aplicada às novas tecnologias visando a sustentabilidade pelos setores produtivos.

No caso das construções civis, há técnicas de projetos que amenizam de forma eficiente a sobrecarga que os recursos naturais vêm sofrendo durante os anos, um exemplo é o uso de tecnologia apropriada, que busca focar mais na mão de obra do que nos recursos materiais na hora de construir, as construções têm maior durabilidade e pouca necessidade de manutenção.

Já os projetos que valorizam a efetividade dos recursos, fazendo projetos integrados, buscam trabalhar com técnicas que envolvem tanto os materiais quanto os métodos de construção. A autora Keller e Burke (2010) abordam as 6 metas:

- Redução da quantidade de matéria-prima usada em materiais, produtos e sistemas de produção.
- Usar novos produtos que minimizem os impactos da construção e reforma.
- Projetar usando componentes passíveis de reutilização.
- Projetar pensando na desmontagem.
- Projetar usando componentes pré-moldados.
- Selecionar produtos, materiais e sistemas com base nos seguintes atributos: Durabilidade; Embalagem, Resíduos; Conteúdo reciclado; Localização; Água; Recursos naturais; Reuso; Florestas Sustentáveis; Capacidade de renovação; Materiais de base biológica; Materiais de baixa manutenção; Eficiência dos materiais e Desmontagem.

O projeto de edificações e a seleção de produtos devem considerar as características de eficiência em recursos junto a outros tipos de aspectos da temática de projeto sustentável, incluindo o consumo de energia e os efeitos dos materiais em seu interior e exterior (Keeler; Vaidya, 2018).

Atualmente há o reconhecimento das falhas ecológicas do Design Moderno ao longo do tempo. Um crescente interesse pelo potencial tecnológico de materiais que trazem inovação de uso e formulação, tornando-se fontes de geração de design desenvolvidos em biomateriais, materiais mediados e responsivos e materiais biocompostos. “A Ecologia dos Materiais é um campo emergente no design, que indica relações informadas entre produtos, edifícios, sistemas e seu ambiente” (OXMAN, 2014).

Definido como o estudo, o design de produtos e os processos que integram tecnologia computacionais ambientalmente conscientes geração de formas e fabricação digital, o campo opera na interseção da Biologia, Ciência e Engenharia de Materiais e Ciência da Computação com ênfase em design e fabricação digital ambientalmente informados (OXMAN, 2014).

“A edificação ecológica tornou-se parte da construção de bons negócios[...]. As atividades de construção sustentável continuam a se expandir, algumas indicando a contínua evolução do pensar sobre como alcançar altos padrões de eficiência em ambientes construídos e, ao mesmo tempo, promover a saúde humana e proteger os sistemas ecológicos” (Kibert, 2020, p. 2).

### **2.3 Construções em madeira**

A madeira é o material de construção mais antigo, que se tem conhecimento, sendo empregado na construção. Uma das suas características favoráveis ao seu uso é a apresentação de uma excelente relação resistência/peso e da as versatilidades de fabricação de produtos (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 1).

No Brasil “a madeira se destaca na solução de problemas relacionados com coberturas (residenciais, comerciais, industriais, construções rurais), cimbramentos (para estruturas de concreto armado e protendido), transposição de obstáculos (pontes, viadutos, passarelas para pedestres), [...], obras portuárias, entre outros. Além disso, é muito empregada na fabricação de componentes para a edificação, como painéis divisórios, portas, caixilhos lambris, forros e pisos” (Calil, 2019, p. 2)

Contudo, apesar do crescimento do uso da madeira na construção ainda há preconceito quando a sua utilização. Um exemplo é a insuficiência na divulgação das

informações tecnológicas disponível sobre o seu comportamento sob diferentes condições de serviço (Calil, 2019, p. 2).

O autor Calil (2019) aborda a distorção da imagem de que o uso da madeira está diretamente ligado à devastação de florestas, fazendo com que o seu emprego seja uma ameaça ecológica. Contudo, é necessário enfatizar a exploração do recurso de forma racional. A sua extração e o desdobro de árvores envolvem baixo consumo de energia, em comparação a materiais como aço e concreto armado. Além disso, a sua extração não provoca maiores danos ao meio ambiente quando providenciada a sua reposição.

Por outro lado, a madeira é um material natural o que a faz ser mais suscetível às degradações biológicas por ataques de fungos, brocas, etc. e também à ação do fogo. Além disso, pode apresentar inúmeros defeitos, como nós e fendas que interferem na sua propriedade mecânica (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 1).

Embora estes aspectos desfavoreçam o uso da madeira na construção civil, quando previamente tratadas com substâncias preservativas, a sua durabilidade natural pode ser prolongada (Calil, 2019, p. 4).

### 2.3.1 Classificação da madeira.

As árvores utilizadas para a retirada da madeira que será usada na construção civil estão contidas em dois grupos: as madeiras duras e as madeiras macias.

A madeira dura é proveniente da classe de árvores Angiosperma. As Dicotiledôneas são plantas da classe Angiospermas que produzem árvores com folhas de diferentes formatos, renovadas periodicamente e que constituem a maior parte da floresta tropical no Brasil (Calil, 2019, p. 5). Elas possuem um crescimento lento e que também são chamadas de madeira de lei (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 1).

São exemplos de madeira dura: “Aroeira do Sertão (*Astronium urundeuva*), Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*), Ipê (*Tabebuia serratifolia*), Mogno (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrella fissilis*), Imbuia (*Ocotea porosa*), Caviúna (*Machaerium scleroxylon*), Angico (*Piptadenia excelsa*), Garapa (*Apuleia leiocarpa*), Pau Marfim (*Balfourodendron riedelianum*), Cerejeira (*Torrosea acreana*), Cabriúva (*Myroxylon balsamum*), Amendoim (*Pterogyne nitens*), Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*), [...]” (Calil, 2019, p. 5).

A madeira macia é proveniente da classe de árvores Coníferas. As Gimnospermas são plantas da classe Conífera que produzem árvores com folhas em geral perenes e tem formato de escamas ou agulhas. Elas possuem um crescimento rápido,

sendo típicas do clima temperado e frio, embora exista algumas espécies adaptadas ao clima tropical (Calil, 2019, p. 4).

No Brasil há espécies de coníferas típicas, como o Pinho Paraná (*Araucaria angustifolia*), que teve sua adaptação situada na zona que engloba o estado do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. O Pinus é outro exemplo de madeira mole usada no Brasil, destacando-se o *Pinus taeda*, o *Pinus elliottii*, o *Pinus oocarpa* e algumas das variedades do *Pinus caribaea* (*hondurensis*, *bahamensis*, *caribaea*, *cubanensis*) (Calil, 2019, p. 4).

A madeira indicada para o uso na construção civil deve ser retirada, de preferência, do cerne. O cerne é formado pelas células inativas do alburno (camada formada por células vivas que conduzem a seiva das raízes às folhas). A madeira do alburno é mais sensível à decomposição por fungos, contudo ela aceita melhor a penetração de agentes protetores que prolongaram o tempo de uso (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 2).

É importante mencionar que a madeira está sujeita à deterioração por diversos agentes, seja ele por ataque biológico, por seus defeitos naturais ou pela ação do fogo.

São exemplos de ataques biológicos: fungos, cupins, moluscos e crustáceos marinhos. A vulnerabilidade da madeira ao ataque biológico depende da camada do tronco de onde foi extraída a madeira, da espécie que está sendo utilizada, pois algumas são mais resistentes, e das condições ambientais em que a madeira será exposta (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 6).

As propriedades físicas e mecânicas da madeira são padronizados por ensaios em amostragem sem defeitos, pois podem prejudicar a sua resistência, tornando-se assim um ponto de vulnerabilidade. Esses defeitos podem ser provenientes da constituição natural do troco ou pelo processo de preparação da peça, sendo eles: nós; fendas; gretas ou ventas; abaulamento; arqueadura; fibras reservas; e esmoada ou quina morta (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 6).

Por ser um material combustível, a madeira é considerada como um material de pequena resistência ao fogo. Contudo, quando bem projetada e construída, apresenta ótimo desempenho sob as ações do fogo. As peças mais robustas apresentam uma resistência maior por estarem sofrendo um processo de oxidação mais lento mantendo seu núcleo íntegro, isso acontece, pois, a madeira é um baixo condutor de calor (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 6).

O tópico 2.4 – Normas de Desempenho, irá abordar de maneira mais técnica a NBR 7190:2023 – Projeto de estruturas de madeira, em que será abordado os principais pontos a serem realizados nos ensaios que caracterizam a madeira para o uso na construção civil, também, suas principais partes que foram revisadas no ano de 2023.

## 2.4 Normas de desempenho

### 2.4.1 ABNT NBR 7190:2023 Projeto de Estrutura de madeira

Os autores Walter Pfeil e Michèle Pfeil (2015) abordam que para determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira é necessário elaborar ensaios padronizados em amostras que não possuam defeitos, assim evitando incertezas nos resultados. Tais ensaios devem seguir a Norma Brasileira (NBR) 7190:2022 Projeto de estruturas de madeira.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) divulgou em junho de 2022 a nova versão da norma para Projeto de Estruturas de Madeira, a ABNT NBR 7190 (2022). A nova versão foi dividida em 7 partes: Parte 1 – Critérios de dimensionamento; Parte 2 – Métodos de ensaios para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira; Parte 3 – Métodos de ensaios para corpos de prova isentos de defeitos para madeira de florestas nativas; Parte 4 – Métodos de ensaios para caracterização de peças estruturais; Parte 5 – Métodos de ensaios para determinação da resistência e da rigidez de ligações com conectores mecânicos; Parte 6 – Métodos de ensaios para caracterização de madeira lamelada colada estrutural; e Parte 7 – Métodos de ensaios para caracterização de madeira laminada colada cruzada estrutural.

Para fins de conhecimento e criação do programa de necessidades será abordado brevemente os ensaios gerais a seguir, em que são necessários para caracterizar a madeira para o uso em estruturas, sendo elas:

- a) resistências à compressão paralela às fibras  $f_c$ , e normal às fibras  $f_{cn}$ ; b) resistências à compressão paralela às fibras  $f_c$ , e normal às fibras  $f_{cn}$ ; c) resistência ao cisalhamento paralelo às fibras  $f_v$ ; d) resistências ao embutimento  $f_e$  (pressão de apoio em ligações com conectores) paralelo e normal às fibras; e) módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras,  $E_c$ , e módulo de elasticidade na compressão normal às fibras,  $E_{cn}$ ; f) densidade básica,  $\rho_{bas}$ , que é a massa específica definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado; e densidade aparente,  $\rho_{aparente}$ , calculada com a massa do corpo-de-prova a 12% de umidade (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 27).

Além dos ensaios citados anteriormente, que determinam as propriedades mecânicas resistentes e de rigidez utilizadas nos cálculos estruturais, os seguintes ensaios são indicados para a caracterização das espécies de madeira:

*g)* estabilidade dimensional (determinação das deformações específicas de retração e inchamento); *h)* flexão com choque — utiliza-se um pêndulo charpy medindo-se a energia absorvida pela ruptura da madeira para determinar a resistência ao impacto na flexão  $f_{bw}$ ; *i)* fendilhamento — utilizam-se corpos-de-prova de forma especial, com tração em um só lado; a tensão de fendilhamento não é usada em cálculos, servindo apenas como parâmetro de qualidade, representativo da resistência da madeira ao fendilhamento por perda de umidade; *j)* dureza — é medida pelo esforço necessário para penetração de uma esfera na direção das fibras (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 27).

Como já mencionado, a NBR 7190 (2022) apresenta 7 partes, no entanto a Parte 1 (Critérios de dimensionamento), Parte 3 (métodos de ensaios para corpos de prova isentos de defeitos para madeira de florestas nativas) e a Parte 5 (métodos de ensaios para determinação da resistência e da rigidez de ligações com conectores mecânicos) não será citado a fim de tornar o projeto mais sucinto durante a formação do programa de necessidades.

Na Parte 2: Métodos de ensaios para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira, a atribuição de uma classe de resistência é feita para cada uma das peças que compõem o lote de madeira, onde são realizados classificação visual, classificação mecânica e classificação de resistência do objeto de ensaio (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022c, p. 1)

A classificação visual é conduzida através de inspeção das duas faces e das duas bordas de cada peça, sendo realizado por pessoas qualificadas treinadas, utilizando ou não equipamentos que qualificam e quantificam os defeitos presentes (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022c, p. 4).

A classificação mecânica é conduzida com a avaliação do módulo de elasticidade e densidade da madeira de cada peça. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022c, p. 5). A seguir foi elaborado uma tabela resumo dos ensaios e classificações visuais necessários para essa NBR.

Quadro 2: Ensaios da ABNT NBR 7190-2: Métodos de ensaios para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira

Classificação	Defeito/Ensaio	Descrição
Visual	Medula	A presença de medula é permitida, desde que a utilização seja em sistemas ou elementos com

		redundância estrutural ou que seja comprovada qualidade do tratamento preservante na peça com medula de acordo a ABNT NBR 16143.
	Nós na face Nós na borda	A norma define que apenas os nós firmes serão avaliados. A existência de nós cariados, soltos ou vazados em uma peça é motivo de descarte para o uso estrutural.
	Inclinação das fibras(mm/mm)	A inclinação das fibras é avaliada ao longo da peça, na zona em que apresentar a maior inclinação, desconsiderando-se os desvios em torno dos nós.
	Fissuras não passantes (m) Fissuras Passantes (m)	Seus comprimentos (L) são mensurados paralelamente ao comprimento da peça. Suas larguras são mensuradas ao longo da seção transversal da peça.
	Encurvamento(mm/mm)	É o empenamento da peça em relação ao seu eixo de menor inércia.
	Arqueamento(mm/mm)	É um empenamento em relação ao eixo de maior inércia de uma peça de madeira.
	Torcimento (mm/mm)	É uma combinação de empenamento em relação aos eixos de maior e de menor inercia fazendo com que a peça de madeira fique com forma espiralada.
	Encanoamento (mm/mm)	É um empenamento da peça de madeira, configurando uma face côncava e outra convexa.
	Esmoadado (mm/mm)	É a ausência de madeira, causada por qualquer motivo, na quina de uma peça de madeira serrada.
	Ataques biológicos	Não se admite zonas atacadas por fungos causadores de podridão. Admitindo zonas atacadas por fungos cromógenos. Admite-se, também, orifícios causados por insetos com diâmetro inferior a 2mm.
	Outros	Danos mecânicos, presença de bolsa de resina e outros defeitos se limitam por analogia com alguma característica similar.
<b>Mecânica</b>	Módulo de elasticidade	Obtido por meio de ensaios não destrutivos de flexão, realizado com a peça em seu comprimento e seção transversal integrais.

	Densidade aparente	É avaliada para cada peça na condição referencial de umidade de 12%. É obtida pela razão entre a massa e o volume nesse teor de umidade.
<b>Resistência</b>	-	A classe de resistência de cada uma das peças que compõem o lote de madeira é considerada a menos das duas classes – visual e mecânica – atribuídas.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022c, adaptado pela autora.

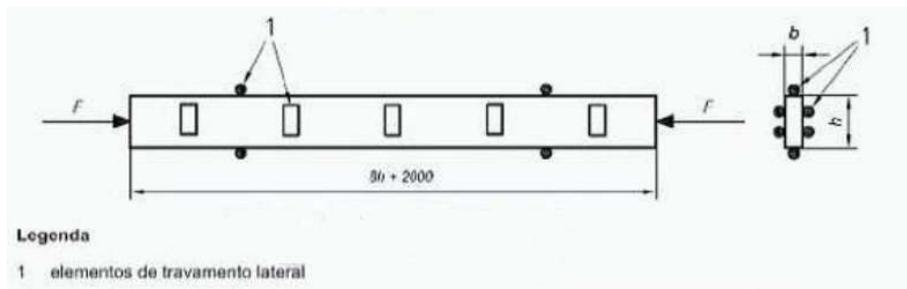
A ABNT NBR 7190 – Estrutura de madeira – Parte 4 Métodos de ensaios para caracterização de peças estruturais (2022e), especifica os métodos de ensaio e amostragem para a caracterização de peças estruturais de madeira serrada.

Quadro 3: Ensaios da ABNT NBR 7190-4: Métodos de ensaios para caracterização de peças estruturais.

<b>Classificação</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Descrição</b>
<b>Amostragem</b>	-	Os parâmetros que definem a população de referência são definidos de formas abrangentes em termos de espécies e outros fatores, como origem, dimensão, classe e método de classificação.
<b>Corpo de prova</b>	-	Os corpos de prova são de seção transversal de dimensões estruturais. Eles devem ser retirados de posições aleatórias da peça de madeira.
<b>Configuração de ensaios</b>	Densidade	Os corpos de prova para determinação da densidade devem compreender toda a seção transversal do elemento de madeira.
	Resistência e rigidez à flexão	A configuração do ensaio de resistência e rigidez à flexão deve ser conforme a Figura 4.
	Tração paralela às fibras	Para a determinação da resistência à tração paralela às fibras a configuração do ensaio deve ser baseada na Figura 5
	Compressão paralela às fibras	Na resistência à compressão paralela às fibras, a configuração de ensaio deve ser realizada conforme a Figura 6. A compressão deve ser aplicada axialmente por uma força (F) até a ruptura.
	Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras	A configuração do ensaio para determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras deve ser conforme mostrada na Figura 7. A força F é aplicada até a ruptura.

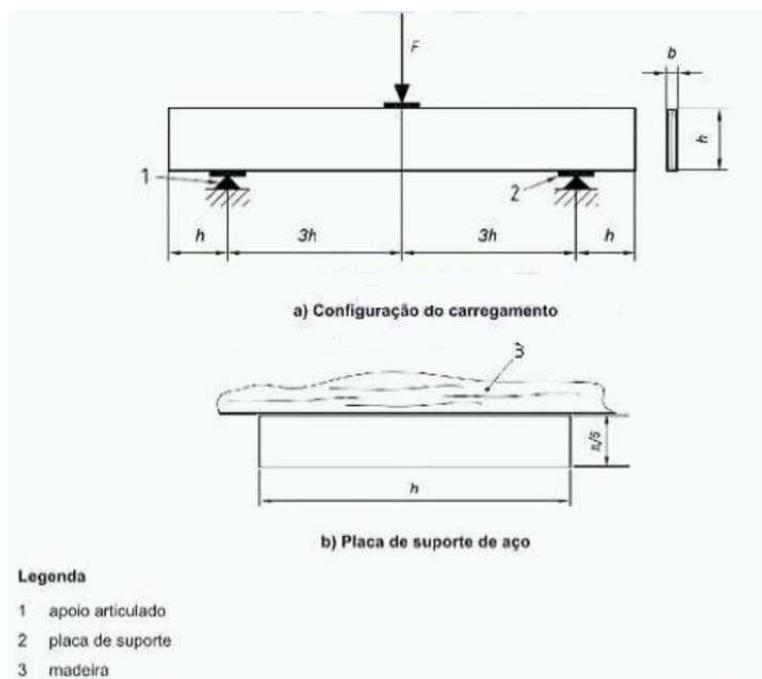


Figura 6: Compressão paralela às fibras.



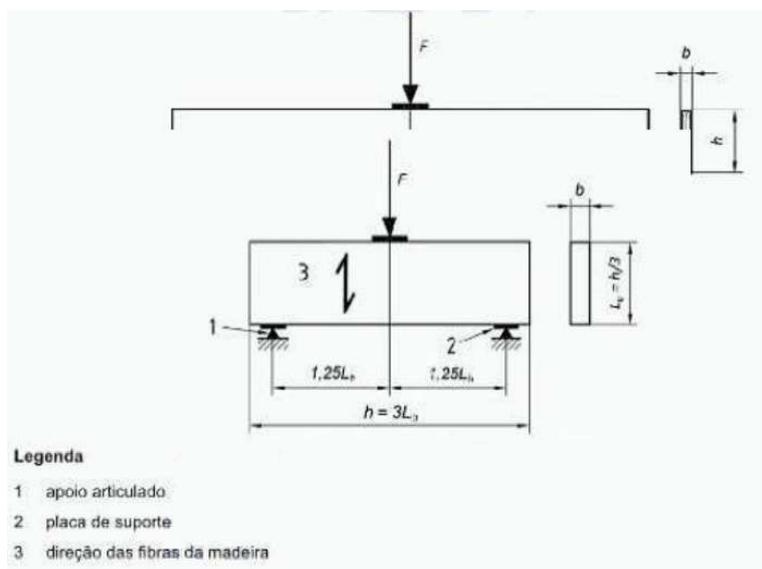
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022e.

Figura 7: Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.



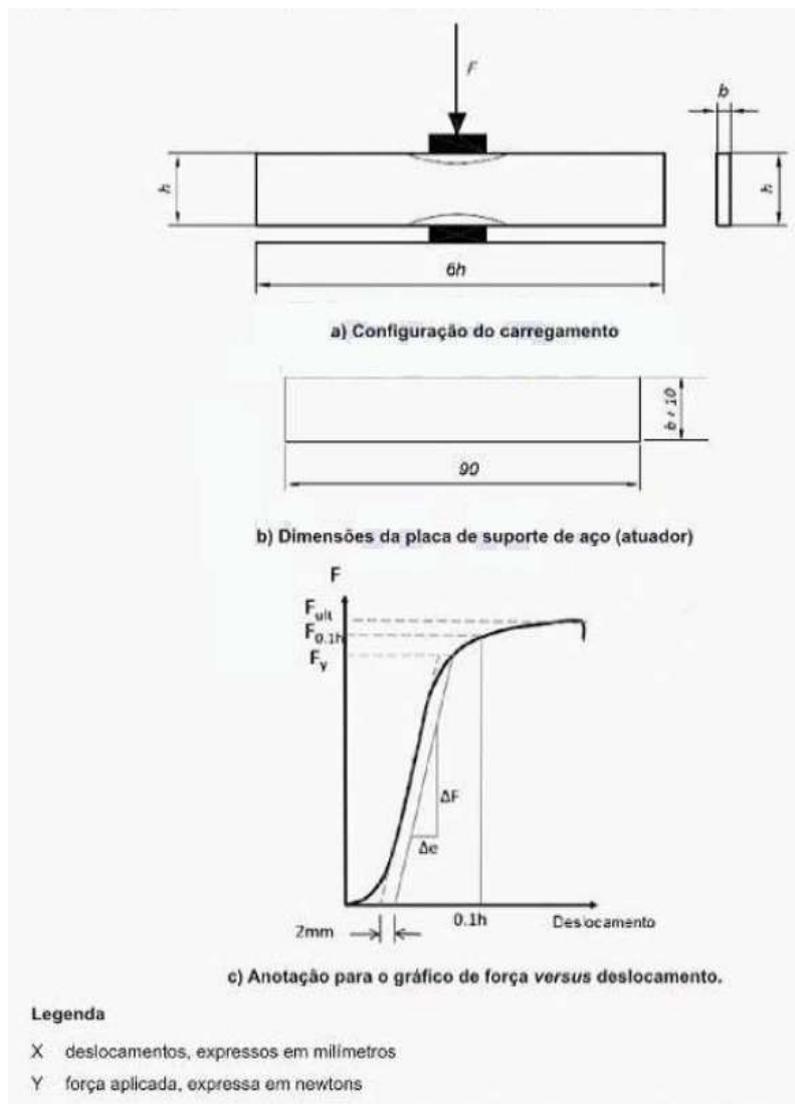
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022e.

Figura 8: Resistência à tração perpendicular às fibras.



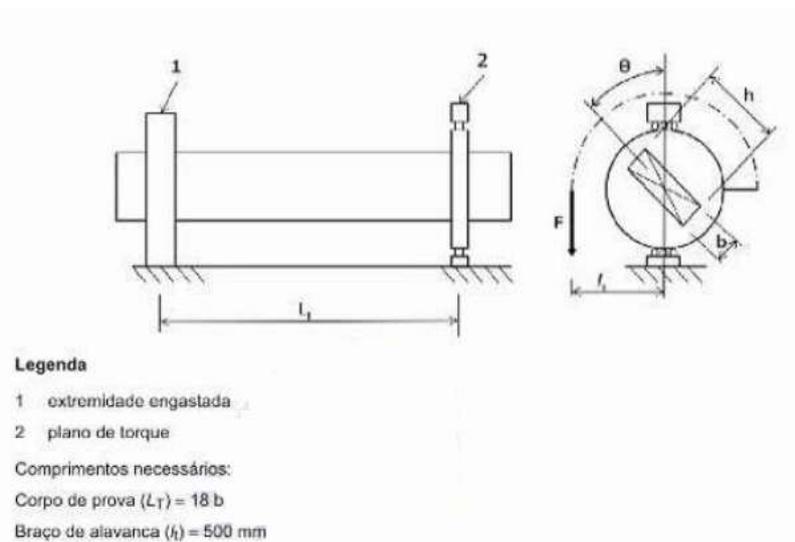
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022e.

Figura 9: Resistência e rigidez à compressão perpendicular às fibras.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022e.

Figura 10: Módulo de elasticidade transversal.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022e.

A ABNT NBR 7190 – Estrutura de madeira – Parte 6 – Métodos de ensaios para caracterização de madeira lamelada colada estrutural especifica os métodos de ensaios de delaminação, cisalhamento nas linhas de cola, tração em emendas denteadas e medição do adesivo espalhado (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022g, p. 1)

O Quadro 4: Ensaios da ABNT NBR 7190 – Parte 6 Métodos de ensaios para caracterização MLC estrutural especifica os métodos de ensaio, descrevendo, pontualmente, cada ensaio.

Quadro 4: Ensaios da ABNT NBR 7190 – Parte 6: Métodos de ensaios para caracterização MLC estrutural.

<b>Ensaio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aparelhos</b>
<b>Ciclo de delaminação</b>	As linhas de cola devem ser avaliadas observando-se o desprendimento das lamelas em ambas as faces da seção transversal do corpo de prova	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Autoclave apta para aplicar uma pressão entre 500 kPa e 600 kPa e um vácuo entre 70 kPa e 85 kPa;</li> <li>– Câmara climatizador apta para manter: a temperatura entre 65° e 75° e uma umidade relativa entre 8% e 10%; e a temperatura entre 25° e 30° e uma umidade relativa entre 25% e 35%.</li> </ul>
<b>Resistência ao cisalhamento nas linhas de cola</b>	Consiste na determinação da resistência ao cisalhamento nas linhas de cola da madeira lamelada colada de um lote. A força aplicada sobre o corpo de prova deve ser na direção das fibras da madeira.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Máquina de ensaio de compressão, apta para medir as forças de ruptura e aplicar a força a uma velocidade constante;</li> <li>– O dispositivo para aplicar a força de corte consiste em uma peça que transmite a força ao corpo de prova e deve estar articulada de tal forma que a força atue sobre a superfície transversal do corpo de prova.</li> </ul>
<b>Resistencia de emendas por união denteada</b>	Consiste na determinação da resistência das emendas denteadas à tração paralela às fibras das lamelas de madeira. São estabelecidos requisitos mínimos de união longitudinais tipo denteadas de lamelas de madeira maciça destinadas ao uso em elementos estruturais.	A determinação da resistência a flexão poderá ser realizada de acordo com a ABNT NBR 7190-4, EM 408 e EM 15497.
<b>Medição do adesivo espalhado</b>	Consiste na determinação da quantidade de adesivo espalhado	– Balança com precisão de 1g;

	em uma lamela para verificar a conformidade com as recomendações do fabricante.	– Qualquer papel ou fita de superfície conhecida ou outro material que possa ser colado no processo de produção e que tenha uma massa comparável com a da quantidade de adesivo que fica sobre ele.
--	---------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022g.

A ABNT NBR 7190 – Estrutura de madeira – Parte 7 - Métodos de ensaio para caracterização de madeira laminada colada cruzada estrutural especifica os métodos de ensaio que determina as necessidades de resistência e rigidez para carregamentos paralelo e perpendicular ao plano do painel, resistência a delaminação e ao cisalhamento na linha de cola (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022g, p. 1).

A ABNT NBR 7190-1, Projeto de estruturas de madeira – parte 1: Critérios de dimensionamento, é citado no texto como requisito para a construção da Parte 7 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022g, p. 1), em que foi possível gerar o Quadro 5 (Ensaio da ABNT NBR 7190 – Parte 7: Métodos de ensaio para caracterização de madeira laminada colada cruzada estrutural).

Quadro 5: Ensaio da ABNT NBR 7190 – Parte 7: Métodos de ensaio para caracterização de madeira laminada colada cruzada estrutural.

<b>Ensaio para determinar as características para o carregamento perpendicular ao plano do painel</b>	<b>Descrição</b>
<b>Flexão</b>	Os corpos de prova devem ser simetricamente carregados em dois pontos. Se o corpo de prova e o equipamento não permitirem que essas condições sejam alcançadas exatamente, a distância entre os pontos de carga e os suportes deve ser alterada em um valor não superior a 1,5 vez a espessura da peça, e o vão e o comprimento do corpo de prova podem ser alterados em uma quantidade não superior a três vezes a profundidade da peça, mantendo a simetria do ensaio.
<b>Rigidez ao cisalhamento do painel, resistência ao cisalhamento transversal (<i>rolling shear</i>) baseado em ensaios de flexão</b>	A quantidade de corpos de prova deve ser feita conforme foi realizada no ensaio de flexão. A configuração do ensaio e a aplicação da carga podem ser feitas na Figura 11 e Figura 12, usando a taxa de carregamento igual à taxa usada para o ensaio em flexão.

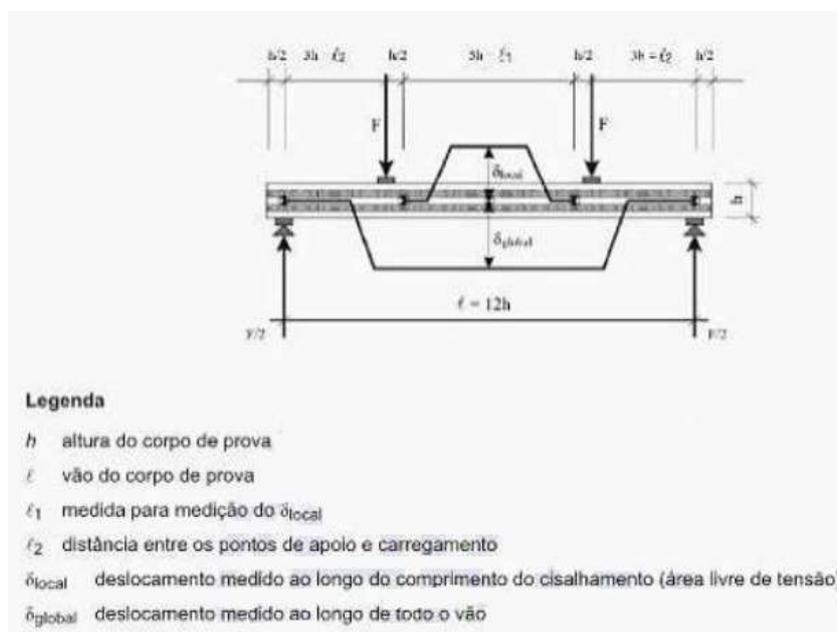
<b>Resistencia ao cisalhamento transversal derivada do ensaio de cisalhamento</b>	Para esse ensaio são necessários 20 corpos de prova por modelo de painel. A rigidez e o cisalhamento transversal devem ser calculadas de acordo com a EM 789:2004, sendo a velocidade de carregamento ajustada para o ensaio ser realizado na faixa de 300 s ( $\pm 120$ s).	
<b>Ensaio para determinar as características para carregamentos paralelos ao plano do painel</b>	<b>Descrição</b>	
<b>Flexão</b>	A configuração para aplicação da carga é ilustrada na Figura 13 para painéis de MLCC formados por camadas de madeira sem colagem lateral e sem emendas de topo.	
<b>Rigidez ao cisalhamento na flexão com carregamento paralelo ao plano do painel</b>	O número de provas segue correspondendo o mesmo do ensaio de Flexão anteriormente citado. O ensaio utilizará do mesmo princípio aplicado ao de flexão, ilustrado na Figura 13.	
<b>Cisalhamento em uma camada – Seção transversal líquida</b>	O número de provas segue correspondendo o mesmo do ensaio de Flexão anteriormente citado. O ensaio é ilustrado na Figura 14.	
<b>Cisalhamento nas linhas de cola entre camadas – Cisalhamento na torção</b>	Para cada combinação de espessura e largura das camadas e classificação mecânica das lamelas, 20 corpos de prova devem ser ensaiados.	
<b>Ensaio de delaminação na linha de cola</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aparelhagem</b>
	O ensaio consiste em um gradiente no teor de umidade introduzido na madeira para acumular tensões internas, resultando em tensões de tração perpendiculares às linhas de cola. A qualidade inadequada da colagem resulta em delaminação da linha de cola.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Autoclave: com pressão de no mínimo de 600 kPa e o vácuo de 85 kPa;</li> <li>– Estufa ou Duto de secagem: onde o ar circule a uma velocidade entre 2 m/s e 3 m/s, a uma temperatura entre 65 °C e 75 °C e umidade relativa entre 8% e 10%;</li> <li>– Balança: com tolerância de 5g;</li> <li>– Formão metálico e martelo: devendo ser capaz de separar as linhas de cola.</li> </ul>
<b>Ensaio de Cisalhamento na linha de cola</b>	<b>Descrição</b>	<b>Aparelhagem</b>
	O ensaio consiste na determinação da resistência ao cisalhamento nas linhas	– Máquina de ensaio de compressão;

	de cola da madeira lamelada colada cruzada sob um carregamento crescente, através da aplicação de uma tensão de cisalhamento na linha de cola até que ocorra uma falha.	– Dispositivo para aplicar a força de corte.
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022h.

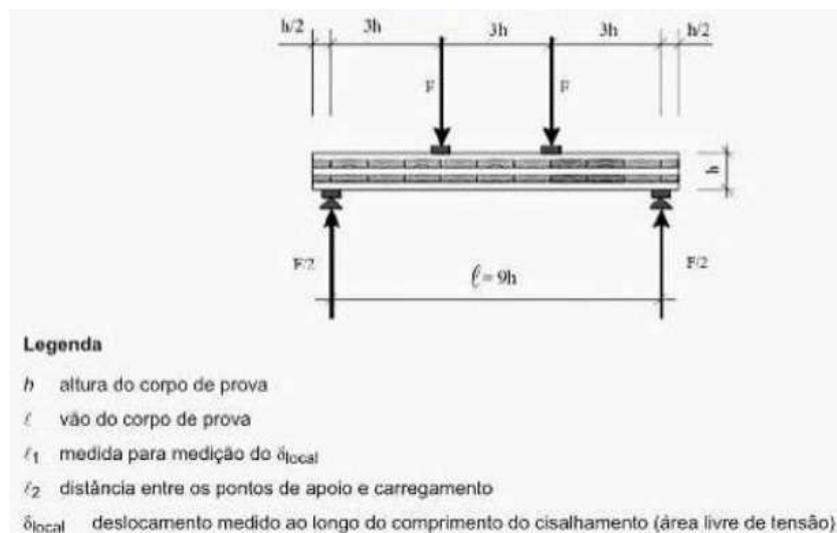
As figuras a seguir dizem respeito às ilustrações esquemáticas dos ensaios que são necessários serem realizados para se adequar à NBR 7190-7 (2022h).

Figura 11: Determinação da resistência e rigidez ao cisalhamento transversal (*rolling shear*).



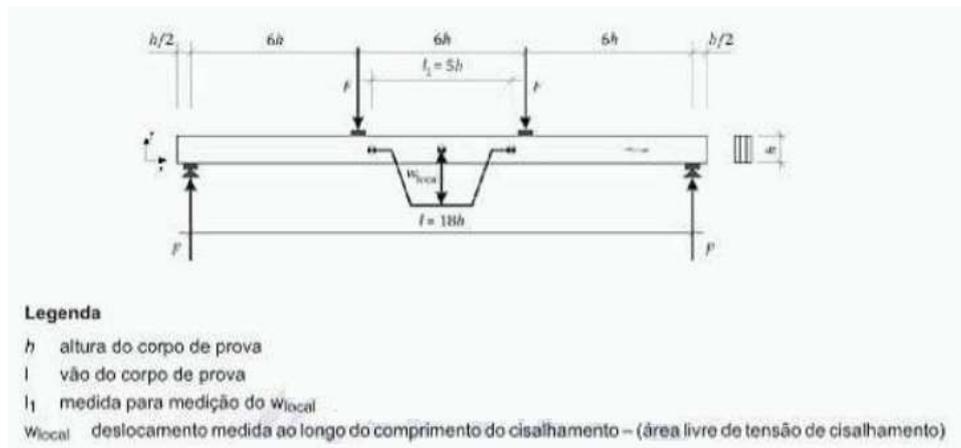
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022h. p. 12.

Figura 12: Determinação somente da força de resistência ao cisalhamento transversal (*rolling shear*)



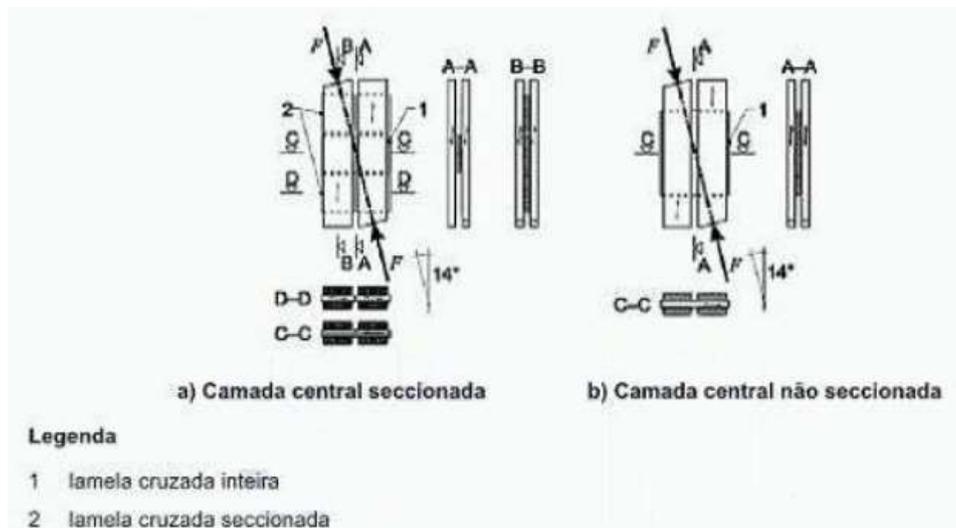
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022h. p. 12.

Figura 13: ensaio de flexão para painéis de MLCC com carregamento paralelo ao plano do painel.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022h. p. 18.

Figura 14: Cisalhamento em uma camada - seção transversal líquida.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022h. p. 19.

Por fim, as descrições citadas acima da ABNT NBR 7190 (2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e, 2022f, 2022g e 2022h) serão retomadas na construção no programa de necessidades para guiar na identificação das áreas necessárias dentro dos laboratórios de ensaios e suas dependências.

#### 2.4.2 ABNT NBR 15521:2007 Ensaio não destrutivo - Ultra-som - Classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas

Como há diferentes tipos de formas anatômicas da madeira que podem influenciar na propagação das ondas de ultrassom no material, a ABNT NBR 15521 (2007) trata apenas da madeira dicotiledôneas.

Como já foi abordado na seção 2.3 Construções em madeira, as dicotiledôneas são madeiras duras, proveniente de árvores frondosas, e que possuem um

crescimento mais lento, como o ipê, a aroeira e o carvalho. A madeira dura de melhor qualidade é chamada madeiras de lei (Pfeil; Pfeil, 2015, p. 1).

A NBR 15521 (2007) apresenta uma tabela com as classificações que foram estabelecidas através de resultados gerados por ensaios destrutivos e não destrutivos em peças serradas, de bitolas comerciais (0,06 x 0,12 x 2,50) m, advindas de árvores com idade média de 45 anos e de espécies com densidade aparente que variam de 450 Kg/m<sup>3</sup> a 1 100 Kg/m<sup>3</sup>. O aparelho utilizado nos ensaios é um gerador de pulso ultra-sônico capaz de emitir sinal elétrico ao transdutor.

#### 2.4.3 ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração

A ABNT NBR ISO/IEC 17025 (2017) é um documento que especifica os requisitos gerais para a competência, imparcialidade e operações relacionadas à laboratórios, sendo aplicada a todas as organizações que realizam atividades laboratoriais, independentemente do número de pessoas envolvidas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017, p. 1). No texto a seguir irá ser abordado o mesmo de forma sucinta.

Um laboratório é definido como qualquer organização que realiza ensaios, calibrações ou amostragem associada com ensaios ou calibração. E as atividades de laboratório referem-se às atividades citadas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017, p. 2).

As instalações e condições ambientais devem estar de acordo com as atividades ali realizadas e não podem afetar adversamente a validade dos resultados. Influências, como contaminação microbiológica, poeira, distúrbios eletromagnéticos, radiação, umidade, alimentação elétrica, temperatura, som e vibração, podem afetar a validade dos resultados de ensaios e amostragens (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017, p. 5).

Para manter o controle sobre o ambiente laboratorial e controlar as influências sobre a validade dos ensaios realizados, deve-se monitorar o acesso e uso de áreas que afetam as atividades laboratoriais. É importante fazer a prevenção de contaminação, interferência ou influência sobre as áreas de atividade e deve-se fazer a separação efetiva das áreas com atividades de laboratório incompatíveis (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017).

A ABNT NBR ISO/IEC 17025 (2017) cita que o laboratório deve ter acesso aos equipamentos que são requeridos para a correta realização das atividades, sendo eles instrumentos de medição, *software*, padrões de medição, materiais de referência, dados

de referência, reagentes, consumíveis ou aparelhos auxiliares, mas não devem se limitar a essa mesma relação. Deve-se ter um procedimento para o seu manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção, assegurando o seu correto funcionamento e evitando quaisquer tipos de contaminação ou deterioração.

A Nota 1 da NBR 17025 aborda a existência de multiplicidade de nomes para materiais de referência e materiais de referência certificados, incluído padrões de calibração, materiais de referência-padrão e materiais de referência (PMR), tendo esse a ABNT NBR ISO 17034 contendo mais informações sobre o mesmo (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017, p.7).

#### 2.4.4 ABNT NBR NT NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais — Desempenho

A ABNT NBR 15575 (2021) estabelece requisitos e critérios de desempenho aplicáveis a edificações habitacionais, podendo ser avaliada de modo integral ou de forma isolada de um ou mais sistemas específicos. Sendo uma norma utilizada como um procedimento de avaliação de desempenho dos sistemas construtivos prediais, é de interesse deste trabalho discutir ensaios aplicáveis a estruturas de madeira, nas quais são utilizadas como pré-requisito para os sistemas construtivos de interesse, a fim de posteriormente serem empregadas no programa de necessidades.

A avaliação de um sistema ou de um processo construtivo é realizada para analisar o seu desempenho e analisar as suas funções, independente da solução técnica empregada. A ABNT NBR 15575 (2021) indica os requisitos de desempenhos necessários para serem aplicados como métodos de ensaios, sendo eles: ensaios laboratoriais, ensaios de tipo, ensaios de campo, inspeções em protótipos ou em campo, simulações e análises de projetos.

Para as avaliações estruturais, a norma indica a consulta da ABNT NBR 15575-2. Esta Norma estabelece requisitos e critérios de desempenho que se aplica ao sistema estrutural de edificações habitacionais. Para assegurar a segurança estrutural, a norma estabelece 3 requisitos: estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos estruturais; deformações ou estados de fissura do sistema estrutural; e impactos de corpo mole e corpo duro. No quadro 2, é realizado um resumo dos ensaios para cada requisito, assim como os aparelhos necessários.

Para métodos de avaliação da segurança contra incêndios, o projeto estrutural deve atender a ABNT NBR 14323 para estruturas de aço, a ABNT NBR 15200 para estruturas de concreto e para as demais estruturas aplica-se o Eurocode em sua última edição.

A exposição à água, seja ela à água de chuva, à umidade do solo ou aquela proveniente do uso da edificação habitacional, deve ser considerada em projetos, pois a umidade acelera a deterioração do edifício e acarreta na perda das condições sanitárias do ambiente para a habitação. O método de análise do projeto e os de ensaios estão especificados na ABNT NBR 15575-3 (quadro 3) e ABNT NBR 15575-5.

Quanto ao desempenho térmico, a ABNT NBR 15575 (2021) busca avaliar o desempenho térmico do edifício, quando não há a utilização de condicionamento do ar, enquanto analisa a carga térmica com o uso de condicionamento artificial do ar. O estudo do desempenho térmico da unidade habitacional acontece de duas formas, através do procedimento simplificado e do procedimento de simulação computacional.

O procedimento simplificado avalia por meio da comparação das características dos ambientes de permanência prolongadas e de propriedades térmicas dos construtivos em relação aos valores de referência destes parâmetros. Este procedimento atende aos requisitos e critérios dos sistemas de vedações verticais externas (SVVE) e de cobertas descritas na ABNT NBR 15575-4:2021 (quadro 4) e na ABNT NBR 15575-5:2021 (quadro 5).

A ABNT NBR 15575 (2021) fornece o procedimento de simulação computacional para avaliar o desempenho térmico da unidade habitacional através da realização de dois modelos: o modelo real e o modelo de referência.

Dentre as características necessárias para a identificação do modelo real e do modelo de referência são: a divisão dos ambientes; o entorno; as cargas internas e os schedules; a orientação da edificação e as condições de exposição das superfícies. Além disso, os modelos devem ser desenvolvidos considerando duas formas de uso da edificação: com e sem o uso da ventilação natural.

Os modelos com o uso da ventilação natural apresentam os cálculos de Percentual de Horas de Ocupação Dentro da Faixa de Temperatura (PHFT), de Temperatura Operativa Anual Máxima (Tomáx) e de Temperatura Anual Mínima (Tomín). Já os modelos sem o uso da ventilação natural são calculados as cargas térmicas que se subdividem em Carga Térmica de Refrigeração (CgTR), Carga Térmica de Aquecimento (CgTA) e Carga Térmica Total (CgTT).

A comparação dos resultados encontrados com o uso da ventilação natural determina o nível de desempenho térmico mínimo. Os resultados encontrados na comparação dos cálculos realizados sem a ventilação natural determinam o nível de desempenho intermediário ou superior.

Em relação ao desempenho acústico, a edificação deve apresentar isolamento acústico adequada das vedações externas e isolamento acústico adequado entre as áreas comuns e privadas da edificação. O seu modulo de avaliação encontra-se especificada na ABNT NBR 15575-4 e na ABNT NBR 15575-5.

Quadro 6: Ensaio e aparelhos - ABNT NBR 15575-2.

<b>Norma</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Aparelho</b>
ABNT NBR 15575-2: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.	<i>Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos estruturais:</i> estabelece uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do diagrama de carga x deslocamento, com registro da história da carga.	Deve ser empregado instrumentos que forneçam medições de centésimos de milímetros e que registrem toda a história da carga, principalmente a situação dos pontos e regiões mais solicitados.
	<i>Deformações ou estados de fissura do sistema estrutural:</i> estabelece uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do diagrama de carga x deslocamento, de forma a serem caracterizados em casa ensaio pelo deslocamento que primeiro estabelece uma falha.	
	<i>Impactos de corpo mole e corpo duro:</i> corpo com massa e forma conhecidas, liberado de altura estabelecida para ensaios de componentes horizontais provocando deslocamentos ou deformações ou rupturas verificáveis.	Corpo percussor de impacto, com forma e massa (m) definidas pela ABNT NBR 11675; deflectômetros com resolução de 0,1 mm; e estrutura de apoio rígida.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

Quadro 7: Ensaio e aparelhos - ABNT NBR 15575-3.

<b>Norma</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Aparelho</b>
ABNT NBR 15575-3: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.	<i>Ensaio de impacto de corpo duro:</i> corpo com massa e forma conhecidos, liberado de uma altura estabelecida, em queda livre, que ao atingir o componente, provoca danos verificável.	Para a realização deste ensaio é necessário: corpo percussor de impacto – esfera de aço maciça com massa de 1 kg +/- 5 g; e corpo percussor de impacto – esfera de aço maciça com massa de 0,5 kg +/- 2g.
	<i>Verificação da resistência à umidade do sistema de pisos de áreas molhadas e</i>	Não há necessidades de aparelhos específicos

	<p><i>molháveis</i>: expor o sistema de piso aplicado em áreas molhadas e molháveis da edificação a uma lâmina d'água de 10 mm, por 72hrs. Avaliar visualmente, e após 24hrs retirar da lâmina d'água, verificando a existência de danos.</p>	
	<p><i>Resistencia ao ataque químico dos componentes da camada de acabamento dos pisos</i>: expor o corpo de prova representativo dos componentes da camada de acabamento do sistema de piso que simulem a ações de produtos domésticos de limpeza e de agentes químicos normalmente utilizados nas edificações.</p>	<p><i>Materiais</i>: detergente doméstico; solventes, como etanol ou acetona; pano macio; e pincel atômico.</p> <p><i>Aparelhagem</i>: vidro de relógio com diâmetro de 60 mm, para evitar a evaporação do agente químico; termômetro de 0 °C a 100 °C; cronometro; e espátula de alumínio.</p>

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

Quadro 8: Ensaio e aparelhos - ABNT NBR 15575-4.

<b>Norma</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Aparelho</b>
<p>ABNT NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4 - Requisitos para os sistemas de vedação verticais internas e externas – SVVIE.</p>	<p><i>Determinação da resistência dos Sistemas de Vedação Vertical Interno e Externo (SVVIE) às solicitações de peças suspensas</i>: consiste em submeter o SVVIE a esforços fletores e de cisalhamento solicitantes, por meio de aparelhagem ou dispositivos de carga compatíveis com a peça que se pretende ensaiar.</p>	<p>(1) Equipamentos de laboratório: (a) número suficiente de pesos de 50N cada; (b) régua graduada com resolução de 1,0 mm; (c) régua metálica indeformável; (d) paquímetro ou qualquer outro dispositivo de 0,1 mm para medir deslocamento.</p> <p><i>Outros</i>: (2) mão-francesa padronizada; (3) cantoneira L; (4) dispositivo específico conforme especificação do fornecedor da peça suspensa; (5) cargas faceando a parede.</p>
	<p><i>Verificação da resistência a impactos de corpo duro</i>: consiste em liberação pendular, em repouso, de um corpo de massa conhecida, a uma altura determinada.</p>	<p>(a) Um corpo percussor de impacto com forma e massa (m) estabelecida na Tabela B.1 na ABNT NBR 15575-4 (2021); dispositivo para medição dos deslocamentos com resolução de 0,1 mm.</p>

	<p><i>Verificação, em laboratório, da estanqueidade à água do Sistema de Vedação Vertical Externo (SVVE):</i> O ensaio consiste em submeter, durante um período de tempo, a face externa de um corpo de prova do SVVE a uma vazão de água, de forma homogênea e constante, simultaneamente sofrendo ações de pressão pneumática sobre a face estudada.</p>	<p>(a) Câmara de formato prismático, de dimensões compatíveis com o corpo de prova, estanque e provida de: abertura em uma das faces para fixação do corpo de prova; orifício da saída de água na base, com um sifão que possibilite a formação de um fecho hídrico no interior da câmara; orifício para ligação da alimentação de água, do sistema de aplicação de pressão, do manômetro e para saída de ar; (b) sistema constituído por ventoinha, tubulação e registros reguladores de pressão; (c) equipamento para medição de pressão, instalado de maneira que a medição não seja afetada pela velocidade do ar e tenha resolução de 2 Pa; (d) sistema de reserva de água, tubulações, registros e tubo com aspersores de água, permitindo a vazão constante e igual a <math>3,0 \text{ dm}^3/\text{min}/\text{m}^2</math> junto à parede superior da face externa; (e) medidores de vazão que permitam o seu controle durante o ensaio; (f) grampos para fixação do corpo de prova em número não inferior a seis para fixação do corpo de prova às bordas da abertura da câmara.</p>
	<p><i>Verificação da permeabilidade à água de SVVIE:</i> O ensaio consiste em submeter um trecho de parede à presença de água, com pressão constante, por meio de uma câmara acoplada à parede.</p>	<p>(a) Câmara com formato de caixa, com dimensões internas de 16 cm x 34 cm, contendo, no seu perímetro uma moldura para acoplamento com a parede; (b) bureta graduada em centímetros cúbicos, para manutenção da pressão constante no interior da câmara e para medição do volume de água eventualmente infiltrado na parede.</p>

	<p><i>Verificação do comportamento de SVVE exposto à ação de calor e choque térmico:</i> o ensaio consiste em verificar o comportamento de sistemas de vedações verticais externo submetidos a ciclos sucessivos de color proveniente de fonte radiante e resfriamento por meio de jatos de água.</p>	<p>(a) Pannel radiante capaz de fornecer calor em quantidade tal que a face externa da parede atinja temperaturas igual a <math>(80 \pm 3) ^\circ\text{C}</math>; (b) dispositivo para aspersão de água sobre o corpo de prova em sua face externa; (c) termopares e registrador das temperaturas superficiais da parede; (d) deflectômetro de haste, com resolução de 0,02mm; (e) dispositivo para fixação de corpo de prova, de forma a deixá-lo simplesmente apoiado em seus bordos inferiores e superiores.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

Quadro 9: Norma Ensaio Aparelho

Norma	Ensaio	Aparelho
<p>ABNT NBR 15575-5: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5 - Requisitos para os Sistemas de Coberturas (SC).</p>	<p><i>Determinação da resistência às cargas concentradas em sistemas de coberturas acessíveis aos usuários:</i> o ensaio consiste em submeter um trecho representativo do Sistema de Cobertura (SC) a cargas concentradas passíveis de ocorrerem durante a utilização com possibilidade de acesso a pessoas.</p> <p><i>Determinação da resistência de peças fixas em forro:</i> o ensaio consiste em submeter um trecho representativo do forro a uma carga concentrada que simule a instalação de uma luminária, alto-falante ou qualquer outro aparelho suspenso ou fixado no forro.</p>	<p>Três discos rígidos de aço com diâmetro aproximado de 25 mm cada um. A carga será aplicada através dos discos e a deformação gerada por ela deve ser medida.</p> <p>(a) os acessórios de fixação idênticos aos que serão instalados no forro, bem como bandejas com tara predeterminada acopladas aos referidos acessórios, sustentando assim as cargas; (b) os contrapesos com massas aproximadas simulando os incrementos de carga; (c) para leitura dos deslocamentos verticais adotar relógio comparador com resolução mínima de decimo de milímetro.</p>

	<p><i>Verificação da resistência ao impacto em telhados:</i> o ensaio consiste em submeter um trecho representativo do telhado a impactos de corpo duro, simulando a ação de granizo, pedras e outros.</p>	<p>Esfera de aço maciça, com massa de (65,6+/- 2) g, e suporte para repouso da esfera, de forma que ela possa ser liberada em queda livre a partir das alturas indicadas na Tabela C.1 – Massa do corpo duro, altura e energia de impacto, da ABNT NBR 15575-5 (2021), podendo chegar a 3,80 m de altura e a energia de impacto de 2,5 J.</p>
	<p><i>Determinação da estanqueidade à água da Sistema de Cobertura:</i> o ensaio consiste em submeter um trecho representativo do Sistema de Cobertura (SC) a uma vazão de água, sob a condição de uma diferença estática de pressão.</p>	<p>(a) câmara prismática, com uma abertura em uma de suas faces, com dimensões que permitam o acoplamento do corpo de prova na mesma inclinação que a utilizada em obra; (b) sistema de pressurização; (c) manômetro com resolução de 10 Pa; (d) sistema de aspersão de água com vazão de 4 L/min/m<sup>2</sup>; (e) equipamento para medição de vazão.</p>
	<p><i>Verificação da resistência de suporte das garras de fixação ou de apoio:</i> consiste na ação do próprio peso sobre as garras em condições desfavoráveis de uso.</p>	<p>(a) caibro ou ripa de suporte; (b) posição da telha de ensaio; (c) suporte vertical; (d) apoio para assegurar o posicionamento correto</p>
	<p><i>Determinação da resistência das platibandas:</i> o ensaio consiste em uma reprodução da ação dos esforços aplicados no topo e ao longo de qualquer trecho do corpo de prova.</p>	<p>Duas mãos-francesas e conjunto de contrapesos, cada um com massa de (50 +/- 0,2) kg, com capacidade de aplicação de momento fletores no topo da platibanda.</p>
	<p><i>Determinação da resistência ao caminhamento:</i> o ensaio consiste em submeter um trecho representativo do Sistema de Coberturas a uma carga concentrada passível de ocorrer durante a montagem do telhado ou mesmo durante operações de manutenção (próprio peso do</p>	<p>(a) pórtico de reação, cilindro hidráulico para aplicação de carga e célula ou anel dinamométrico com resolução igual ou melhor que 200g, ou pesos metálicos adequados com precisão de 200g para aplicação de carga sobre o cutelo; (b) cutelo de madeira com densidade de 800 kg/m<sup>3</sup>, com comprimento de 20 cm e largura de 10 cm</p>

	telhadista, apoio dos materiais ou ferramentas e outros).	
--	-----------------------------------------------------------	--

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

## 2.5 Sistemas Construtivos

A ideia principal do presente projeto é trabalhar com produtos que possam atender a demanda do ciclo de reutilização que é apresentado nos conceitos da sustentabilidade, tendo a sua utilidade acolhida pré obra, durante a obra e pós-obra.

### 3.4.1 Tijolo ecológico

Também conhecido como “tijolo modular de solo-cimento”, o tijolo ecológico (figura 15) é um material construtivo que foi projetado para suportar forças de compressão, além de manter o canteiro de obras mais limpo e organizado.

Figura 15: Tijolo Ecológico.

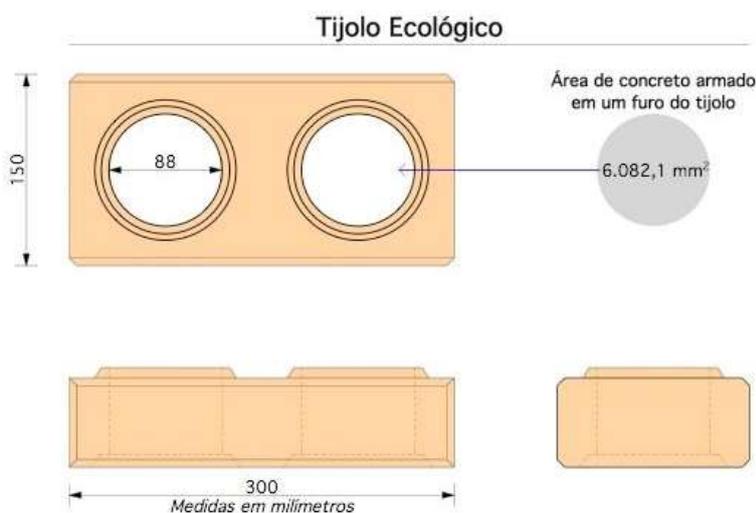


Fonte: Eco, [s.d].

O tijolo é produzido a partir de “solo-cimento”, ou seja, uma mistura de terra, cimento e água. Para que o solo arenoso seja utilizado na fabricação desse material, é importante que ele não contenha nenhum derivado de matéria orgânica (Eco, [s.d]).

A mistura que forma o solo-cimento é prensado, e após a conformação o tijolo é mantido úmido por vários dias para que ocorra a cura e o seu endurecimento. Já no canteiro de obra, os blocos de tijolo ecológicos podem ser encaixados através da sua forma que auxilia na fixação e alinhamento (figura 14) (Eco, [s.d]).

Figura 16: Desenho Técnico Tijolo Ecológico.



Fonte: Eco, [s.d.].

Os furos verticais de sua formação permitem que seja possível embutir a estrutura de sustentação ou as instalações elétricas e hidráulicas. Os furos verticais proporcionam o recebimento do concreto e da ferragem, “permitindo que a estrutura fique embutida na parede e distribuída ao longo da sua extensão e não apenas nos cantos”. Quanto as instalações elétricas e hidráulicas, evita-se as quebradeiras e os remendos do sistema tradicional (Eco, [s.d]).

Figura 17: Instalações com o Tijolo Ecológico.



Fonte: Eco, [s.d.].

Os tijolos ecológicos, apresentam como vantagem um assentamento prático, economia na construção, aumento do conforto térmico da edificação, além das vantagens supracitadas.

É importante que a construção forneça uma fundação impermeabilizada para que se possa evitar a permanência de umidade em contato com o tijolo. É necessário que as paredes externas sejam impermeabilizadas para evitar a umidade excessivas.

## 4 REFERÊNCIAL PROJETUAL

As referências projetuais a seguir foram escolhidas por apresentarem similaridade com a proposta de projeto deste trabalho, como a apresentação de soluções projetuais e o programas de necessidades.

### 4.4 Wood Innovation Research Laboratory / UNBC

O projeto elaborado pela Universidade do Norte da Colúmbia Britânica (UNBC), com 1.070 m<sup>2</sup> de área total, o térreo apresenta 961m<sup>2</sup> e um escritório no segundo pavimento de 109m<sup>2</sup>. O *Wood Innovation research laboratory* – WIRL (Laboratório de Pesquisa e Inovação em Madeira) (figura 15) é um edifício de 10 metros de altura, abrigando o programa de mestrado de engenharia integrada em design de madeira UNBC, onde prepara o futuro profissional de design e construção a trabalhar de forma sustentável produtos que advêm da madeira em projetos de construção (Pilon, et al., 2018, p.3).

Localizada na cidade de Prince George, no Canadá, o programa está inserido dentro do *Wood Innovation Design Centre* – WIDC (Centro de Design e Inovação em Madeira), um edifício de 8 andares e 4.820m<sup>2</sup>, de madeira laminada colada e com vigas e pilares em madeira laminada cruzada (Pilon, et al., 2018, p.3).

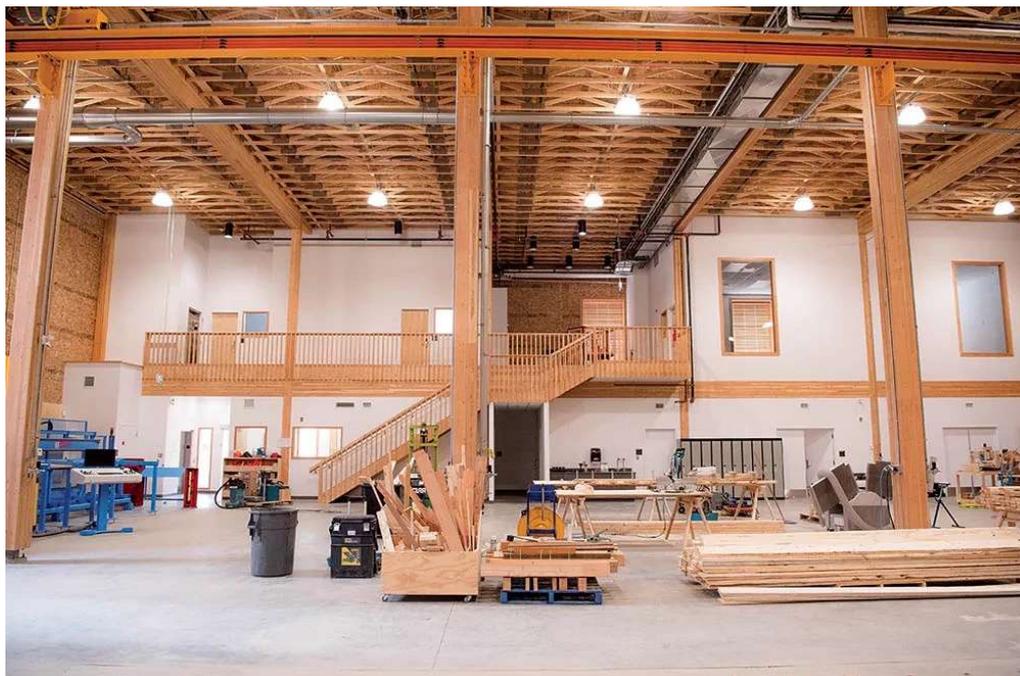
Figura 18: Fachada do Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: UNBC, 2018.

Com a expansão do programa de mestrado, surgiu a necessidade da ampliação do espaço que pudesse abrigar uma nova instalação de pesquisa e ensino. Construída em 2018, fazendo parte do complexo da UNBC, tem uso misto, com amplo laboratório de ensaio de madeira, sala de aula e escritório (figura 16) (Pilon, et al., 2018, p.3).

Figura 19: Interior do Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: UNBC, 2018.

Seguindo a mesma linha de conceito e partido do prédio principal do WIDC, o laboratório de pesquisa tem seu sistema estrutural em madeira laminada colada (figura 17), e suas paredes externas são em painéis de tiras de madeira orientada (OSB) (Pilon, et al., 2018, p.3).

Figura 20: Etapa de construção do Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: UNBC, 2018.

Em 2018 Laboratório de Pesquisa e Inovação em Madeira – WIRL tornou-se um dos primeiros edifícios industriais certificados com o Passive House, por ter demonstrado redução de aquecimento e resfriamento dos seus ambientes, devido ao alto desempenho do material envolto na estrutura (Pilon, et al., 2018, p.3).

#### 4.4.1 Acessos, zoneamento funcional e suas circulações

Por fazer parte de um complexo educativo, junto com o Centro de Design e Inovação em Madeira, a sua localização é privilegiada, estando em uma avenida principal que leva ao centro da cidade (Mapa 1).

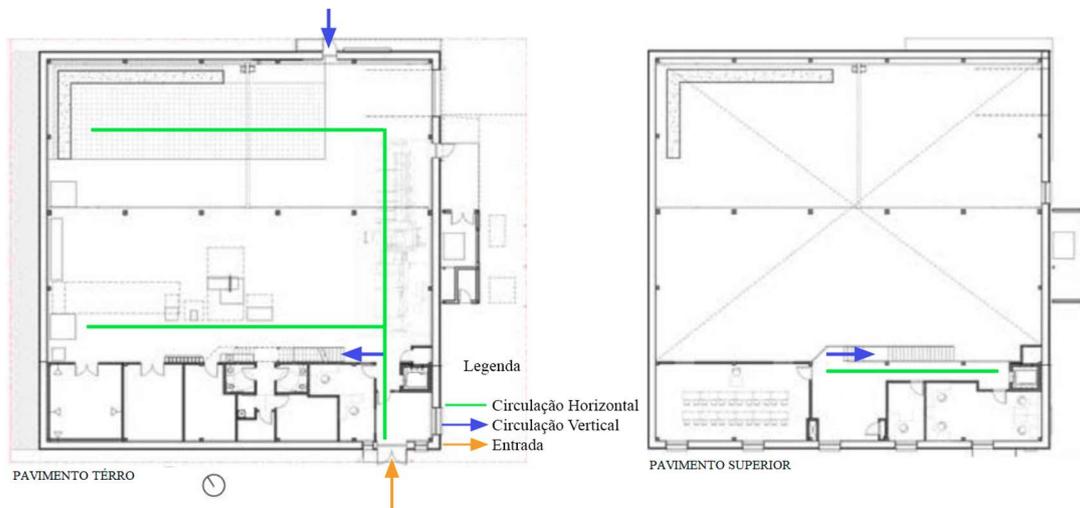
Mapa 1: Georeferenciamento - Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: Google Earth (2023), editado pela autora.

Por ser um edifício que funciona em um amplo espaço aberto no térreo, há apenas duas entradas para acessar o local. A primeira é a da fachada, acessada pela 4ª Avenida Norte, e a segunda entrada é acessada pela Fachada Sul, acessada pela Dominion Street (figura 18).

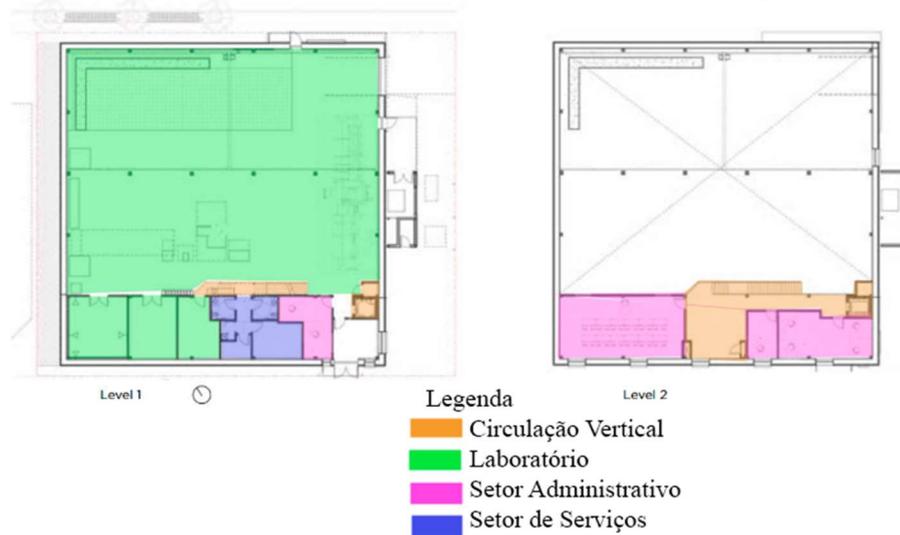
Figura 21: Circulação interior do Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: Twyford-Miles, 2019, p. 14 e 15, editado pela autora.

No pavimento térreo funciona as salas de análise e ensaios, assim como o grande vão para experimentos em amostras maiores. No pavimento superior funciona salas administrativas e salas de aula (figura 20).

Figura 22: Setores da Wood Innovation Research Laboratory.

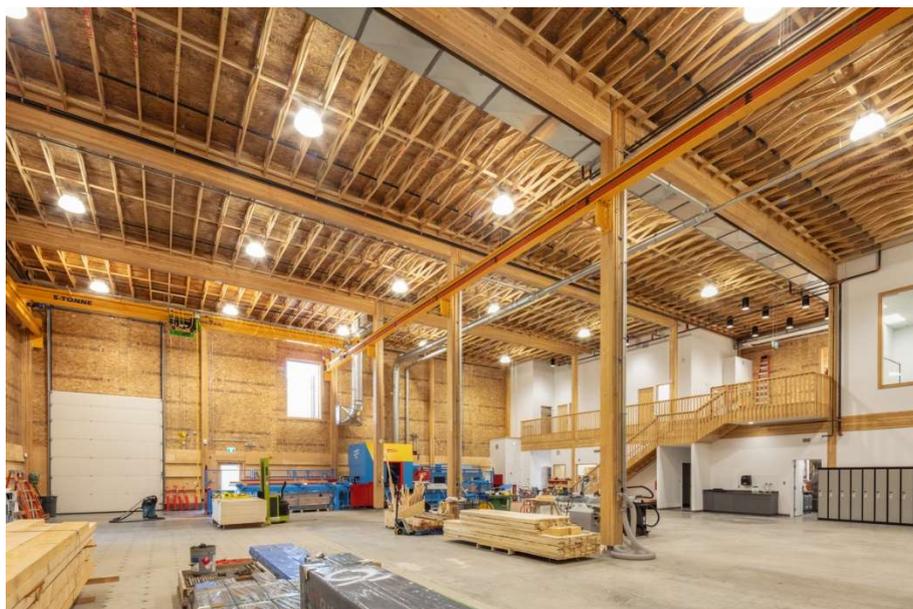


Fonte: Twyford-Miles, 2019, p. 14 e 15, editado pela autora.

### 3.4.1 Volumetria/Massa e Linguagem arquitetônica

O design para a edificação foi mantido simples, para os componentes dentro do edifício. A decisão tomada de deixar o OSB exposto (figura 21), como acabamento interno da instalação predial, foi tomado a fim de ter o maior aproveitamento de espaço. Tal decisão tornou possível visualizar o uso de tal decisão projetual como uma característica industrial do espaço (Pilon, et al., 2018, p.5).

Figura 23: Interior do Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: UNBC, 2018.

Além disso, foi dada a prioridade ao uso de materiais naturais, que pudessem gerar menos impacto ambiental (Pilon, et al., 2018, p22). Com isso, o monobloco de madeira se destaca na paisagem por não seguir a estética local de edificação (figura 22).

Figura 24: Fachada norte do Wood Innovation Research Laboratory.



Fonte: UNBC, 2018.

Nesta edificação as particularidades que se sobressaem são: o seu programa de necessidades; o uso de diferentes tipos de madeira no seu partido; e a forma arquitetônica usada para servir ao programa e suas particularidades.

#### **4.5 Laboratório de Pesquisa INRA - Institut National de la Recherche Agronomique**

Localizada na França, o Instituto Nacional de Pesquisa Agrônômica (figura 22) está locado na floresta de Amance, o projeto acrescentou novos laboratórios e edifícios de escritório ao conjunto já existente. Os centros de pesquisa dão apoio à pesquisadores nacionais e estrangeiros que trabalham em conjunto para estudar a ecologia e a genômica das florestas.

Figura 25: Fachada Oeste do INRA.



Fonte: Archdaily, 2013.

Por estar localizada nos arredores de uma floresta (figura 23), a pesquisas que são desenvolvidas focam em produtos relacionados a madeira. Cerca de quinhentas pessoas estudam no edifício, estando ligada ao genoma, ao território, incluindo o funcionamento de árvores e ecossistemas, a economia de silvicultura e a produção de biomassa.

Figura 26: Implantação do INRA

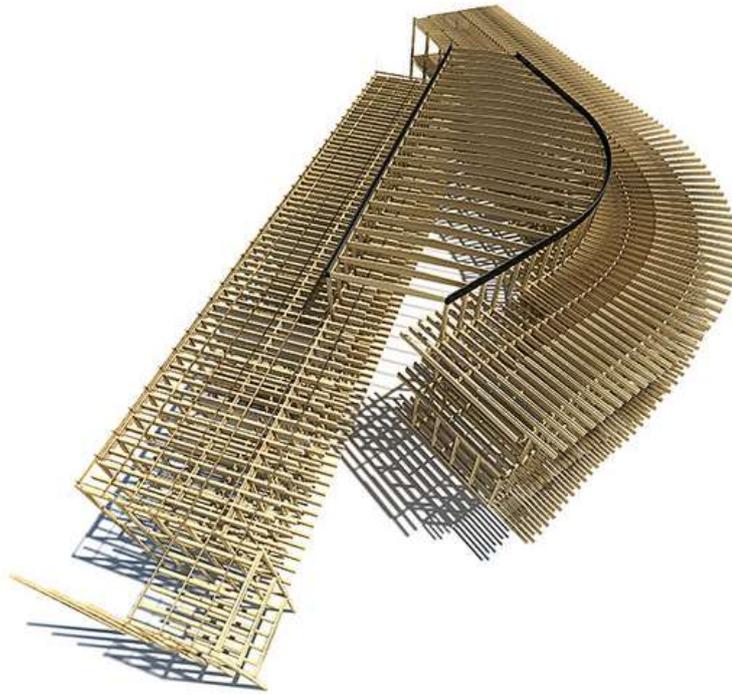


Fonte: Archdaily, 2013.

Todo o projeto possui estrutura em madeira (figura 24). O material foi usado nas fachadas, pisos e divisórias internas. A construção foi realizada de modo a trazer

elementos de madeira maciça como seu sistema estrutural, criando pequenos vãos na modulação de 1,20 m x 6 m.

Figura 27: Vista isométrica do INRA.



Fonte: Archdaily, 2013.

“A construção seca, o uso de uma modulação pequena, o tamanho e os meios de montagem dos componentes "macro" pré-fabricados, e um planta baixa flexível são medidas que garantem a futura adaptabilidade deste edifício de laboratórios, até mesmo a curto prazo” (figura 25) (Archdaily, 2013)

Figura 28: Atrio dos blocos Norte e Sul do INRA.



Fonte: Archdaily, 2013.

O projeto é formado por dois blocos. O lado sul (figura 26) traz um edifício curvo, que engloba toda a entrada do terreno, além de mostrar as tiras de madeira que fazem parte da paginação de sua fachada. O bloco ao norte traz um edifício mais suave, sem curvas, conversando com os antigos edifícios que datam dos anos de 1960. Entre os dois blocos há um átrio, onde propõe ser um espaço de “interação, discussão, partilha, encontros e exposições de trabalho” (Archdaily, 2013).

Figura 29: Fachada Sul do INRA.



Fonte: Archdaily, 2013.

“O lado norte do volume é uma resposta aos edifícios de 1960 existentes no local, com uma fachada lisa, revestimentos de painéis e faixas horizontais de esquadrias. [...]. A maioria dos laboratórios estão deste lado do edifício, beneficiando-se da luz estável, sem superaquecimento no verão, e mantendo uma conexão visual direta com o resto do Campus” (figura 27) (Archdaily, 2013).

Figura 30: Fachada Norte do INRA.



Fonte: Archdaily, 2013.

“O lado sul materializa a entrada do Campus. Ele caracteriza o projeto com sua pele dupla de madeira e seu plano curvado. A maioria dos escritórios estão deste lado do edifício, claramente visíveis do caminho de entrada, equipados com a proteção solar adequada, e beneficiando-se de grandes vistas” (Archdaily, 2013).

#### 4.6 Sede Administrativa Fundação Florestal – Juréia-Itatins

O escritório 23 SUL arquitetura projetou a nova Sede Administrativa do Mosaico de Unidade de Conservação da Juréia-Itatins (MUCJI) da Fundação Florestaç do Estado de São Paulo. O edifício (figura 28), embora tenha como principal atividade o setor administrativo, o edifício, também, possui atividades operacionais, jurídicas, além de ações educacionais e de pesquisa científica (Archdaily, 2022).

O projeto faz parte do programa de recuperação socioambiental da Serra do Mar e do Sistema de Mosaicos da Mata Atlântica, que conta com apoio financeiro do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (Archdaily, 2022).

Figura 31: Entrada principal da Sede Administrativa do MUCJI.



Fonte: Archdaily, 2022.

O edifício foi feito com o seu sistema construtivo e Madeira Laminada Colada (MLC) – pré-fabricado leve de origem renovável – em que o seu peso é reduzido, gerando menos força a sua fundação, e ainda gerando menos resíduo de difícil reciclagem (figura 29). A especificação dos materiais usados é de que teriam que ser industriais leves, duráveis e de baixa produção de resíduos, tornando a sua obra mais rápida e limpa (Archdaily, 2022).

Figura 32: Sistema estrutural da Sede Administrativa do MUCJI.



Fonte: Archdaily, 2022.

As divisórias (figura 30) foram feitas no “sistema autoportante com MDF tratado, caixilhos padronizados em madeira, fechamento internos e externos com MDF, policarbonato alveolar, telhas termoacústicas e assoalhos em painel wall” (Archdaily, 2022).

Figura 33: Divisórias da Sede Administrativa do MUCJI.



Fonte: Archdaily, 2022.

A edificação apresenta uma característica única de trazer grandes beirais para a cobertura da edificação, provendo maior proteção contra a incidência de iluminação natural e intemperes, o que a torna deferente das referencias projetuais citadas anteriormente. Isso pois aqui a edificação adaptou-se ao clima local (figura 31).

Figura 34: Beirais da Sede Administrativa do MUCJI.



Fonte: Archdaily, 2022.

“O programa de atividades foi organizado em três pavimentos para que o edifício pudesse ser construído em uma clareira existente no terreno, evitando o desmatamento de árvores. O último andar, na altura da copa das árvores, abriga uma área técnica que também funciona como um ambiente aberto, de uso flexível” (Archdaily, 2022).

#### 4.7 Análise geral

A base para o desenvolvimento das diretrizes projetuais a serem aplicadas e desenvolvidas na elaboração deste trabalho são fundamentadas nas características arquitetônicas dos projetos abordados nas referências projetuais. Atributos como soluções arquitetônicas, estruturais e plásticas, assim como programas de necessidades, conduziram a construção do quadro síntese de diretrizes projetuais (quadro 6).

Quadro 10: Síntese de diretrizes projetuais.

Tipologia	Diretrizes
Wood Innovation Research Laboratory	Relacionamento entre o programa de necessidades e o fluxograma.
	Solução plástica e arquitetônica do bloco de ensaios.

Laboratório de Pesquisa INRA	Solução do sistema estrutural usado no projeto
	Solução plástica desenvolvida a partir do sistema estrutural escolhido.
Sede Administrativa do MUCJI	Solução para os problemas das intemperes usando o sistema estrutural de MLC.
	Adequação da edificação ao meio, utilizando da iluminação e ventilação natural ao seu favor.

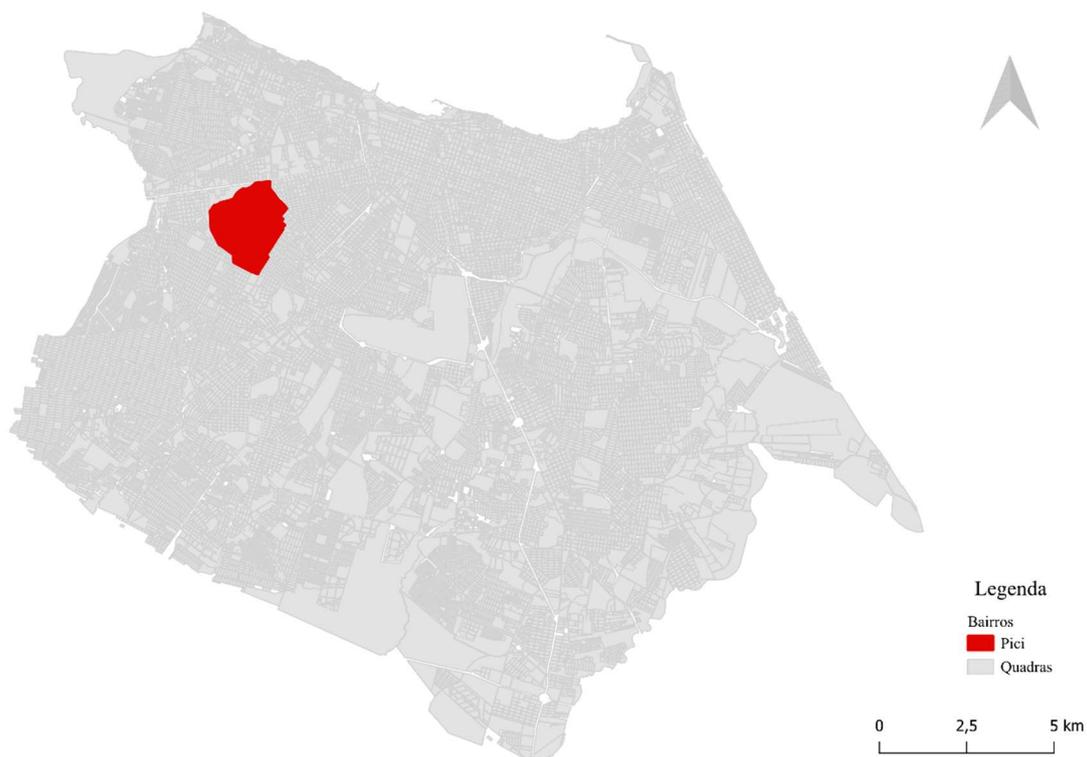
Fonte: Elaborado pela autora.

## 5 DIAGNOSTICO

### 5.4 Sobre a área de Intervenção – Bairro Pici

A área de intervenção encontra-se no bairro Pici (mapa 2) que está locado na cidade de Fortaleza - CE. De acordo com dados disponíveis na Infraestrutura de Dados Espaciais da Secretaria das Finanças de Fortaleza – IDE SEFIN (2023) o bairro possui uma área de aproximadamente 3,74km<sup>2</sup>.

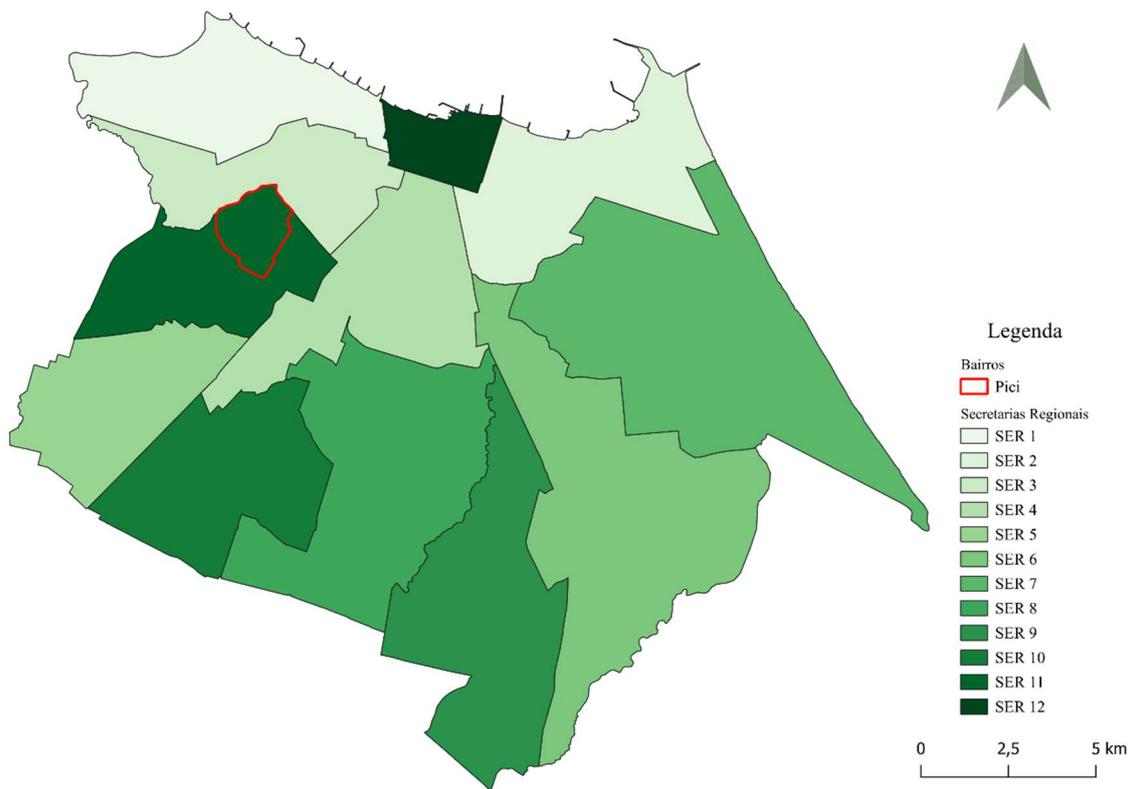
Mapa 2: Destaque para o bairro do Pici.



Fonte: SEFIN (2023). Editado pela Autora.

Localizada dentro da Secretaria Executiva Regional XI (mapa 3), compreendendo os bairros Autran Nunes, Bela Vista, Conjunto Ceará I, Conjunto Ceará II, Couto Fernandes, Demócrito Rocha, Dom Lustosa, Genibaú, Henrique Jorge, João XXIII, Jóquei Clube, Panamericano e o Pici (OPOVO, 2022). A cerca do bairro Pici, o local faz limite com administrativo com os bairros Padre Andrade, Presidente Kennedy, Parquelândia, Amadeu Furtado, Bela Vista, Panamericano Demócrito Rocha, Jóquei Clube Henrique Jorge, Dom Lustrosa e Antônio Bezerra.

Mapa 3: Destaque para a Secretaria Executiva Regional XI.



Fonte: SEFIN (2023). Editado pela Autora.

A prospecção do terreno se deu através da busca por sítios que a proporcionasse a edificação uma conexão com outras instituições, podendo haver a troca de informações e trabalhos cooperativos.

Mapa 4: Destaque do terreno no Campus do Píci.



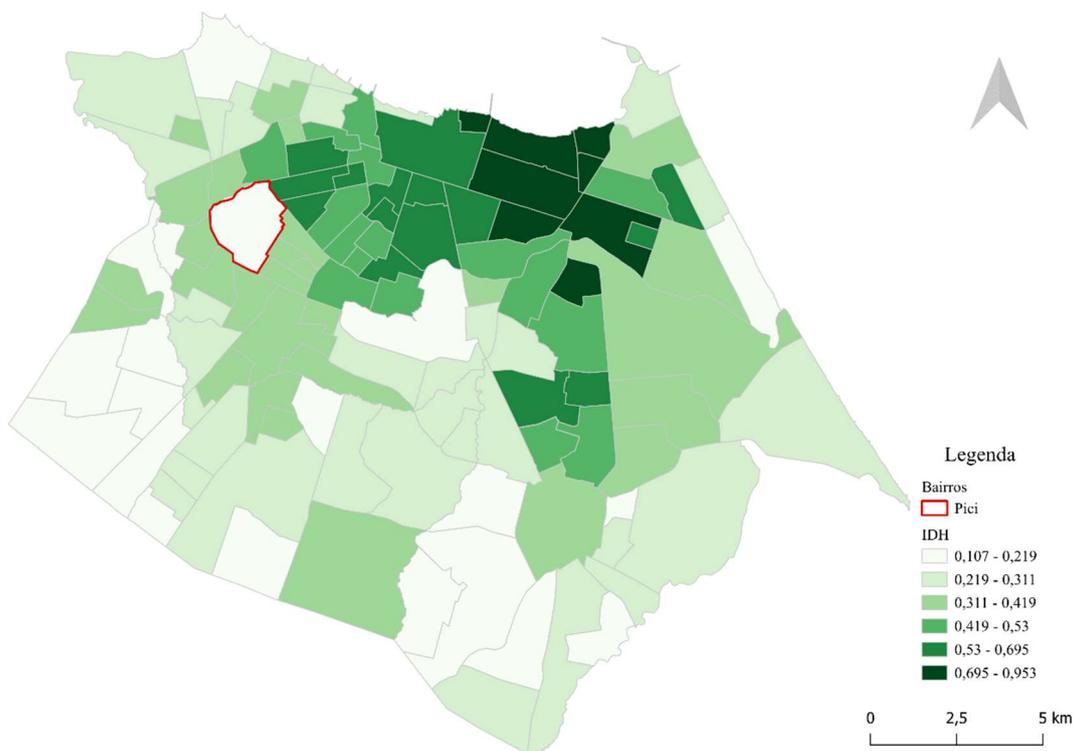
Fonte: Ceará, 2023. Editado pela Autora.

O terreno está localizado dentro do campus universitário do Pici, da Universidade Federal do Ceará. Próximo ao Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (Nuteq) e da Embrapa, o projeto que será desenvolvido poderá realizar pesquisas multidisciplinar com dentro do campo educacional ou prático junto a essas instituições (mapa 4).

### 5.5 Dados socioeconômicos

O bairro Pici com 374.03 ha, segundo dados da Secretária Municipal da Saúde – Prefeitura Municipal de Fortaleza – SEFIN/PMF (2022), possui uma população aproximada de 46.846 mil pessoas, com uma densidade por km<sup>2</sup> igual a 12525.67 (figura XX). O seu Índice de Desenvolvimento Humano – IDH é de 0.2186, sendo muito baixo (SEFIN, 2023).

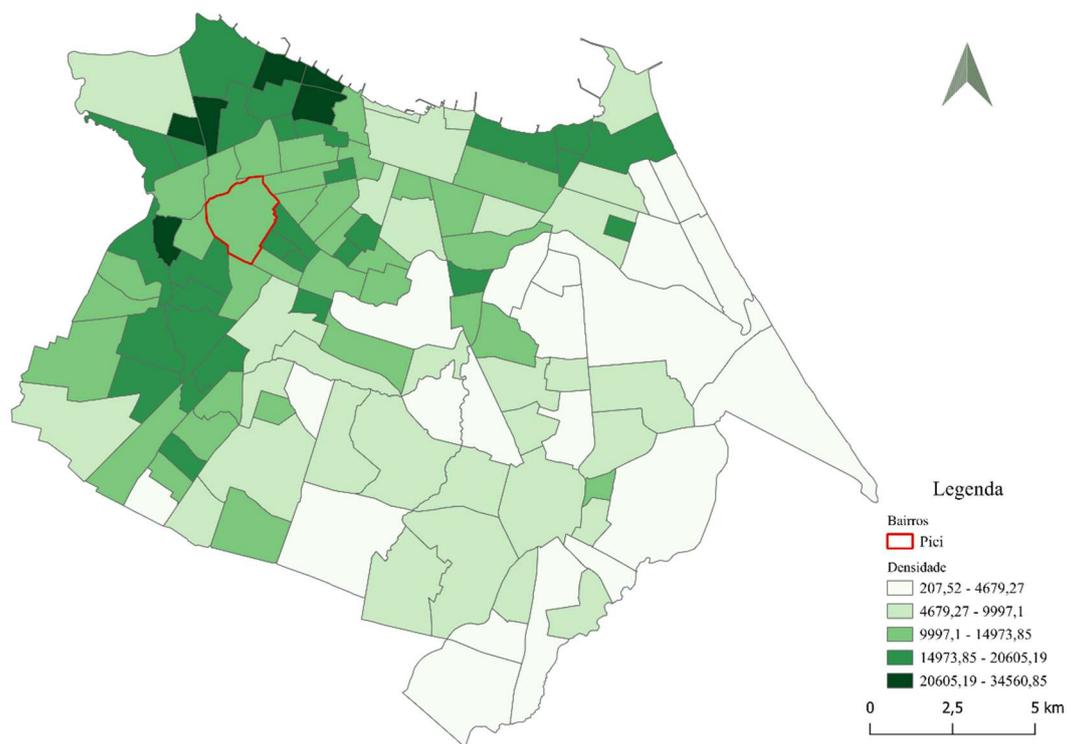
Mapa 5: Destaque para o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH.



Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

O Mapa 6 evidencia a densidade populacional do bairro Pici, onde é possível notar que ele tem um adensamento populacional comparável à bairros mais centrais da cidade, isso acontece por ele ter um grande campus universitário, com cerca de 212 hectares (UFC, 2023), ocupando cerca de 56.83% de sua área territorial.

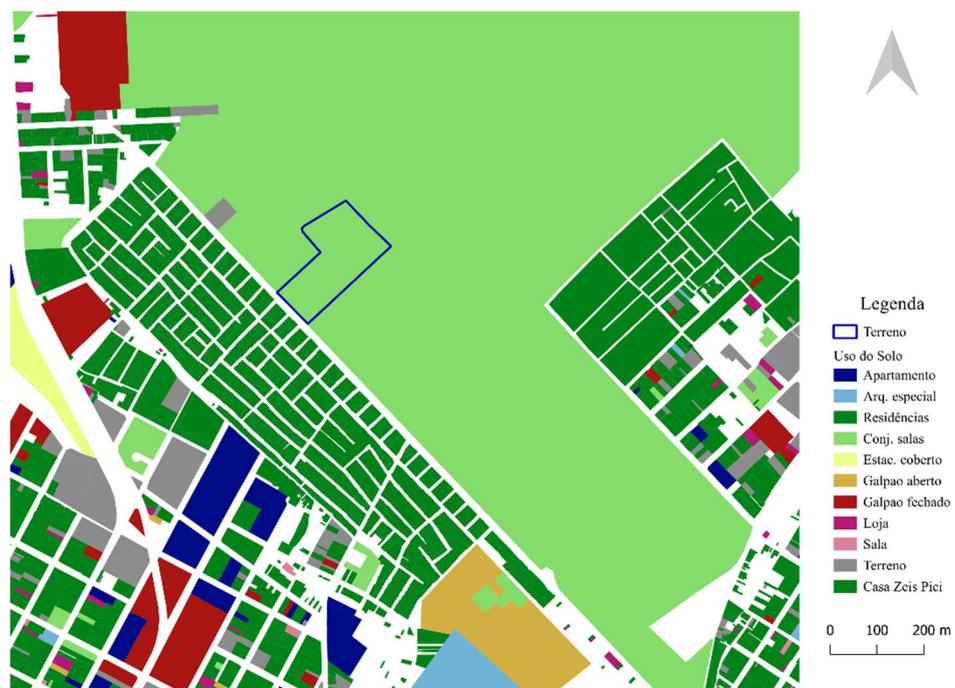
Mapa 6: Densidade populacional do bairro Pici.



Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

Ao visualizar o mapa de uso e ocupação do solo (mapa 7) da área próxima ao terreno escolhido para o projeto, visualiza-se um grande adensamento de habitações e poucos comércios ou áreas de prestação de serviços.

Mapa 7: Destaque do terreno e seu Uso e Ocupação no solo.

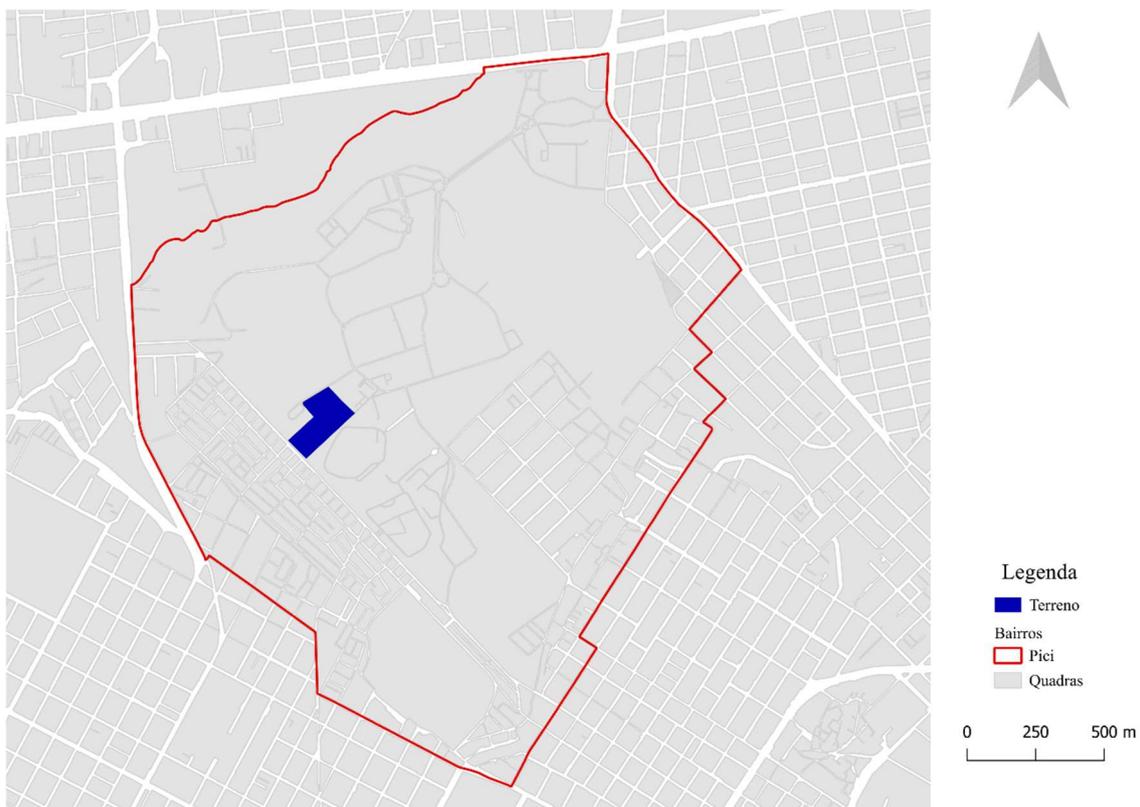


Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

## 5.6 Sobre o terreno

Localizada no bairro Pici (mapa 8), o sitio escolhido para abrigar o projeto fica dentro do campus universitário Pici, da Universidade Federal do Ceará. O seu acesso é feito pela Rua Professor Rômulo Proença e pela Rua Professor Armando Farias.

Mapa 8: Indicação do terreno dentro do bairro do Pici.



Fonte: SEFIN, 2023.. Editado pela Autora.

Campus do Pici está inserido em uma área com grande adensamento populacional, onde é possível ver no Mapa 9, porém a proporção de sua área disponível e área utilizada faz com que o campus gere um grande vazio urbano. O entorno imediato da edificação é dividido entre grandes áreas ocupadas e áreas de vazios urbanos.

Mapa 9: Cheios e vazios destacando o terreno.

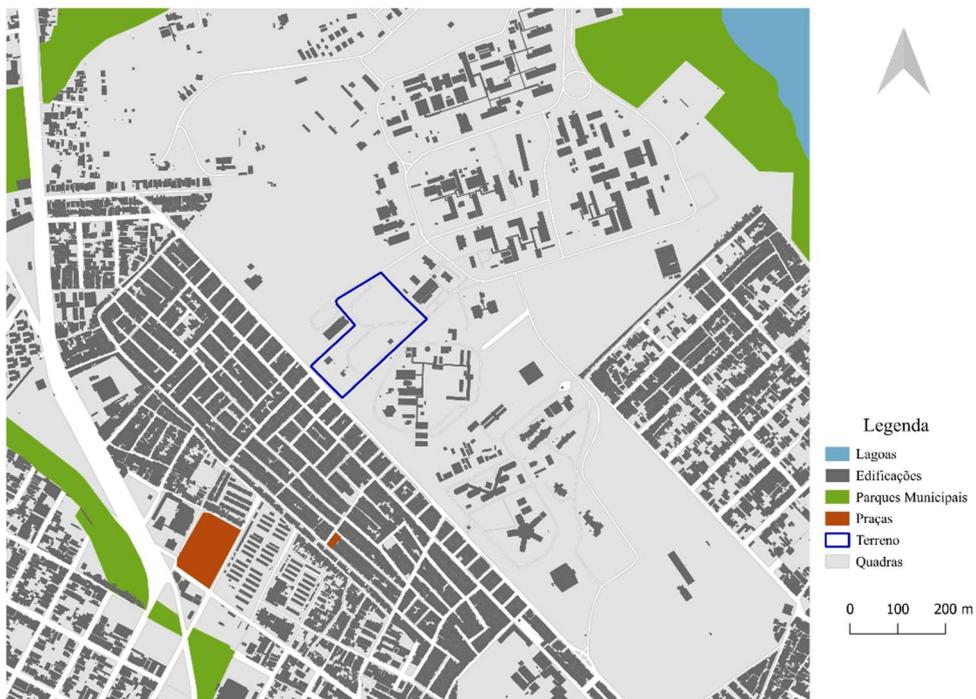


Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

Analisando as edificações que estão próximo a área de intervenção, é importante salientar que o programa que o projeto venha a desenvolver não afete os moradores locais, seja por poluição sonora ou residual. No mapa 10 é possível ver que há uma grande área verde próximo ao terreno demarcado e que naturalmente fornece o amortecimento dos ruídos possivelmente gerados pela edificação.

Contudo, na face sudeste do terreno é necessário haver uma atenção em relação as edificações que estão mais próximos ao terreno, já que não há nenhum tipo de barreira que faça a gestão dos ruídos gerados e assim protegendo os moradores locais de quais quer tipo de ruído excessivo e constante.

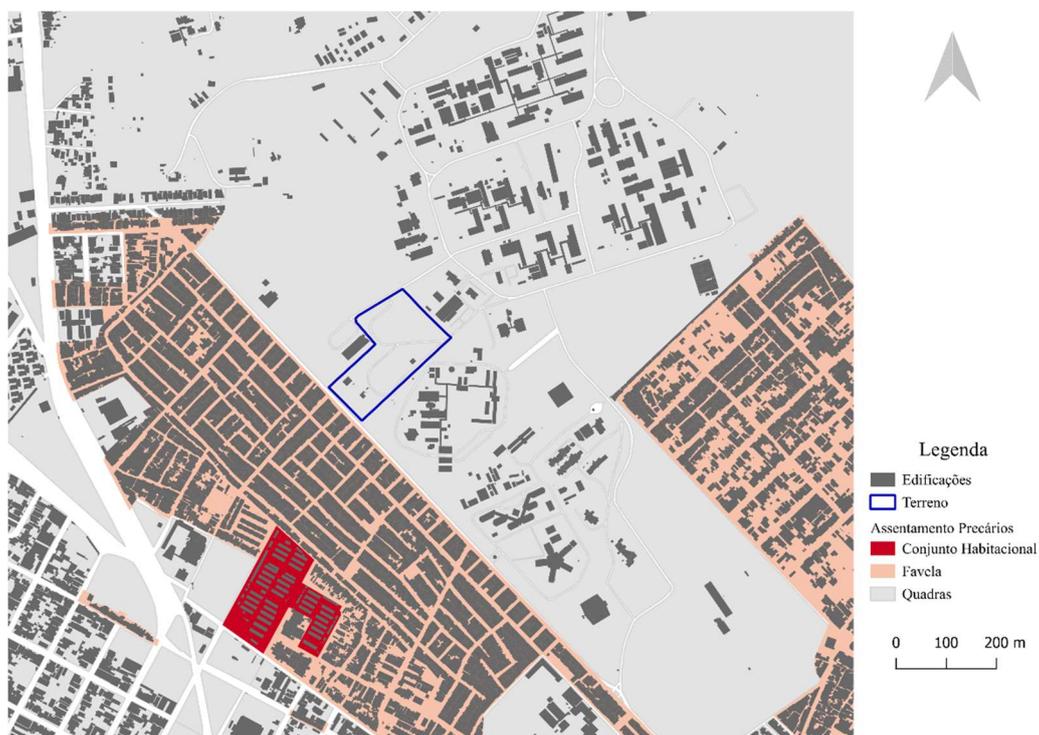
Mapa 10: Áreas verdes e praças.



Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

A implantação do projeto deve se preocupar com a repercussão dos impactos gerados a seus vizinhos. No Mapa 11 mostra que ao lado do terreno há mutirão, uma área sensível, onde programas que diminuam a gentrificação do entorno podem ser tratados a fim de diminuir o impacto social que poderia ser gerado pelo projeto.

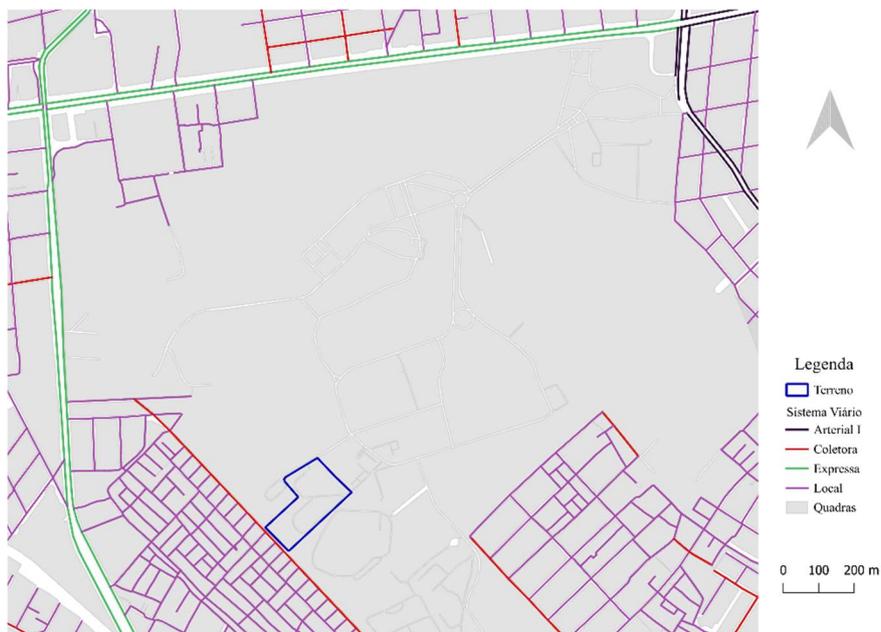
Mapa 11: Áreas com conjuntos habitacionais e favelas.



Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

Com vias locais predominando o seu entorno, porém para ser acesso ao local do terreno é necessário entrar pela portaria principal do campus que fica na Avenida Humberto Monte ou pela portaria secundária que fica na Rua Pernambuco. A avenida é uma Via Arterial I, enquanto a rua é uma Via Coletora (mapa 12).

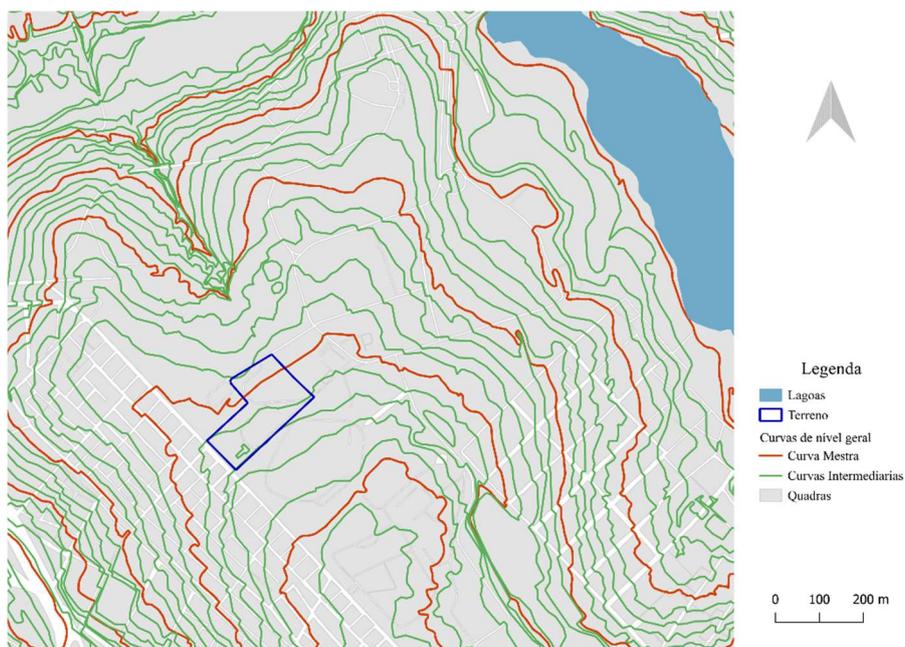
Mapa 12: Sistema viário local.



Fonte: Fortaleza, 2017.

No mapa de curvas de níveis (mapa 13) observa-se que o entorno imediato do terreno está em uma área de grande variedade de níveis topográficos. No entanto o terreno possui um declive apenas com 3 m com uma inclinação no sentido sudoeste-nordeste.

Mapa 13: Curvas de nível.



Fonte: SEFIN, 2023. Editado pela Autora.

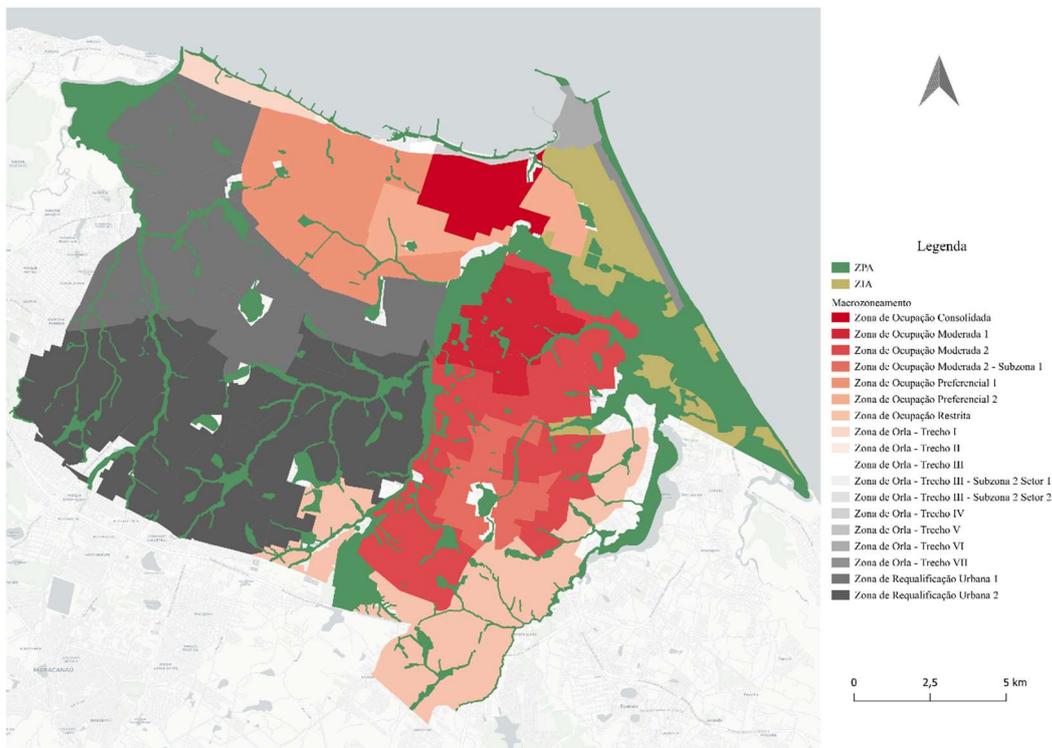
A figura XX mostra um corte esquemático no terreno indicando como as curvas de nível formam o terreno natural. É possível notar que o corpo d'água presente no seu entorno faz com que a sua inclinação seja de 0,64%, considerando que o seu maior comprimento é de 468m e com um declive de 3m de altura.

## 5.7 Condições legais do terreno

### 5.7.1 Lei de parcelamento, Uso e Ocupação do Solo – LOUS

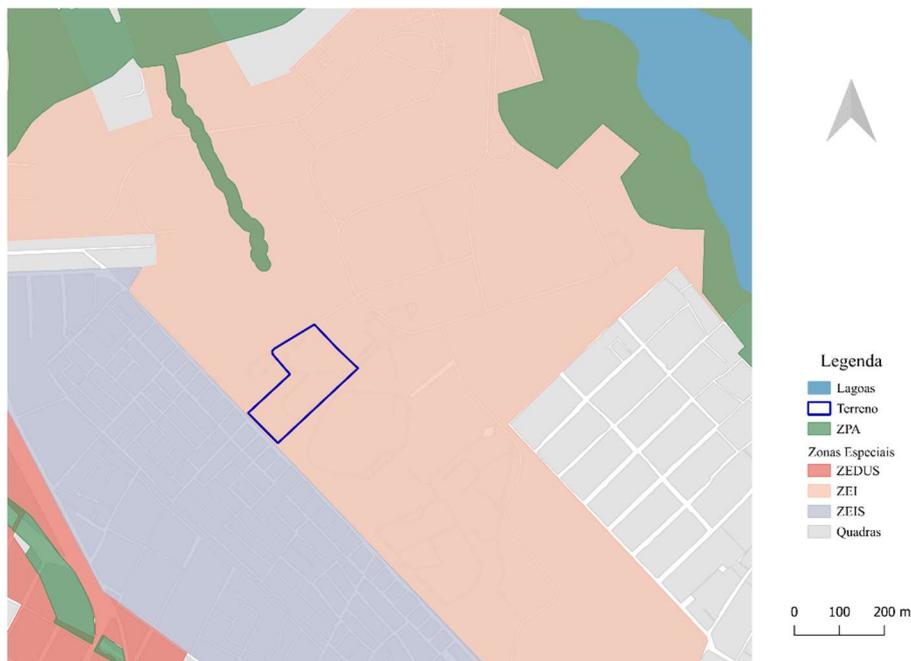
Abordando o macrozoneamento e a sua zona especial que se sobrepõe, o terreno está locado dentro da Zona Especial Institucional - ZEI que se sobrepõe à macrozona de ocupação urbana, Zona de Requalificação Urbana 1 (mapa 14).

Mapa 14: Macrozoneamento de Fortaleza.



Fonte: Fortaleza, 2017.

Mapa 15: Destaque do terreno dentro de uma Zona Especial.



Fonte: Fortaleza, 2017.

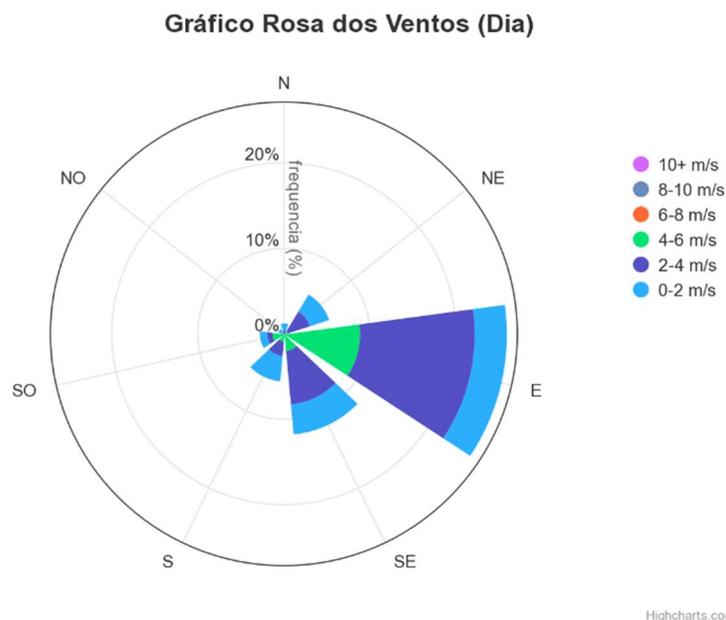
Em relação à ZEI – Campus do Pici (mapa 15), ela é uma área que se adequa ao uso do equipamento. O edifício, por ser uma instituição de ensino e pesquisa se enquadra para ser implantada dentro do campus educacional da Universidade Federal do Ceará. O edifício abriga atividades que estão dentro do Grupo Institucional, e está no subgrupo Serviços de Educação (Universidades), sendo categorizada como um Projeto Especial.

### 5.8 Condições ambientais

A cidade de Fortaleza, localizada no litoral norte do Estado do Ceará, tem a sua Latitude de 3°46' a sul e sua Longitude de 38°33' a oeste. Devido a sua proximidade com a Linha do Equador, o clima predominante é o tropical quente, sofrendo ações diretas dos ventos alísios e mantendo as temperaturas estáveis o ano todo (PROJETEEEE, 2023).

A figura 35 mostra a predominância da direção e velocidade dos ventos em Fortaleza, podendo destacar a maior incidência de ventos vindo do leste e sudeste.

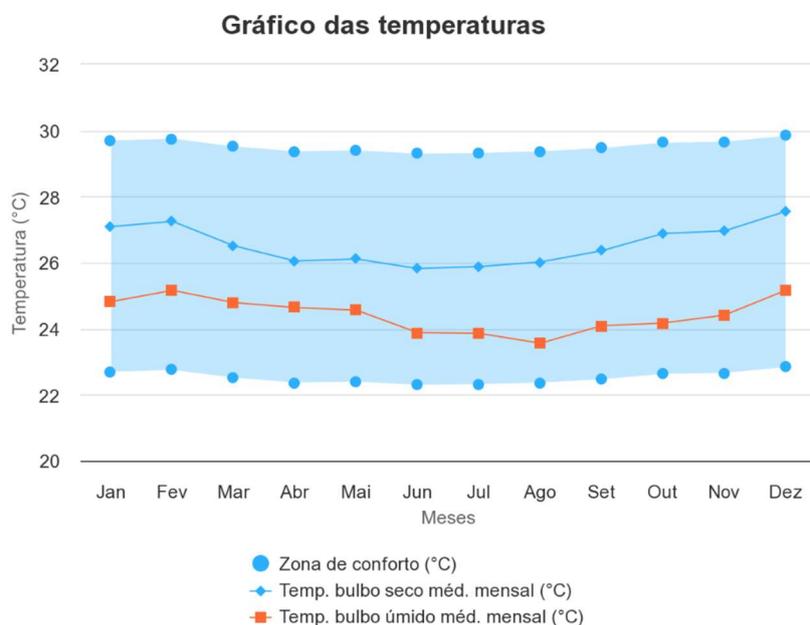
Figura 35: Rosa dos Ventos de Fortaleza.



Fonte: ProjetEEE (2016).

O ano é caracterizado pelas elevadas temperaturas, tendo uma estabilidade entre as médias 24°C e 31°C, chegando poucas vezes a ter temperaturas inferiores a 23°C e superiores a 32°C, como pode ser analisado na figura 36.

Figura 36: Gráfico das temperaturas de Fortaleza.

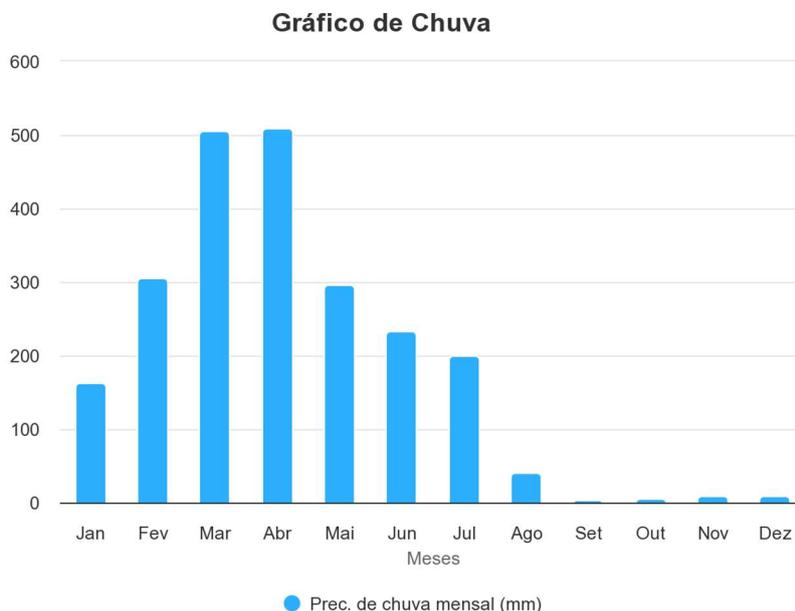


Fonte: ProjetEEE (2016).

O período de maior precipitação em Fortaleza ocorre entre os meses de dezembro e julho, sendo de maior intensidade as chuvas que ocorrem nos meses de março e abril. Assim, o primeiro semestre do ano é chuvoso. O período que fica com baixa

incidência de chuvas ocorre durante os meses de agosto e dezembro, como é possível ver na figura 37.

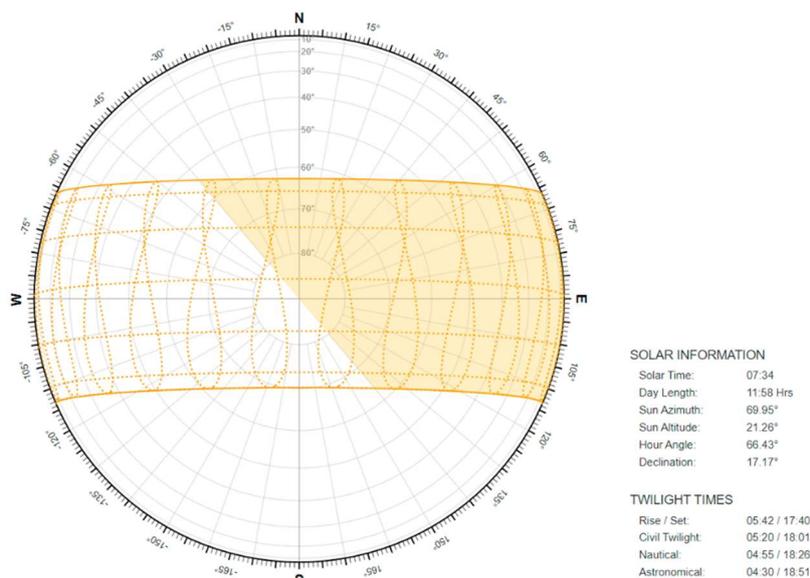
Figura 37: Gráfico de Chuva de Fortaleza.



Fonte: ProjetEEE (2016).

Abaixo, pode-se observar o percurso solar sobre o terreno, com a carta solar de Fortaleza (CE). As figuras 38, 39, 40, 41 mostram a incidência de insolação nas quatro fachadas do terreno: Nordeste; Noroeste; Sudeste e Sudoeste, respectivamente.

Figura 38: Insolação - Fachada Nordeste.

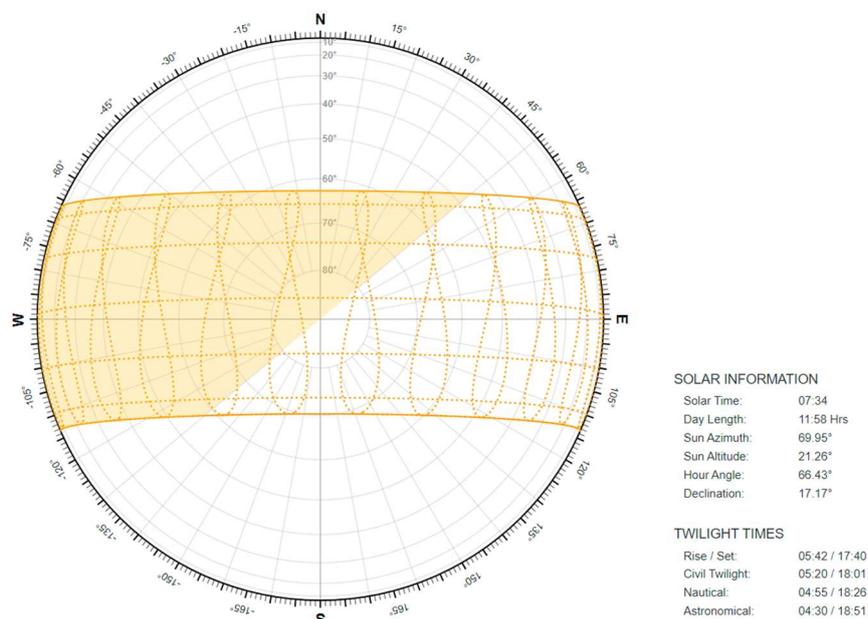


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A fachada Nordeste (figura 38) recebe a irradiação solar no período da manhã, onde no mês de junho o sol incide sobre a fachada até as 13:30 horas, com o período de

tempo de incidência solar diminui até que o período da irradiação se inicie as 08:00 horas no mês de dezembro.

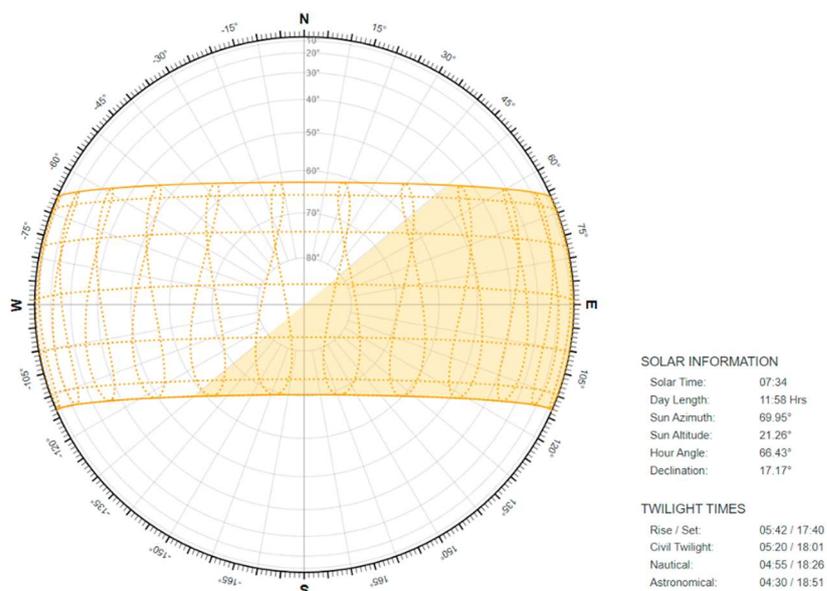
Figura 39: Insolação - Fachada Noroeste.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A fachada Noroeste (figura 39) recebe a irradiação solar, majoritariamente, no período da tarde, onde no mês de junho a incidência sobre a fachada iniciasse as 09:00 horas com o período de insolação no vespertino acontecendo em dezembro iniciando-se as 13:30 horas.

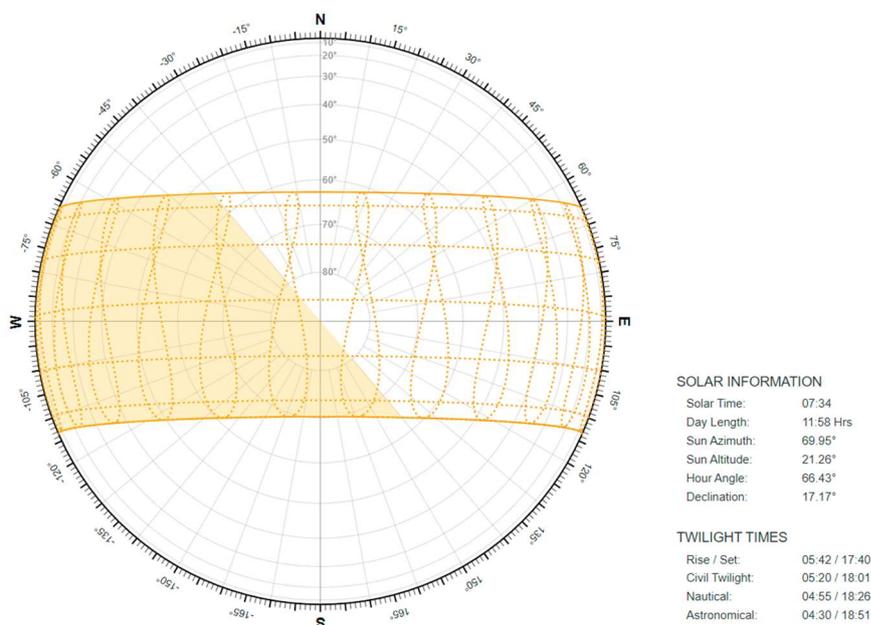
Figura 40: Insolação – Fachada Sudeste.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A fachada Sudeste (figura 40) no mês de junho recebe insolação durante a manhã, tendo sua incidência solar até as 09:00 horas com o seu período de índice de insolação aumentado com o passar dos meses até dezembro, onde seu período máximo de insolação é até as 14:00 horas.

Figura 41: Insolação - Fachada Sudoestes.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A fachada Sudoeste (figura 41) recebe a irradiação solar no período da tarde, onde no mês de junho o sol incide sobre a fachada a partir das 14:00 horas, com o período de tempo de incidência solar aumenta até que o período da irradiação se inicie as 10:00 horas no mês de dezembro.

## 6 PROPOSTA CONCEITUAL E PRELIMINAR

O desenvolvimento do projeto arquitetônico será baseado nos tópicos tratados a seguir, como os princípios, premissas e diretrizes, o programa de necessidades, fluxograma setorização e o zoneamento das atividades.

### 6.4 Programa de necessidades

O programa de necessidades (quadro 7) foi desenvolvido a partir das análises realizada sobre as normas técnicas abordadas na seção 2 deste trabalho, nas quais as atividades que devem ser realizadas sobre sistemas construtivos foram baseadas na ABNT NBR 7190:2022 – Projeto de estruturas de madeiras e suas 7 partes.

Também foi utilizado a ABNT NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais — Desempenho como meio de implementação das atividades que seriam realizadas no equipamento quanto aos ensaios que não citados na NBR 7190, podendo ser utilizada junto com a já citada sem excluí-la.

Um ponto importante para o dimensionamento das áreas para cada sala de ensaio foi usado como base a planta do Laboratório de Ensaio Físicos (LEF) da Gemat (NUTEC). Através da visita técnica, foi possível tomar algumas medidas para basear as áreas mínimas para as áreas onde a os ensaios são feitos, já que na norma não apresenta nenhum tipo de dimensão quanto a espacialidade do ambiente.

Para as demais áreas, foi utilizado como base os ambientes adjacentes do Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará que não se relacionam com ensaios, mas com áreas de administração e manutenção. Além do Nutec, para o setor de administração, foi utilizado o programa de necessidades do Sede Administrativa do MUCJI, já que o edifício é qualificado com um ambiente de pesquisa e ensino, mas que sua principal função é o setor administrativo.

Quadro 11: Programa de Necessidades – Pavilhão Administrativo.

PAVILHÃO DA ADMINISTRAÇÃO			
AMBIENTE	FUNÇÃO	QUANT.	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pátio Externo	Fazer a transição entre o externo e interno	1	594,21
Entrada	Área de identificação dos usuários	1	17,50
Recepção	Recepcionar os professores, alunos e visitantes	1	24,97
Sala de Convivência	Área de descanso para os funcionários	1	24,45
Circulação 01	Área de acesso para dependências	1	7,42
Circulação 02	Área de acesso para dependências	1	20,25
Sala de Estudos	Área para estudos	1	17,28
Sala de Aula	Área para dar aulas	1	29,52

Bicicletário	Área destinada às bicicletas dos usuários	1	24,45
Refeitório	Área de consumo das refeições	1	47,50
Copa (cozinha)	Área de preparos rápidos das refeições	1	14,02
Sanitário PCD 01	Local de higienização para os PCDs	1	13,48
Sanitário PCD 02	Local de higienização para os PCDs	1	13,48
Sanitário Masculino	Local de higienização masculina	1	4,59
Sanitário Feminino	Local de higienização feminina	1	4,95
Hall	Área que dá acesso aos sanitários	1	8,41
Sala de Descanso	Área de descanso para os alunos e visitantes	1	15,55
Arquivo	Área para arquivamento de documento	1	6,73
Sala Administrativa	Área para os administradores	1	26,70
Sala da Direção	Área para os diretores	1	15,85
Sala de Reunião	Área para elaborar reuniões	1	14,85
DML	Deposito de materiais de limpeza	1	6,30
Sala Técnica	Área de instalações de ar-condicionado e demais necessidades.	1	8,55
<b>Área Útil Total:</b>			<b>961,01</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Quadro 12: Programa de Necessidades – Pavilhão de Ensaios.

<b>PAVILHÃO DE ENSAIOS</b>				
	<b>AMBIENTE</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>QUANT.</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
<b>SALÃO DE ENSAIOS</b>	Sistemas Estruturais	A atribuição de uma classe de resistência é feita para cada uma das peças que compõem o lote de madeira, onde são realizados classificação visual, classificação mecânica e classificação de resistência do objeto de ensaio.	1	351,41
	Sistemas de Pisos	Especifica os métodos de impacto de corpo duro, de verificação da resistência à umidade e resistência ao ataque químico dos componentes da camada de acabamento dos pisos	1	351,41
	Sistemas de Cobertas	Especifica os métodos de ensaios de resistência às cargas concentradas, de determinação da resistência de peças fixas em forro, entre outros.	1	351,41
	Sistemas de Vedação	Especifica os métodos de ensaios de resistência dos SVVIE às solicitações de peças suspensas, de resistência a impactos	1	351,41

		de corpo duro, de estanqueidade e permeabilidade.		
	Caracterização de MLC Estrutural	Especifica os métodos de ensaios de delaminação, cisalhamento nas linhas de cola, tração em emendas denteadas e medição do adesivo espalhado.	1	351,41
	Caracterização Visual e Mecânica	A atribuição de uma classe de resistência é feita para cada uma das peças que compõem o lote de madeira, onde são realizados classificação visual, classificação mecânica e classificação de resistência do objeto de ensaio.	1	351,41
<b>SALAS AUXILIARES</b>	Banheiro PCD 01	Local de higienização para os PCDs	03	9,65
	Banheiro PCD 02	Local de higienização para os PCDs	03	9,14
	Sala Técnico	Área de instalações de ar-condicionado e demais necessidades, além de dar acesso às caixas d'água.	03	6,75
	DML	Deposito de Materiais de Limpeza	03	6,41
	Jardim	Área com aberturas superior para iluminação zenital	02	11,57
	Sala de Estudos 01	Área para estudos individual ou coletivo.	03	14,39
	Sala de Estudos 02	Área para estudos individual ou coletivo.	03	16,66
	Sala de Ensaio Não Destrutivos 01	Salas para atender as necessidades dos ensaios de precisão ou controlados.	03	18,00
	Sala de Ensaio Não Destrutivos 02	Salas para atender as necessidades dos ensaios de precisão ou controlados.	03	17,91
	Entrada Principal	Área de acesso principal ao edifício.	03	17,55
	Pátio Externo	Fazer a transição entre o externo e interno	1	2424,78
<b>Área Útil Total:</b>				<b>4952,04</b>

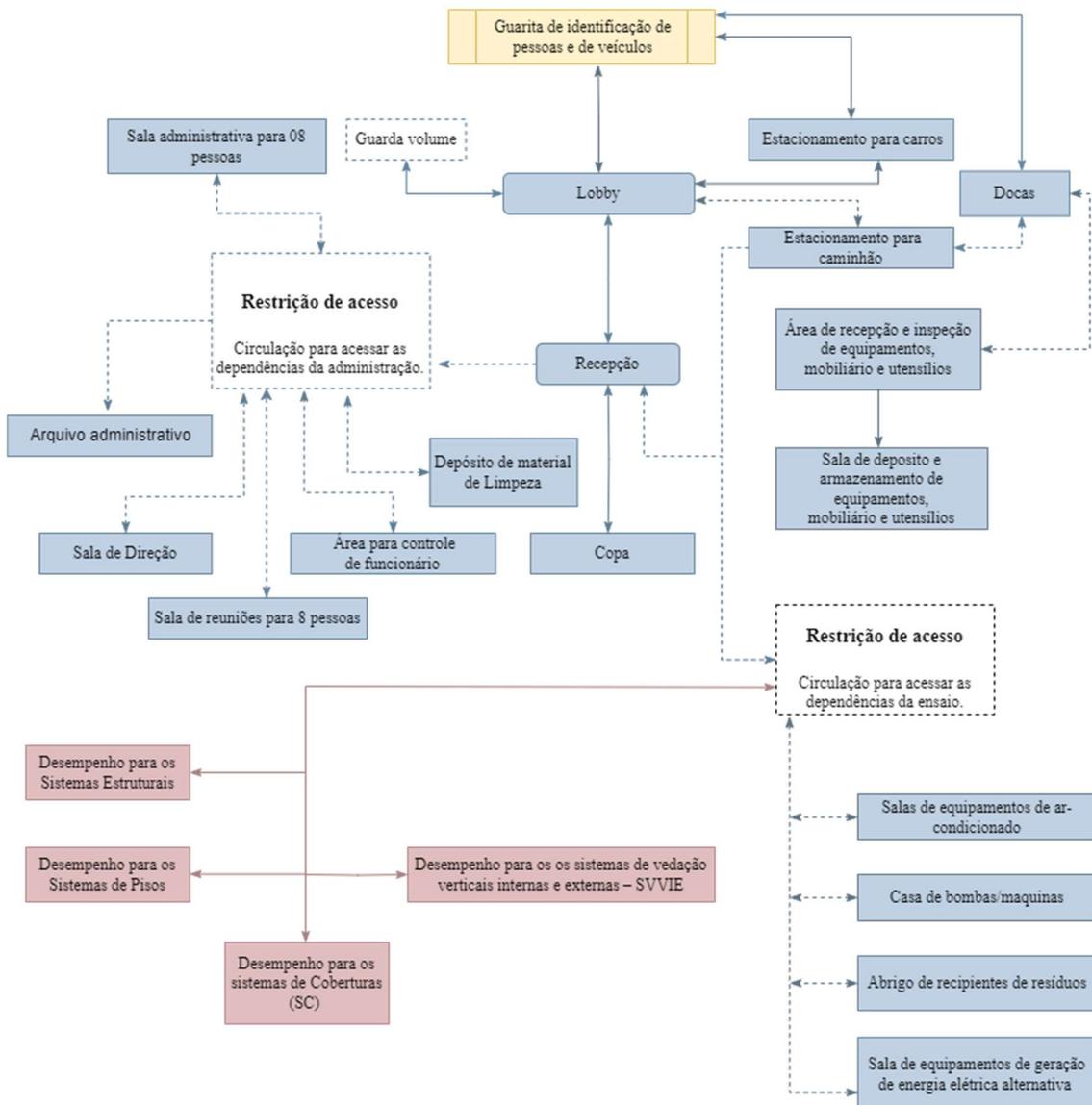
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Para mais informações sobre os ensaios necessários em cada ambiente do Pavilhão de Ensaio é indicado que volte ao item 2.4.1 e 2.4.2 deste trabalho, em que é descrito os ensaios e suas classificações que a amostra deve ser submetida para estar apta para o uso. Lá também é descrito o que cada atividade realizará.

## 6.5 Fluxograma

Com a formação do programa de necessidades, foi desenvolvido o fluxograma (figura 42) mostrando como as áreas administrativas e as áreas de ensaios tem suas conexões feitas através de duas formas, uma privada onde só pessoas autorizadas podem ter acesso e a outra aberta ao público em geral, em que não necessariamente precisam ter acesso as áreas mais delicadas como diretoria, sala administrativa ou salas de ensaios técnicos.

Figura 42: Fluxograma.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

## 6.6 Conceito e partido

O projeto que é trabalhado com o desenvolvimento um dois edifício, sendo o principal voltado para o desenvolvimento de ensaios e estudos sistemas construtivos em

madeira que são usados pela construção civil. O segundo edifício abriga a área administrativa e área de apoio educacional para os seus usuários.

Para um projeto que tem o objetivo de criar um espaço para o desenvolvimento tecnológico em sistemas construtivos em madeira, a materialização dos princípios da sustentabilidade é a base conceitual do projeto. Com isso, o conceito para o projeto é referenciado nos 3 pilares da sustentabilidade: a sustentabilidade social; a sustentabilidade ambiental; e a sustentabilidade financeira.

A sustentabilidade social acontece de forma a proporcionar um ambiente de investimento comunitário, onde o desenvolvimento local será um dos principais focos. A sustentabilidade ambiental acontece na esfera física, onde o ambiente construído é um instrumento que proporciona o desenvolvimento de métodos que podem gerar a conservação da natureza e a evolução dos sistemas construtivos atuais. A sustentabilidade econômica aborda o crescimento econômico e tecnológico para a área de intervenção.

As ações socioambientais de mobilidade social e tecnologia social podem ser apresentadas como resultado do cruzamento da sustentabilidade social e ambiental. Assim como a produção limpa é o resultado do cruzamento do desenvolvimento econômico e ambiental. Quanto a equidade é apresentada na interação entre a sustentabilidade social e econômica.

O projeto arquitetônico tende a se manifestar na apresentação de tais conceitos de forma intrínseca em suas áreas, sejam elas dentro da parte privada – onde há os setores de administração e ensaios – ou na área de desenvolvimento de gentileza urbana.

Com o investimento em áreas de amortização da poluição sonora para além da edificação, busca-se trabalhar com a cobertura vegetal entre as áreas de maior vulnerabilidade para a comunidade. Além disso, para trazer o desenvolvimento da produção limpa na arquitetura do projeto, procura-se trabalhar com sistemas construtivos que estejam de acordo com o modelo de pesquisa que será desenvolvido no local, ou seja, o uso de madeira como o principal material utilizado na formação plástica do edifício.

Na edificação principal, a adoção de princípios da arquitetura vernacular será de grande importância para manter a qualidade e bem estar dos usuários do local. O uso das características locais é representado na formação de grandes beirais, a fim de proteger as fachadas dos raios solares.

## 6.7 Implantação e zoneamento

O terreno escolhido tem um projeto de parcelamento para gerar 3 diferentes quadras com 3 intuitos diferentes. A segunda quadra (figura 43) foi a única que não recebeu nenhuma construção, pois o seu objetivo é que ela seja uma área livre para que possa servir como área de construção de protótipos gerados pelas pesquisas realizadas no Pavilhão de Ensaaios.

Já na quadra 01, onde se encontra o Pavilhão de Ensaaios, a área destinada a amortização dos efeitos da poluição sonora, que podem advir da edificação, foi locada na face oeste, próximo ao Bloco do Sistemas e Mídias Digitais. Assim, essa área pode ser um espaço tanto funcional, quanto de lazer.

É importante ressaltar que todas as fachadas irão receber insolação durante certa parte do ano, por isso a adoção de beirais maiores do que o comum e deslocamento dela acima da edificação (figura 44). Além disso, a diferença de espaço entre da cobertura pra edificação e de um bloco e outro faz com que o calor possa se dissipar com maior facilidade.

Por fim, é valido ressaltar que o edifício necessita de uma grande área de manobra é umas das atividades de carga e descarga, assim pequenos caminhões podem levar matéria prima para os ensaios.

A quadra 03 (figura 45), recebe o Pavilhão da Administração. Nele é possível ver que o estacionamento foi locado de forma a está a um fácil acesso ao edifício. Isso se deu pelo fato que que essa modulação dos prédios dentro do Campus do Pici já estar nesse fluxo, onde a entrada do edifício está voltada para dentro da quadra onde se encontra os estacionamentos ou áreas de convívio. Nesse projeto foi estabelecido a mesma logica de ligar o edifício diretamente com o estacionamento, e não com a via local.

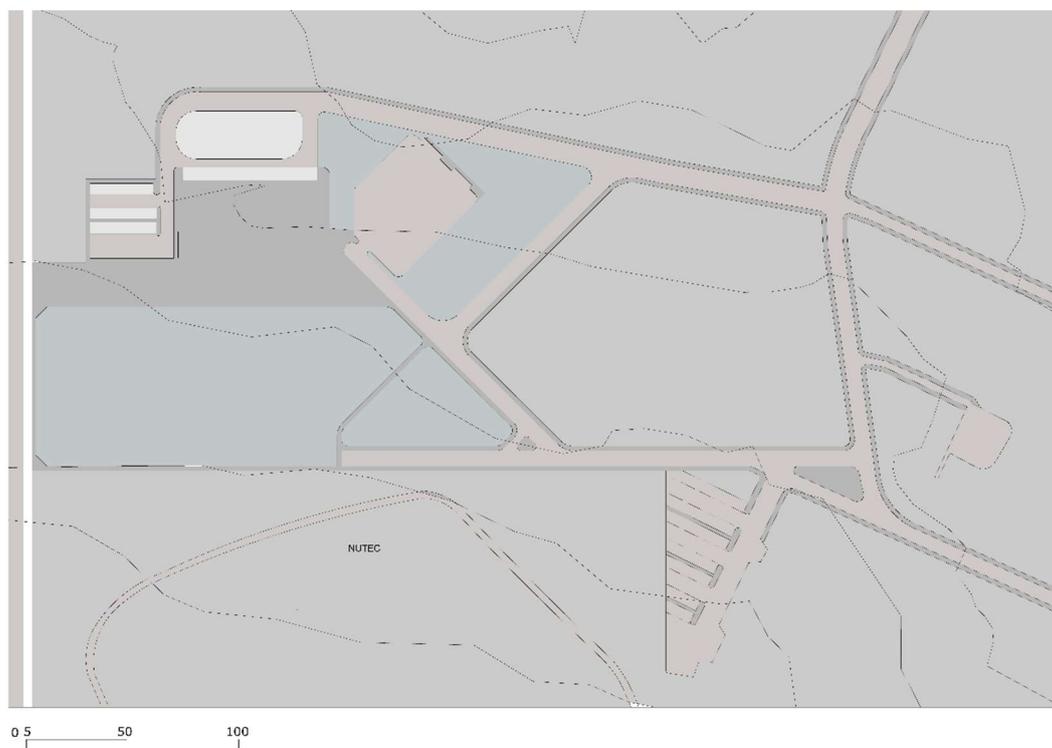
## 7 MEMORIAL DESCRITIVO

### 6.1 Ficha técnica do empreendimento

O sítio do projeto fica em Fortaleza, Ceará. O terreno encontra-se dentro de um campus universitário pertencente à Universidade Federal do Ceará. O campus do Pici se encontra dentro do bairro Pici, com os principais acessos pela Avenida Humberto Monte, sendo a entrada principal, e pela Rua Pernambuco, sendo a entrada secundária.

O projeto tem uma proposta de parcelamento urbano para a criação das novas quadras (figura 43) que serão usadas para a locação os dois blocos de pavilhão, assim como o espaço destinado para a área de protótipo. Para isso foi criado 3 novas vias projetadas seguindo a mesma paginação de piso que o Campus do Pici já utiliza.

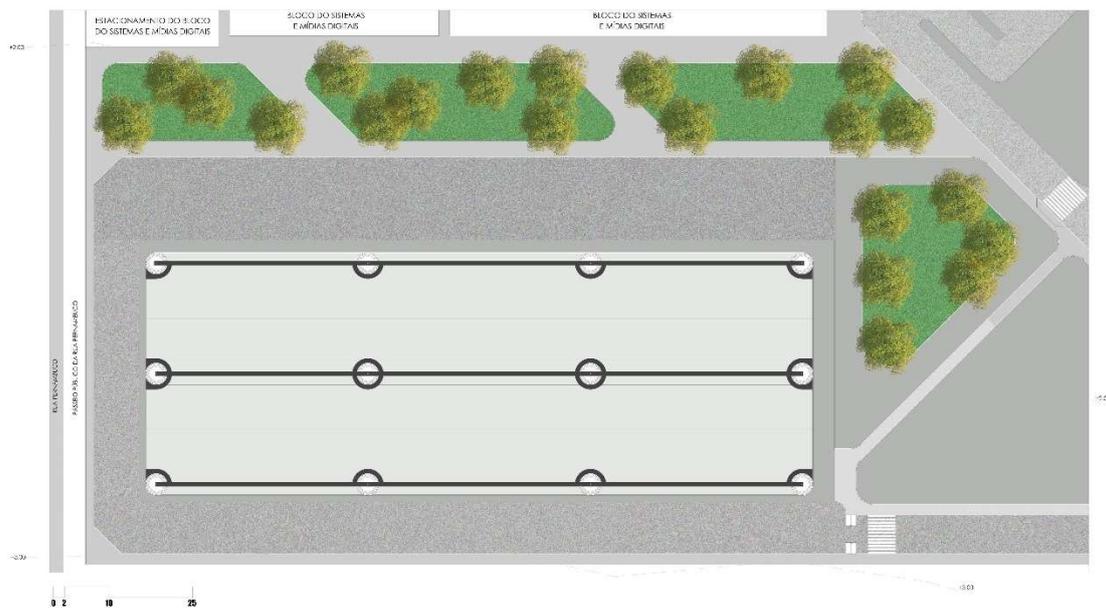
Figura 43: Planta esquemática do novo parcelamento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O equipamento 01 tem como fim o uso educacional, usando a quadra 01, que tem acesso pela Via Projetada 01. A via dá acesso direto a área de manobra através de uma rampa, com inclinação de 2,096%. Essa diferença de nível é necessária para a criação de uma doca para carga e descarga de materiais e equipamentos necessários para os ensaios que ocorrem no Pavilhão de Ensaios (figura 44).

Figura 44: Quadra 01 - Pavilhão de Ensaios.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O equipamento 02 tem como fim o uso administrativo, usando a quadra 03, que tem acesso pela Via Projetada 02. A via dá acesso ao estacionamento direcionado para os professores, colaboradores, alunos e visitantes do empreendimento. A edificação do Pavilhão Administrativo (figura 45) tem seu principal acesso direcionado para o estacionamento, assim como acontece na maioria dos blocos de ensino do Campus do Pici.

Figura 45: Quadra 03 - Pavilhão da Administração.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O edifício correspondente ao Pavilhão de Ensaios tem uma altura total de 12 metros, isso levando em consideração a distância entre o nível da calçada e a altura final da cobertura. Contudo, é importante salientar que a cobertura do edifício é autoportante, então o próprio edifício tem uma cobertura secundária feita de laje impermeabilizada com 2% de inclinação.

O edifício que corresponde ao Pavilhão da Administração tem altura total de 8,05 metros, levando em consideração a distância entre o nível da calçada e a altura final da cobertura. Seguindo a mesma ideia do pavilhão de ensaios, a administração possui além da cobertura autoportante, a própria estrutura do edifício possui uma laje com uma cobertura de telha de fibrocimento com 10% de inclinação.

É importante mencionar que há duas situações onde as áreas livres são trabalhadas. Na Quadra 02 (figura 46) há edifícios, pois, o seu objetivo é que ela seja uma área livre para a construção de protótipos. Na quadra 02, a área livre está entre o Bloco de Sistemas e Mídias Sociais e a edificação projetada, como já mencionado essa área é voltada para o fim de diminuição dos ruídos causados pelos ensaios.

Figura 46: Quadra 02 - Área de Protótipos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A segunda situação acontece na quadra 03, onde áreas permeáveis são acrescentadas para gerar uma maior taxa de permeabilidade e que também possa seguir a estética dos blocos pré-existentes do Campus do Pici, onde é comum haver grandes áreas arborizadas entre os edifícios ou próximos a eles. É importante salientar que essa área livre consta com mobiliários urbanos diversos, como jardineiras e bancos, assim como a iluminação pública únicas.

Na figura 47 podemos ver que há uma luminária especial que contorna as áreas demarcadas como verdes no projeto. Essa iluminação se mantém na estética dos pilares de hiperbolóide – ver descrição do sistema construtivo da edificação.

Figura 47: Fachada leste iluminada a noite.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

### 6.3 Dados do terreno e entorno

O terreno está locado no bairro do Pici, que está sobre o regime administrativo da 11ª Secretaria Executiva Regional XI. Sobre o macrozoneamento, o terreno está dentro da área de Zona de Requalificação Urbana 1. É importante destacar que o Campus do Pici está dentro da Zona Especial Institucional, isso o torna um projeto especial, devendo atender aos pré-requisitos das taxas do macrozoneamento.

Para cada quadra projetada, é calculado diferentes taxas que atende às suas distintas áreas. Na quadra 02, a sua área total é de 2461,68 m<sup>2</sup>. Como não há nenhum edifício construído, pois seu propósito é apenas de servir como áreas de testes, apenas foi calculado a sua área de permeabilidade. Usando o piso intertravado, que tem 25% de permeabilidade, a sua taxa é de 87,14%.

Na quadra 01 há uma área de 14677,19 m<sup>2</sup> disponível. Apenas 5276,56 m<sup>2</sup> é de área construída, gerando uma taxa de ocupação de 35,95% e um Índice de Aproveitamento de 0,3595. Já a sua taxa de permeabilidade é alta, pois a sua área total permeável é de 9390,63 m<sup>2</sup>, isso gera uma taxa de permeabilidade de 63,98%.

Na quadra 03 há uma área total de 6722,89 m<sup>2</sup>, sendo 1906,00 m<sup>2</sup> destinado à criação do estacionamento. O edifício administrativo possui uma área construída de 1057,90 m<sup>2</sup>, o que gera uma taxa de ocupação de 15,74% e um índice de aproveitamento de 0,4409. A sua área permeável é de 5664,99 m<sup>2</sup>, com uma taxa de permeabilidade de 84,26%.

O número de vagas para veículos privados no estacionamento administrativo é de 20 vagas para carros, sendo 2 vagas destinadas para portadores de necessidades especiais. Além disso, são 23 vagas para motocicletas.

Contudo, para a carga e descarga foi destinado 1982,50 m<sup>2</sup> de área livre para manobras de pequenos veículos de transporte. Para o bicicletário foram disponibilizadas 24 vagas, localizadas no pavilhão da administração.

## 6.4 Premissas de durabilidade

### 7.4.1 Fachadas e vedações internas

Toda a parte de vedação interna e externa do edifício é feita com Tijolo Ecológico, com medidas de 15x30x10 cm. Contudo, as fachadas terão a sua paginação modulada para que certas partes com os tijolos rotacionados para criação de espaços de passagem de luz e ventilação natural, assim ajudando na manutenção da ventilação e troca do ar quente dentro do edifício.

Além disso, os banheiros não possuem propriamente esquadrias, e sim o uso da paginação com os tijolos rotacionados. Para a preservação das pessoas que usam o local, as aberturas foram localizadas nos espaços de uso coletivo, como na área das cubas dos lavabos.

Na figura 48 é possível ver uma das fachadas do Pavilhão Administrativo, onde há o uso de Tijolos Ecológicos rotacionados para as áreas de convivência geral, e que não uma longa permanência, e o uso de esquadrias convencionais para as áreas de uso comum, mas onde a permanência possa ser prolongada, como a sala de aula.

Figura 48: Fachada Sul do Pavilhão da Administração.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

As vedações internas fazem o uso dos tijolos ecológicos, contudo apenas algumas paredes possuem a paginação especial com os tijolos rotacionados. Além disso,

Como certas salas internas não possuem a possibilidade de aberturas externas, foi criado um sistema de vazios internos que faz com que as salas possam ter a iluminação indireta natural através dos átrios centrais do pavilhão de ensaios.

Figura 49: Pavilhão de Ensaios - áreas livres entre blocos.



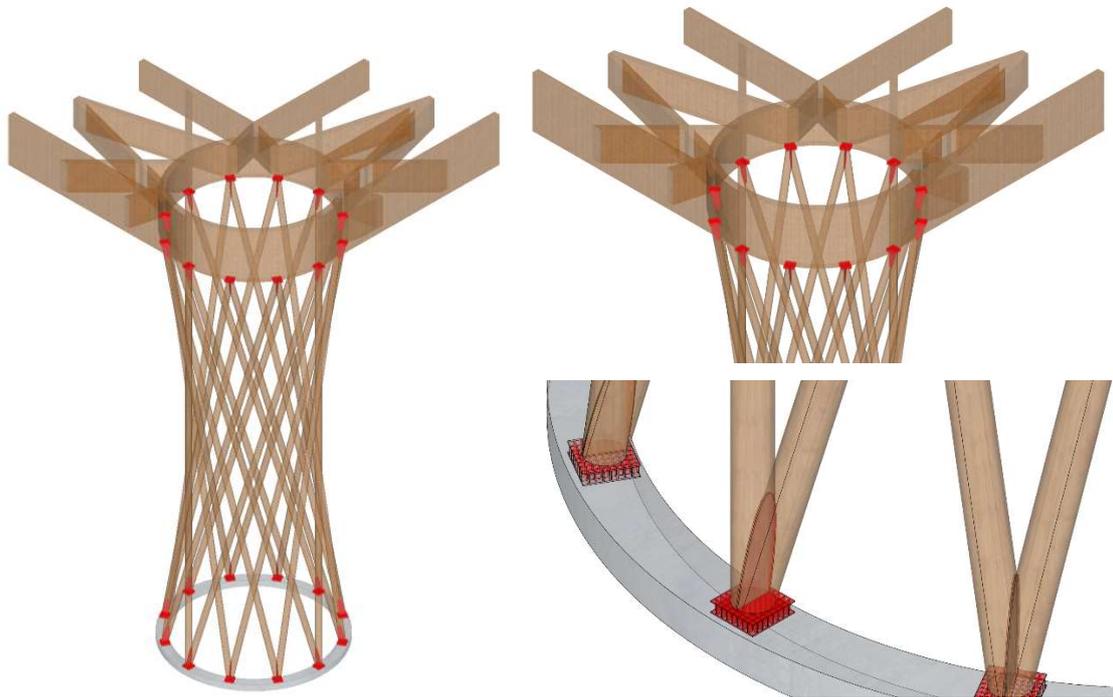
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Cada pavilhão, seja ele o de ensaios ou o administrativo, tem uma paginação de fiada específico, pois além de seguir uma fiada intercalada, o projeto tem uma modulação que é múltipla de 3 para melhor posicionamentos dos tijolos ecológicos.

#### 7.4.2 Coberturas

Para as duas cobertas foram utilizadas uma estrutura de madeira, que tem como principal apoios estruturas na forma de uma Hiperboloide de Uma Folha (figura 49), formada através de pilares cilíndricos de madeira apoiadas em uma base de concreto com a sua fixação feita por uma ferragem metálica. Contudo, ainda houve a necessidade de fazer um sistema auxiliar para essa coberta entre vãos.

Figura 50: Vistas da Hiperboloide de Uma Folha.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Os vãos livres entre os hiperboloides no Pavilhão de ensaios é de 34m e 36m, enquanto no Pavilhão da Administração o vão é de 23,10m. Sendo assim, foi optado por permanecer com os pilares de madeira esbeltos nos hiperboloides e criar um sistema auxiliar de suporte para essa cobertura, sendo assim os pilares e vigas de concreto pré-moldado, mantendo a ideia de tornar a obra mais limpa e rápida com materiais fáceis de construção.

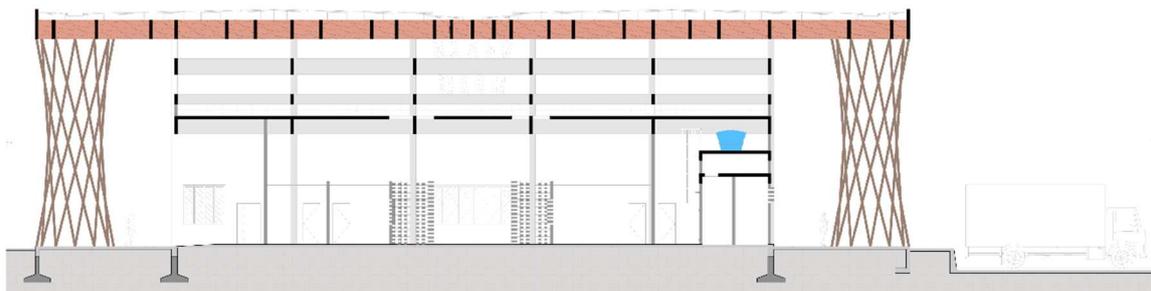
Figura 51: Pavilhão de Ensaios - Hiperboloide de uma folha



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A cobertura dessa estrutura de madeira é feita através de telha zipada termoacústica, com inclinação de 2,5%, nas áreas centrais da coberta. Porém, observou-se a necessidade de levar iluminação natural para as áreas centrais dos blocos de ensaio, pois, mesmo com a coberta com uma altura de 12,10m, algumas áreas mais no centro passavam a maior parte do tempo em sombra. Assim, usou-se a telha de policarbonato trapezoidal, com inclinação de 5%.

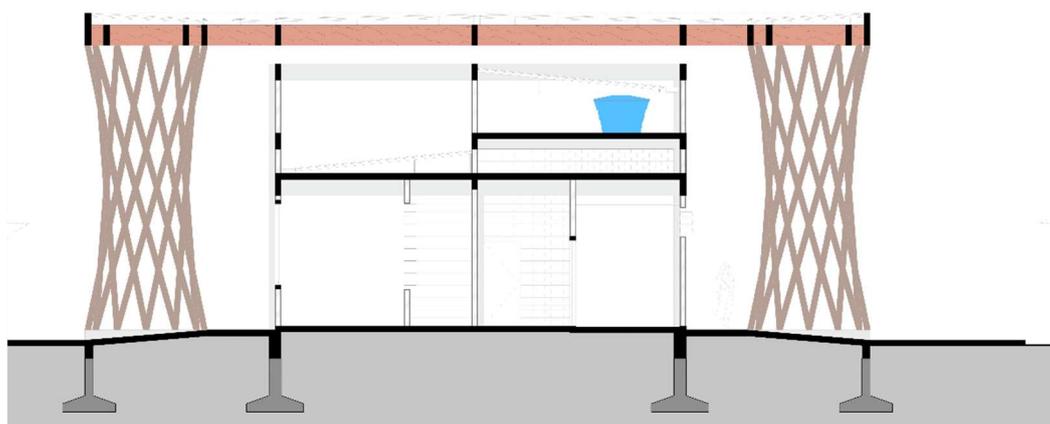
Figura 52: Corte do Pavilhão de Ensaio.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na cobertura do Pavilhão Administrativo (figura 53) não foi necessário trazer essa iluminação central, então o uso da cobertura de policarbonato trapezoidal, com inclinação de 5%, limitou-se as áreas laterais da coberta, onde as hiperboloides de uma folha se ligam.

Figura 53: Corte do Pavilhão Administrativo.

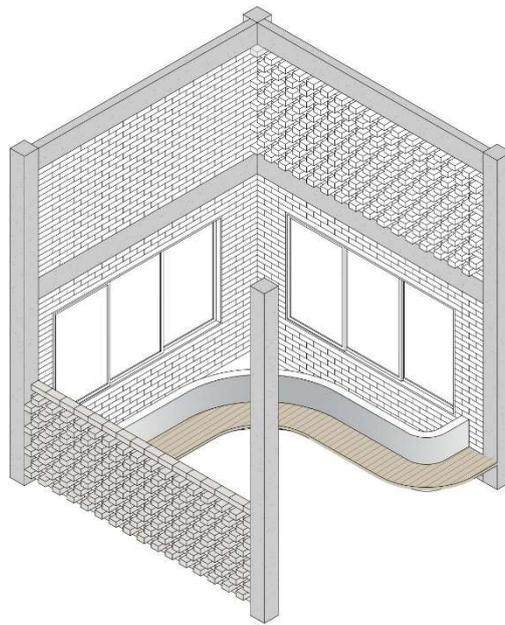


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

#### 7.4.3 Esquadrias

As esquadrias das edificações foram feitas em madeira, e quando cabia o uso do vidro, se fez esse acréscimo. As janelas foram utilizadas em situações em que era necessário manter o controle ambiental interno, como em salas de reunião e salas de estudos, ambos presentes nas duas edificações.

Figura 54: Vista Isométrica - Pavilhão da Administração.



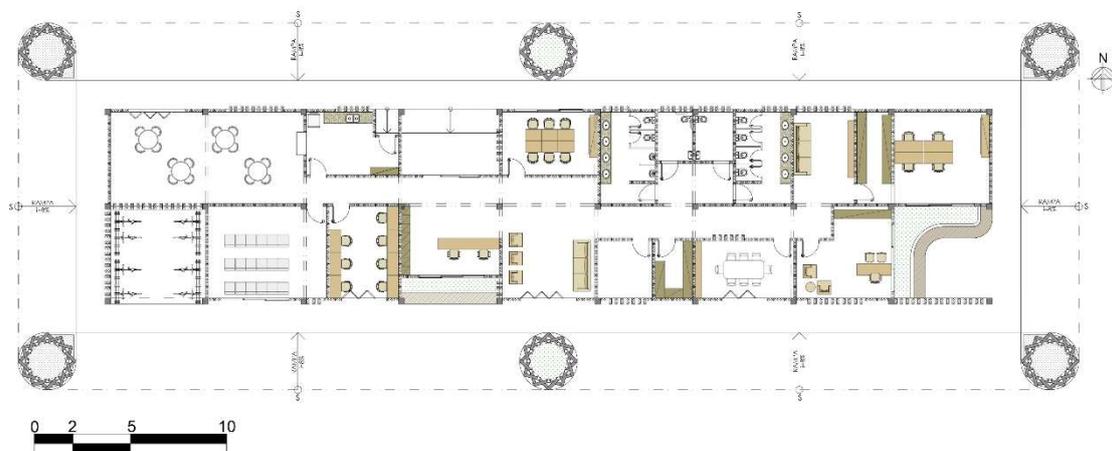
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Contudo, o uso de tijolos rotacionados foi a prioridade para a criação de aberturas em ambos os projetos, já que desse modo há um incentivo ao uso de ventilação e iluminação natural, diminuindo os custos da edificação e o seu impacto no meio ambiente. Essa foi uma maneira de forçar o uso desse sistema.

## 7.5 Plantas dos pavilhões

O pavilhão da Administração (figura 55) tem uma planta simples, onde há apenas dois tipos de setorização. A primeira são as áreas restritas para os administradores, localizada do lado leste. A segunda são as áreas disponíveis para os alunos, localizadas no lado oeste da planta.

Figura 55: Planta baixa - Pavilhão da Administração.

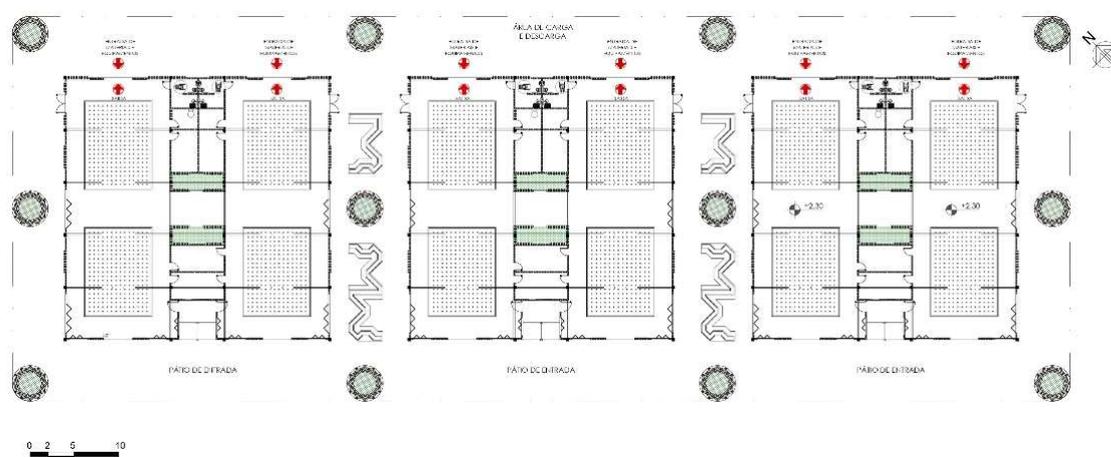


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Apesar das áreas de ensino ficarem na fachada, o refeitório é quem recebe a maior parte da insolação da tarde. Essa decisão foi tomada pois, como essa é uma área de permanência curta, não haveria grandes desconfortos. Além disso, com a parede sul do refeitório sendo toda de tijolos rotacionados, há sempre uma brisa entrando no ambiente fazendo a ventilação cruzada com a esquadria oposta.

No pavilhão de Ensaios (figura 56) a entrada principal dos pedestres ficou para a via principal, pois a fachada oposta está locada as docas, onde foi aproveitado o desnível natural do terreno para criar essa área de carga e descarga com níveis semelhantes entre o edifício e o caminhão de pequena carga.

Figura 56: Planta Baixa - Pavilhão de Ensaios.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A estrutura dos grandes salões de entrada dos blocos de ensaios recebe lajes de reação para suportar quaisquer necessidades que os ensaios venham a precisar. Um exemplo é o ensaio de corpo mole e corpo duro, onde um peso é solto sobre a amostra para realização do ensaio mecânico. As lajes possuem uma dimensão de 7,70x10,20m.

Figura 57: Laje de reação.



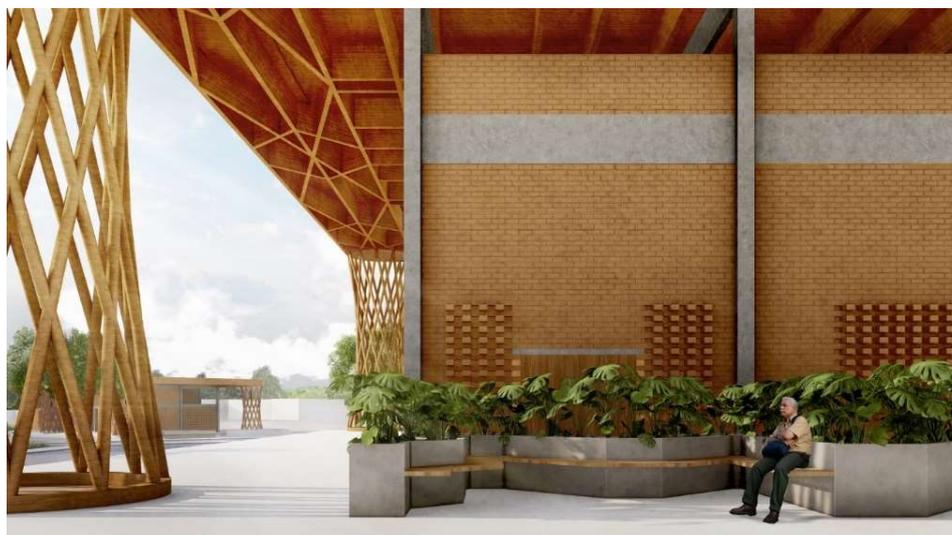
Fonte: Universidade Federal de Viçosa, 2023.

A laje de reação (figura 57) é feita de concreto armado que é resistente a cargas elevadas, resistindo a esforços que a laje convencional não resiste. Os tubulões devem ser dimensionados para resistir aos esforços de tração ocasionados por ensaios.

## 7.6 Imagens do Projeto

A seguir, é apresentado imagens esquemáticas que mostram as escolhas projetuais implementadas, e que poderá ajudar o leitor como um apoio gráfico ao projeto 2D.

Figura 58: Pavilhão de Ensaios - jardineiras centrais.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 59: Pavilhão de Ensaios – Docas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 60: Pavilhão de Ensaios - aproximação das docas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 61: Pavilhão de Ensaios.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 62: Pavilhão da Administração.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 63: Pavilhão da Administração - Iluminação de piso.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho partiu da vontade pessoal de desenvolver um programa arquitetônico que pudesse abordar áreas laboratoriais de ensaios limpos e/ou sujos, e que tivesse ligação direta com a criação de um espaço de pesquisa sustentável.

Para isso, foi-se necessário filtrar quais tipos de ensaios seriam desenvolvidos do projeto arquitetônico, e chegou-se ao tópico da construção civil. Foi estudado que a área da construção civil é um dos agentes que mais consomem recursos naturais, produzindo grande parte dos gases de efeito estufa.

Assim, foi necessário estudar quais as Normas Brasileiras Técnicas que abordavam o assunto, assim, destrinchando quais os ensaios eram necessários para desenvolver o programa de necessidade de acordo com a área instruída pela norma.

Como a norma só aborda quais atividades serão realizadas e não a área necessária, foi realizado uma visita técnica ao Nutec, onde foi desenvolvido um estudo espacial sobre o layout e o valor da área que poderia comportar uma atividade listada na ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeiras, bem como suas 7 partes, a ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais — Desempenho, e demais Normas Brasileiras citadas.

Para o setor da administração, onde houve o acréscimo de áreas de serviço predial, foi utilizado da a premissa básica de quais áreas seriam necessárias para administrar uma empresa. Então, houve o acréscimo de salas básicas – como sala administrativa, sala de reunião e sala da diretoria – assim o edifício contaria com profissionais que coordenariam as atividades realizadas.

É preciso ressaltar a importância que esse dispositivo tem para a ampliação das pesquisas realizadas na região marginal da cidade de Fortaleza – Ce, trazendo essa área pouco valorizada como ponto de evidencia de crescimento econômico e sustentável da cidade. Um dos principais intuitos deste trabalho é proporcionar um levantamento que aborde a viabilidade dessa tipologia arquitetônica no terreno escolhido.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, v. 5, 2011.

ALMOND, R. E. A. . G. M. . J. B. Living Planet Report 2022 - Building a nature-positive societ. **WWF**, 2022. Disponível em: <[https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2022/10/LPR\\_2022\\_Full-Report.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2022/10/LPR_2022_Full-Report.pdf)>. Acesso em: 01 Agosto 2023.

ANDRADE, M. C.; BARROS, M. J. F. D.; CASTRO, H. U. **Discurso da educação Corporativa: estudos da situação enunciativa em um texto do relatório de sustentabilidade 2014 da Marcopolo S.A.** Ponta Grossa: Atenas, v. 2, 2019.

ARCHDAILY. Laboratórios de Pesquisa INRA / Tectoniques Architects. **Archdaily**, 2013. Disponível em: <[https://www.archdaily.com.br/br/01-113635/laboratorios-de-pesquisa-inra-slash-tectoniques-architects?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com.br/br/01-113635/laboratorios-de-pesquisa-inra-slash-tectoniques-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)>. Acesso em: 25 Agosto 2023.

ARCHIDAILY. Sede Administrativa Fundação Florestal – Juréia-Itatins / 23 SUL. **Archidaily**, 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/973978/sede-administrativa-fundacao-florestal-nil-jureia-itatins-23-sul-arquitetura>>. Acesso em: Agosto 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15521: Ensaios não destrutivos - Ultra-som - Classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas**. ABNT. Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais — Desempenho**. ABNT. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/IEC 17025 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.** ABNT. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos.** Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.** Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.** ABNT. Rio de Janeiro. 2022a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projetos de Estruturas de madeira - Parte 1: Critérios de dimensionamento.** ABNT. Rio de Janeiro. 2022b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira - Parte 2: Métodos de ensaios para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira.** ABNT. Rio de Janeiro. 2022c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira - Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova insentos de defeitos para madeiras de florestas.** ABNT. Rio de Janeiro. 2022d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projetos estruturais de madeira - Parte 4: Métodos de ensaio para caracterização peças estruturais.** ABNT. Rio de Janeiro. 2022e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projetos estruturais de madeira - Parte 5: Métodos de ensaio para determinação de resistência e da rigidez de ligações com conectores mecânicos**. ABNT. Rio de Janeiro. 2022f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projetos estruturais de madeira - Parte 6: Métodos de ensaio para caracterização de madeira laminada colada estrutural**. ABNT. Rio de Janeiro. 2022g.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190: Projetos estruturais de madeira - Parte 7: Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada cruzada estrutura**. ABNT. Rio de Janeiro. 2022h.

CALIL, C. **Estrutura de madeira: projetos, dimensionamento e exemplos de cálculos**. 1º. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

CEARÁ, P. M. D. F. Fortaleza em mapas: Base. **Fortaleza em mapas**, 2023. Disponível em: <<https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/>>. Acesso em: Agosto 2023.

ECO, T. P. Tijolo Ecológico. **Tijolo Ponto Eco**, [s.d]. Disponível em: <[https://www.tijolo.eco.br/produtos/tijolo\\_ecologico/](https://www.tijolo.eco.br/produtos/tijolo_ecologico/)>. Acesso em: 09 Dezembro 2023.

EMBRAPA. Sobre a Embrapa. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/sobre-a-embrapa>>. Acesso em: agosto 2023.

FORTALEZA. **Lei de parcelamento, uso e ocupação do solo do Município de Fortaleza**. Prefeitura Municipal de Fortaleza. Fortaleza. 2017.

KEELER, M.; VAIDYA, P. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

KIBERT, C. J. **Edificações Sustentáveis: projeto, construção e operação**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

NETWORK, G. F. Ecological Footprint. **Global Footprint Network**, 2023. Disponível em: <<https://data.footprintnetwork.org/#/>>. Acesso em: 01 Março 2023.

ONU. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. **Nações Unidas Brasil**, 2018. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 01 Agosto 2023.

OPOVO. **Nossos Bairros Nossa Fortaleza**: Mapeamento econômico, humano e afetivo da cidade de Fortaleza. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 2022. Disponível em: <[https://issuu.com/opovodigital/docs/nossosbairros\\_11](https://issuu.com/opovodigital/docs/nossosbairros_11)>.

OXMAN, N. MIT Media Lab. **Material Ecology**, 2014. Disponível em: <<https://www.media.mit.edu/publications/material-ecology/>>. Acesso em: 01 Março 2023.

PFEIL, M.; PFEIL, W. **Estruturas de Madeira**: dimensionamento segundo a norma brasileira NBR 7190/97 e critérios das normas norte-americanas NDS e europeia EUROCODE 5. 6°. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**: dimensionamento segundo a norma brasileira NBR 7190/97 e critérios das normas norte-americanas NDS e europeia EUROCODE 5. 6°. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

PILON, A. **Case Study**: Centre for Interactive Research on Sustainability. Canadá: Naturally Wood, 2018. Disponível em: <[https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/centre-for-interactive-research-on-sustainability\\_case-study\\_naturallywood.pdf](https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/centre-for-interactive-research-on-sustainability_case-study_naturallywood.pdf)>. Acesso em: 01 Abril 2023.

PILON, A. et al. Wood Innovation Research Laboratory. **Naturally:wood**, British Columbia, Outubro 2018. 22. Disponível em: <<https://www.naturallywood.com/project/wood-innovation-research-lab/>>. Acesso em: 01 Abril 2023.

ROWLING, J. K. **Harry Potter e a Pedra Filosofal**. Tradução de Lia Wyler. 1º. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2017.

SEFIN, I. Downloads. **Infraestrutura de Dados Espaciais da Secretaria das Finanças de Fortaleza**, 2023. Disponível em: <<https://ide.sefin.fortaleza.ce.gov.br/>>. Acesso em: 01 Agosto 2023.

TWYFORD-MILES, G. UNBC Wood Innovation Research Laboratory: Collaborative Passive House Design Achieves a Canadian First. **Focus**, British Columbia, 2019. 14-17. UFC. Área física da UFC. **Universidade Federal do Ceará**, 2023. Disponível em: <<https://www.ufc.br/a-universidade/conheca-a-ufc/56-area-fisica-da-ufc>>. Acesso em: 01 Agosto 2023.

UNBC. Photo Gallery: Wood Innovation Research Lab. **University of Northern British Columbia.**, 2018. Disponível em: <<https://www2.unbc.ca/image-galleries/47078/wood-innovation-research-lab>>. Acesso em: 01 Abril 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Laboratório de Estruturas. **DEC UFV**, 2023. Disponível em: <<http://www.dec.ufv.br/pagina-laboratorio-de-estruturas>>. Acesso em: 10 Dezembro 2023.