

**ERIKA YUMI MIURA
LETÍCIA KAORI KARUBI YOKOTA
LUIZA TAKESHITA BARBOSA
MURILLO HIDEYOSHI NISHIMURA GISHIFU**

Projeto de moradia estudantil para a USP Leste

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

São Paulo

2018

**ERIKA YUMI MIURA
LETÍCIA KAORI KARUBI YOKOTA
LUIZA TAKESHITA BARBOSA
MURILLO HIDEYOSHI NISHIMURA GISHIFU**

Projeto de moradia estudantil para a USP Leste

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientadora: Prof^a. Mercia Maria
Semensato Bottura de Barros

São Paulo
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Miura, Erika Yumi

Projeto de moradia estudantil para a USP Leste / E. Y. Miura, L. K.
K.Yokota, L. T. Barbosa, M. H. N. Gishifu -- São Paulo, 2017.
164 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Moradia estudantil 2.Alvenaria estrutural 3.Construção civil
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Construção Civil II.t. III.Yokota, Letícia Kaori Karubi
IV.Barbosa, Luiza Takeshita V.Gishifu, Murillo Hideyoshi Nishimura

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à nossa orientadora, Professora Mercia Maria Semensato Bottura de Barros, pela oportunidade de nos acompanhar neste trabalho e por toda sua paciência e dedicação conosco.

Ao Professor Luiz Sérgio Franco, pela ajuda prestada na elaboração do projeto de alvenaria estrutural, sempre disposto a esclarecer nossas dúvidas.

Aos nossos amigos, em especial à nossa amiga Kelly Fiana Santos Pereira, por nos assistir e estar sempre envolvida com nosso trabalho.

E, por fim, às nossas famílias, por estarem presentes e nos apoiarem ao longo da nossa jornada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto habitacional Charles David Keeling Apartments, Califórnia	4
Figura 2 - Conjunto residencial da USP (CRUSP)	5
Figura 3 - Localização do Campus Leste da USP	6
Figura 4 - Estudantes em ato contra cortes de bolsa auxílio.....	7
Figura 5 - Área de implantação do empreendimento	9
Figura 6 - Localização do campus no Zoneamento do município	10
Figura 7 - Arquitetura Campus Ribeirão Preto.....	12
Figura 8 - Comparação entre a arquitetura original (superior) e a modificada (inferior)	13
Figura 9 - Arquitetura do pavimento tipo: primeiro e segundo andar	14
Figura 10 - Arquitetura do pavimento térreo	14
Figura 11 - Prédios existentes	15
Figura 12 - Planta estrutural do pavimento tipo	18
Figura 13 - Grupos de paredes isoladas.....	18
Figura 14 - Ação do Vento	22
Figura 15 - Gráfico de isopletas dos ventos no País	23
Figura 16 - Desaprumo da parede	28
Figura 17 - Exemplo Laje Maciça	32
Figura 18 - Lçamento pré-laje.....	33
Figura 19 - Laje formada por vigotas pré-moldadas	34
Figura 20 - Vigotas disponíveis no mercado.....	34
Figura 21 - Vigota de concreto armado	35
Figura 22 - Vigotas protendidas	35
Figura 23 - Vigota treliçada	36
Figura 24 - Painel treliçado	37
Figura 25 - Formas plásticas tipo cubetas	38
Figura 26 - Sistema adotado: vigotas treliçadas com EPS.....	39
Figura 27 - Estrutura treliçada	39
Figura 28 - Elemento de enchimento de EPS.....	40
Figura 29 - Disposição e direção de apoio das lajes no pavimento	41
Figura 30 - Fornecedores de blocos de concreto estruturais mais próximos da obra.....	41
Figura 31 - Amarração entre paredes.....	44
Figura 32 - Conceito do Sistema de Ventilação.....	46
Figura 33 - Pontos de sondagem.....	47
Figura 34 - Corte do solo em torno da moradia	48
Figura 35 - Corte II do solo em torno da moradia	48
Figura 36 - alocação das vigas baldrame e estacas.....	51
Figura 37 - Dimensões de blocos simples	53
Figura 38 - Dimensões de blocos para duas estacas.....	54
Figura 39 - Tipologia das chapas de drywall - térreo.....	55
Figura 40 - Tipologia das chapas de drywall - pavimento tipo.....	56
Figura 41 - Revestimento vertical	57
Figura 42 - Revestimento Horizontal	58
Figura 43 - Sistema indireto por gravidade esquematizado	59
Figura 44 - Desenho esquemático de um sistema de aquecimento solar residencial	61
Figura 45 - Válvulas <i>manifold</i> com registros.....	67
Figura 46 - Kit hidráulico de chuveiro com válvula <i>manifold</i>	68
Figura 47 - Corte do banheiro tipo	69
Figura 48 - Corte da cozinha e área de serviço.....	69
Figura 50 - Tubulação sanitária do banheiro	72
Figura 51 - Tubulação sanitária da cozinha e área de serviço	73
Figura 52 - Numeração dos tubos de queda	73
Figura 53 - Ramais de ventilação em um pavimento tipo.....	75
Figura 54 - Ramais de ventilação no pavimento térreo	76
Figura 55 - Terminal de ventilação	77

Figura 56 - Representação da cobertura do edifício	79
Figura 57 - Ralo hemisférico	80
Figura 58 - Numeração das superfícies da cobertura	81
Figura 59 - Indicações para cálculo da área de contribuição	82
Figura 60 - Ábaco para dimensionamento de condutos verticais	84
Figura 61 - Esquema unifilar das instalações elétricas	90
Figura 62 - Disjuntores Termomagnéticos	91
Figura 63 - Interruptor Diferencial Residual	91
Figura 64 - Representação esquemática do quadro de distribuição	93
Figura 65 - Eletroduto com condutores embutidos	99
Figura 66 - Modelo de compartimentação vertical (verga-peitoril)	104
Figura 67 - Hall do elevador e caixa da escada	109
Figura 68 - Luminária de Emergência - modelo ILED 40	111
Figura 69 - Parede do hall do elevador	114
Figura 70 - Desenho isométrico do sistema de hidrantes (sem escala)	119
Figura 71 - Indicação do ponto A	120
Figura 72 - Bomba centrífuga - modelo Meganorm	122
Figura 73 - Campo de aplicação da bomba KSB Meganorm	123
Figura 74 - Curvas características da bomba - modelo Meganorm 50-32-200.1, 3.500 rpm	124
Figura 75 - Esquema de instalação da bomba <i>jockey</i> (esquerda) e principal (direita)	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ações Verticais	16
Tabela 2 - Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes.....	19
Tabela 3 - Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento.....	21
Tabela 4 - Parâmetros meteorológicos.....	25
Tabela 5 - Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento	29
Tabela 6 - Cálculo da resistência dos grupos de parede	42
Tabela 7 - Determinação das resistências dos blocos	44
Tabela 8 - carga das estacas.....	54
Tabela 9 - Classificação dos coletores solares.....	65
Tabela 10 - Irradiação solar diária média mensal em São Paulo	66
Tabela 11 - Relação entre diâmetros PEX e PVC	71
Tabela 12 - Unidades de Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga	72
Tabela 13 - Cálculo do número de Unidades de Hunter de Contribuição	74
Tabela 14 - Dimensionamento dos tubos de queda	74
Tabela 15 - Distância máxima de um desconector (sifão) ao tubo ventilador.....	75
Tabela 16 - Dimensionamento dos ramais de ventilação	76
Tabela 17 - Dimensionamento das colunas de ventilação	77
Tabela 18 - Cálculo das áreas de contribuição.....	82
Tabela 19 - Carga de iluminação de um apartamento	86
Tabela 20 - Pontos de Tomada	88
Tabela 21 - Divisão dos circuitos terminais	89
Tabela 22 - Capacidades de condução de corrente	94
Tabela 23 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados.....	95
Tabela 24 - Capacidades de condução de corrente corrigidas	95
Tabela 25 - Dimensionamento dos condutores	96
Tabela 26 - Tabela para dimensionamento do IDR	97
Tabela 27 - Resumo do dimensionamento dos circuitos terminais	98
Tabela 28 - Dimensões para os Cabos SUPERASTIC FLEX 750V BWF ANTIFLAM.....	99
Tabela 29 - Dimensionamento de eletroduto de PVC	100
Tabela 30 - Exigências para edificações do grupo A com área superior a 750 m ² ou altura superior a 12 m	102
Tabela 31 - Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF)	103
Tabela 32 - Área máxima de compartimentação (m ²)	103
Tabela 33 - Classe dos materiais a serem utilizados em função da finalidade do material	105
Tabela 34 - Materiais e revestimento de piso	105
Tabela 35 - Materiais e revestimento de parede	106
Tabela 36 - Materiais e revestimento de teto.....	106
Tabela 37 - Classificação dos materiais de revestimento utilizados	107
Tabela 38 - Dados para o dimensionamento das saídas de emergência	107
Tabela 39 - Dimensionamento da largura das saídas	108
Tabela 40 - Tipos de escadas de emergência por ocupação.....	109
Tabela 41 - Formas geométricas e dimensões para sinalização de emergência	112
Tabela 42 - Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m ³)	115
Tabela 43 - Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho	116
Tabela 44 - Resumo dos parâmetros adotados no dimensionamento.....	116
Tabela 45 - Comprimentos equivalentes em metros de tubulação	118
Tabela 46 - Cálculo da perda de carga no trecho H6 – A	120
Tabela 47 - Cálculo da vazão no trecho H5 – A	121
Tabela 48 - Cálculo da perda de carga no trecho A – EB	121
Tabela 49 - Resultado do dimensionamento do sistema.....	122

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTO	1
1.2	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	1
1.3	MATERIAIS E MÉTODOS	2
2	ESTUDO PRELIMINAR	3
2.1	CARÁTER SOCIAL DAS MORADIAS ESTUDANTIS.....	3
2.2	A MORADIA ESTUDANTIL NA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - CAMPUS BUTANTÃ.....	5
2.3	CAMPUS LESTE DA USP	5
3	O EMPREENDIMENTO	8
3.1	DIRETRIZES INICIAIS.....	10
4	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	12
4.1	PROJETO DE ARQUITETURA	12
4.2	PROJETO ESTRUTURAL	16
4.2.1	Ações verticais	16
4.2.1.1	Carregamento vertical	17
4.2.2	Ações horizontais	22
4.2.2.1	Ação do vento	22
4.2.2.2	Desaprumo.....	27
4.2.2.3	Determinação das tensões devido ao vento e desaprumo.....	29
4.2.3	Concepção das plantas das lajes	30
4.2.3.1	Tipo de lajes	30
4.2.3.2	Escolha da laje	38
4.2.3.3	Distribuição das lajes	40
4.2.4	Blocos de alvenaria estrutural	41
4.2.4.1	Escolha dos blocos	41
4.2.4.2	Modulação.....	42
4.2.4.3	Resistência dos blocos.....	42
4.2.5	Detalhes construtivos	44
4.2.5.1	Ligação entre paredes.....	44
4.2.5.2	Reforços construtivos.....	45
4.2.5.3	Apoio da laje.....	45
4.2.6	FUNDAÇÕES.....	45
4.2.6.1	O problema da contaminação	45
4.2.6.2	Sondagem	46
4.2.6.3	Escolha da fundação	48
4.2.6.4	Detalhamento	51
4.3	VEDAÇÃO	55
4.3.1	DRYWALL	55

4.3.2	REVESTIMENTO	56
4.4	PROJETO DE SISTEMAS PREDIAIS	58
4.4.1	Sistema hidráulico	58
4.4.1.1	Caracterização do sistema de suprimento de água	58
4.4.1.2	Caracterização do sistema de aquecimento de água.....	59
4.4.1.3	Aparelhos hidráulicos	61
4.4.1.4	Estimativa do consumo diário de água.....	61
4.4.1.5	Diâmetro e vazão do alimentador predial	62
4.4.1.6	Sistema de abastecimento de água	62
4.4.1.7	Boiler	63
4.4.1.8	Reservatório superior	63
4.4.1.9	Reservatório inferior	63
4.4.1.10	Coletores solares	64
4.4.1.11	Sistema de recalque.....	66
4.4.1.12	Sistema de distribuição	67
4.4.2	Sistema de esgotamento sanitário	71
4.4.2.1	Diretrizes	71
4.4.2.2	Ramais de esgoto	72
4.4.2.3	Tubos de queda	73
4.4.2.4	Ventilação.....	74
4.4.2.5	Caixa de gordura.....	77
4.4.2.6	Caixas de inspeção	78
4.4.3	Sistema de drenagem pluvial	79
4.4.3.1	Descrição do sistema	79
4.4.3.2	Impermeabilização da cobertura	80
4.4.3.3	Cálculo da área de contribuição	80
4.4.3.4	Determinação da intensidade pluviométrica.....	82
4.4.3.5	Determinação da vazão de projeto.....	83
4.4.3.6	Dimensionamento dos condutores horizontais.....	83
4.4.3.7	Dimensionamento dos condutores verticais	83
4.4.3.8	Caixas de areia	84
4.4.4	Sistema de instalações elétricas	86
4.4.4.1	Previsão de carga em um apartamento	86
4.4.4.2	Divisão dos circuitos terminais	88
4.4.4.3	Representação unifilar dos circuitos terminais	90
4.4.4.4	Proteção dos circuitos	90

4.4.4.5	Dimensionamento dos Condutores	93
4.4.4.6	Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção	97
4.4.4.7	Dimensionamento dos Eletrodutos.....	99
4.4.4.8	Projeto de Instalações Elétricas	100
4.4.5	Sistema de proteção contra incêndio	101
4.4.5.1	Introdução	101
4.4.5.2	Classificação da edificação	101
4.4.5.3	Acesso de viatura na Edificação	102
4.4.5.4	Segurança Estrutural contra Incêndio	102
4.4.5.5	Compartimentação Vertical	103
4.4.5.6	Controle dos materiais de acabamento e revestimento	104
4.4.5.7	Saídas de Emergência	107
4.4.5.8	Brigada de Incêndio	110
4.4.5.9	Iluminação de Emergência.....	110
4.4.5.10	Alarme de Incêndio	111
4.4.5.11	Sinalização de Emergência.....	111
4.4.5.12	Extintores	113
4.4.5.13	Hidrantes	114
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
	REFERÊNCIAS.....	127
	APÊNDICE B	132
	APÊNDICE C	141
	APÊNDICE D	148
	APÊNDICE E	152

RESUMO

O trabalho de formatura de Engenharia Civil da Escola Politécnica possibilita aos seus elaboradores a aplicação e a integração de conhecimentos adquiridos ao longo do curso, além da prática das habilidades de projeto.

Assim, o objetivo desse trabalho foi elaborar um projeto para construção de uma moradia estudantil voltada para o Campus Leste da Universidade de São Paulo, com nível de detalhamento superior ao de um Projeto Básico. Procurou-se também abordar a necessidade por habitação que uma universidade gera em sua região.

Primeiramente, foi feito um estudo preliminar, no qual as moradias estudantis foram caracterizadas e dados da USP Leste foram levantados, como dados de sondagem e informações sobre o zoneamento da região; por meio de pesquisas, contato com as entidades pertinentes e uma visita de campo. Com a arquitetura definida e o local de implantação escolhido, a etapa seguinte foi desenvolver os projetos, para tanto foram utilizadas informações obtidas ao longo do curso e publicações sobre o tema, além das normas técnicas.

Dessa maneira, nesse trabalho encontram-se os projetos de estrutura, em alvenaria estrutural; fundação, em estacas hélice contínua; e os projetos dos sistemas prediais de hidro sanitários, de elétrica e combate a incêndio.

Palavras chaves: moradia estudantil, projeto, engenharia civil,

ABSTRACT

The Engineering School of University of São Paulo enables Civil Engineering students, in their final paper, not only to apply and to integrate the knowledge acquired over the years, but it also gives the opportunity to develop project skills.

This way, the objective of this final paper is to elaborate a student accommodation project to University of São Paulo East Campus. It also outlines the need for residences nearby universities.

First, preliminary studies have been conducted in order to characterise student's hall. Besides that, some data regarding the campus, such as geotechnical survey and information about the zoning plan, were obtained through research and by contacting relevant institutions. Then, after gathering these information, defining the building's design and choosing the area of implementation, the projects were developed; to that end, previous knowledge, articles and technical standards were consulted.

Therefore, this paper contains masonry structural drawings, deep pile foundation design, and building systems projects: domestic water, electric system, fire extinguisher project.

Key-words: student accommodation; design project; civil engineering

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Durante a graduação em Engenharia Civil na Escola Politécnica, entra-se em contato com diversas disciplinas, as quais são organizadas por departamentos abrangendo distintas áreas do conhecimento. Há um grande volume de informação transmitido, e esta é, muitas vezes, didaticamente compartimentada. Ocorre assim uma falta de articulação entre os diferentes conhecimentos e habilidades proporcionados pelos diferentes departamentos.

O trabalho de formatura visa à produção de um projeto que integre o conhecimento que fora transmitido e acumulado de maneira dissociada e que também, possibilite o desenvolvimento das principais habilidades requeridas de um futuro engenheiro, dentre as quais, destacam-se aqui as relacionadas ao desenvolvimento de projetos.

Buscando reunir conhecimentos de diferentes áreas de conhecimento e a habilidade projetual, tomou-se como objeto de trabalho o desenvolvimento do projeto de uma moradia estudantil.

1.2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento do projeto de uma moradia estudantil para o Campus Leste da USP. O empreendimento consiste em uma obra pública e um projeto dessa natureza necessita passar por um processo de licitação. Embora a elaboração de um Projeto Básico e de um orçamento detalhado seja condição suficiente para licitar uma obra pública no Brasil, de acordo com a Lei Nacional de Licitações e Contratos Administrativos, o trabalho se propõe a detalhar o projeto além do que é geralmente definido em Projeto Básico. A decisão foi tomada considerando que um projeto pouco detalhado costuma acarretar em muitas mudanças posteriores à sua aprovação, algo que deve ser evitado.

A elaboração desse projeto será uma oportunidade de praticar os conceitos e conhecimentos aprendidos, e as habilidades adquiridas durante a graduação. Assim, buscou-se um tema desafiador, que possibilitasse o desenvolvimento das habilidades de projeto, aplicando-se os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

O tema, moradia estudantil, apresenta-se pertinente como trabalho de formatura por abordar, não apenas a edificação e seu projeto, mas também a necessidade por habitação que a universidade gera em sua região. Além disso, em um panorama internacional, estudos norte-americanos revelam que viver em ambiente residencial dentro do campus produz vários efeitos benéficos para os estudantes, possibilitando o desenvolvimento de habilidades nos âmbitos social, acadêmico e pessoal.

E diferentemente dos Estados Unidos e da Europa, no Brasil as moradias estudantis universitárias apresentam forte caráter social, fazendo parte de programas de assistência estudantil. Assim, o edifício projetado será gerido pelo Serviço Social (SAS) da Escola de Artes e Ciências Humanas (EACH-USP), com apartamentos destinados à comunidade acadêmica avaliada em nível socioeconômico desfavorecido.

1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir dos seguintes passos:

i) Estudos Iniciais:

- (1) Caracterização de moradias estudantis: foram realizadas pesquisas para caracterização de moradias em um panorama nacional e também em alguns países do exterior. Consultaram-se os acervos da POLI-USP e da FAU-USP, além da internet. No panorama paulista, a referência utilizada foi o Centro Residencial da USP (CRUSP), a moradia estudantil localizada nas dependências da Cidade Universitária Armando Salles Oliveira (USP-São Paulo).
- (2) Levantamento de dados: realizou-se contato com o SAS da EACH-USP, verificando-se a inexistência de planos para uma moradia estudantil no Campus Leste da USP e, por outro lado, a sua alta demanda. O estudo da Lei de Zoneamento, também foi realizado, verificando-se as exigências referentes ao uso e ocupação do solo na área do campus.

Por meio do contato com a Superintendência do Espaço Físico da USP (SEF) foi obtida uma série de arquivos, dentre eles plantas de projeto arquitetônico de

moradias implantadas nos Campi da USP em São Paulo e Ribeirão Preto, o Plano Diretor para a USP Leste e os dados de sondagem, com o croqui de localização da sondagem e perfis geológicos e geotécnicos do Campus Leste da USP.

- (3) Caracterização das condições urbanísticas do Campus Leste da USP: foi realizada a análise dos arquivos obtidos da SEF, com a análise de possíveis pontos de localização do futuro edifício. Além disso, o grupo realizou uma visita de campo àquele Campus, analisando os edifícios existentes e o espaço em geral.
- ii) Organização do grupo: o grupo foi dividido em frentes de projeto, dedicando-se, aos projetos de estrutura e fundação, e de sistemas prediais - hidráulico, sanitário, elétrico e combate ao incêndio.
- iii) Desenvolvimento de projetos: a elaboração dos projetos se deu com o uso de notas de aula, reuniões com a professora orientadora e conversas com outros professores do curso de Engenharia Civil, além da consulta às normas técnicas e publicações específicas para cada subsistema do edifício. Durante a confecção dos projetos utilizou-se ferramentas computacionais, dentre eles o Microsoft Office Excel ® e o AutoDesk AutoCAD 2015 ® - versão estudantil.

2 ESTUDO PRELIMINAR

2.1 CARÁTER SOCIAL DAS MORADIAS ESTUDANTIS

A pesquisa feita sobre edificações destinadas a estudantes permitiu identificar a importância que esse tipo de moradia apresenta. Sobretudo nos Estados Unidos há pesquisas sobre a influência exercida pela moradia estudantil na formação dos alunos ingressantes em universidades, revelando notáveis ganhos nas dimensões pessoal, acadêmica e social (GARRIDO, 2012).

Uma das universidades analisadas foi a *University of California*, localizada em *San Diego* e sua moradia estudantil *Charles David Keeling Apartments* (Figura 1). Esta é uma construção que apresenta alto nível de sustentabilidade e possui selo

LEED Platinum. Em seu projeto buscou-se o máximo aproveitamento dos aspectos ambientais positivos da região do Sul da Califórnia (American *Institute* of Architects).

Figura 1 - Conjunto habitacional Charles David Keeling Apartments, Califórnia



Fonte: American Institute of Architects.

Nos Estados Unidos, esse tipo de moradia não costuma ser gratuita, estando os alunos sujeitos a cobranças pela acomodação oferecida pela instituição. No Brasil, pelo contrário, os alojamentos fornecidos pelas universidades fazem parte de programas de assistência estudantil, com a função de possibilitar e facilitar a formação de alunos mais necessitados. O sistema brasileiro, portanto, apresenta-se assistencialista e com critérios de seleção socioeconômicos diferente do que ocorre nos Estados Unidos.

Independente da forma de concessão da vaga, o mais relevante é que, usualmente, as universidades dispõem de espaços de moradias para acolher seus estudantes conferindo-lhes melhores condições de estudo.

Recentemente a Universidade de São Paulo abriu um novo Campus na zona leste da capital paulista, o qual ainda não dispõe desse recurso. Então, pensando-se no caráter social da Universidade, tomou-se como objeto de estudo a proposição de uma moradia estudantil para aquele Campus específico, tendo-se como referência o que já ocorre no Campus Butantã, cujas características principais são apresentadas na sequência.

2.2 A MORADIA ESTUDANTIL NA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - CAMPUS BUTANTÃ

Para este trabalho, tomou-se como referência o programa de Moradia Estudantil da Universidade de São Paulo, em que anualmente, a Superintendência de Assistência Social (SAS) realiza processo seletivo baseado em critérios socioeconômicos, para determinar os alunos aos quais serão concedidas as Bolsas Moradias. Estas podem se constituir em vagas nos apartamentos do Conjunto Residencial da USP (CRUSP) ou, na falta de lugares, recursos em dinheiro para locação de imóveis nas redondezas.

Figura 2 - Conjunto residencial da USP (CRUSP)



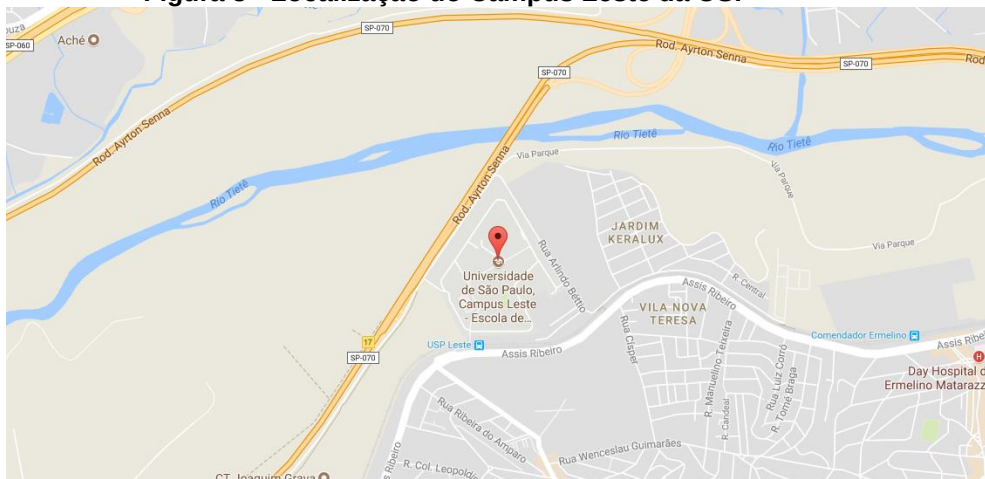
Fonte: Superintendência de Assistência social (SAS) - USP

Sua estrutura física compreende dois tipos de blocos: um composto por apartamentos de dois ou três quartos e um banheiro, além de uma cozinha coletiva por andar, e outro composto por apartamentos de seis quartos, dois banheiros e uma cozinha.

2.3 CAMPUS LESTE DA USP

O Campus Leste da USP foi concebido a partir de uma proposta de expandir a oferta de vagas públicas no ensino superior paulista. É localizado na Rua Arlindo Béttio, 1000, no bairro Ermelino Matarazzo (Figura 3).

Figura 3 - Localização do Campus Leste da USP



Fonte: Google Maps

A razão da implantação na zona leste da cidade foi devida a necessidade de serviços públicos especializados na região, apresentando-se como uma oportunidade para universidade ampliar o acesso ao ensino e à pesquisa, através de atividades culturais e esportivas (EACH- Histórico, 2017). O vestibular oferece anualmente cerca de 1.000 vagas para os dez cursos de graduação do campus (EACH - Conceção Geral, 2017).

Apesar do crescimento previsto para a região, não há um planejamento de moradia estudantil para abrigar os alunos do campus. Para esta situação a SAS possibilita que os alunos em condição socioeconômica vulnerável inscrevam-se, no início de cada ano letivo, para receber auxílio-moradia. Este auxílio corresponde a uma bolsa no valor de R\$ 400,00 reais ao mês, concedida pelo Programa de Apoio à Permanência Estudantil.

Silva (2017)¹ afirma que o programa tem como principal objetivo fornecer condições para que o estudante mantenha e amplie suas atividades acadêmicas visando à conclusão do curso ao qual está vinculado, reduzindo a evasão e contribuindo para a formação integral dos estudantes.

Até o início de 2016, alguns estudantes recebiam auxílio-transporte mensal de R\$ 200,00 reais, e parte dos beneficiados utilizavam o valor para complementar o

¹ Entrevista realizada pelos integrantes do grupo deste TF, em 06/04/2017, com a assistente Social do Campus LESTE da USP, Priscila C. Silva.

auxílio-moradia. Em fevereiro de 2016, foi anunciado o corte do auxílio-transporte, desencadeando uma série de atos estudantis (Figura 4) para que fosse mantido. O benefício foi então restituído em caráter emergencial e perdura até hoje (PAPFE, 2016).

Figura 4 - Estudantes em ato contra cortes de bolsa auxílio



Fonte: MONTEIRO, Carolina; Alunos da EACH lutam por permanência, *Jornal do Campus*, abril/2016

Silva (2017) afirma que o número de estudantes que se candidatam ao auxílio moradia anualmente é de cerca de 1300 e nem todos que se inscrevem conseguem o benefício, dado que é necessário atender aos critérios da universidade em relação ao nível socioeconômico de vulnerabilidade e os recursos são restritos. Afirma também que na maioria das vezes, o valor do auxílio moradia não é suficiente para locação de um local nas imediações da Universidade.

O Serviço Social do Campus Leste da USP mantém um cadastro de residência externa, que pode ser facilmente acessado pela internet. Ele contém vagas de moradia próximas ao campus e inclui casas de família, repúblicas e pensões. As vagas anunciadas são categorizadas em masculino, feminino ou misto, e a quantidade de vagas contidas no cadastro, em maio de 2017, eram duas, sete e quatro, respectivamente, o que demonstra uma oferta baixa frente à necessidade.

Uma busca realizada no site Mercado Livre - Imóveis, em abril de 2017, também mostrou que há poucas opções de locais com custo compatível com o auxílio moradia fornecido pela universidade nos bairros próximos a universidade, como Vila Silvia e

Jardim Danfer. As moradias mais baratas encontradas consistem, em sua maioria, em apartamentos com área de aproximadamente 50 m² e dois quartos, muitos dos quais não mobiliados. E, embora alguns anúncios informem preços em torno de R\$ 800,00 reais mensais de aluguel, tal preço costuma não incluir contas como condomínio, água, luz e internet, o que inviabiliza sua locação para estudantes que contam apenas com o auxílio moradia.

Analisando a situação atual do Campus Leste da USP e pensando em seu potencial de crescimento, é possível observar que existe demanda para a instalação de uma moradia estudantil que atenda o Campus.

3 O EMPREENDIMENTO

A moradia estudantil desenvolvida neste trabalho será alocada no terreno da própria universidade e deverá ser construída com recursos orçamentários, requerendo assim uma licitação pública para sua produção.

Portanto, será priorizada a utilização de técnicas racionalizadas, além do uso de tecnologias que exijam manutenção mínima e de baixo custo.

Durante o estudo do local de implantação do empreendimento, foi utilizado o arquivo disponibilizado pela SEF com o Plano Diretor do Campus. Este arquivo continha o levantamento de edificações e os planos de expansão, assim foi possível delimitar uma área para possível implantação dos edifícios moradia (Figura 5).

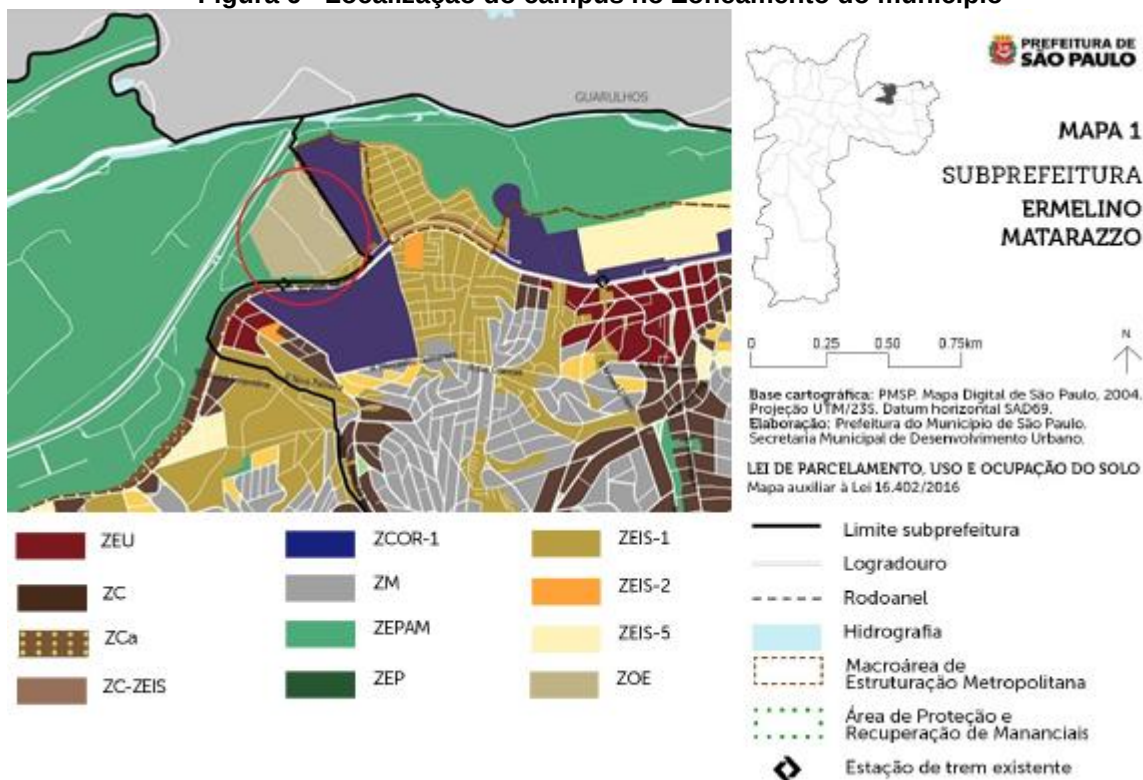
Figura 5 - Área de implantação do empreendimento



Fonte: Superintendência do Espaço Físico (SEF)

E de acordo com o Plano Diretor do município, o local é uma Zona de Ocupação Especial (Figura 6), destinada a abrigar predominantemente atividades de características únicas. Além disso, é um território de qualificação, no qual se busca o adensamento populacional moderado (Prefeitura de São Paulo - Novo Zoneamento, 2016).

Figura 6 - Localização do campus no Zoneamento do município



Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento

De acordo com o Plano Regional Estratégico da Subprefeitura Ermelino Matarazzo / Ponte Rasa, essa Zona de Ocupação Especial deve atender aos seguintes índices urbanísticos:

- Taxa de ocupação máxima = 0,40;
- Coeficiente de aproveitamento máximo = 1,0;
- Taxa de permeabilidade mínima = 0,5

Foi verificada uma dificuldade de aplicar esses índices no terreno da universidade, então foi projetado um edifício de seis pavimentos (térreo +5).

3.1 DIRETRIZES INICIAIS

Durante a fase inicial do trabalho o grupo se propôs a utilizar tecnologias racionalizadas para a construção do edifício.

A estrutura da construção será a responsável pela sua sustentação, resistência e estabilidade, formando o esqueleto do edifício. A escolha para este sistema foi a

tecnologia de Alvenaria Estrutural, que apresenta alto potencial de racionalização uma vez que reúne estrutura e vedação vertical em um só elemento: a parede resistente. Além disso, como sua vedação vertical é também estrutura, exige integração com os outros subsistemas como as instalações prediais e esquadrias, facilitando, com isto, a organização do processo de produção.

Em relação às lajes, foi feito um levantamento dos tipos existentes no mercado uma vez que desempenham um papel importante nas obras de alvenaria estrutural por uniformizar as cargas e distribuí-las para as paredes estruturais da edificação, que por sua vez transmitem-nas às fundações. Além disso, procurou-se escolher a laje que resulte em adequada relação custo/benefício, principalmente pelo fato da laje ter um grande impacto no custo final da obra (VIZOTTO E SARTORTI, 2010), e que também maximize a racionalização, construtibilidade e sustentabilidade da construção.

O grande potencial de racionalização da alvenaria estrutural é verificado com sua dupla função como estrutural e vedação exterior. Interiormente, a vedação será com paredes de gesso acartonado, permitindo certa flexibilidade à arquitetura além de reduzir as cargas sobre as lajes.

Quanto ao abastecimento de água, o edifício contará com reservatório inferior e superior, sendo utilizado sistema indireto por gravidade com bombeamento. Visando à sustentabilidade e à redução dos custos de operação do edifício, será utilizado sistema solar de aquecimento de água. O transporte da água da cobertura aos demais pavimentos será feito através de dutos de PVC que formarão colunas localizadas em *shafts*, e a ligação das colunas aos pontos de utilização será feita com tubos flexíveis do tipo PEX. Desse modo há menor interferência do sistema hidráulico com os demais sistemas do edifício e a execução é facilitada.

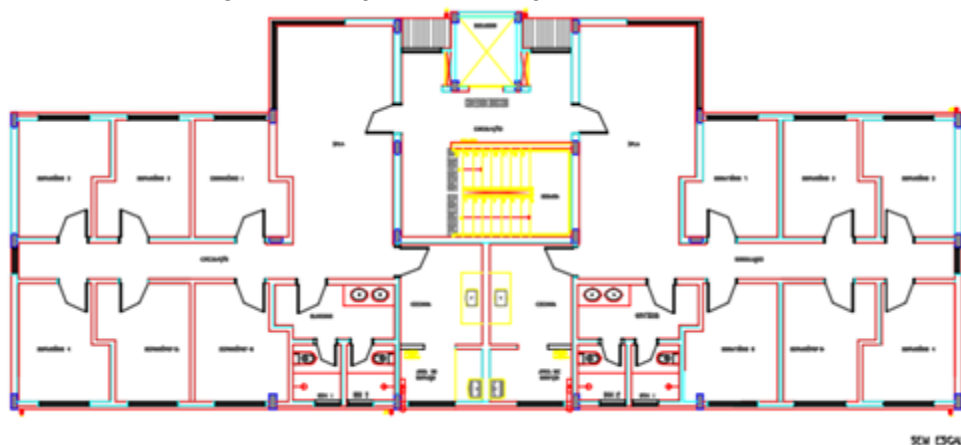
O sistema elétrico do edifício será projetado buscando-se garantir que suas instalações sejam capazes de atender as necessidades de seus usuários com segurança, através do dimensionamento adequado dos circuitos, sem que haja problemas de sobrecarga ou fugas de corrente no sistema. Além disso, há também o benefício de se optar pelo aquecimento solar da água, já que o aquecimento elétrico dela é um dos maiores consumidores de energia do sistema.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1 PROJETO DE ARQUITETURA

Como no grupo nenhum aluno é do curso de Arquitetura ou participou do programa de dupla formação Engenharia Civil-Arquitetura, POLI-FAU, optou-se por utilizar como referência uma das plantas de arquitetura fornecidas pela SEF, tendo-se tomado como referência o projeto arquitetônico da moradia estudantil proposta para o Campus USP Ribeirão Preto (Figura 7).

Figura 7 - Arquitetura Campus Ribeirão Preto



Fonte: Superintendência do Espaço Físico (SEF)

Uma vez que a tecnologia a ser utilizada é a Alvenaria Estrutural as principais alterações se deram no alinhamento das paredes e na modularidade das dimensões em função do tipo de bloco de alvenaria a ser empregado, o que acarretou alterações na forma e no tamanho dos dormitórios.

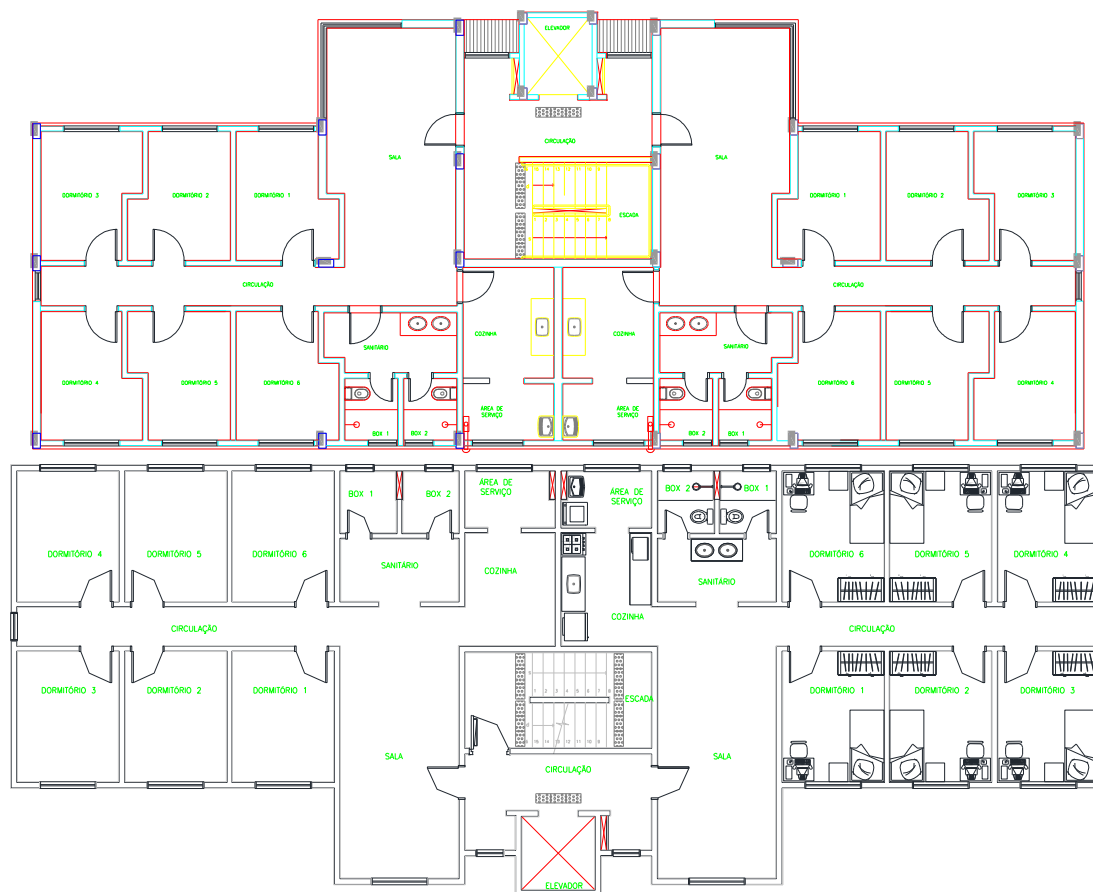
Outras modificações realizadas foram na disposição dos banheiros e a inclusão de shafts hidráulicos, não previstos no projeto original. A nova disposição considera a interface entre os projetos de estrutura e de sistema predial, minimizando interferências entre eles.

As alterações adotadas visam à racionalização do produto, aumentando a produtividade da mão-de-obra, além de melhorar o uso da matéria-prima.

A Figura 8 ilustra as modificações realizadas, ainda que o aspecto macro da arquitetura proposta para a edificação não tenha sido alterado. A quantidade e a

disposição dos cômodos não foram alteradas, assim como a posição das escadas e do elevador. Buscou-se, dessa forma, atender os padrões determinados pela SEF, possibilitando a utilização deste projeto como um “molde” para futuros empreendimentos na USP.

Figura 8 - Comparação entre a arquitetura original (superior) e a modificada (inferior)

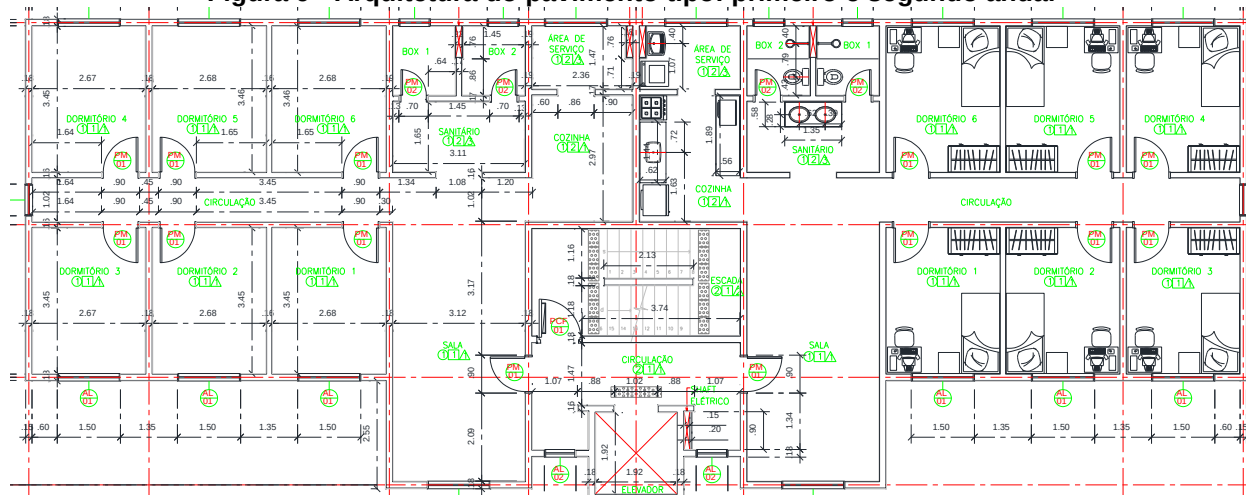


Fonte: Elaboração própria

O prédio contará com três pavimentos de 273,39m², divididos em dois apartamentos. Os quatro apartamentos do primeiro e segundo andares serão iguais - com seis quartos, dois banheiros, uma sala, uma cozinha e uma área de serviço (Figura 9). Os dois apartamentos do térreo serão adaptados prezando a acessibilidade a estudantes portadores de deficiências físicas, diferindo apenas na quantidade de quartos e banheiros, com cinco quartos e três banheiros, sendo um de cada adaptado para portadores de deficiência física (Figura 10), conforme original da

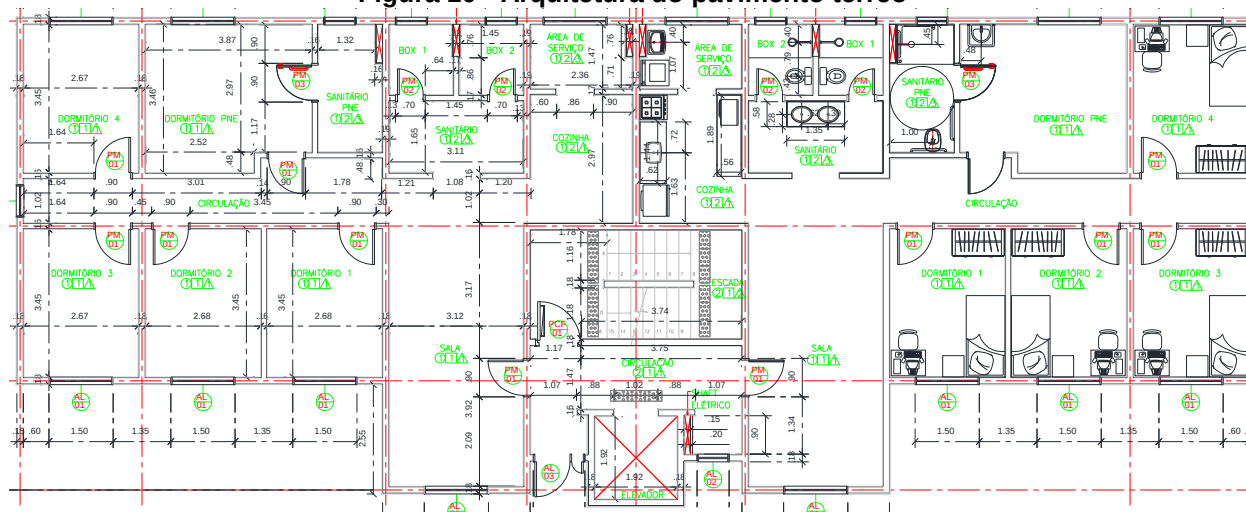
SEF. Versões ampliadas da arquitetura dos pavimentos podem ser encontradas no APÊNDICE A – Caderno de Projetos.

Figura 9 - Arquitetura do pavimento tipo: primeiro e segundo andar



Fonte: Elaboração própria

Figura 10 - Arquitetura do pavimento térreo



Fonte: Elaboração própria

A quantidade de pavimentos foi alterada em relação ao projeto original de Ribeirão Preto, abrigando 70 alunos por bloco. Apesar da análise da situação do campus apontar a necessidade por maior número de vagas para estudantes e, por isso, haver a tendência de verticalização da edificação, devido às restrições do Campus e às características dos prédios existentes (Figura 11) foi adotada a quantidade de seis pavimentos na edificação.

Figura 11 - Prédios existentes



Fonte: Jornal da USP

4.2 PROJETO ESTRUTURAL

A estrutura será em alvenaria estrutural e esta tecnologia foi escolhida logo no início do projeto, pelo seu alto potencial de racionalização e simplicidade. Outras opções como a estrutura tradicional de concreto moldado *in loco* e de *steel frame* foram consideradas, mas descartadas.

O steel frame, apesar de ser uma tecnologia inovadora e altamente racionalizada, foi descartado devido sua complexidade. Foi considerado que essa tecnologia exigiria do grupo grandes esforços para o desenvolvimento do projeto estrutural, prejudicando a elaboração dos outros subsistemas.

Já o processo tradicional foi descartado frente às vantagens da alvenaria estrutural, como a economia no uso de madeira para fôrmas e redução na mão-de-obra em carpintaria e armação; a facilidade de treinar mão de obra qualificada e projetos mais fáceis de detalhar, além da maior rapidez e facilidade de construção (Kalil, et al., 2006).

4.2.1 Ações verticais

Os carregamentos atuantes foram definidos de acordo com a ABNT NBR 6120: 1980 e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Ações Verticais

COMPONENTE	CARGA	UNIDADE
Bloco estrutural (14cm)	2,00	kN/m ²
Gesso acartonado (12,5cm)	0,60	kN/m ²
Argamassa de assentamento (1cm)	0,20	kN/m ²
Revestimento vertical (3cm)	0,60	kN/m ²
Revestimento horizontal (5cm)	1,00	kN/m ²
Laje (20cm)	5,00	kN/m ²
Escada	7,00	kN/m ²

Elevador	20,00	kN/m ²
Laje impermeabilizada	6,00	kN/m ²
Reservatório superior + boiler	12,50	kN/m ²
Utilização	2,00	kN/m ²

Fonte: Elaboração própria

4.2.1.1 Carregamento vertical

Definidas as ações verticais, iniciou-se cálculo estrutural com a concepção da planta estrutural (Figura 12). Foram definidas as paredes com função estrutural e com função não estrutural. As estruturais serão responsáveis pela sustentação da estrutura, formando o “esqueleto” do edifício, isto é, dando a sustentação tanto para cargas verticais como horizontais.

Com a concepção da planta estrutural, buscou-se atender a recomendação de paredes estruturais distribuídas em duas direções, evitando-se tanto arranjos instáveis como precariamente estáveis.

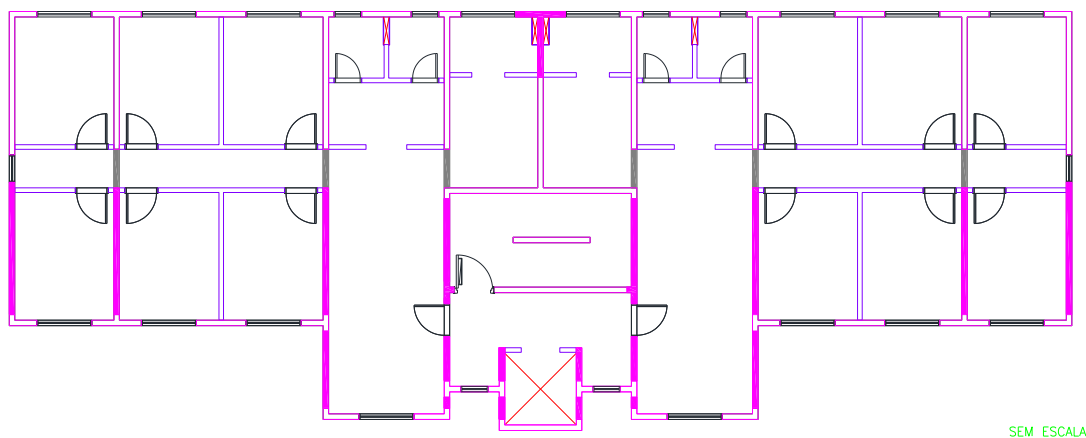
O arranjo adotado para as paredes foi baseado no modelo de grupos isolados de paredes (Figura 13), para os quais são formados conjuntos de paredes supostamente solidárias, delimitados pela presença de aberturas. Considera-se o carregamento atuante em cada grupo uniformizado em sua extensão devido às forças de interação presentes em cantos e bordas e paredes (RAMALHO, et al., 2003).

A uniformização das cargas permite um projeto estrutural mais racionalizado, pela minimização do carregamento atuante na estrutura, ao se considerar a atuação solidária de paredes pertencentes a um mesmo grupo. Com isto, a obra torna-se mais econômica pela possibilidade de se especificar blocos e argamassas de menor resistência.

Um processo construtivo adequado permitirá a uniformização das cargas, ao se garantir amarrações entre paredes sem juntas a prumo, cintas sob a laje do pavimento e existência de vergas e contravergas nas aberturas.

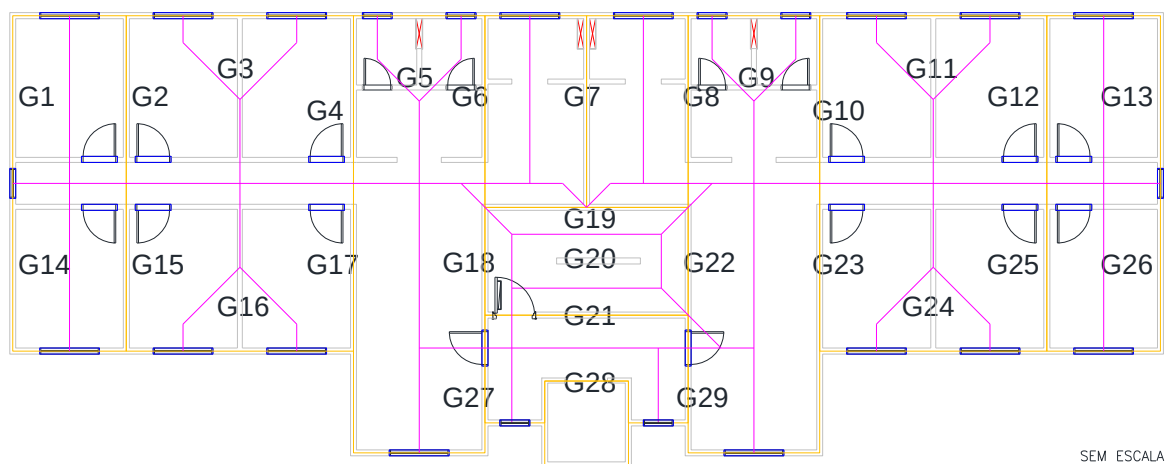
Na Tabela 2, são apresentados os cálculos referentes aos carregamentos verticais atuantes na estrutura e na Tabela 3, a divisão de cargas verticais para alguns grupos de paredes, acumuladas pavimento a pavimento. Os valores restantes estão no APÊNDICE B.

Figura 12 - Planta estrutural do pavimento tipo



Fonte: Elaboração própria

Figura 13 - Grupos de paredes isoladas



Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 - Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes

GRUPOS DE PAREDES	Comprimento total (m)	Comprimento das Aberturas (m)	Comprimento Resistente (m)	Pé direito (m)	Área de influência (m²)
1,13,14,26	5,63	1,13	4,50	2,80	5,99
2,12,15,25	6,46	1,50	4,96	2,80	15,98
3,11,16,24	2,85	1,50	1,35	2,80	3,95
4,10	5,64	1,13	4,51	2,80	15,23
5,9	2,10	0,38	1,73	2,80	3,39
6,8	5,34	1,13	4,21	2,80	9,96
7	7,65	1,50	6,15	2,80	12,33
17,23	9,24	1,50	7,74	2,80	21,13
18	3,98	0,90	3,08	2,80	8,78

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 - Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Alvenaria estrutural (kN/m)	Drywall (kN/m)	Comprimento Drywall (m)	Laje (kN/m)	Área da escada (m²)
1,13,14,26	7,73	1,75	1,35	8,25	0,00
2,12,15,25	7,73	1,75	3,26	19,96	0,00
3,11,16,24	7,73	1,75	2,03	18,16	0,00
4,10	7,73	1,75	4,51	20,93	0,00
5,9	7,73	1,75	2,33	12,17	0,00
6,8	7,73	1,75	3,01	14,66	0,00
7	7,73	1,75	1,80	12,43	0,00
17,23	7,73	1,75	1,81	16,93	0,00
18	7,73	1,75	0,00	17,70	2,15

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 - Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Escada (kN/m)	Área do elevador (m²)	Elevador (kN/m)	Área Reservatório + Boiler (m²)	Reservatório + Boiler (kN/m)
1,13,14,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,12,15,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,11,16,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,8	0,00	0,00	0,00	4,21	12,50
7	0,00	0,00	0,00	6,15	12,50
17,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 - Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Área Cobertura (m²)	Cobertura (kN/m)	TOTAL PERMANENTE (kN/m)	Utilização (kN/m)	TOTAL (kN/m)
1,13,14,26	5,99	10,74	28,46	2,66	31,12
2,12,15,25	15,98	22,08	51,52	6,44	57,96
3,11,16,24	3,95	20,34	47,97	5,86	53,83
4,10	15,23	23,01	53,41	6,75	60,16
5,9	3,39	14,54	36,19	3,93	40,11
6,8	9,96	27,99	64,63	4,73	69,36
7	12,33	25,83	60,24	4,01	64,25
17,23	21,13	19,15	45,55	5,46	51,02
18	8,78	17,13	49,20	5,71	54,91

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 - Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento

GRUPOS 1, 13, 14 e 26

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	10,74	10,74	0,00	0,00
Quinto	17,72	28,46	2,66	2,66
Quarto	17,72	46,19	2,66	5,32
Terceiro	17,72	63,91	2,66	7,98
Segundo	17,72	81,64	2,66	10,64
Primeiro	17,72	99,36	2,66	13,3
Térreo	17,72	117,08	2,66	15,96

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 - Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPOS 2, 12, 15 e 25

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	22,08	22,08	0,00	0,00
Quinto	29,44	51,52	6,44	6,44
Quarto	29,44	80,96	6,44	12,88
Terceiro	29,44	110,40	6,44	19,32
Segundo	29,44	139,84	6,44	25,76
Primeiro	29,44	169,28	6,44	32,20
Térreo	29,44	198,72	6,44	38,64

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 - Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPOS 3, 11, 16 e 24

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	20,34	20,34	0,00	0,00
Quinto	27,64	47,97	5,86	5,86
Quarto	27,64	75,61	5,86	11,72
Terceiro	27,64	103,25	5,86	17,58
Segundo	27,64	130,89	5,86	23,43
Primeiro	27,64	158,53	5,86	29,29
Térreo	27,64	186,17	5,86	35,15

Fonte: Elaboração própria

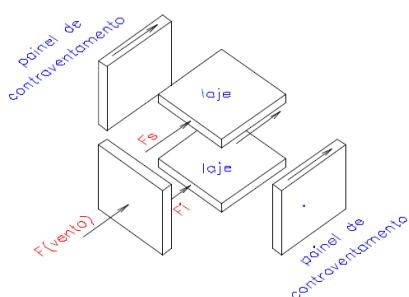
4.2.2 Ações horizontais

Os esforços horizontais considerados foram a ação do vento e o desaprumo, seguindo as normas brasileiras NBR 6123, para a determinação dos esforços devido ao vento e a NBR 15961-1 para o desaprumo.

4.2.2.1 Ação do vento

O vento atua perpendicularmente às paredes, distribuindo sua ação às lajes dos pavimentos, que servem como diafragma rígido. As lajes, por sua vez, distribuem parte desses esforços aos painéis de contraventamento – caso não haja torção, são as paredes paralelas à direção do vento. A Figura 14 representa a ação do vento atuando sobre as paredes.

Figura 14 - Ação do Vento



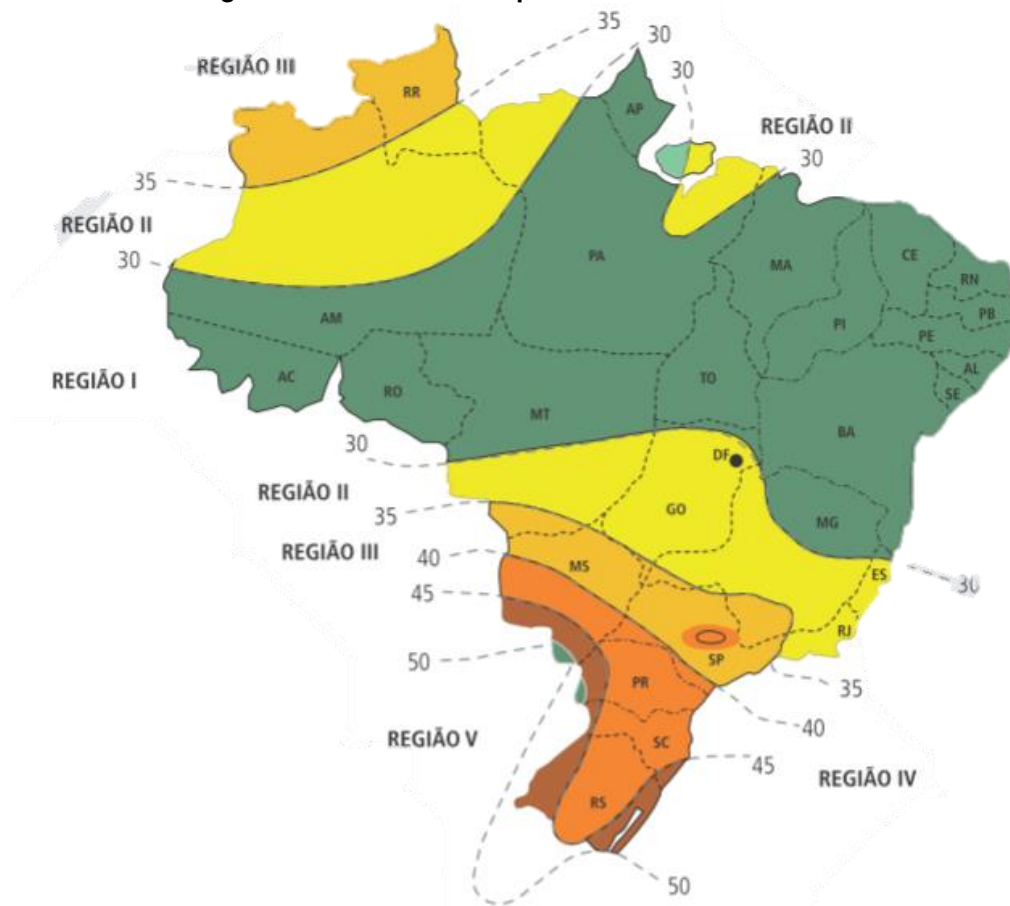
Fonte: Silva, 1996

4.2.2.1.1 Velocidade básica do vento

A velocidade básica do vento, V_0 , é a velocidade de uma rajada de 3 s, excedida uma vez em 50 anos em média, e que ocorre em um campo aberto e plano a 10 m acima do terreno. A Figura 15 é utilizada para a determinação da velocidade básica, interpolando valores entre as isopletras.

A moradia estudantil se encontra na cidade de São Paulo, assim a partir da Figura 15, pode-se considerar uma velocidade básica $V_0 = 40$ m/s.

Figura 15 - Gráfico de isopletas dos ventos no País



Fonte: Catálogo Olga Color

4.2.2.1.2 Velocidade característica do vento V_k

A velocidade característica do vento é calculada de acordo com a Equação (1)

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (1)$$

Onde:

V_0 : Velocidade básica

S_1 : Fator topográfico

S_2 : Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno

S_3 : Fator estático

4.2.2.1.3 Fator S_1

O fator topográfico, S_1 , leva em consideração as variações do relevo do terreno, o terreno onde será implantada a moradia estudantil é plano, sendo assim, conforme NBR 6123, o seu valor será:

$$S_1 = 1,0.$$

4.2.2.1.4 Fator S_2

O fator S_2 considera diversos aspectos: a rugosidade do terreno, a variação da velocidade do vento acima do terreno e a dimensão da edificação. E é calculado conforme a Equação (2), para altura z até z_g , que define o contorno superior da camada atmosférica:

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (2)$$

Os parâmetros b e p são obtidos a partir da Tabela 4, cujos valores dependem da categoria de rugosidade e classificação da edificação, detalhados adiante. O fator de rajada F_r é sempre o correspondente à categoria II.

A norma NBR 6123 recomenda, para o estudo de elementos de vedação, usar o fator S_2 correspondente ao topo da edificação uma vez que na fachada de barlavento (de onde o vento sopra) e nas fachadas laterais o vento é defletido para baixo, o que implica maior pressão dinâmica na parte inferior da edificação.

Tabela 4 - Parâmetros meteorológicos

Categoria	z_g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		F_r	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: NBR 6123

Rugosidade do terreno:

A rugosidade do terreno influencia no quanto a velocidade do vento aumenta com a altura acima do terreno, sendo classificada em cinco categorias:

- Categoria I: Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.
- Categoria II: Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, como árvores e edificações baixas. Cota média do topo dos obstáculos igual a 1,0 m.
- Categoria III: Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. Cota média do topo dos obstáculos igual a 3,0 m.
- Categoria IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e poucos espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Cota média do topo dos obstáculos igual a 10 m.

- Categoria V: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e poucos espaçados. Cota média do topo dos obstáculos maior ou igual a 25 m.

Dimensões da edificação:

Há três classes de edificações, partes de edificações e seus elementos, segundo a NBR 6123. Cada classe leva em conta um intervalo de tempo para cálculo da velocidade média de 3 s, 5 s e 10 s, respectivamente.

- Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda a edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.
- Classe B: Toda edificação ou parte da edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
- Classe C: Toda a edificação ou parte da edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Determinação do fator S_2

A rugosidade do terreno em estudo pode ser considerada como de categoria IV - obstáculo de 10 m, em zona urbana. Quanto a classe, Classe B, uma vez que a maior fachada da moradia estudantil mede 28,95 m.

Assim, os parâmetros para cálculo, de acordo com a Tabela 4 valem:

$$b = 0,85$$

$$p = 0,125$$

$$F_r = 0,98$$

E altura z do topo da edificação: 16,8 m.

$$S_2 = 0,85 \cdot 0,98 \cdot \left(\frac{16,8}{10} \right)^{0,125}$$

$$S_2 = 0,82$$

4.2.2.1.5 Fator S_3

O fator estatístico S_3 leva em consideração o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação.

A velocidade básica V_0 é aquela que tem um período de recorrência de 50 anos, nesse período a probabilidade que V_0 seja igualada ou excedida é de 63%. Estes

valores – nível de probabilidade de 0,63 e vida útil de 50 anos – são considerados adequados, segundo a NBR 6123 para edificações normais destinadas a moradias, hotéis, comércio e indústria com alto fator de ocupação, podendo ser adotado o valor de 1,0 para o fator S_3 .

$$S_3 = 1,0.$$

4.2.2.1.6 Determinação da velocidade característica

Com os valores dos fatores S_1 , S_2 e S_3 , além da velocidade básica, é possível determinar a velocidade característica:

$$V_k = 40.1.0,82.1$$

$$V_k = 32,60 \text{ m/s}$$

4.2.2.1.7 Pressão dinâmica do vento

A partir da velocidade característica pode-se determinar a pressão dinâmica atuando na edificação, conforme a equação (3):

$$q = 0,613. V_k^2 \quad (3)$$

Sendo q em N/m^2 e V_k em m/s

Assim:

$$q = 0,613. 32,60^2$$

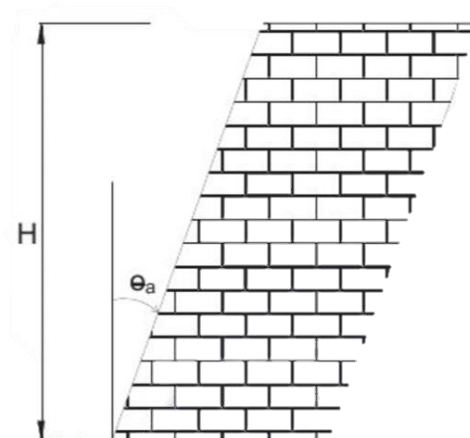
$$q = 651,54 \text{ N/m}^2$$

$$q = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2.2 Desaprumo

De acordo com a NBR 15961-1, deve ser considerado um desaprumo global, conforme a Figura 16.

Figura 16 - Desaprumo da parede



Fonte: NBR 15961-1

Onde:

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{H}}$$

 θ_a : desaprumo, em radianos

H : altura total da edificação, em metros

Assim, para a edificação em estudo:

$$\theta_a = 3,45 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

Para a determinação da força horizontal equivalente ao desaprumo foi utilizada a Equação (4) (RAMALHO e CORRÊA, 2008):

$$F_d = \Delta P \cdot \theta_a \quad (4)$$

Em que:

 ΔP : peso total do pavimento considerado

Assim, a partir dos valores apresentados na Tabela 1 do item 4.2.1 de ações verticais, temos que o peso do pavimento tipo é de 1388 kN.

O que implica uma força de desaprumo de $F_d = 4,79$ kN.

Considerando:

- Pé-direito: 2,8 m
- Fachada de maior largura: 28,95 m

Temos que a pressão equivalente da força de desaprumo é de

$$q_d = \frac{4,79}{2,8 \cdot 28,95}$$

$$q_d = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2.3 Determinação das tensões devido ao vento e desaprumo

Com os valores de pressão de vento e desaprumo tem-se uma pressão total $q_t = 0,83 \text{ kN/m}^2$. A partir disso é feito uma análise das tensões, considerando a edificação como uma barra engastada de comprimento igual a altura do edifício.

Os momentos de cada pavimento são distribuídos pelas suas paredes proporcionalmente ao momento de inércia, conforme a Equação (5)

$$M_i = M_{Total} \cdot \frac{I_i}{\sum I_j} \quad (5)$$

Onde:

I : momento de inércia

E as tensões normais na parede seguem a Equação (6):

$$\sigma_i = \frac{M_i}{I_i} \cdot y_i \quad (6)$$

Onde:

y_i : maior distância perpendicular em relação à linha neutra

A Tabela 5 apresenta os resultados das tensões devido às ações do vento e desaprumo para os grupos de paredes mais significativos. Os demais resultados se encontram no APÊNDICE B.

Tabela 5 - Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento

G1/G13/G14/G26							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	I/Itotal	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0317	3,03	1,75	2,13	1,54	1,86
4	335,53	0,0317	3,03	1,75	2,13	6,15	7,45
3	754,94	0,0317	3,03	1,75	2,13	13,84	16,76
2	1342,12	0,0317	3,03	1,75	2,13	24,60	29,80
1	2097,07	0,0317	3,03	1,75	2,13	38,44	46,56
TÉRREO	3019,78	0,0317	3,03	1,75	2,13	55,35	67,05

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 - Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G2/G12/G15/G25							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	I/Itotal	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0314	3,00	1,56	2,17	1,36	1,90
4	335,53	0,0314	3,00	1,56	2,17	5,46	7,62
3	754,94	0,0314	3,00	1,56	2,17	12,28	17,13
2	1342,12	0,0314	3,00	1,56	2,17	21,83	30,46
1	2097,07	0,0314	3,00	1,56	2,17	34,11	47,60
TÉRREO	3019,78	0,0314	3,00	1,56	2,17	49,12	68,54

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 - Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G4/G10							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0284	2,72	1,63	2,10	1,43	1,84
4	335,53	0,0284	2,72	1,63	2,10	5,73	7,35
3	754,94	0,0284	2,72	1,63	2,10	12,88	16,53
2	1342,12	0,0284	2,72	1,63	2,10	22,90	29,39
1	2097,07	0,0284	2,72	1,63	2,10	35,78	45,93
TÉRREO	3019,78	0,0284	2,72	1,63	2,10	51,53	66,14

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 - Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G17/G23							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,2124	20,34	3,71	2,86	3,25	2,51
4	335,53	0,2124	20,34	3,71	2,86	12,99	10,04
3	754,94	0,2124	20,34	3,71	2,86	29,22	22,59
2	1342,12	0,2124	20,34	3,71	2,86	51,95	40,16
1	2097,07	0,2124	20,34	3,71	2,86	81,18	62,75
TÉRREO	3019,78	0,2124	20,34	3,71	2,86	116,89	90,36

Fonte: Elaboração própria

4.2.3 Concepção das plantas das lajes

Concebida a planta estrutural, o passo seguinte foi a definição e cálculo das lajes.

4.2.3.1 Tipos de laje

Atuando como placa e membrana, as lajes têm alta capacidade de absorver esforços paralelos ao seu plano médio e assim trabalhar como diafragma rígido, fator importante para a estabilidade global do edifício.

As lajes, em concreto armado ou protendido, segundo Cunha e Souza (1998) podem ser classificadas de acordo com: a seção transversal (maciça ou nervurada); a execução (moldada no local ou pré-moldada) e de acordo com a direção da armadura positiva (armada em uma ou duas direções. A seguir registram-se algumas opções de laje disponíveis no mercado.

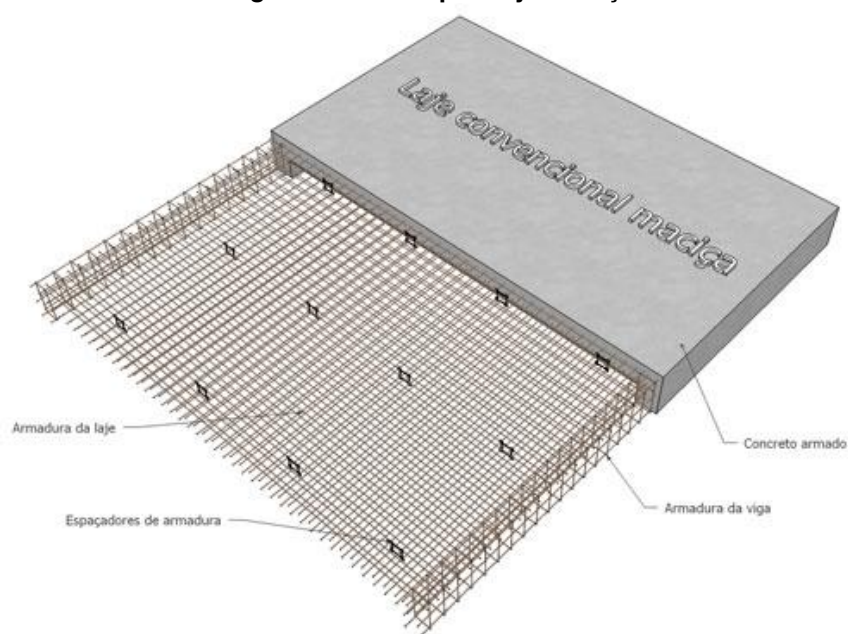
4.2.3.1.1 Lajes maciças

É o tipo de laje mais comum, composta toda de concreto que envolve as armaduras, possui um comportamento estrutural eficiente, principalmente quando as duas dimensões têm a mesma ordem de grandeza (VIZOTTO e SARTORTI, 2010).

Segundo Catoia (2012), uma das vantagens das lajes maciças é a alta rigidez na distribuição de esforços horizontais entre os elementos de contraventamento (efeito diafragma). Além disso, devido a essa rigidez, as flechas são menores, quando comparadas a outros tipos de laje de mesma espessura. Porém, nesse tipo de laje o consumo de concreto é expressivo, porque está presente em toda seção da laje, o que implica maior peso próprio e, conseqüentemente, maiores cargas nas fundações.

Elas tanto podem ser moldadas no próprio canteiro de obras quanto produzidas em fábricas. Na execução das lajes moldadas in loco, há elevada incidência de formas e escoras, que correspondem a custo expressivo de materiais e de mão de obra quando comparado aos custos de outros insumos para produção das lajes (concreto e armadura), principalmente quando não se tem uma alta repetitividade para a reutilização das formas.

Por outro lado, as lajes prontas maciças não necessitam de um complemento in loco na sua espessura final, nem requerem cimbramento, o que minimiza o uso de formas e escoras (FERREIRA, 2013). Um fator a ser levado em conta, no entanto, é a mobilização de equipamento para içamento das lajes até sua posição final de serviço.

Figura 17 - Exemplo Laje Maciça

Fonte: Construção Mercado

Existem ainda, as pré-lajes, em que parte da laje de concreto é pré-moldada no próprio canteiro. De acordo com a Construção Mercado (2010), perfis metálicos são dispostos, sobre um piso de concreto polido, formando o desenho da laje. Monta-se a armadura entre os perfis e em seguida é despejado o concreto fresco. Após sua cura, as pré-lajes são dispostas, com o auxílio de grua, na sua posição final (Figura 18) e recebem uma camada de concreto fresco para complementar a espessura da laje.

Uma das vantagens desse método é a superfície lisa: a pré-laje elimina as emendas de concreto que surgem no encontro de formas de uma laje convencional e consequentemente não são necessários revestimentos no teto. O uso das pré-lajes também reduz a quantidade de escoras necessária, uma vez que não se usam formas.

Figura 18 - Lçamento pré-laje



Fonte: Construção Mercado

4.2.3.1.2 Lajes nervuradas

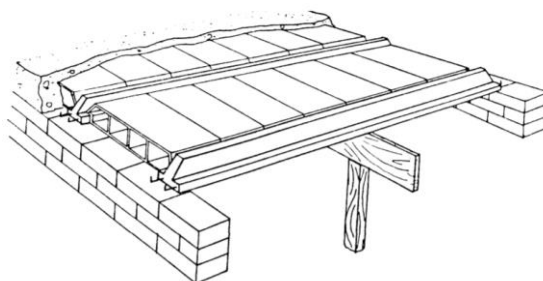
As lajes nervuradas, segundo a NBR 6118 (2014), são aquelas cuja zona de tração é formada por nervuras entre as quais se pode colocar material inerte, sem função estrutural, como, por exemplo, componentes cerâmicos ou de poliestireno expandido (EPS). Com isso, a estrutura torna-se mais leve, diminuindo, assim, a carga nas fundações; e há, também, um aproveitamento mais eficiente tanto do concreto quanto do aço (SCHWETZ, 2011). Somado a isso, o material de enchimento incrementa o desempenho acústico e térmico em relação ao concreto.

Na sequência são apresentados e discutidos alguns tipos de lajes nervuradas, disponibilizadas pelo mercado

a. Lajes de vigotas pré-moldadas

As vigotas pré-moldadas normalmente possuem seção transversal em forma de I ou T invertido (Figura 19) e são produzidas industrialmente ou em canteiro de obra, fora do local de utilização final como elemento estrutural. Em sua produção emprega-se concreto estrutural e são empregadas rigorosas condições de controle da qualidade (NBR 14859, 2016). As vigotas são espaçadas igualmente de acordo com a largura do componente de enchimento e possuem o tamanho desejado no projeto.

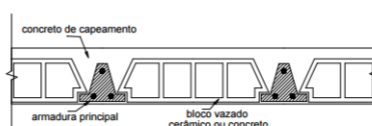
Figura 19 - Laje formada por vigotas pré-moldadas



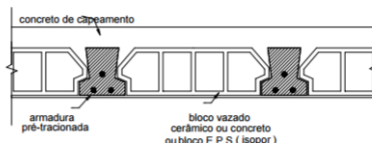
Fonte: DROPPA JR., A. Análise Estrutural de Lajes Formadas por Vigotas Pré-Moldadas com Armação Trelaçada

No mercado brasileiro estão disponíveis três tipos de vigotas (Figura 20): de concreto armado comum, de concreto protendido e trelaçado.

Figura 20 - Vigotas disponíveis no mercado



vigota de concreto armado comum



vigota de concreto armado protendido



vigota com armadura trelaçada

Fonte: DROPPA JR., A. Análise Estrutural de Lajes Formadas por Vigotas Pré-Moldadas com Armação Trelaçada

A seguir são apresentadas algumas características de cada uma delas.

Vigotas de concreto armado (Figura 21 - Vigota de concreto armado):

- Não possuem comportamento monolítico com o restante da estrutura (DROPPA JR, 1999);

- Por vezes, necessitam de equipamentos para transporte e montagem no local, devido ao seu peso (DROPPA JR, 1999);
- Capazes de vencer vãos de até 5 metros (VIZOTTO e SARTORTI, 2010).

Figura 21 - Vigota de concreto armado

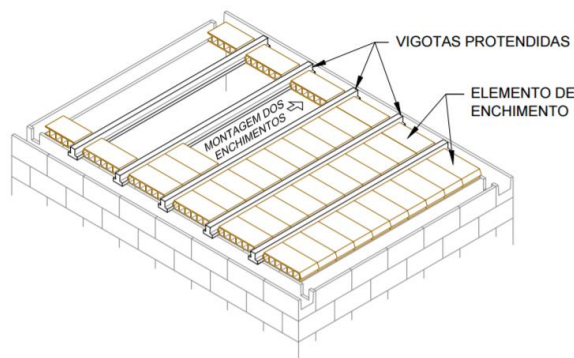


Fonte: Vizotto e Sartorti, 2010

Vigotas de concreto protendido (Figura 22):

- Assim como as vigotas armadas, não possuem comportamento monolítico e podem requerer equipamentos para transporte;
- Possuem boa capacidade portante, reduzindo as linhas de escora na laje;
- Melhores condições para atender ao estado limite de deformação excessiva (MERLIN, 2002);
- Capazes de vencer vãos de até 10 m (VIZOTTO e SARTORTI, 2010).

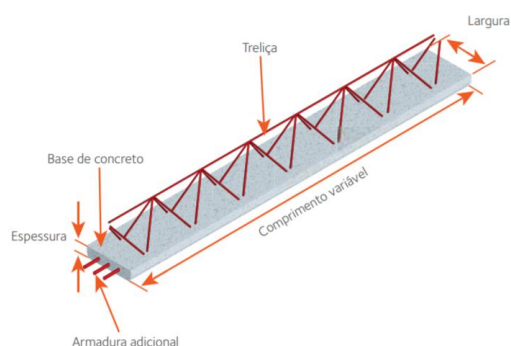
Figura 22 - Vigotas protendidas



Fonte: Lajes Tatu

Vigotas treliçadas (Figura 23):

- Podem ser consideradas estruturas monolíticas devido à grande solidarização da armadura com o concreto moldado no local (DROPPA JR, 1999);
- São de fácil transporte, pois possuem baixo peso próprio (CATOIA, 2012)
- Capazes de vencer vãos de até 10 m (VIZOTTO e SARTORTI, 2010).

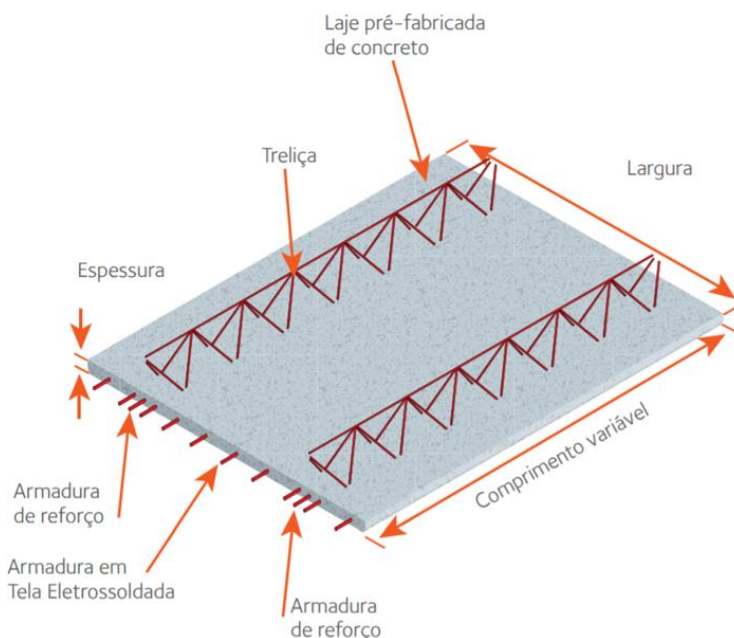
Figura 23 - Vigota treliçada

Fonte: ArcelorMittal

b. Painéis pré-moldados treliçados

Os painéis pré-fabricados treliçados (Figura 24) surgem como uma alternativa às lajes maciças (CATOIA, 2012). São placas de concreto estrutural, de pequena espessura e largura muito menor que o comprimento, onde está alojada a armadura positiva colocada em uma só direção e também a treliça que fará a união com capa de compressão da laje. Esse painel pode resultar tanto em uma laje armada em uma ou duas direções. Pode ainda resultar em uma laje maciça, quando não são utilizados elementos de enchimento ou nervurada. Esse tipo de laje é uma solução adequada tanto para obras verticais esbeltas como horizontais, especialmente para lajes que apresentam relação de lados entre 1,0 e 1,5 (VIZOTTO e SARTORTI, 2010).

As treliças tornam o painel mais rígido, o que possibilita manuseá-lo e transportá-lo com segurança (SILVA, 2005). Além disso, como a pré-laje é contínua é possível eliminar camadas de revestimento como chapisco, emboço e reboco, implicando uma economia significativa de material e mão de obra.

Figura 24 - PAINEL TRELIÇADO

Fonte: ArcelorMittal

c. Lajes nervuradas com formas cuba

Nesse sistema construtivo, as lajes nervuradas são produzidas no local utilizando formas cubetas (Figura 25), que possibilitam que as lajes fiquem sem qualquer tipo de enchimento, deixando, ao invés disso, espaços vazios entre as nervuras.

Atualmente são utilizadas formas plásticas, normalmente de polipropileno, substituindo as formas tradicionais de madeira. Dentre suas vantagens destacam-se seu alto reaproveitamento, leveza e precisão nas dimensões (SILVA, 2005). Por outro lado, exigem alto índice de cimbramento se comparada a outras lajes. Esse tipo de laje é muito utilizado quando se quer vencer grandes vãos, como por exemplo em garagens, onde os pilares são mais espaçados. A superfície inferior resultante da concretagem, apesar de poder ficar aparente, contribuindo para a estética da edificação, muitas vezes necessita de acabamento com forro suspenso, para esconder tubulações elétricas e hidros sanitárias que passam por debaixo da laje, uma vez que sua reduzida capa de compressão não permite embutimento dos sistemas prediais.

Figura 25 - Formas plásticas tipo cubetas



Fonte: Construção Mercado

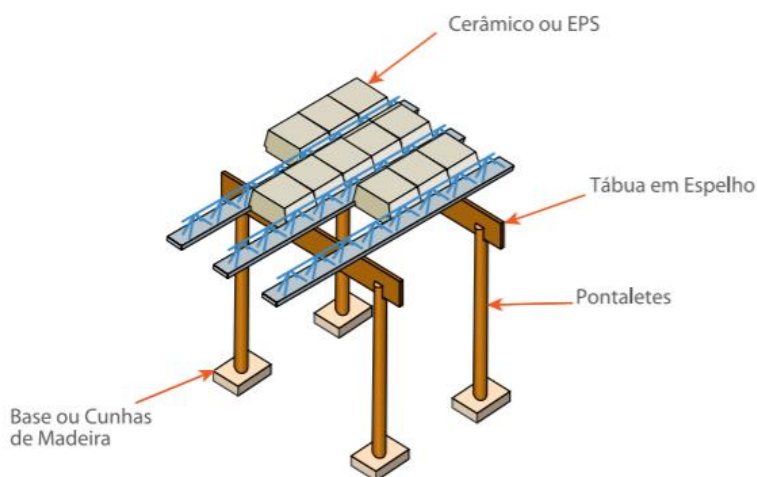
4.2.3.2 Escolha da laje

A partir da caracterização dos principais tipos de laje e tendo em vista o porte da edificação objeto do projeto, optou-se pelo emprego de um sistema com elementos pré-fabricados, principalmente porque com ele será possível eliminar grande parte das formas e escoramento e, por consequência, pode-se eliminar grande parte dos serviços especializados de carpinteiro e uma parte dos serviços de armadores. Além disso, os pré-moldados são fáceis de manusear e montar, o que possibilita que operários sejam treinados rapidamente para a execução destas atividades.

O uso de lajes moldadas no local com emprego de formas seria viável se houvesse grande repetitividade para que a forma pudesse ser reaproveitada diversas vezes, e assim diluir os custos envolvidos com esse sistema. Mas este não é o caso do projeto da moradia estudantil.

Dentre as pré-fabricadas, optou-se pela utilização de vigotas treliçadas com preenchimento de EPS (Figura 26), pois pode ser considerada monolítica e garante boa distribuição de cargas pelo edifício e, por se usar um material leve para preenchimento, diminui-se a solicitação na fundação - ponto importante por se tratar de um solo mole e muito compressível. Vale ressaltar também que as próprias vigotas treliçadas são leves, fazendo com que não haja a necessidade da mobilização de grandes equipamentos de içamento.

Figura 26 - Sistema adotado: vigotas treliçadas com EPS



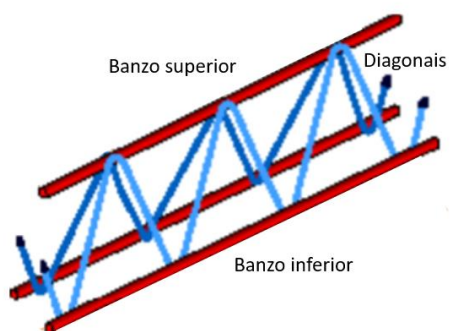
Fonte: ArcelorMittal

Detalhamento da solução empregada

TRELIÇAS

A armação treliçada (Figura 27) é uma estrutura espacial prismática, constituída pelo banzo superior, capaz de suportar esforços de compressão e de resistir ao momento fletor negativo; e pelo banzo inferior, que resistem ao momento fletor positivo. Para resistir às forças cortantes, há as diagonais ou sinusoides, que também tem como função promover a perfeita aderência entre o concreto pré-moldado da vigota e o concreto moldado in loco.

Figura 27 - Estrutura treliçada



Fonte: ArcelorMittal

Nas lajes foram utilizadas treliças leves de 20 cm de altura.

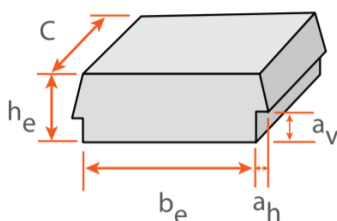
BASE DE CONCRETO

A base de concreto possui 14 cm de largura e comprimento igual ao vão a ser vencido.

ELEMENTO DE ENCHIMENTO

Os elementos de enchimento (Figura 28) são responsáveis por transferir o peso do concreto ainda fresco às vigotas, assim é importante que o material inerte seja de boa qualidade: possua resistência característica à carga mínima de ruptura de 1,0 kN (NBR 14859/2016), para suportar os esforços de trabalho durante a montagem e concretagem da laje.

Figura 28 - Elemento de enchimento de EPS



Fonte: ArcelorMittal

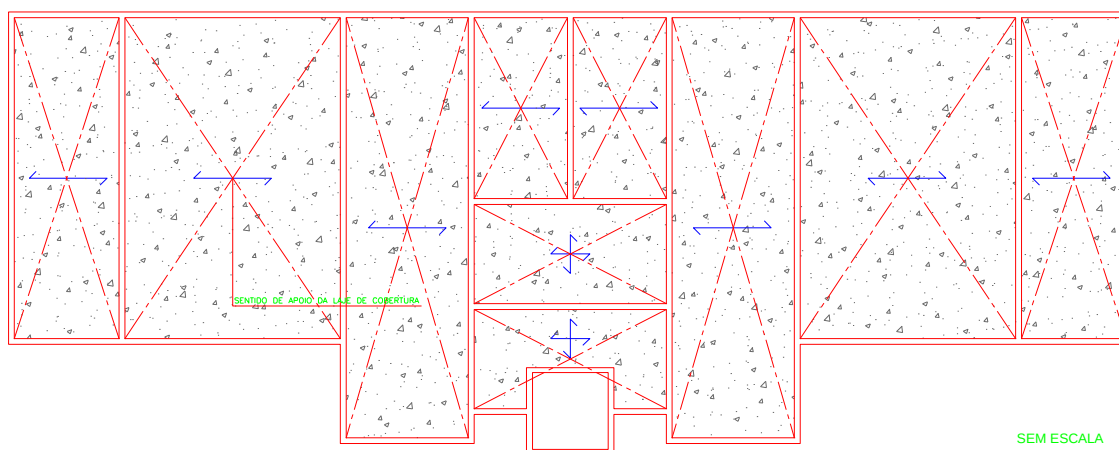
Foram utilizados blocos de EPS de altura 16 cm e peso específico 16 kN/m³, tanto nas lajes armadas em uma direção quanto nas armadas nas duas direções.

O dimensionamento das lajes foi feito com o auxílio do software Treliças ArcelorMittal e seus resultados se encontram no APÊNDICE C.

4.2.3.3 Distribuição das lajes

Uma versão ampliada da Figura 29 pode ser encontrada no APÊNDICE A – Caderno de Projetos.

Figura 29 - Disposição e direção de apoio das lajes no pavimento



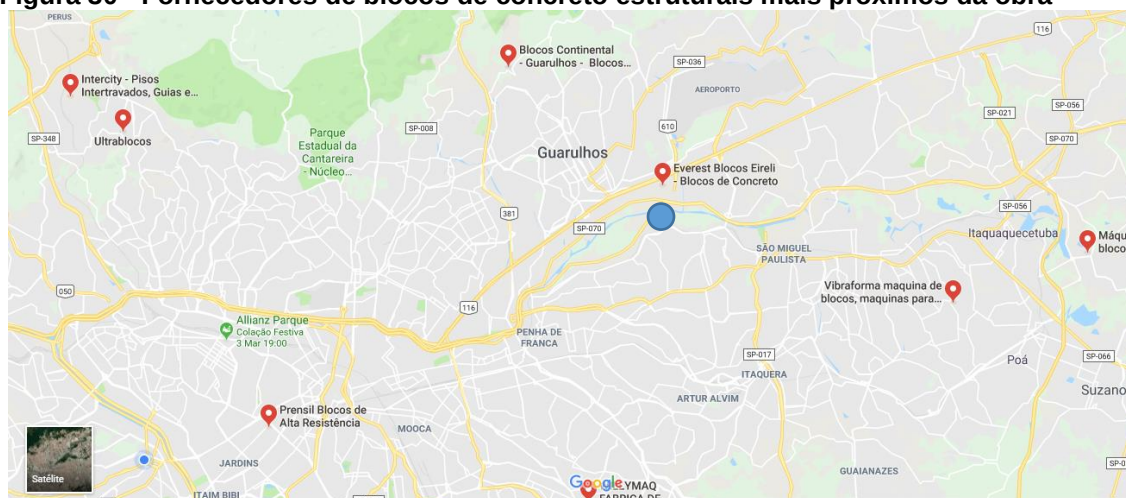
Fonte: Elaboração própria

4.2.4 Blocos de alvenaria estrutural

4.2.4.1 Escolha dos blocos

Previamente à escolha dos blocos, realizou-se pesquisa de possíveis fornecedores e foram encontrados alguns na região (Figura 30), viabilizando o projeto do ponto de vista de fornecimento de material. Além dos fornecedores de blocos, há várias casas de construção na região, garantindo também a disponibilidade da argamassa de assentamento dos blocos e do graute para os pontos de grauteamento previstos.

Figura 30 - Fornecedores de blocos de concreto estruturais mais próximos da obra



Fonte: Google Maps

Verificado o fornecimento de blocos, todo o projeto foi feito com modulação de 15 cm (14x19x29). A escolha dessa dimensão foi baseada na facilidade de modulação, ocasionando menores alterações na arquitetura original e menor necessidade de blocos especiais.

4.2.4.2 Modulação

Escolhidos os blocos, foram definidas as modulações horizontais do pavimento tipo e as modulações verticais para algumas paredes e podem ser observadas nas plantas contidas no APÊNDICE A – Caderno de Projetos.

4.2.4.3 Resistência dos blocos

Após a determinação dos esforços verticais e horizontais foi calculada a resistência dos blocos de alvenaria, considerando combinações últimas e um coeficiente de eficiência de 75% para os blocos de concreto.

A Tabela 6 a seguir apresenta as resistências para os grupos de paredes mais significativos. As demais se encontram no APÊNDICE D.

Tabela 6 - Cálculo da resistência dos grupos de parede											
G2/G12/G15/G25											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	$\gamma_g \cdot G_k/R$ $+ \gamma_q \cdot Q_k/R$ R (MPa)	$\gamma_g \cdot G_k/R$ $+ \gamma_q \cdot Q_k/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w}$ k (MPa)	$\gamma_g \cdot G_k/R$ $+ \gamma_q \cdot W_k/R$ K (MPa)	$\gamma_g \cdot G_k/R$ $+ \gamma_q \cdot Q_k/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w}$ 'k (MPa)	$\gamma_g \cdot G_k/R$ $+ \gamma_q \cdot W'k/R$ 'k (MPa)	fd (MPa)
5	0,37	0,05	0,00	0,00	0,88	0,66	0,66	0,59	0,66	0,59	0,66
4	0,58	0,09	0,01	0,01	0,88	1,06	1,07	0,93	1,07	0,93	1,07
3	0,78	0,14	0,01	0,02	0,88	1,46	1,47	1,26	1,48	1,27	1,48
2	0,99	0,18	0,02	0,03	0,88	1,87	1,88	1,60	1,89	1,61	1,89
1	1,20	0,23	0,03	0,05	0,88	2,27	2,29	1,95	2,30	1,96	2,30
Térreo	1,40	0,28	0,05	0,07	0,88	2,67	2,70	2,29	2,72	2,31	2,72

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G4/G10											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ R (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w} \cdot k$ k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ K (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w} \cdot 'k$ 'k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,38	0,05	0,00	0,00	0,88	0,69	0,69	0,61	0,69	0,61	0,69
4	0,60	0,10	0,01	0,01	0,88	1,10	1,11	0,96	1,11	0,96	1,11
3	0,81	0,14	0,01	0,02	0,88	1,52	1,53	1,31	1,53	1,31	1,53
2	1,02	0,19	0,02	0,03	0,88	1,94	1,95	1,66	1,96	1,66	1,96
1	1,24	0,24	0,04	0,05	0,88	2,35	2,38	2,01	2,38	2,02	2,38
Térreo	1,45	0,29	0,05	0,07	0,88	2,77	2,80	2,37	2,81	2,38	2,81

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G20											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ R (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w} \cdot k$ k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ K (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w} \cdot 'k$ 'k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,41	0,03	0,00	0,00	0,88	0,70	0,70	0,65	0,70	0,65	0,70
4	0,71	0,07	0,00	0,00	0,88	1,24	1,24	1,13	1,24	1,13	1,24
3	1,01	0,10	0,00	0,00	0,88	1,77	1,77	1,61	1,77	1,61	1,77
2	1,31	0,14	0,00	0,00	0,88	2,31	2,31	2,09	2,31	2,09	2,31
1	1,61	0,17	0,00	0,00	0,88	2,84	2,84	2,58	2,84	2,58	2,84
Térreo	1,91	0,21	0,00	0,00	0,88	3,37	3,37	3,06	3,37	3,06	3,37

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G22											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ R (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w} \cdot k$ k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ K (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w} \cdot 'k$ 'k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,47	0,04	0,00	0,00	0,88	0,81	0,81	0,75	0,81	0,75	0,81
4	0,81	0,08	0,00	0,00	0,88	1,42	1,42	1,30	1,42	1,30	1,42
3	1,15	0,12	0,01	0,01	0,88	2,03	2,04	1,85	2,04	1,85	2,04
2	1,49	0,16	0,02	0,02	0,88	2,64	2,65	2,40	2,65	2,40	2,65
1	1,83	0,20	0,03	0,03	0,88	3,25	3,27	2,96	3,27	2,96	3,27
Térreo	2,18	0,24	0,04	0,04	0,88	3,86	3,88	3,52	3,88	3,52	3,88

Fonte: Elaboração própria

$$f_k = f_d \cdot \gamma_m$$

$$f_{pk} = \frac{f_k}{0,7}$$

Onde:

f_k : resistência característica da parede

γ_m : coeficiente parcial da redução da resistência

A partir do grupo de parede mais solicitado foi possível estimar a resistência do bloco por pavimento, bem como da argamassa e do graute, conforme a Tabela 7

Tabela 7 - Determinação das resistência dos blocos

G22								
PAV	f_d (MPa)	γ_m	f_k mínimo (MPa)	f_{pk} mínimo (MPa)	f_{bk} mínimo (MPa)	f_{bk} adotado	f_a (MPa)	f_{gk} (MPa)
3	0,83	2,00	1,67	2,38	4,761	6,00	4,20	15,00
2	1,21	2,00	2,42	3,46	6,910	8,00	5,60	15,00
Térreo	1,59	2,00	3,17	4,53	9,068	10,00	7,00	20,00

Fonte: Elaboração própria

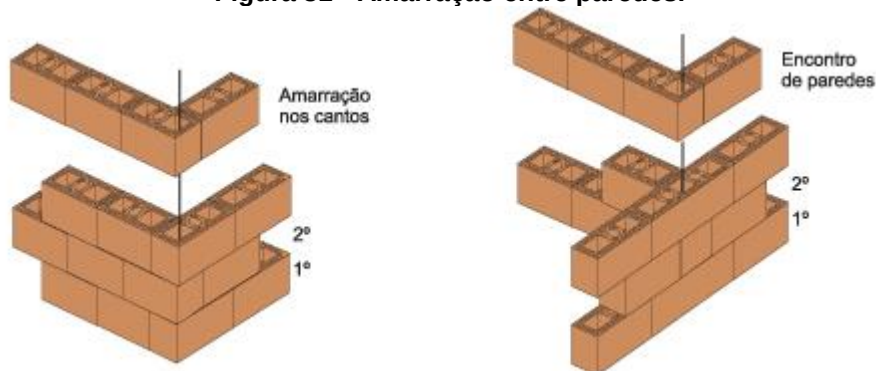
4.2.5 Detalhes construtivos

A seguir serão discutidos alguns detalhes a respeito do sistema de alvenaria estrutural:

4.2.5.1 Ligação entre paredes

A ligação entre as paredes estruturais será realizada através de amarração direta (Figura 31), aumentando a rigidez das paredes aos esforços de vento, ao melhorar a redistribuição das cargas verticais, e reduzindo a incidência de potenciais problemas na estrutura.

Figura 31 - Amarração entre paredes.



Fonte: SELECTA Soluções em Blocos.

4.2.5.2 Reforços construtivos

As vergas sobre os vãos das portas e vergas e contravergas nos vãos das janelas serão peças pré-moldadas, sendo utilizadas para evitar fissuras nos cantos dos vãos, que são locais onde há concentração de tensões.

4.2.5.3 Apoio da laje

Para a cinta de amarração utilizada para apoio das lajes, serão utilizados blocos canaleta “J” e compensador. Blocos em J serão usados tanto nas paredes externas quanto nas paredes que envolvem o poço da escada e o poço do elevador. Para as demais paredes, será utilizado o bloco compensador.

4.2.6 FUNDAÇÕES

4.2.6.1 O problema da contaminação

O campus da USP Leste está localizado em uma área com concentração de gás metano e outros Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) produzidos pela decomposição da matéria orgânica da dragagem do rio Tietê e também dos depósitos aluviais quaternários associados ao rio.

Estudos realizados por Galante; Hurtado; Klein (2005) afirmam que as concentrações de gás metano e de VOC no local são consideradas inofensivas aos seres humanos. O risco de explosão, no entanto, é eminente quando as emanações ficam confinadas em ambientes fechados, como nos subsolos das edificações. Por isso, para evitar o acúmulo de gases, foi instalado um sistema de ventilação em cada um dos edifícios existentes no campus para impedir a entrada de gás nas construções. Esse sistema também está previsto na moradia estudantil projetada.

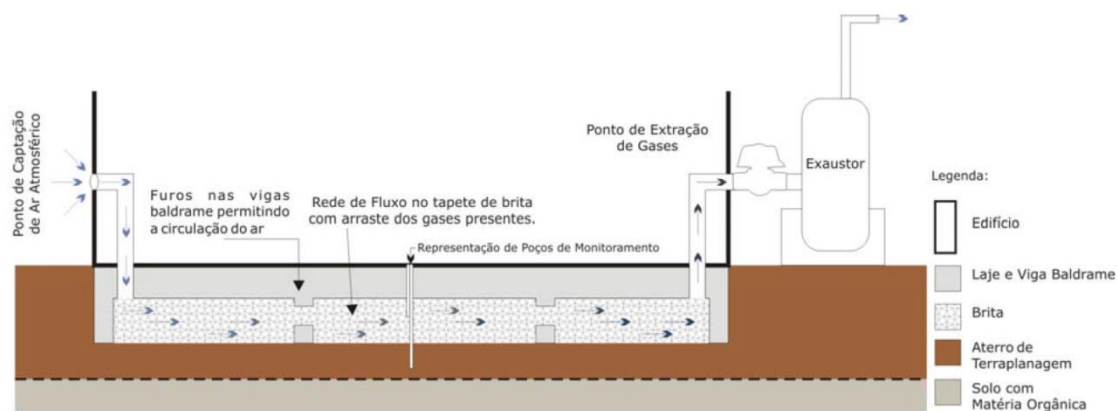
O sistema de ventilação é composto por elementos de subsuperfície (colchão de brita, pontos de captação de ar atmosférico e de extração de gases), por elementos de superfície (tubulação de interconexão dos pontos de extração de gases) e por exaustores (compressor, célula de vácuo e painel elétrico).

Como a eficiência do sistema em promover a circulação do ar no tapete de brita e evitar o acúmulo de gases sob a laje dos edifícios foi verificada nos edifícios da USP

Leste (SEF-EACH/USP, 2016), esse sistema também será adotado na moradia estudantil.

Este projeto prevê sua implantação nos tapetes de brita, abaixo da laje do piso térreo da moradia estudantil, a fim de impedir o acúmulo de gases e sua intrusão na construção. Está prevista a implantação de um exaustor, gerando uma ventilação forçada, para que os gases e vapores que eventualmente adentrem o tapete drenante sejam conduzidos até o sistema de dispersão na atmosfera. A Figura 32 representa um esquema do sistema de ventilação

Figura 32 - Conceito do Sistema de Ventilação



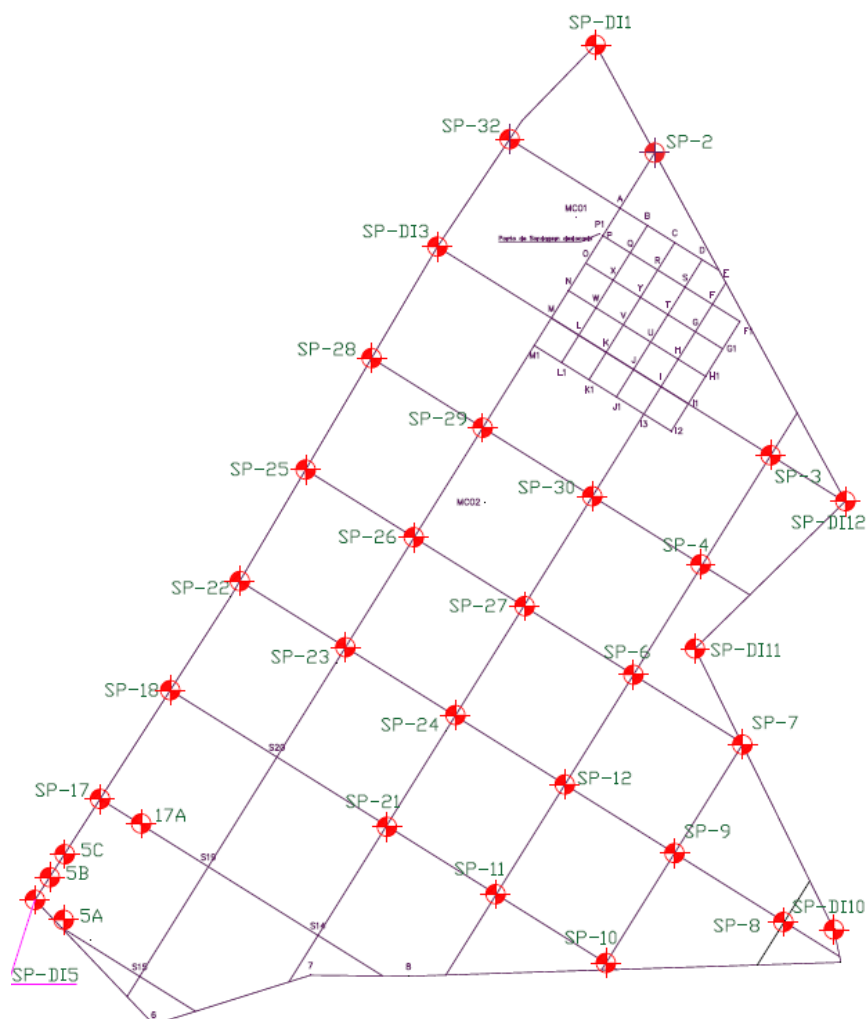
Fonte: SEF-EACH/USP, 2016

4.2.6.2 Sondagem

A USP Leste está localizada no contexto geológico da Bacia de São Paulo, e as litografias observadas pertencem aos depósitos aluviais quaternários, associados ao rio Tietê (OVIEDO, 2007).

Foram realizadas sondagens com ensaios SPT pela empresa Emes Engenharia e Mecânica dos Solos, em diversos pontos do campus, conforme a Figura 33.

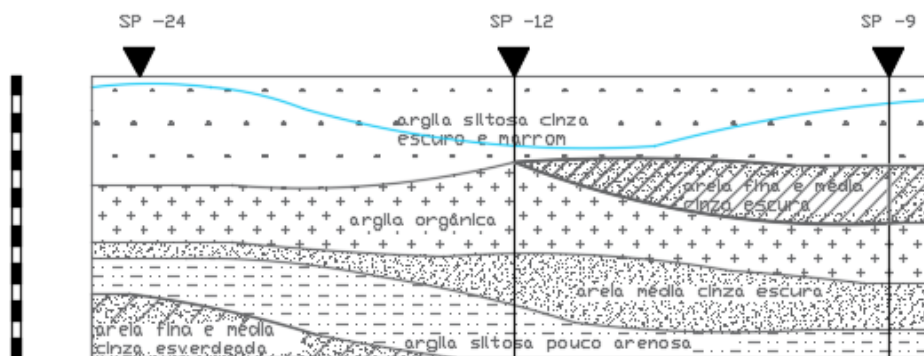
Figura 33 - Pontos de sondagem



Fonte: Emes Engenharia e Mecânica dos Solos, 2016

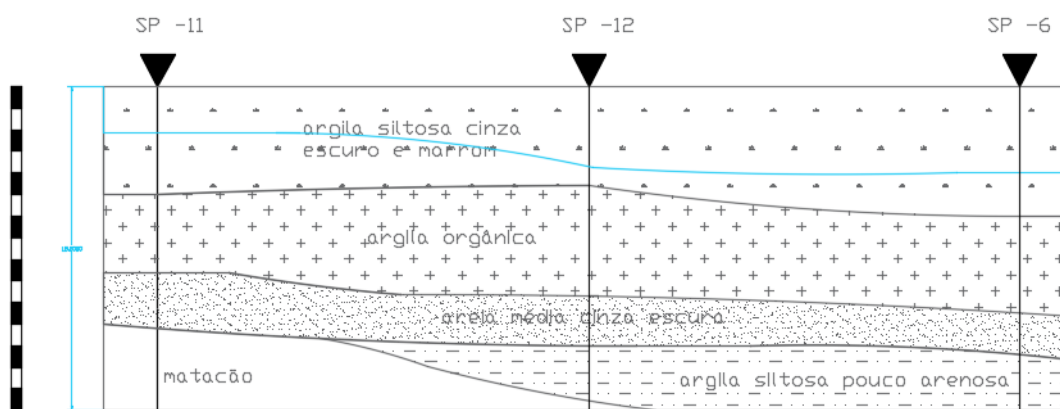
A partir dos estudos de sondagem foi possível notar a presença de aterros em todos os pontos, a profundidades que podem atingir até 7,5 metros, formados principalmente por areia fofa ou areia média pouco argilosa e por camadas de argilas moles e muito moles, conforme a Figura 34 e a Figura 35. Além disso, o nível d'água do local é elevado.

Figura 34 - Corte do solo em torno da moradia



Fonte: elaboração própria, a partir dos dados de sondagem disponibilizados pela SEF

Figura 35 - Corte II do solo em torno da moradia



Fonte: elaboração própria, a partir dos dados de sondagem disponibilizados pela SEF

4.2.6.3 Escolha da fundação

Para a escolha da fundação foram feitas comparações levando em consideração o tipo de solo, o nível d'água, o relevo e a localização do terreno. O Quadro 1 e o Quadro 2 apresentam as principais características dos tipos de fundações existentes.

Quadro 1 - Fundações rasas

Tipo	Descrição	Quando Utilizar	Características executivas
Bloco	Fundação de concreto simples sem armadura, dimensionado de forma que as tensões de tração sejam resistidas pelo concreto	Utilizado quando o solo tem boa capacidade de carga	- Simples execução
Radier	Fundação que recebe todos os pilares	- Utilizado quando se deseja uniformizar reclaques - Utilizado quando as sapatas se sobrepõem	- Simples execução - Prazo maior para execução, pois toda área deve estar desimpedida para o início do serviço
Sapata	Fundação de concreto armado, dimensionado de forma que as tensões de tração sejam resistidas pelas armaduras dispostas na sapata	Utilizado quando o solo tem boa capacidade de carga	- Simples execução

Fonte: Velloso e Lopes, 2010

Quadro 2 - Fundações profundas

Tipo	Execução abaixo do nível d'água	Capacidade de Carga	Profundidade Máxima	Vibrações
Estaca Metálica	Possível de ser executado com nível d' água alto	20 a 200 tf	estacas de aproximadamente 12 m, podendo ser emendadas	- Barulho - Pouca vibração
Estaca Pré-Moldada de Concreto	Possível de ser executado com nível d' água alto	25 a 170 tf	estacas de aproximadamente 12 m, podendo ser emendadas	- Barulho - Vibração
Estaca Barrete	Possível de ser executado com nível d' água alto	500 a 1250 tf	Superior a 50 m	- Ausência de vibrações - Ausência de ruídos

Estaca Franki	Desaconselhável em solos de argila mole saturada	60 a 400 tf	36 m	- Barulho Vibração	-
Estaca Raiz	Desaconselhável em solos de baixa consistência abaixo do nível d'água	10 a 180 tf	50 m	- Ausência de vibrações	
Estaca Strauss	Desaconselhável abaixo do nível d'água por risco de estrangulamento do fuste	20 a 100 tf	25 m	- Ausência de vibrações Ausência de ruídos	-
Estaca Hélice Contínua	Possível de ser executado com nível d' água alto	25 a 390 tf	24 m	- Ausência de vibrações	
Tubulão a céu aberto	Executado acima do nível d'água ou após seu rebaixamento	150 a 1000 tf	Limitado pelo nível d'água	- Ausência de vibrações Ausência de ruídos	-
Tubulão a ar comprimido	Possível de ser executado com nível d' água alto	800 a 1000 tf	34 m abaixo do nível d'água	- Ausência de vibrações Ausência de ruídos	-

Fonte: Velloso e Lopes, 2010

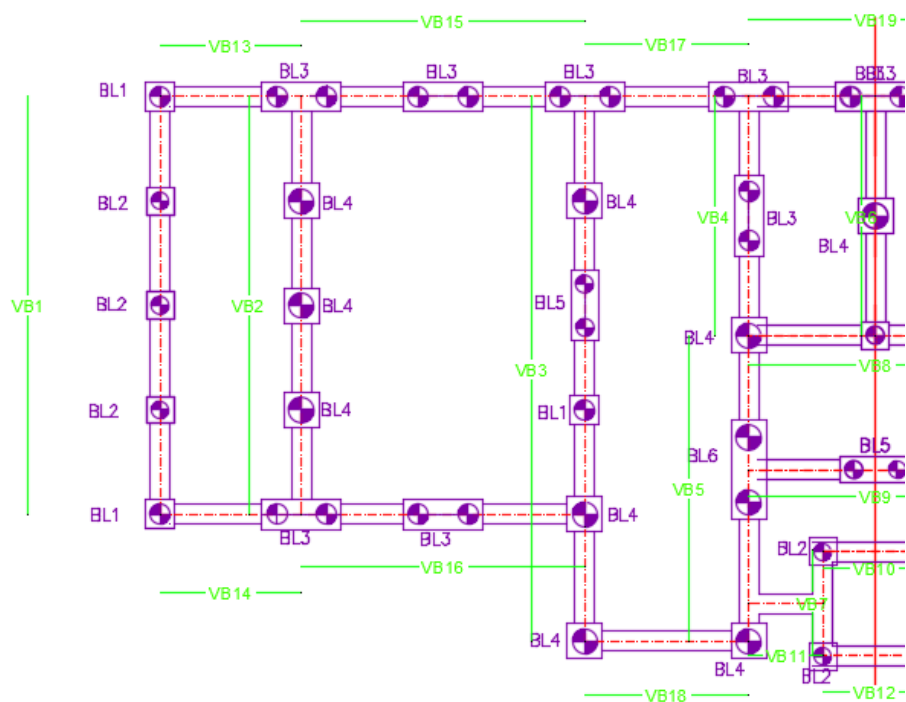
Como o solo no qual a moradia estudantil será apoiada é mole, fundações rasas são inviáveis. Quanto às profundas, foi dada preferência àquelas que não geram ruídos ou vibrações excessivas, principalmente pelo fato da obra estar localizada próxima a outros prédios, o que geraria incômodos. Assim, optou-se pela estaca hélice contínua.

4.2.6.4 Detalhamento

Viga baldrame

Toda a estrutura da edificação estará apoiada sobre vigas baldrames de concreto armado C35 e aço CA-50, e cujas dimensões são 60 cmx40 cm, conforme Figura 36.

Figura 36 - alocação das vigas baldrames e estacas



Fonte: elaboração própria

A Equação (7) foi utilizada para o dimensionamento das vigas, estimando-se a base e a altura útil da seção, de tal forma que a linha neutra ficasse acima daquela correspondente a uma ruptura frágil.

$$x = 1,25d. \left[1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right] \quad (7)$$

Onde

x - linha neutra

M_d - momento de cálculo

$$M_d = M_k \times 1,4$$

M_k - momento característico, determinado a partir dos esforços verticais atuantes

b_w - base da seção transversal

d - altura útil da seção transversal

f_{cd} - resistência de cálculo do concreto

Armadura longitudinal

A partir das dimensões da viga foi possível determinar a quantidade necessária de aço para resistir ao momento fletor, conforme a Equação (8).

$$A_s = \frac{M_d}{(d - 0,4x) \cdot f_{yd}} \quad (8)$$

Onde

A_s - Área de aço

f_{yd} - resistência de cálculo do aço

E assim, com auxílio dos diagramas de momentos fletores obtidos no Ftool, foi possível alocar as barras de aço, longitudinalmente e na seção transversal, conforme folha de projeto no anexo. Procurou-se um equilíbrio entre a facilidade de execução, utilizando barras de mesma bitola, e o seu custo.

O comprimento da ancoragem das barras é dado, de acordo com a NBR 6118:2014, pela Equação (9).

$$l_b = \frac{\phi_b \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \quad (9)$$

Onde

l_b - comprimento de ancoragem

ϕ_b - bitola das barras de aço

f_{bd} - resistência de aderência do concreto

Onde

E no caso da adoção de ganchos, o comprimento é definido pela seguinte equação (10)

$$Gancho = 13. \phi_b \quad (10)$$

Estribos

Os estribos são utilizados para resistir aos esforços cortantes atuantes sobre a viga, foram dimensionados conforme equação (11):

$$V_{sw} = V_{sk} \cdot 1,4 - V_c \quad (11)$$

V_{sw} - Força cortante resistida pelos estribos

V_{sd} - Força cortante de cálculo

$$V_{sd} = V_{sk} \times 1,4$$

V_{sk} = força cortante característica, obtido a partir dos diagramas de força cortante

V_c - força cortante resistida pelo concreto

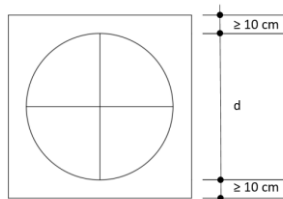
A força resistida pelo concreto é dada pela equação (12) abaixo:

$$V_c = 0,6. f_{ctd}. b.w. d \quad (12)$$

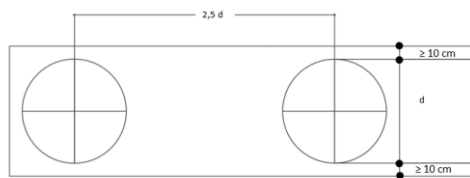
Bloco de fundação

Os blocos de fundação têm a função de transmitir os esforços da viga baldrame às estacas, auxiliando também na correção de pequenas excentricidades da estaca (BASTOS, 2017). Foram utilizados blocos para uma e para duas estacas, seguindo as especificações na Figura 37 e Figura 38, respectivamente.

Figura 37 - Dimensões de blocos simples



Fonte: Velloso e Lopes, 2010

Figura 38 - Dimensões de blocos para duas estacas

Fonte: Velloso e Lopes, 2010

O projeto dos blocos se encontra no APÊNDICE A – Caderno de Projetos.

Estaca hélice contínua

O dimensionamento das estacas foi feito analisando-se os resultados, obtidos por meio de diferentes métodos de cálculo, como o método de Décourt-Quaresma e Aoki-Velloso. A partir dos resultados, detalhados no APÊNDICE E , foram escolhidas estacas de diâmetros de 500 mm, 400 mm e 350 mm, e profundidade de 15 m. A carga admissível das estacas é de 150 tf, e a Tabela 8 apresenta a carga atuante em cada grupo de estaca:

Tabela 8 - carga das estacas

ESTACA	CARGA tf	ESTACA	CARGA tf
E1	46	E16	49
E2	34	E17	69
E3	28	E18	61
E4	34	E19	86
E5	46	E20	80
E6	83	E21	64
E7	64	E22	126
E8	52	E23	71
E9	64	E24	88
E10	82	E25	64
E11	89	E26	19
E12	86	E27	34
E13	89	E28	34
E14	60	E29	78
E15	78		

Fonte: elaboração própria

4.3 VEDAÇÃO

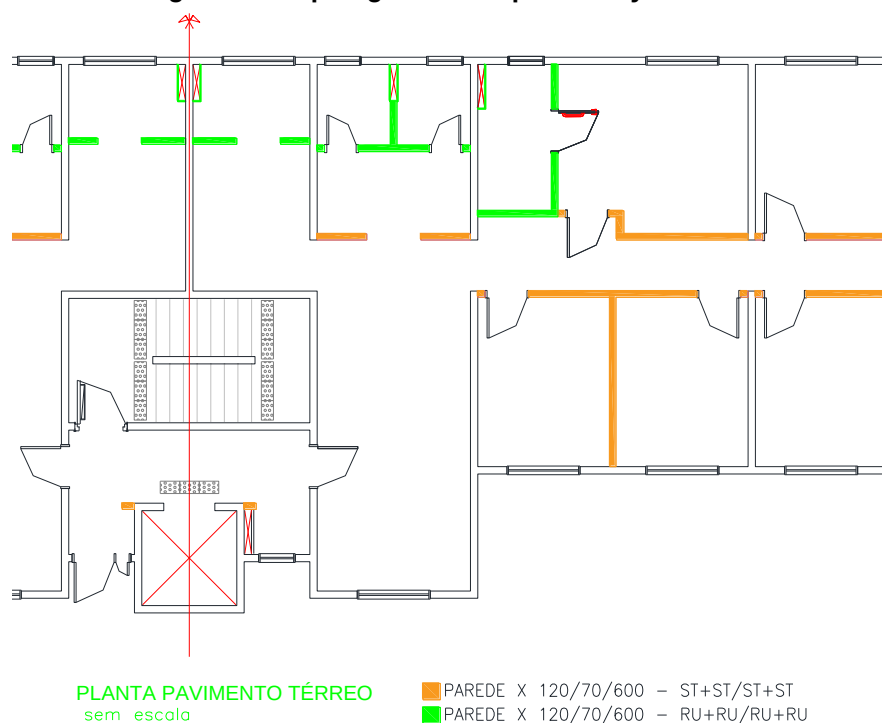
4.3.1 DRYWALL

O sistema construtivo adotado em conjunto à alvenaria estrutural, para desempenhar a função de vedação interna, foi de paredes em chapas de gesso acartonado, para drywall. O drywall foi escolhido por ser leve e de fácil remoção, o que confere alívio de carga para a estrutura e fundações, além de promover certa flexibilidade arquitetônica ao edifício.

A respeito do desempenho acústico, a norma ABNT NBR 15575-4:2013 exige isolamento mínimo de 45 dB para paredes de geminação entres dormitórios e outros ambientes. Serão utilizadas chapas duplas com lã mineral e a distância entre montantes será de 600 mm. Essa configuração garante isolamento acústico de 50 dB, respeitando os limites normativos.

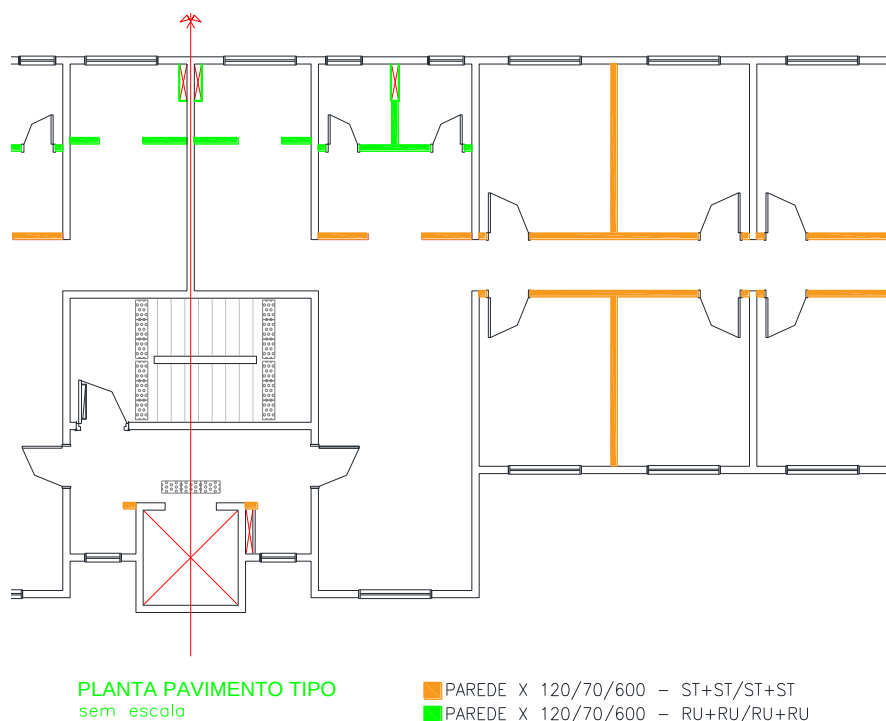
Serão utilizadas chapas tipo standard (ST) nas áreas secas e chapas resistentes à umidade em áreas sujeitas à umidade (RU) (Figura 39 e Figura 40).

Figura 39 - Tipologia das chapas de drywall - térreo



Fonte: Elaboração própria

Figura 40 - Tipologia das chapas de drywall - pavimento tipo



Fonte: Elaboração própria

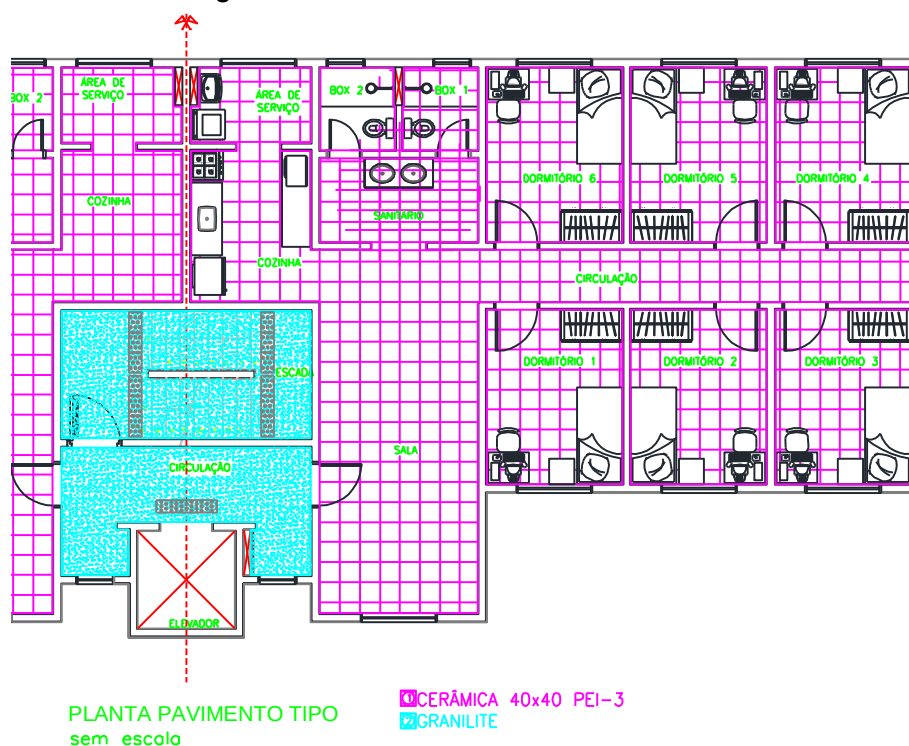
Durante a montagem das paredes de drywall serão utilizadas chapas inteiras sempre que possível, evitando o uso de pedaços pequenos de chapas (retalhos). Isso é feito para evitar uma quantidade exagerada de juntas, o que poderia prejudicar o desempenho acústico das paredes. As juntas das camadas de uma mesma parede também deverão ser defasadas entre si. (Lessa, 2005)

O desenvolvimento deste projeto seguiu as diretrizes da norma ABNT NBR 15575-4:2013. As plantas de locação das guias podem ser observadas no APÊNDICE A.

4.3.2 REVESTIMENTO

Com a preocupação de atender aos padrões adotados pela SEF, o grupo adotou inicialmente os mesmos revestimentos apresentados no projeto de arquitetura da moradia estudantil proposta para o Campus USP Ribeirão Preto.

Figura 42 - Revestimento Horizontal



Fonte: Elaboração própria

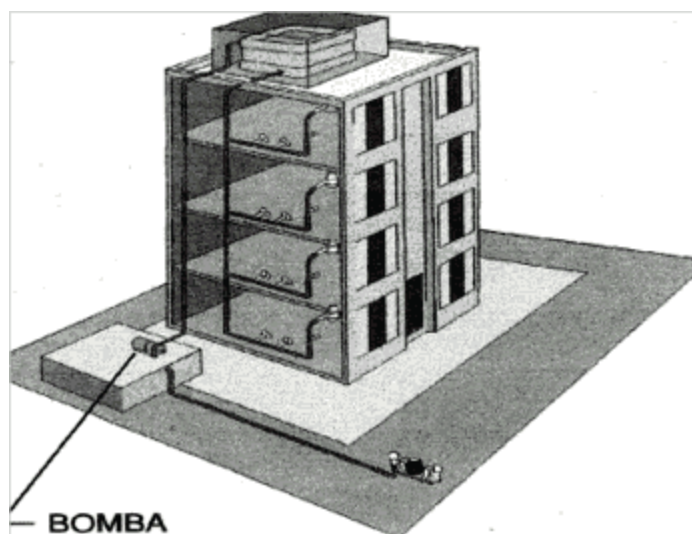
4.4 PROJETO DE SISTEMAS PREDIAIS

4.4.1 Sistema hidráulico

4.4.1.1 Caracterização do sistema de suprimento de água

O edifício fará uso do sistema indireto por gravidade com bombeamento, contando com reservatório inferior e superior, sendo o inferior alimentado diretamente pela rede pública e o superior alimentado por bombeamento da água do inferior. O sistema esquematizado pode ser observado na Figura 43.

Figura 43 - Sistema indireto por gravidade esquematizado



Fonte: FERREIRA, Daniel; ABASTECIMENTO: Qual tipo de água escolher?, FAZFÁCIL - Reforma & Construção

A escolha do uso de um reservatório superior foi feita levando em consideração a necessidade de proteger o edifício em caso de redução de pressão da água da rede pública, como ocorreu entre 2014 e 2016. O reservatório inferior será adotado devido a duas vantagens: a primeira é relacionada à economia de energia elétrica, uma vez que o conjunto motor-bomba é solicitado apenas durante determinados períodos de tempo. A segunda vantagem é que a água a ser armazenada pode ser dividida entre os dois reservatórios, o que reduz a carga na estrutura.

A água será transportada aos pavimentos através de dutos de PVC que formarão colunas localizadas nos *shafts* do banheiro e da área de serviço. A distribuição aos aparelhos de utilização será feita por meio de tubos flexíveis do tipo PEX parcialmente embutidos nas lajes no térreo e, nos demais pavimentos, nos forros suspensos.

O uso de cisternas para o aproveitamento de água de chuvas foi rejeitado devido à exigência de alta frequência de manutenção do sistema, considerada incompatível com um edifício administrado por uma universidade pública.

O projeto hidráulico final pode ser observado no APÊNDICE A – Caderno de Projetos.

4.4.1.2 Caracterização do sistema de aquecimento de água

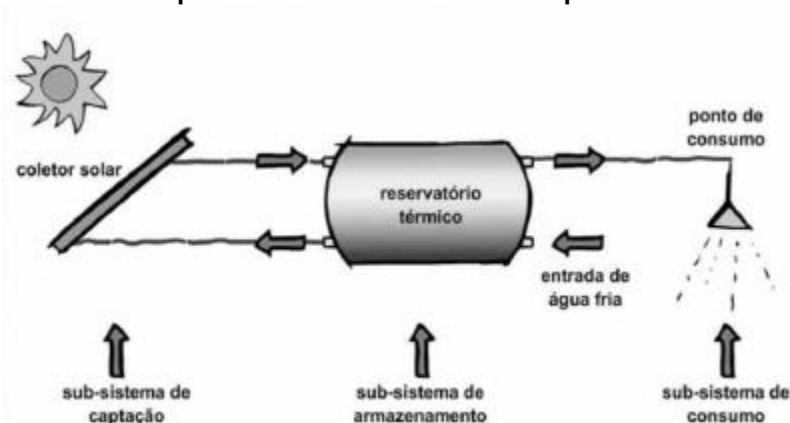
Visando ao menor custo de operação, a água dos chuveiros da moradia será aquecida por meio de um sistema de aquecimento solar.

Atualmente, a instalação de sistema de aquecimento solar ainda tem custo elevado se comparado com outros subsistemas, além de necessitar de um sistema auxiliar para garantir que não falte água quente nos dias em que o edifício receber pouca insolação; contudo, o sistema proporciona grande redução no consumo energético do edifício. De acordo com estimativas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), no Brasil o chuveiro elétrico é responsável por 24% de todo o consumo residencial de energia. Portanto, economia gerada ao longo da vida útil do edifício é expressiva.

O sistema de aquecimento solar é composto por coletores solares e reservatório térmico, ambos posicionados na cobertura do edifício. Diferentemente do que ocorre em painéis fotovoltaicos, não há conversão de radiação solar em energia elétrica nos coletores solares: a radiação aquece as placas metálicas contidas nos coletores, que por sua vez aquecem a água; a água é então transportada ao reservatório, também chamado de boiler, que a mantém aquecida até seu uso. O sistema está esquematizado na Figura 44. O boiler contará com sistema auxiliar elétrico.

Assim como ocorre com a água fria, a água quente será transportada aos pavimentos por meio de colunas posicionadas nos *shafts*, entretanto serão utilizados tubos de CPVC, adequados para transporte de água quente. A tubulação flexível PEX também será utilizada para o transporte dos *shafts* até os chuveiros, os únicos aparelhos do edifício a serem abastecidos com água quente.

Figura 44 - Desenho esquemático de um sistema de aquecimento solar residencial



Fonte: Ademe (2000)

O sistema exige manutenção anual, envolvendo a drenagem e limpeza do boiler. Caso alguma placa se quebre, o que pode ocorrer durante chuvas de granizo, ela deve ser trocada.

4.4.1.3 Aparelhos hidráulicos

Cada unidade da moradia contará com os seguintes aparelhos hidráulicos: dois vasos sanitários, dois lavatórios, dois chuveiros, duas pias, um tanque e uma máquina de lavar roupas. Os chuveiros são os únicos aparelhos abastecidos com água quente proveniente do boiler.

Para minimizar os custos ao longo da vida útil do edifício, foram previstos aparelhos com consumo de água reduzido. Os vasos sanitários utilizados terão caixa acoplada e duplo acionamento (3 ou 6 litros). As pias, lavatórios e tanques contarão com torneiras de vazão reduzida, com arejador. As máquinas de lavar roupas também terão vazão reduzida.

4.4.1.4 Estimativa do consumo diário de água

O consumo diário foi estimado por meio da Equação (13):

$$CD = C \times P \quad (13)$$

Na qual:

CD é o consumo diário total (l/dia);

C é o consumo diário “per capita” estimado em 200 litros ao dia, por se tratar de um edifício de apartamentos;

P é a população do edifício, que totalizará 70 pessoas.

Logo, CD = 14.000 L/dia.

4.4.1.5 Diâmetro e vazão do alimentador predial

O diâmetro do alimentador predial é definido em função do consumo diário do edifício e da velocidade da água da rede.

Para que o consumo diário seja suprido, a vazão do alimentador predial deve atender à Equação (14):

$$Q_{AP} \geq \frac{C_D}{86400} \quad (14)$$

Logo:

$$Q_{AP} \geq 0,162 \text{ l/s}$$

Adotando-se 0,6 m/s como a velocidade da água tem-se a expressão (15):

$$D_{AP} \geq \sqrt{\frac{4 \times Q_{AP}}{\pi \times V_{AP}}} \quad (15)$$

Logo:

$$D_{AP} \geq 0,0185 \text{ m}$$

Desse modo, será utilizado um alimentador predial de 20 mm.

4.4.1.6 Sistema de abastecimento de água

De acordo com a ABNT NBR 5626:1998, o volume de água a ser reservado deve ser, no mínimo, o necessário para 24 h de consumo normal do edifício. Além do volume mínimo, o edifício contará com uma reserva adicional equivalente a um dia de consumo, com o objetivo de garantir o abastecimento da moradia em caso de falta de água na rede. Será também contabilizada uma reserva para combate a incêndio com volume de 8.000 litros, como dimensionado na seção Sistema de proteção contra incêndio (item 4.4.5).

Desse modo, o volume total a ser reservado no edifício será de ao menos 36.000 litros.

4.4.1.7 Boiler

O boiler terá volume suficiente para suprir o consumo de água quente do edifício ao longo de um dia. É estimado que em um banho sejam utilizados entre 40 e 60 l de água quente (CARDOSO, Leonardo). No projeto a estimativa utilizada será 50 l por banho. Desse modo, o volume será estimado através da Equação (16):

$$V_{Boiler} \geq P \times 50 \quad (16)$$

Onde:

P é a população do edifício, que totalizará 70 pessoas;

Logo:

$$V_{Boiler} \geq 3500 \text{ l}$$

Desse modo, a moradia contará com um boiler de 3500 l de capacidade.

4.4.1.8 Reservatório superior

O reservatório superior conterá 40% do volume de água fria necessário para abastecer o edifício por um dia, como mostra a Equação (17):

$$V_{RS} = 0.4 \times (C_D - V_B) \quad (17)$$

Onde:

Vrs: Volume do reservatório superior, em litros;

Vt: Volume total armazenado, em litros;

Vb: Volume do boiler, em litros;

Logo:

$$V_{RS} \geq 4,200 \text{ l}$$

É recomendado armazenar a água em mais de um reservatório para que seja possível executar a limpeza dos recipientes sem prejudicar o abastecimento do edifício. Portanto, serão utilizados três reservatórios de polietileno com 1.500 litros de capacidade cada, totalizando 4.500 litros.

4.4.1.9 Reservatório inferior

O restante da água será armazenado no reservatório inferior, incluindo a reserva de combate a incêndio. O cálculo do volume a ser reservado é representado pela Equação (18):

$$V_{RI} \geq (V_T - V_B - V_{RS}) \quad (18)$$

Na qual:

V_{ri} é o volume do reservatório, em litros;

Assim:

$$V_{RI} \geq 28.000 \text{ l}$$

Serão utilizados, portanto, dois tanques de polietileno de 15.000 litros de capacidade cada.

4.4.1.10 Coletores solares

A área total mínima dos coletores é calculada através da Equação (19):

$$A_{coletora} \geq \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times FC \times 4,901}{PMEE \times I_G} \quad (19)$$

Onde:

Acoletora: Área necessária de coletores solares, em m²;

Eútil: Demanda de energia útil, em kWh/mês;

Eperdas: Perdas térmicas do sistema, estimada em 15% da energia útil;

FC: Fator de correção devido à inclinação e à orientação dos coletores (adimensional);

PMEE: Produção mensal de energia específica, em kWh/mês.m²;

Ig: Irradiação média anual do local, em kWh/m²;

A demanda energética mensal segue a Equação (20):

$$DE = \frac{V \times \rho \times c_p \times (T_f - T_i) \times 30 \text{ dias}}{3600} \quad (20)$$

Onde:

DE: Demanda energética mensal, em kWh/mês;

V: Volume de água quente, calculado em 3,5 m³;

ρ: Peso específico da água, considerado 1000 kg/m³;

c_p: Calor específico da água, 4,18 kJ/kg°C;

T_f: Temperatura de armazenagem de água quente, considerada 45 °C;

Ti: Temperatura da água fria, considerada 23 °C.

Logo:

DE = 2682 kWh/mês

A produção mensal de energia específica de coletores solares varia de acordo com o produto e pode ser obtida através de tabelas fornecidas pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). Para coletores destinados a aquecer água para banho, existe a seguinte classificação:

Tabela 9 - Classificação dos coletores solares	
Rendimento	Classificação
(kWh/mês.m²)	
80,3 < PMEe	A
73,3 < PMEe ≤ 80,3	B
66,3 < PMEe ≤ 73,3	C
59,3 < PMEe ≤ 66,3	D
52,3 < PMEe ≤ 59,3	E

Fonte: INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia)

De modo geral, coletores com maior rendimento apresentam maior custo por metro quadrado. Como o edifício é baixo e, portanto, a relação área da cobertura por morador é bastante elevada, não há necessidade de utilizar coletores de classificação A. Foi definido o uso de coletores classe B, com PMEe estimado em 76,8 kWh/mês.m².

A irradiação diária média para o local de instalação ao longo dos meses pode ser observada na Tabela 10 já com os devidos fatores de correção devido à inclinação e orientação dos coletores.

Tabela 10 - Irradiação solar diária média mensal em São Paulo

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	4,5	5	4,06	3,61	3,19	2,94	3,2	3,72	3,8	4,03	5	4,53	3,96	2,06
Ângulo igual a latitude	23° N	4,12	4,79	4,15	4,03	3,89	3,75	4,1	4,34	4	3,94	4,61	4,1	4,14	1,03
Maior média anual	21° N	4,17	4,82	4,16	4,01	3,84	3,7	4	4,31	4	3,96	4,66	4,16	4,15	1,13
Maior mínimo mensal	28° N	3,99	4,67	4,11	4,06	3,98	3,87	4,2	4,41	3,9	3,86	4,47	3,96	4,13	0,81

Fonte: CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito

Os coletores possuem estrutura de fixação que possibilita posicioná-los com o ângulo necessário em função do posicionamento do sol na região. As placas serão, portanto, orientadas em ângulo de 23°, igual à latitude local, a posição que melhor aproveita a incidência solar ao longo do ano. Desse modo, a irradiação solar diária média é estimada em 4,14 kWh/m²/dia. Utilizando a Equação (19), determina-se que são necessários 46,3 m² de coletores. Serão utilizados, portanto, 24 coletores de 2m² cada.

4.4.1.11 Sistema de recalque

A vazão de recalque e o diâmetro da tubulação de recalque foram determinados através da Equação (21) e Equação (22), respectivamente.

$$Q_{REC} = \frac{C_D}{N_F} \quad (21)$$

$$D_{REC} = 1.3 \times \sqrt{Q_{REC}} \sqrt[4]{X} \quad (22)$$

Onde:

Q_{rec}: Vazão de recalque (m³/s);

C_d: Consumo diário do edifício (l/dia);

N_F o número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas;

D_{rec}: Diâmetro da tubulação de recalque (m);

X: Relação entre tempo de funcionamento da bomba e horas em um dia (adimensional);

Foi definido que durante um dia a bomba será ligada em três períodos distintos, dois deles com duração de uma hora e meia e o terceiro com duração de duas horas. Assim:

$$Q_{rec} = 0,00078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{rec} = 0,0245 \text{ m}$$

A tubulação de sucção deve ter diâmetro maior ou igual ao da tubulação de recalque. Desse modo, será utilizada tubulação de 25mm de diâmetro tanto para sucção quanto para recalque da água.

4.4.1.12 Sistema de distribuição

A água será transportada aos pavimentos através de tubulações de PVC e CPVC, pois a tubulação PEX é comercializada apenas em diâmetros pequenos, incompatíveis com as altas vazões desses condutos. Em cada pavimento as colunas serão ligadas a conexões que distribuem a água em tubulações PEX. Essas conexões, chamadas válvulas *manifold*, são equipadas com registros e podem ser observadas na Figura 45. Nos banheiros a válvula virá em um kit hidráulico de chuveiro, como mostra a Figura 46.

Figura 45 - Válvulas *manifold* com registros



Fonte: Distribuidores *manifold*, disponível em:

<http://www.merckkits.com.br/br/produto/distribuidores-manifold/>

Figura 46 - Kit hidráulico de chuveiro com válvula *manifold*



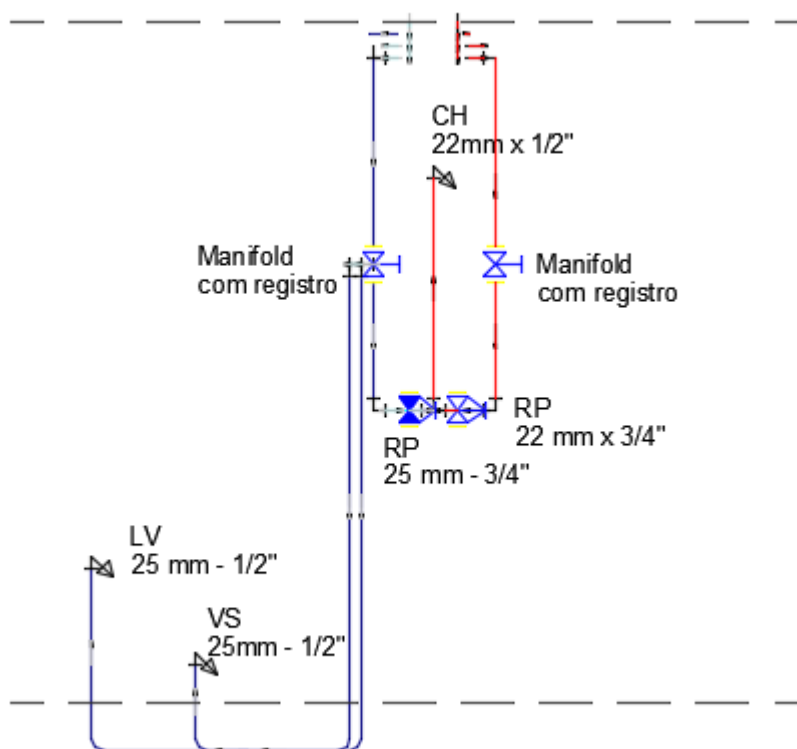
Fonte: Kits hidráulicos prediais *Merckits*, disponível em: <http://www.merckits.com.br/br/kits-hidraulicos-prediais/kit-chuveiro-pex-com-manifold/>

Os tubos PEX serão conectados às válvulas para levar a água aos pontos de utilização. A ABNT NBR 15939-2:2011 permite dois tipos de sistema de distribuição: sistema ponto a ponto, que utiliza um tubo de PEX para cada aparelho, conectando-os diretamente à válvula, e sistema convencional, no qual um único tubo PEX é conectado na válvula e são realizadas derivações para cada aparelho.

A escolha se deu pela primeira opção. Apesar de necessitar de maior quantidade de conduto, esse sistema reduz a quantidade de conexões, o que facilita a instalação, reduz a probabilidade de vazamentos e facilita a manutenção da rede.

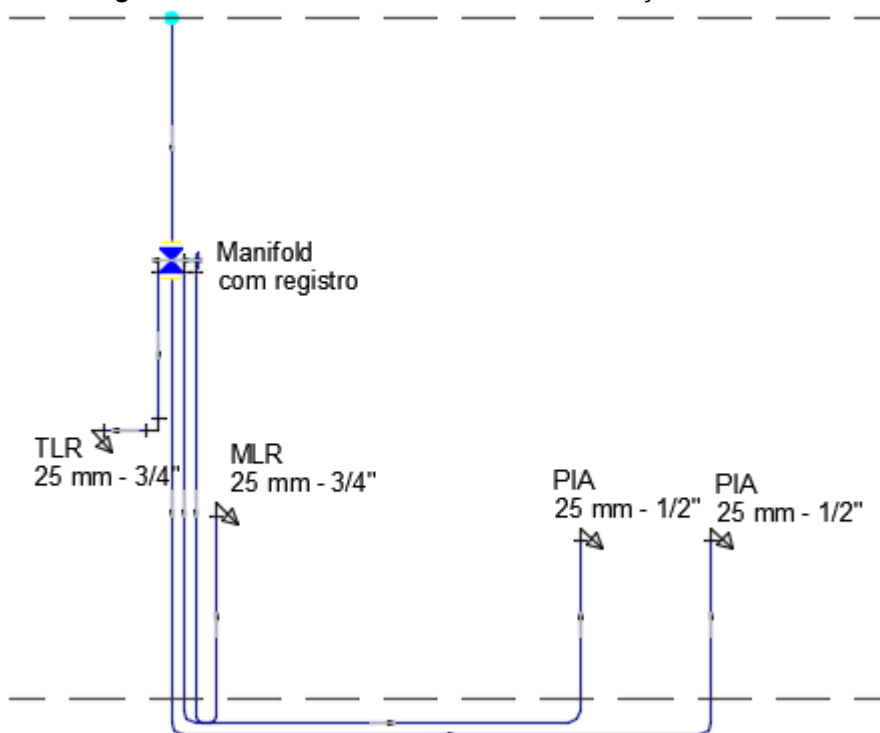
A configuração das tubulações de um banheiro típico, da cozinha e área de serviço e do banheiro acessível pode ser observado na Figura 47, Figura 48 e **Error! Reference source not found.**, respectivamente.

Figura 47 – Corte do banheiro tipo



Fonte: elaboração própria

Figura 48 - Corte da cozinha e área de serviço



Fonte: elaboração própria

Os diâmetros das tubulações foram determinados de modo a garantir a pressão adequada ao longo da rede, além de manter a velocidade da água abaixo de 3m/s, pois do contrário poderiam ocorrer ruídos no escoamento. De acordo com a ABNT NBR 5626:1998, a pressão estática não deve ultrapassar 40 mca, a pressão dinâmica na rede deve ser superior a 0,5 mca, e a pressão dinâmica nos pontos de utilização deve ser superior a 1 mca. Uma vez que pressões elevadas resultam em maior gasto de água, o dimensionamento dos condutos hidráulicos foi realizado de modo a manter a pressão nos pontos de utilização pouco acima da mínima exigida.

Procurou-se evitar a utilização de um pressurizador devido ao gasto de energia associado ao aparelho e sua necessidade de manutenção frequente, o que foi considerado incompatível com um edifício administrado por uma entidade pública.

O dimensionamento da rede foi realizado com o auxílio do software QiBuilder Hidrossanitário, compatível com as normas ABNT NBR 5626:1998. Até a finalização desse trabalho, o programa não contava com tubulações PEX, e certas propriedades do PEX diferem do PVC e CPVC. Desse modo, a realização de certos ajustes foi necessária, como explicado a seguir.

Para o cálculo da perda de carga ao longo da rede o programa utiliza a Fórmula Universal, ou Darcy-Weisbach, mostrada na Equação (23).

$$\Delta H = f \frac{l \times v^2}{d \times 2g} \quad (23)$$

Onde:

f: Coeficiente universal de perda de carga ou atrito, adimensional;

l: Comprimento do conduto, em m;

v: velocidade média do escoamento, em m/s;

d: Diâmetro interno do tubo, em mm;

g: aceleração da gravidade, em m/s².

O que diferencia o PEX do PVC nesse cálculo é o Coeficiente universal de perda de carga. O programa utiliza o valor 0,06 para o PVC, e o coeficiente do PEX é de 0,004, 15 vezes menor. O programa, porém, não permite modificar esse coeficiente.

O ajuste foi então realizado através da mudança no diâmetro das tubulações, de modo que um conduto de PVC utilizado no programa obtivesse a mesma perda de carga que o conduto PEX do projeto. Os cálculos que demonstram a relação entre o diâmetro equivalente a ser utilizado no programa (De) e o diâmetro real (Dr) podem ser observados abaixo.

$$\Delta H = f \frac{l \times v^2}{De \times 2g} = f \frac{l \times 8 \times Q^2}{De^5 \times g \times \pi^2} = \left(\frac{f}{15}\right) \frac{l \times 8 \times Q^2}{Dr^5 \times g \times \pi^2}$$

$$De^5 = 15 \times Dr^5$$

$$De = \sqrt[5]{15} \times Dr$$

$$De = 1,72 \times Dr$$

Desse modo, para que a perda de carga real fosse considerada, foram cadastrados e utilizados condutos de PVC com diâmetro 1,72 vezes maior aos condutos em PEX presentes no projeto, como mostra a Tabela 11. O projeto hidráulico presente no APÊNDICE A – Caderno de Projetos, mostra os diâmetros reais a serem utilizados no edifício.

Tabela 11 - Relação entre diâmetros PEX e PVC

ϕ PEX real (mm)	ϕ PVC equivalente (mm)
16	27,5
20	34,4
25	43,0
32	55,0

Fonte: elaboração própria

4.4.2 Sistema de esgotamento sanitário

4.4.2.1 Diretrizes

O projeto do sistema de esgoto sanitário foi realizado com o auxílio do Software QiBuilder Hidrossanitário, compatível com a ABNT NBR 8160:1999. O material da tubulação utilizada é o PVC, os tubos de queda e as colunas de ventilação estão posicionados nos *shafts* do edifício. Os ramais de descarga e de ventilação de um pavimento encontram-se no forro do pavimento inferior.

O projeto sanitário final pode ser observado no APÊNDICE A - Caderno de Projetos.

4.4.2.2 Ramais de esgoto

O traçado nos pavimentos foi planejado de modo a minimizar o número de conexões e colunas. Os diâmetros dos ramais de descarga e de esgoto foram determinados através do software Qibuilder hidrossanitário, utilizando o método das Unidades de Hunter de Contribuição, de acordo com a ABNT NBR 8160:1999. Os diâmetros dos ramais de descarga obedecem a Tabela 12.

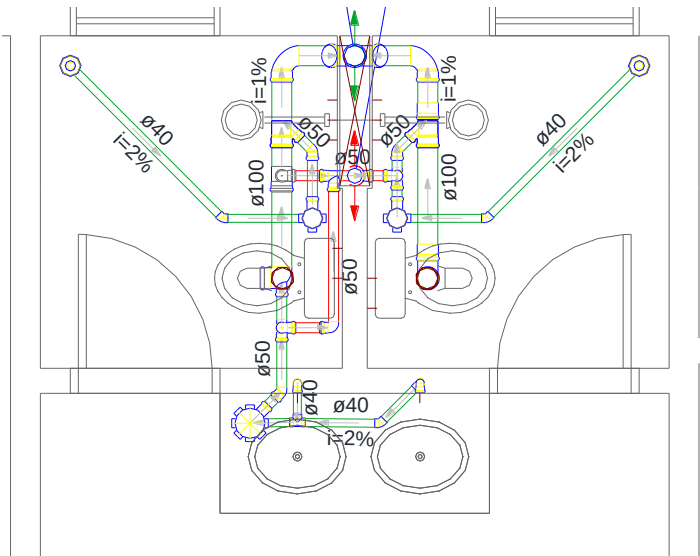
Tabela 12 - Unidades de Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário	Número de Unidades de Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga (DN)
Bacia sanitária	6	100
Chuveiro residencial	2	40
Lavatório residencial	1	40
Pia de cozinha residencial	3	50
Tanque de lavar roupas	3	40
Máquina de lavar roupas	3	50

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. 1999. (adaptado)

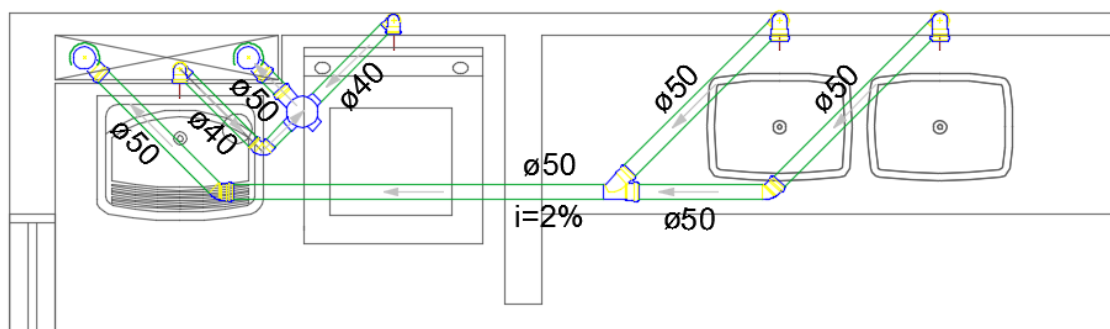
O traçado de um pavimento tipo com os diâmetros das tubulações indicado pode ser observado na Figura 49 (banheiro) e Figura 50 (cozinha e área de serviço).

Figura 49 - Tubulação sanitária do banheiro



Fonte: elaboração própria

Figura 50 - Tubulação sanitária da cozinha e área de serviço

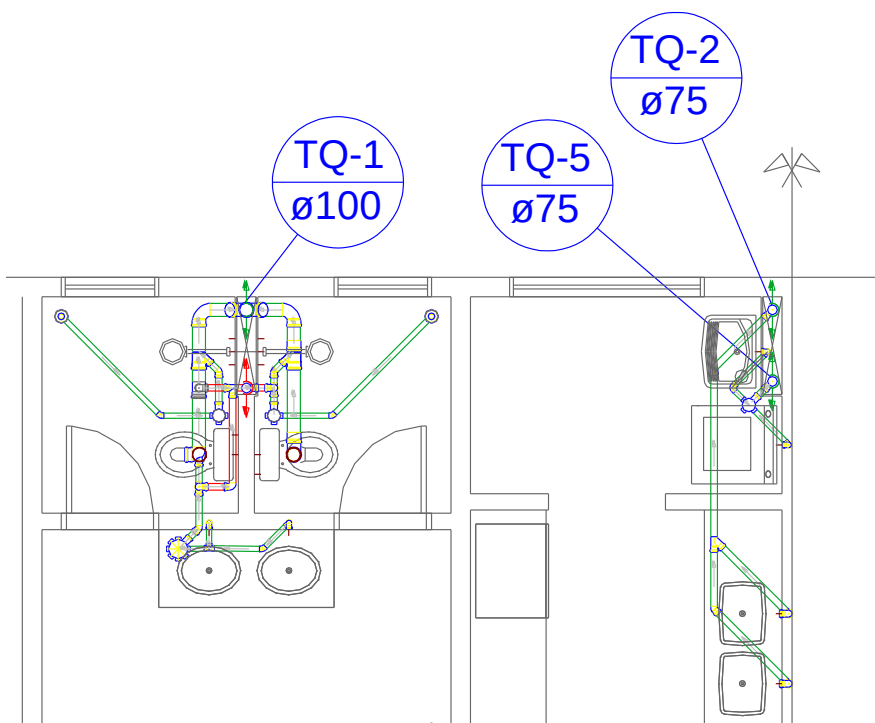


Fonte: elaboração própria

4.4.2.3 Tubos de queda

Procurou-se utilizar um número pequeno tubos de queda. Os tubos de queda dos banheiros são independentes dos tubos de queda da área de serviço. As pias das cozinhas são ligadas em tubos de queda separados, pois essa tubulação precisa ser conduzida à caixa de gordura antes de ser direcionada à caixa de inspeção. O cálculo do número de Unidades de Hunter de Contribuição dos tubos de queda 1, 2 e 5 pode ser visto na Tabela 13. A numeração dos tubos de queda está indicada na Figura 51.

Figura 51 - Numeração dos tubos de queda



Fonte: elaboração própria

Tabela 13 - Cálculo do número de Unidades de Hunter de Contribuição

Aparelho sanitário	Número de	Número de aparelhos		
	Unidades de Hunter de Contribuição	Tubo de queda 1	Tubo de queda 2	Tubo de queda 5
Bacia sanitária	6	10		
Chuveiro residencial	2	10		
Lavatório residencial	1	10		
Pia de cozinha residencial	3		10	
Tanque de lavar roupas	3			5
Máquina de lavar roupas	3			5
Número total de UHC		90	30	30

Fonte: elaboração própria

Tabela 14 - Dimensionamento dos tubos de queda

Diâmetro nominal do tubo	Nº máximo de Unidades de
DN	Hunter de Contribuição
40	8
50	24
75	70
100	500

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. 1999. (adaptado)

Os diâmetros dos tubos de queda 1, 2 e 5 estão de acordo com a Tabela 14, sendo respectivamente 100, 75 e 75 mm.

4.4.2.4 Ventilação

Os condutos de ventilação são necessários para conduzir os gases provenientes do interior do sistema de esgoto sanitário. O edifício contará com sistema de ventilação secundária, ou seja, os ramais de ventilação serão conectados aos ramais de esgoto, não aos tubos de queda.

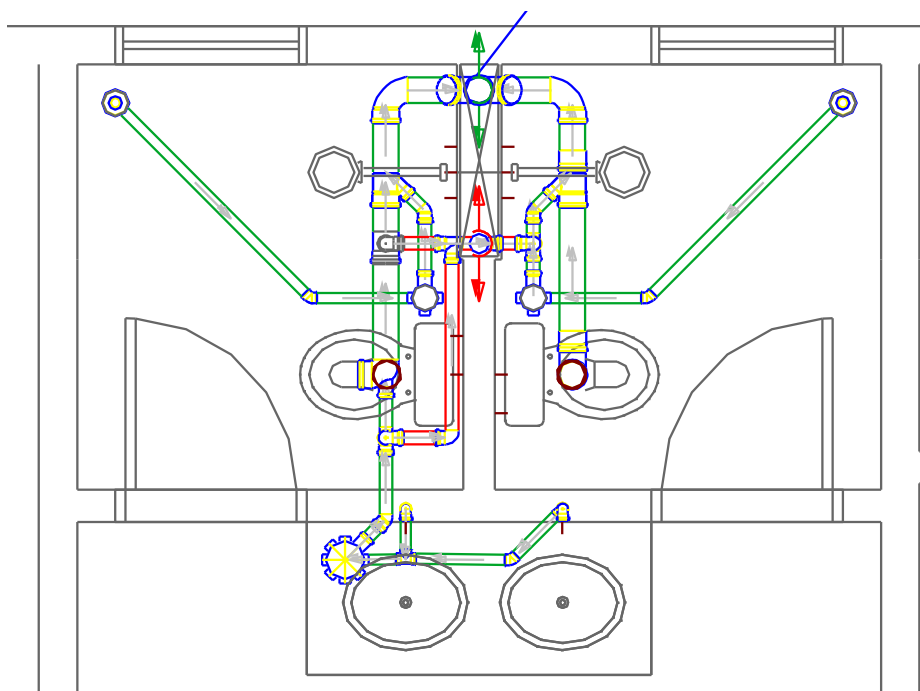
Para o posicionamento correto dos ramais de ventilação foi utilizada a Tabela 15. Tanto no térreo quanto nos pavimentos tipo não foi possível encontrar um único ponto nos condutos sanitários que atendesse a todos os aparelhos, portanto foi necessário efetuar mais de uma ligação em cada pavimento, como pode ser observado na Figura 52 e Figura 53.

Tabela 15 - Distância máxima de um desconector (sifão) ao tubo ventilador

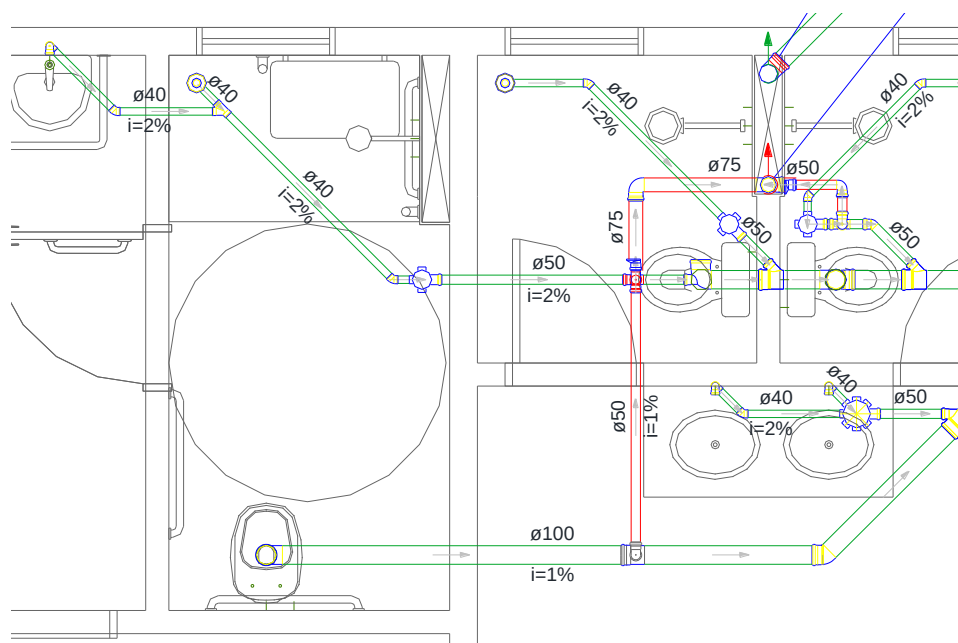
Diâmetro nominal do ramal de descarga (DN)	Distância máxima (m)
40	1
50	1,2
75	1,8
100	2,4

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. 1999. (adaptado)

Figura 52 - Ramais de ventilação em um pavimento tipo



Fonte: elaboração própria

Figura 53 - Ramais de ventilação no pavimento térreo

Fonte: elaboração própria

Na Tabela 16 pode-se observar que ramais de ventilação com diâmetro de 50 mm podem ser utilizados para ventilar até 17 Unidades de Hunter de Contribuição, o suficiente para os banheiros comuns, portanto. Já no pavimento térreo um único ramal precisa ventilar um banheiro comum e um acessível, combinação que ultrapassa 17 Unidades de Hunter. Logo, será necessário utilizar tubos com diâmetro de 75 mm na ligação final com a coluna de ventilação.

Tabela 16 - Dimensionamento dos ramais de ventilação

Número de Unidades de Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
até 17	50
18 a 60	75

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. 1999. (adaptado)

Cada par de banheiros dos apartamentos comuns contribui com 18 Unidades Hunter de Contribuição, portanto um tubo de queda do banheiro recebe 90 Unidades Hunter no total. Na Tabela 17 é possível verificar que, para esse edifício de 16,8 m de altura, é necessário utilizar condutos de 75 mm nas colunas de ventilação.

Tabela 17 - Dimensionamento das colunas de ventilação

Diâmetro Nominal do Tubo de Queda	Número de Unidades de Hunter de Contribuição	Diâmetro Nominal do Tubo de Ventilação	
		50	75
		Comprimento permitido (m)	
100	43	11	76
100	140	8	61

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. 1999. (adaptado)

As colunas seguem pelos *shafts* até a cobertura do edifício, elevando-se 50 cm acima do nível da cobertura para evitar a entrada de águas pluviais. Pelo mesmo motivo, na extremidade de cada coluna será conectado um terminal de ventilação, como ilustrado na Figura 54.

Figura 54 - Terminal de ventilação



Fonte: Terminal de Ventilação 50 Mm - Tigre, disponível em: <http://www.cec.com.br/material-hidraulico/tubos-e-conexoes/terminal/terminal-de-ventilacao-50-mm?produto=1045162>

4.4.2.5 Caixa de gordura

Os efluentes advindos das pias das cozinhas são conduzidos à caixa de gordura antes de unirem ao restante do esgoto sanitário, para evitar que gorduras, graxas e óleo se acumulem na tubulação e provoquem uma obstrução na rede. A caixa deve ser limpa periodicamente, pois do contrário pode haver ocorrência de mau cheiro, entupimentos ou mesmo transbordamentos.

A moradia conta com 12 cozinhas, desse modo é necessário o uso de uma caixa de gordura dupla, com capacidade de retenção de 120 litros, de acordo com a ABNT NBR 8160:1999. Não foi possível encontrar caixas de gordura industrializadas que

atendessem essa capacidade, portanto a caixa deverá ser construída seguindo as seguintes dimensões especificadas em norma:

- 1) diâmetro interno: 0,60 m;
- 2) parte submersa do septo: 0,35 m
- 3) capacidade de retenção: 120 L;
- 4) diâmetro nominal da tubulação de saída: DN 100;

4.4.2.6 Caixas de inspeção

As caixas de inspeção foram posicionadas de modo a seguir as recomendações da ABNT NBR 8160 quanto às distâncias máximas entre dois dispositivos de inspeção, entre caixa de inspeção e tubos de queda e entre bacias sanitárias e caixas de inspeção. As caixas de inspeção utilizadas na moradia serão industrializadas, de PVC.

4.4.3 Sistema de drenagem pluvial

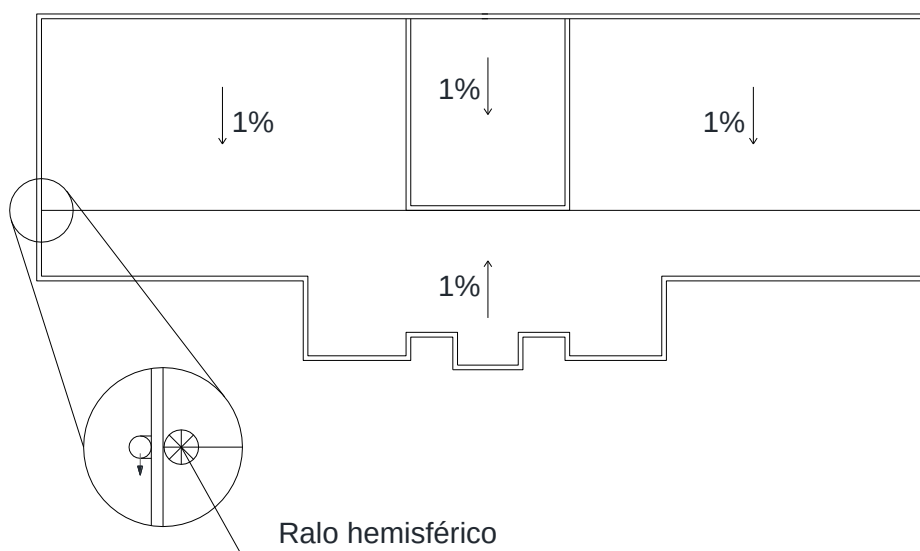
4.4.3.1 Descrição do sistema

O sistema de drenagem da moradia foi projetado de modo a conduzir as águas pluviais da cobertura do edifício à rede de águas pluviais da universidade de maneira controlada e segura. A representação da cobertura do edifício pode ser observada na Figura 55. A cobertura contará com laje impermeabilizada sem telhas. Há uma platibanda de 1,00 m de altura circundando o local, e a torre da caixa d'água é coberta.

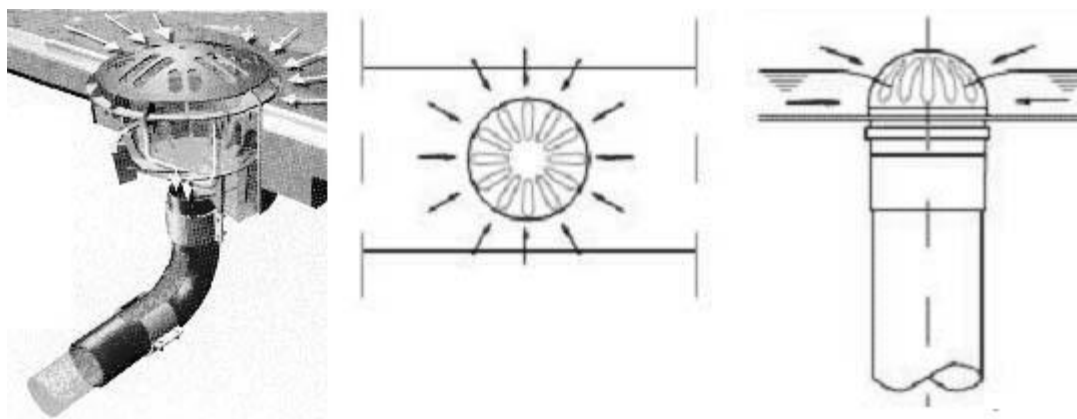
De acordo com a ABNT NBR 10844:1989, as lajes de cobertura precisam ter declividade mínima de 0,5% em direção aos pontos de drenagem. A ABNT NBR 9575:2003, porém, define a declividade mínima em 1%. Nesse projeto a declividade das lajes será de 1%.

A água será captada através de ralos hemisféricos com funil de saída (Figura 56), passará aos condutores verticais fixados nas paredes externas do edifício e então será transportada à parte inferior do edifício. No pavimento térreo os condutores verticais serão conectados a caixas de areia e, por fim, os condutores horizontais transportam a água ao sistema de coleta de águas pluviais da cidade. Para os condutores horizontais e verticais será utilizada tubulação de PVC.

Figura 55 - Representação da cobertura do edifício



Fonte: elaboração própria

Figura 56 - Ralo hemisférico

Fonte: GNIPPER, 2018

O dimensionamento do sistema de drenagem foi realizado de acordo com a ABNT NBR 10844:1989. O edifício possui simetria, logo o dimensionamento será realizado para uma das metades do sistema, sendo a metade restante equivalente. O projeto finalizado de drenagem pode ser observado no APÊNDICE A – Caderno de projetos.

4.4.3.2 Impermeabilização da cobertura

A cobertura do edifício é extensa e sujeita às intempéries, o que provoca consideráveis movimentações em sua superfície devido às variações de temperatura. Desse modo a superfície exige impermeabilização flexível, que acompanhe essas movimentações sem que haja ocorrência de fissuras que poderiam comprometer a estanqueidade do local.

A cobertura possui poucas interferências, como ralos hemisféricos, colunas de ventilação e colunas de água, o que possibilita o uso de impermeabilizantes pré-moldados. Em relação aos demais impermeabilizantes, os pré-moldados tem como vantagem a maior facilidade, controle e velocidade de aplicação, além de não possuírem variação na espessura.

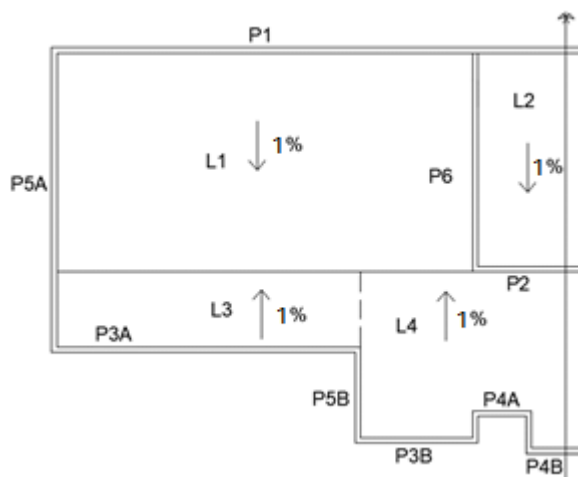
Entre os impermeabilizantes flexíveis pré-moldados as mantas poliméricas foram escolhidas por possuírem maior durabilidade que as tradicionais mantas asfálticas.

4.4.3.3 Cálculo da área de contribuição

A numeração dos elementos utilizados no cálculo da área de contribuição pode ser observada na Figura 57, e as dimensões desses elementos estão listadas na Tabela 10. A Figura 58 mostra as fórmulas utilizadas para cada tipo de superfície. A distância

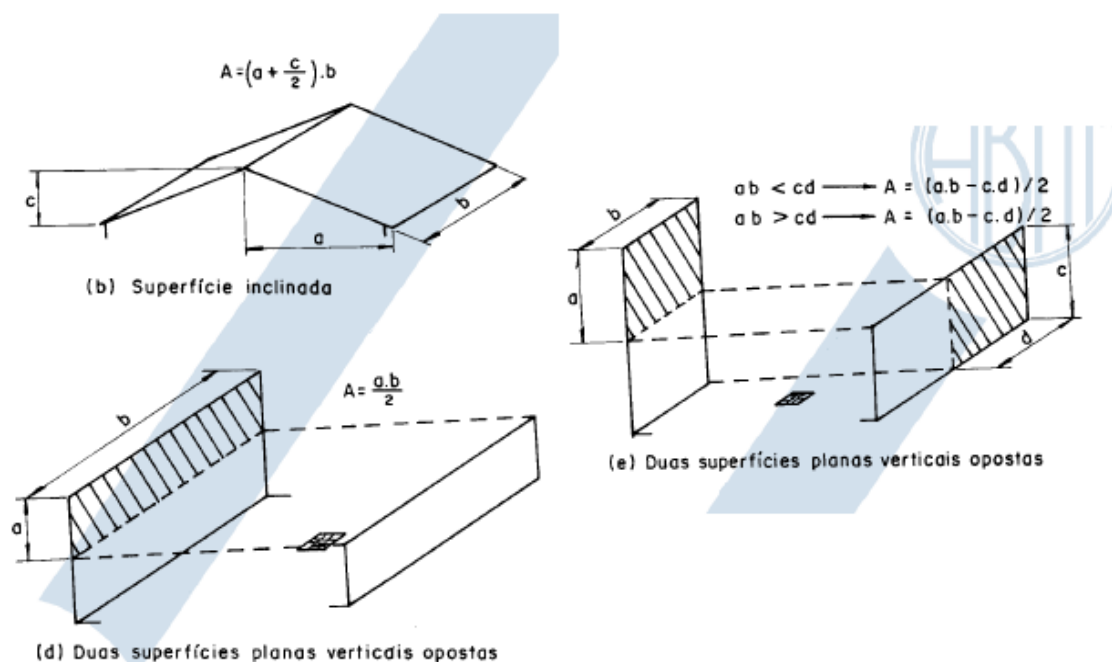
entre paredes verticais opostas é indiferente no cálculo da área de contribuição. Isso permitiu que alguns elementos, como as paredes PA2 e PA3, que são opostas à parede PA1, fossem considerados um único elemento durante os cálculos. A contribuição das paredes com menos de um metro quadrado de área foi considerada desprezível frente aos valores obtidos nas demais superfícies e, portanto, não foi contabilizada.

Figura 57 - Numeração das superfícies da cobertura



Fonte: elaboração própria

Figura 58 - Indicações para cálculo da área de contribuição



Fonte: ABNT NBR 10844:1989 (adaptado)

Tabela 18 - Cálculo das áreas de contribuição

Superfícies	Configuração	Dimensões (m)				Área de contribuição (m²)
		a	b	c	d	
P1	Duas superfícies planas	0	0	-	-	0
P3A e P3B	verticais opostas					
P2	Duas superfícies planas	3	2,63	-	-	3,94
P4A e P4B	verticais opostas					
P5A e P5B	Duas superfícies planas	3	6,15	1,00	4,66	6,89
P6	verticais opostas					
L1	Superfície plana inclinada	6,14	11,85	0,06	-	73,16
L2	Superfície plana inclinada	6,15	2,63	0,06	-	16,22
L3	Superfície plana inclinada	2,41	8,55	0,02	-	20,68
L4	Superfície plana inclinada	2,56	5,78	0,03	-	14,83
Área de contribuição total (m²)						135,7

Fonte: elaboração própria

4.4.3.4 Determinação da intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica é tabelada de acordo com o local e o período de retorno adotado. De acordo com a ABNT NBR 10844:1989, o período de retorno para

coberturas deve ser de 5 anos. Utilizando os dados pluviométricos do local mais próximo da USP Leste presente na tabela, Mirante de Santana, a intensidade pluviométrica do projeto deve ser igual a 172 mm/h.

4.4.3.5 Determinação da vazão de projeto

Multiplicando a área de contribuição pela intensidade pluviométrica de projeto, é possível obter a vazão de chuva que o sistema deverá comportar. Desse modo, a vazão de projeto deve ser igual a 388 litros por minuto.

4.4.3.6 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais foram dimensionados de acordo com a Fórmula de Manning (Equação (24)):

$$Q = (S/n)(Rh)^{2/3}(i)^{1/2} \quad (24)$$

Na qual:

Q é a vazão comportada pela calha, em m³/s;

S é a área da calha, em m²;

n é a rugosidade do conduto, igual a 0,011 para PVC;

Rh é o raio hidráulico da calha, em m;

i é a inclinação do conduto.

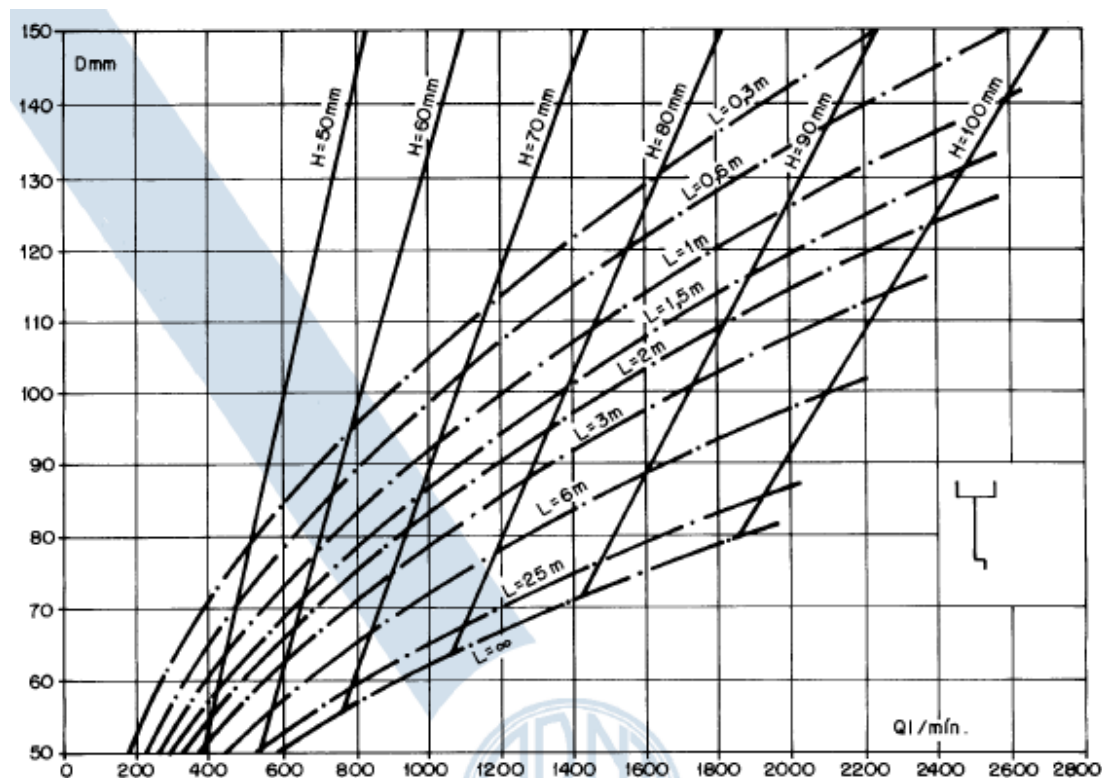
A ABNT NBR 10844:1989 limita a altura da lâmina d'água nos condutores horizontais de seção circular em até 2/3 do diâmetro interno do tubo. Utilizando inclinação de 2%, é possível escoar a vazão necessária com um tubo de PVC com diâmetro nominal de 100mm.

De acordo com o dimensionamento realizado, é necessário apenas um ralo hemisférico de 100mm para cada metade do edifício. Colocar apenas dois ralos, contudo, tornaria iminente o risco de transbordamento em caso de entupimento dos ralos. Para mitigar esse risco, serão instalados três ralos hemisféricos de 100mm em cada extremidade do edifício.

4.4.3.7 Dimensionamento dos condutores verticais

Para o dimensionamento dos condutores verticais foi utilizado o ábaco fornecido na ABNT NBR 10844:1989 (Figura 59) para condutores com saída em aresta viva, ou seja, sem funil abaixo do ralo hemisférico.

Figura 59 - Ábaco para dimensionamento de condutos verticais



Fonte: ABNT NBR 10844:1989

De acordo com a ABNT NBR 10844:1989, o diâmetro interno dos condutores verticais deve ser igual ou superior a 70 mm. Como pode ser observado no ábaco, para uma vazão de 400 litros por minuto em condutores com comprimento superior a 6 metros, seria possível utilizar o diâmetro mínimo. Desse modo, o diâmetro nominal dos condutores verticais será 75mm. Os condutores serão fixados nas paredes externas do edifício com o uso de braçadeiras circulares, com espaçamento de três metros entre cada braçadeira.

4.4.3.8 Caixas de areia

As caixas de areia são necessárias para recolher detritos trazidos pelas águas pluviais, de modo a reduzir as chances de obstrução nos condutos a jusante. As caixas utilizadas no edifício serão industrializadas, de PVC, e foram posicionadas de forma a obedecer às recomendações da ABNT NBR 10844:1989.

4.4.4 Sistema de instalações elétricas

O projeto de instalações elétricas do edifício será feito baseado na ABNT NBR 5410/2004, com alguns ajustes que serão evidenciados mais adiante.

4.4.4.1 Previsão de carga em um apartamento

A carga de um apartamento consiste na somatória de todas as potências previstas para serem instaladas nele. Ela se divide nas cargas de iluminação e nas de tomada de corrente.

Para a determinação das cargas de iluminação, a ABNT NBR 5410/2004 recomenda a instalação de pelo menos um ponto de luz fixo no teto em cada cômodo ou dependência. Além disso, são definidos os seguintes critérios:

- em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- em cômodos ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

Seguindo os critérios acima mencionados, tem-se a configuração descrita na Tabela 19:

Tabela 19 - Carga de iluminação de um apartamento

Dependência	Área (m ²)	Potência de Iluminação Mínima	Potência de Iluminação Adotada
Sala	22.68 = 6 + 4 + 4 + 4 + 4 + 0.68	340 VA	340 VA
Dormitório 1	9.34 = 6 + 3.34	100 VA	100 VA
Dormitório 2	9.40 = 6 + 3.40	100 VA	100 VA
Dormitório 3	9.34 = 6 + 3.34	100 VA	100 VA
Dormitório 4	9.34 = 6 + 3.34	100 VA	100 VA
Dormitório 5	9.40 = 6 + 3.40	100 VA	100 VA
Dormitório 6	9.34 = 6 + 3.34	100 VA	100 VA
Corredor	9.00 = 6 + 3.00	100 VA	200 VA
Banheiro	5.31 < 6	100 VA	100 VA
Box 1	2.51 < 6	100 VA	100 VA
Box 2	2.51 < 6	100 VA	100 VA
Cozinha	7.23 = 6 + 1.23	100 VA	100 VA
Área de Serviço	3.63 < 6	100 VA	100 VA
Total		1140 VA	1240 VA

Fonte: Elaboração própria

Na sala, em busca de uma melhor uniformidade na iluminação, optou-se pela implantação de dois pontos de luz de 170 VA, que podem ser acionados através de dois interruptores paralelos. No corredor, devido ao seu comprimento, também optou-se por implantar dois pontos de luz de 100 VA.

Os pontos de tomada de corrente são classificados em de uso geral (PTUG) e uso específico (PTUE). Os pontos de tomadas de uso geral, como o próprio nome diz, não se destinam à ligação de um aparelho específico. Nelas são ligados aparelhos móveis ou portáteis. Os pontos de tomadas de uso específico são destinados à ligação de aparelhos que sabidamente estarão fixos no ambiente, como geladeira, microondas e máquina de lavar roupas.

Os critérios adotados para determinar o número mínimo de pontos de tomadas são:

- em cômodos ou dependências com área inferior a $6m^2$, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
- em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada junto ao lavatório a uma distância mínima de 60cm do limite do boxe;
- em cozinhas, copas, copa-cozinhas, áreas de serviço e locais semelhantes, deve-se adotar pelo menos um ponto de tomada a cada 3,5m de perímetro, sendo que acima da bancada da pia da cozinha devem ser previstas, no mínimo, duas tomadas de corrente;
- em salas e dormitórios, independente de suas áreas, e em demais cômodos ou dependências com mais de $6m^2$, deve ser previsto pelo menos uma tomada a cada 5m de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível.

Além disso, deve-se prever os pontos de tomada de uso específico (PTUE), que merecem atenção especial devido às potências dos aparelhos a serem instalados, que normalmente são mais elevadas do que as que são definidas para os PTUG.

É recomendável prever uma quantidade de pontos de tomada maior do que o mínimo estabelecido na ABNT NBR 5410/2004 para que seja evitado o emprego de extensões e benjamins, que podem comprometer a segurança da instalação.

Para os PTUG's, cada ponto de tomada também tem uma previsão de potência mínima que é estabelecida em função da dependência em que se encontra:

- em banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço e locais semelhantes, atribui-se uma potência de 600 VA para os 3 primeiros PTUG's. Para os demais, atribui-se uma potência de 100 VA;
- nos demais cômodos ou dependências, atribui-se 100 VA para cada PTUG.

Para os PTUE's, atribui-se a potência nominal do equipamento a ser alimentado.

Na Tabela 20, estão descritas as características dos pontos de tomada adotados em função de cada cômodo do apartamento.

Tabela 20 - Pontos de Tomada

Dependência	Área	Perímetro	Quantidade adotada		Previsão de Carga			
			PTUG	PTUE	PTUG		PTUE	
Sala	22.68	20.70	5		5	x	100 VA	
Dormitório 1	9.34	12.33	3		3	x	100 VA	
Dormitório 2	9.40	12.35	3		3	x	100 VA	
Dormitório 3	9.34	12.33	3		3	x	100 VA	
Dormitório 4	9.34	12.33	3		3	x	100 VA	
Dormitório 5	9.40	12.35	3		3	x	100 VA	
Dormitório 6	9.34	12.33	3		3	x	100 VA	
Corredor	9.00	19.20	2		2	x	100 VA	
Banheiro	5.31	—	2		2	x	600 VA	
Box 2	2.51	—	0					
Box 1	2.51	—	0					
Cozinha	7.23	10.83	4	Geladeira	3	x	600 VA	500 W
				Microondas	1	x	100 VA	1300 W
Área de Serviço	3.63	—	1	MLR	1	x	600 VA	1000 W
TOTAL					6200 VA		8800 W	

Fonte: Elaboração própria

No caso do corredor, devido à sua pequena largura, a estimativa do número de PTUG's a cada 5 m de perímetro se mostrou redundante, pois exigiria 4 PTUG's que distribuídos espacialmente, o que resultaria em tomadas em lados opostos do corredor separadas em cerca de 1 m, não justificando a implantação de uma delas. Logo, foram adotadas apenas 2 PTUG's no corredor.

4.4.4.2 Divisão dos circuitos terminais

Os circuitos terminais foram divididos com base nos seguintes critérios:

- Prever circuitos de iluminação separados dos circuitos de pontos de tomadas (força).

- Prever circuitos exclusivos para PTUE's cujos equipamentos apresentem corrente superior a 10 A.
- Alimentar os pontos de tomada de cozinhas, copas, áreas de serviço e locais semelhantes com circuitos destinados unicamente a estes locais.
- Limitar a corrente em 10 A para circuitos de iluminação e de força a fim de evitar circuitos muito carregados que exigiriam fios com maior bitola, dificultando a instalação dos condutores no eletroduto.

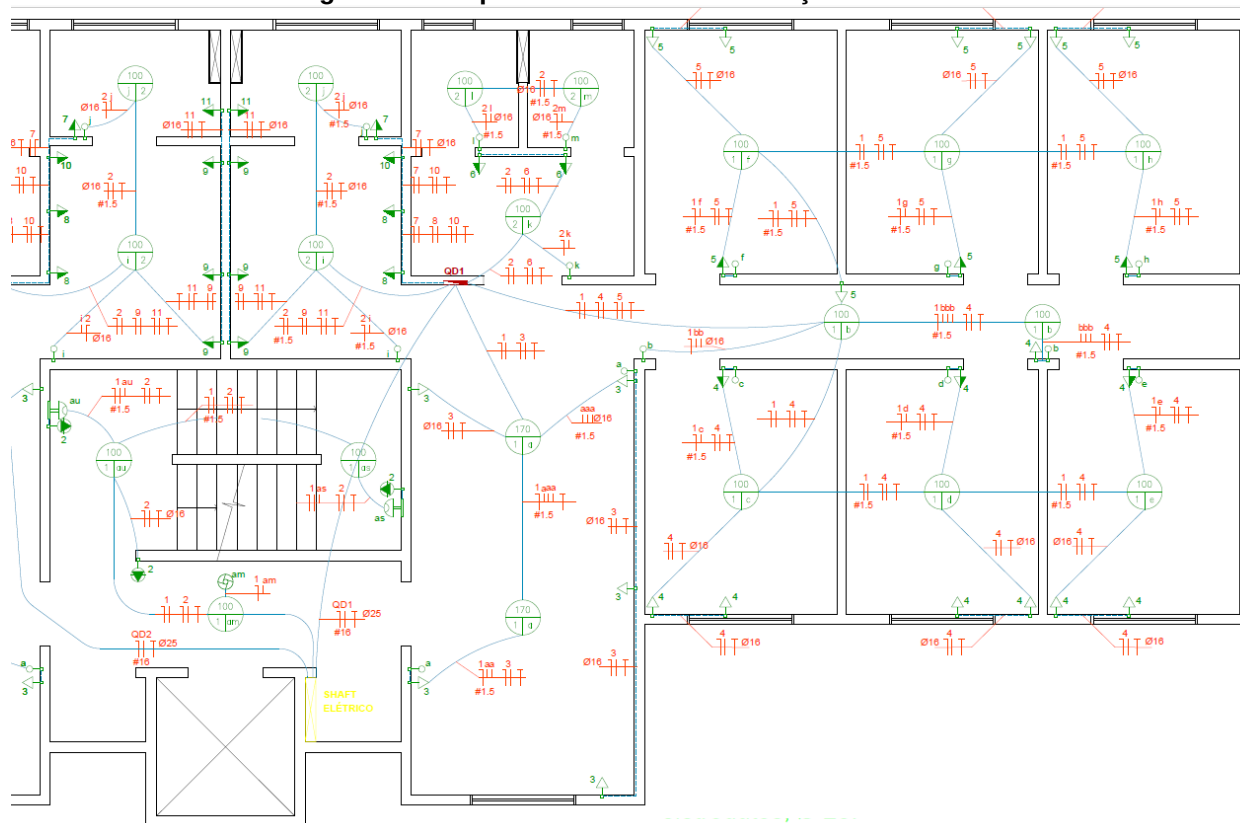
Tabela 21 - Divisão dos circuitos terminais

Circuito		Tensão	Local/Equipamento	Potência		Corrente
nº	Tipo			Qtd. x Pot.	Total	
1	Iluminação	127 V	Sala	2 x 170 VA	1140 VA	8.98 A
			Dormitórios 1 – 6	6 x 100 VA		
			Corredor	2 x 100 VA		
2	Iluminação	127 V	Cozinha	1 x 100 VA	500 VA	3.94 A
			Área de Serviço	1 x 100 VA		
			Banheiro + Boxes	3 x 100 VA		
3	PTUG	127 V	Sala	5 x 100 VA	500 VA	3.94 A
4	PTUG	127 V	Dormitórios 1 – 3	9 x 100 VA	1000 VA	7.87 A
			Corredor	1 x 100 VA		
5	PTUG	127 V	Dormitórios 4 – 6	9 x 100 VA	1000 VA	7.87 A
			Corredor	1 x 100 VA		
6	PTUG	127 V	Banheiro	2 x 600 VA	1200 VA	9.45 A
7	PTUG	127 V	Área de Serviço	1 x 600 VA	600 VA	4.72 A
8	PTUG	127 V	Cozinha	2 x 600 VA	1200 VA	9.45 A
9	PTUG + PTUE	127 V	Cozinha	1 x 600 VA	1200 VA	9.45 A
				1 x 500 VA		
				1 x 100 VA		
10	PTUE	127 V	Microondas	1 x 1300 VA	1300 VA	10.24 A
11	PTUE	127 V	MLR	1 x 1000 VA	1000 VA	7.87 A

Fonte: Elaboração própria

4.4.4.3 Representação unifilar dos circuitos terminais

Figura 60 - Esquema unifilar das instalações elétricas



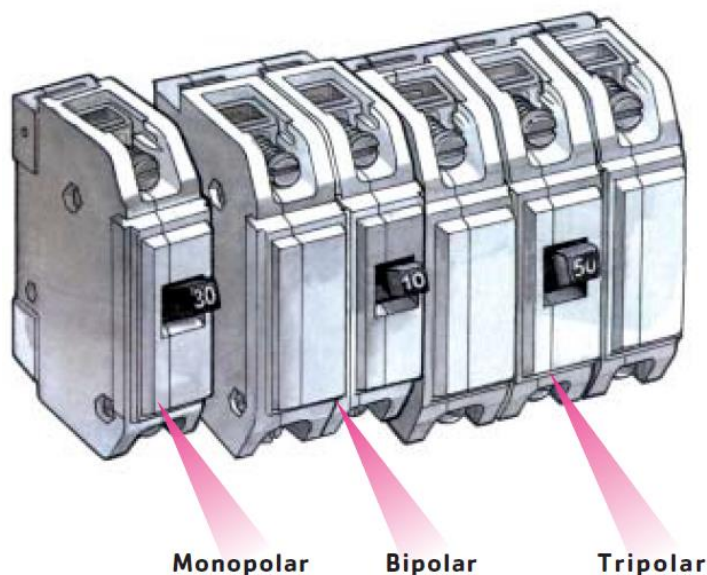
Fonte: Elaboração própria

4.4.4.4 Proteção dos circuitos

Os dispositivos de proteção dos circuitos atuam em casos de sobrecarga, curto-circuito e fuga de corrente. Os dispositivos mais comuns presentes são os disjuntores termomagnéticos, o interruptor diferencial residual e o disjuntor diferencial residual.

O disjuntor termomagnético (DTM) é um dispositivo que oferece proteção aos condutores do circuito, desligando-o em casos de sobrecarga ou curto-circuito, que geram sobrecorrentes que podem vir a danificá-lo. O DTM deve ser ligado apenas aos condutores fase dos circuitos e são classificados em função de quantos condutores fase estão ligados a ele: um (monopolar), dois (bipolar) ou três (tripolar).

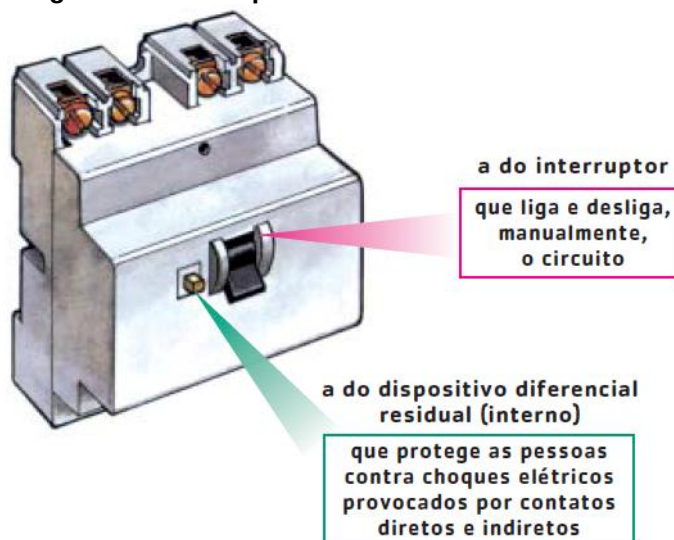
Figura 61 - Disjuntores Termomagnéticos



Fonte: PRYSMIAN, 2006

O dispositivo diferencial residual (DR) oferece proteção contra choques elétricos devidos a fugas de corrente, que podem ser prejudiciais ao ser humano. Ao detectar uma corrente de fuga, o DR é acionado em poucos instantes e o circuito é desligado. Ele pode estar acoplado a um interruptor, formando o interruptor diferencial residual (IDR), que pode ser ligado ou desligado manualmente. O IDR deve ser ligado aos condutores fase e neutro dos circuitos para que ele possa detectar correntes de fuga.

Figura 62 - Interruptor Diferencial Residual



Fonte: PRYSMIAN, 2006

Um outro dispositivo que reúne as funções do disjuntor e do dispositivo diferencial residual é o disjuntor diferencial residual (DDR), que apresenta um disjuntor termomagnético acoplado a um diferencial residual. No entanto, este aparelho é comercializado para correntes a partir de 25 A, que não são compatíveis com os circuitos do apartamento.

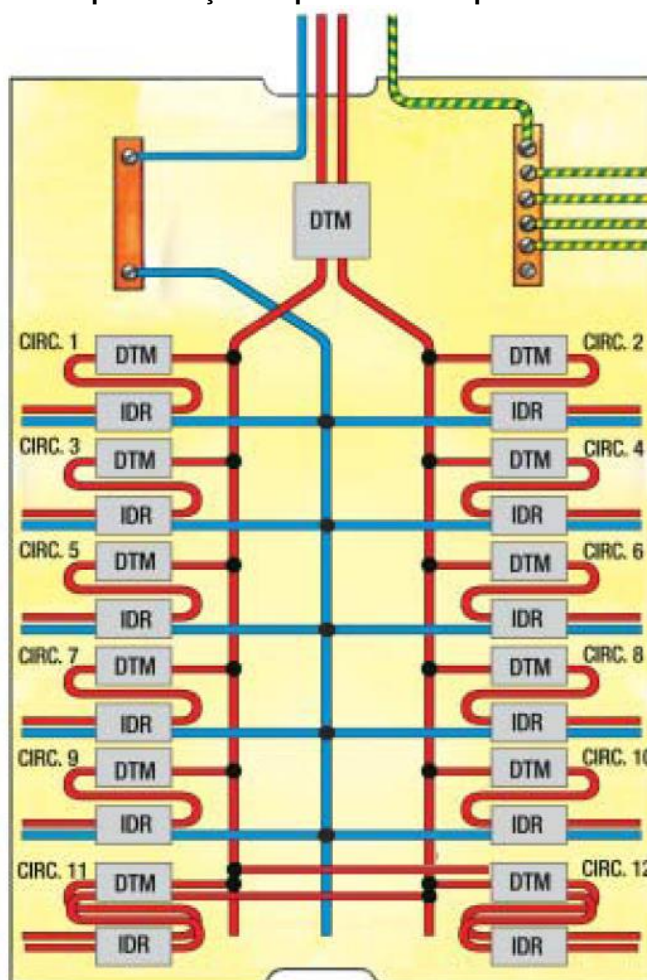
A ABNT NBR 5410/2004 exige a utilização de proteção diferencial residual de alta sensibilidade (pelo menos 30 mA) em circuitos terminais que sirvam a:

- pontos de tomada e iluminação em cozinhas, copas, áreas de serviço, garagem e a todo local interno que possa ser molhado em uso normal ou esteja sujeito a lavagens;
- pontos de tomada de corrente em áreas externas;
- pontos de tomada em áreas internas, mas que possam alimentar equipamentos utilizados em áreas externas;
- pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro.

Os demais circuitos não mencionados acima podem ser protegidos apenas por disjuntores termomagnéticos, embora seja recomendada a utilização de dispositivos DR para a proteção de pessoas contra choques elétricos em todos os circuitos.

No projeto elétrico do apartamento, a recomendação será respeitada e haverá interruptores diferenciais residuais (IDR) em todos os circuitos terminais, assim como disjuntores termomagnéticos (DTM).

Figura 63 - Representação esquemática do quadro de distribuição



Fonte: PRYSMIAN, 2006

4.4.4.5 Dimensionamento dos Condutores

O dimensionamento da fiação dos circuitos consiste em determinar o diâmetro da seção padronizada (bitola) de cada condutor que permita a passagem da corrente elétrica por ele sem que ocorra superaquecimento.

A capacidade de condução de corrente de um condutor elétrico está relacionada com a troca térmica entre o condutor e o ambiente e ela é afetada por fatores como o material do condutor e seu isolamento, o método de instalação das linhas elétricas, a temperatura ambiente, a presença de outros circuitos agrupados no eletroduto, dentre outros.

A ABNT NBR 5410/2004 relaciona em sua tabela 33 um método de referência para cada método de instalação do eletroduto. A partir do método de

referência obtido, as tabelas 36 a 39 indicam a capacidade de condução de corrente do condutor para cada bitola em função de seu material, tipo de isolamento e temperatura ambiente.

A ABNT NBR 5410/2004 também define fatores de correção para as capacidades de condução de corrente indicadas nas tabelas 36 a 39 para circuitos que estejam agrupados em um eletroduto, ou em diferentes condições de temperatura ambiente e resistividade térmica do solo (para eletrodutos enterrados).

O método de referência para os condutores dos apartamentos é o B1 e será considerado que estes serão de cobre com isolamento de PVC, submetidos à uma temperatura ambiente de 30° C. As capacidades de condução de corrente (antes de serem aplicados os fatores de correção) estão determinadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Capacidades de condução de corrente
 Condutores: cobre e alumínio
 Isolação: PVC
 Temperatura no condutor: 70°C
 Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

Fonte: ABNT NBR 5410/2004

Os valores das capacidades de condução de corrente na Tabela 22 devem ser corrigidos com os fatores de agrupamento de circuitos, que consideram o número máximo de circuitos agrupados em um determinado eletroduto. A Tabela 23 indica os fatores de correção a serem utilizados. Os fatores relativos à temperatura ambiente e resistividade térmica do solo não precisam ser considerados.

Tabela 23 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: ABNT NBR 5410/2004

A Tabela 24 contém as capacidades de condução de corrente, corrigidas com o fator de agrupamento, para os condutores que serão utilizados nos circuitos dos apartamentos.

Tabela 24 - Capacidades de condução de corrente corrigidas

Método de referência: B1		Isolação: PVC			
Material do condutor: cobre		Temperatura ambiente: 30° C			
Seções nominais (mm ²)	Número de circuitos agrupados				
	1	2	3	4	
0.5	9	7	6	6	
0.75	11	9	8	7	
1	14	11	10	9	
1.5	18	14	12	11	
2.5	24	19	17	16	
4	32	26	22	21	
6	41	33	29	27	
10	57	46	40	37	
16	76	61	53	49	

Fonte: Elaboração própria

A partir das correntes de cada circuito, presentes na Tabela 21, determina-se a seção nominal adequada para os condutores vivos (fase e neutro) de cada circuito.

Porém, a ABNT NBR 5410/2004 apresenta seções mínimas para os condutores em função do tipo de circuito (de luz ou de força) que eles alimentam, que devem ser adotadas caso as seções adequadas sejam menores que as mínimas.

Tabela 25 - Dimensionamento dos condutores

Circuito		Corrente	Nº de Circ. Agrupados	Seção Adequada (mm²)	Seção Mínima (mm²)	Seção Adotada (mm²)
nº	Tipo					
1	Luz	9.98	3	1	1.5	1.5
2	Luz	3.94	3	0.5	1.5	1.5
3	Força	3.94	1	0.5	2.5	2.5
4	Força	7.87	3	0.75	2.5	2.5
5	Força	7.87	3	0.75	2.5	2.5
6	Força	9.45	3	1	2.5	2.5
7	Força	4.72	3	0.5	2.5	2.5
8	Força	9.45	2	1	2.5	2.5
9	Força	9.45	2	1	2.5	2.5
10	Força	10.24	2	1	2.5	2.5
11	Força	7.87	2	0.75	2.5	2.5

Fonte: Elaboração própria

Além do critério de capacidade de condução de corrente, que levou ao dimensionamento na Tabela 25, há também o critério de queda de tensão, que considera a perda de tensão devido à resistência dos condutores no circuito e pode exigir uma maior bitola para que a tensão nos pontos de consumo seja admissível. Quanto menor for a bitola do condutor, maior é a queda de tensão apresentada, podendo causar o mau funcionamento dos equipamentos e risco de dano a eles.

A ABNT NBR 5410/2004 exige que a queda de tensão, calculada segundo a equação (25), deve ser inferior a 4% ao longo dos circuitos terminais.

$$\Delta V(\%) = \frac{2 * \rho * l * I_C}{S * U_{nom}} * 100\% \quad (25)$$

Onde:

ΔV : queda de tensão ao longo do circuito;

ρ : resistividade do material do condutor;

l : comprimento do condutor;

I_C : corrente do circuito

S : área do condutor;

U_{nom} : tensão nominal.

No entanto, como as seções adotadas foram maiores que as seções adequadas e como os circuitos não possuem comprimento elevado, a queda de tensão não é um fator determinante no dimensionamento dos condutores.

4.4.4.6 Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção

O dimensionamento dos disjuntores tem o objetivo de determinar a corrente nominal do disjuntor de forma a garantir que os condutores da instalação não sejam danificados em casos de superaquecimento causados por sobrecarga ou curto-circuito.

De maneira simplificada, os disjuntores são dimensionados de acordo com a equação (26):

$$I_N < I_D < I_C \quad (26)$$

Onde:

I_N : corrente nominal do circuito;

I_D : corrente nominal do disjuntor;

I_C : corrente máxima do condutor dimensionado.

A equação (26) indica que o disjuntor deverá ser acionado com uma corrente (I_D) maior do que a corrente nominal do circuito (I_N), mas antes do circuito atingir sua capacidade de condução de corrente (I_C).

Para os IDR's, a ANBT NBR 5410/2004 estabelece que o valor máximo para a corrente diferencial residual que aciona o dispositivo seja de 30 mA. Com este parâmetro definido, para se dimensionar o IDR deve-se especificar sua corrente nominal, que é aquela que pode passar por ele sem causar danos internos. Ou seja, a corrente nominal do IDR não é para proteger os condutores do circuito, mas para proteger o próprio dispositivo. A Tabela 26 pode ser utilizada para se dimensionar o IDR em função da corrente de acionamento do disjuntor.

Tabela 26 - Tabela para dimensionamento do IDR

Corrente nominal do disjuntor (A)	Corrente nominal do IDR (A)
10, 15, 20, 25	25
30, 40	40
50, 60	63

70	80
90, 100	100
Fonte: Fonte: PRYSMIAN, 2006	

Como se pode perceber, a corrente nominal do IDR não deve ser inferior à corrente nominal do disjuntor, caso contrário, o IDR poderia ser danificado com correntes normais de operação nos circuitos, que não seriam suficientes para danificar os condutores e acionar o disjuntor.

Na Tabela 27, tem-se um resumo do dimensionamento dos circuitos terminais do apartamento:

Tabela 27 - Resumo do dimensionamento dos circuitos terminais

Circuito		Tensão (V)	Local	Potência		Corr. Circ. (A)	Seção dos Cond. (mm ²)	Proteção		
nº	Tipo			Qtd. x Pot. (VA)	Total (VA)			Tipo	nº de pólos	Corr. nom. (A)
1	Luz	127	Sala	2 x 170	1140	9.0	1.5	DTM IDR	1	10
			Dorm. 1 – 6	6 x 100					2	25
			Corredor	2 x 100						
			Cozinha	1 x 100						
2	Luz	127	A. de Serv.	1 x 100	500	4.0	1.5	DTM IDR	1	10
			Banheiro + Boxes	3 x 100					2	25
3	PTUG	127	Sala	5 x 100	500	4.0	2.5	DTM IDR	1 2	10 25
4	PTUG	127	Dorm. 1 – 3	9 x 100	1000	7.9	2.5	DTM IDR	1	10
			Corredor	1 x 100					2	25
5	PTUG	127	Dorm. 4 – 6	9 x 100	1000	7.9	2.5	DTM IDR	1	10
			Corredor	1 x 100					2	25
6	PTUG	127	Banheiro	2 x 600	1200	9.5	2.5	DTM IDR	1 2	10 25
7	PTUG	127	A. de Serv.	1 x 600	600	4.7	2.5	DTM IDR	1 2	10 25
8	PTUG	127	Cozinha	2 x 600	1200	9.5	2.5	DTM IDR	1 2	10 25
9	PTUG	127	Cozinha	1 x 600	1200	9.5	2.5	DTM IDR	1	10
	+			1 x 500					2	25
	PTUE			1 x 100						
10	PTUE	127	Microondas	1 x 1300	1300	10.2	2.5	DTM IDR	1 2	15 25
11	PTUE	127	MLR	1 x 1000	1000	7.9	2.5	DTM IDR	1 2	10 25

Fonte: Elaboração própria

4.4.4.7 Dimensionamento dos Eletrodutos

O dimensionamento dos eletrodutos consiste em determinar o diâmetro nominal (externo) destes para cada trecho da instalação. Os eletrodutos devem apresentar espaço suficiente de forma que permitam a fácil instalação ou remoção dos condutores, que não devem ocupar mais de 40% de sua área útil.

Figura 64 - Eletroduto com condutores embutidos



Fonte: Prysmian, 2006

Para o dimensionamento de um trecho do eletroduto, as áreas dos condutores devem ser consultadas em catálogos de fabricantes. Na Tabela 28, estão relacionadas as dimensões características dos Cabos Superastic BWF Antiflam® 750 V, que poderiam ser utilizadas nas instalações elétricas do edifício.

Tabela 28 - Dimensões para os Cabos SUPERASTIC FLEX 750V BWF ANTIFLAM

Seção Nominal (mm²)	Diâmetro Nominal do Condutor (mm)	Espessura Nominal de Isolação (mm)	Diâmetro Externo Nominal (mm)	Área do Condutor (mm²)
1	1.3	0.6	2.5	4.9
1.5	1.5	0.7	2.9	6.6
2.5	1.9	0.8	3.5	9.6
4	2.4	0.8	4.0	12.6
6	3.0	0.8	4.6	16.6
10	3.9	1.0	5.9	27.3

Fonte: Catálogo PRYSMIAN

A partir das informações das áreas dos condutores, basta calcular a área total ocupada por eles em determinado trecho do eletroduto e limitá-la a 40% da área interna do eletroduto.

A favor da segurança e a fim de simplificar o processo, pode-se admitir que em determinado trecho do eletroduto todos os condutores apresentem a mesma bitola (a maior dentre eles), e relacionar o diâmetro nominal do eletroduto em função do número de condutores presentes, conforme apresentado na Tabela 29.

Tabela 29 - Dimensionamento de eletroduto de PVC

Seção Nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho nominal do eletroduto (mm)								
1.5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2.5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60

Fonte: Prysmian, 2006

4.4.4.8 Projeto de Instalações Elétricas

O projeto das instalações elétricas do apartamento tipo do edifício está disponível no APÊNDICE A – Caderno de Projetos.

4.4.5 Sistema de proteção contra incêndio

4.4.5.1 Introdução

Os objetivos principais do projeto de proteção contra incêndio são a proteção da vida humana e do patrimônio. Tais objetivos são expressos através de medidas de segurança contra incêndio (passivas e ativas).

As medidas de proteção passiva ou preventiva são tomadas ainda na fase de projeto e buscam evitar ou minimizar as possibilidades de início ou propagação de um incêndio. As medidas de proteção ativa ou de combate são tomadas para facilitar o combate ao foco do incêndio já iniciado.

Legislação

Para todo o Estado de São Paulo, deve ser respeitado o Decreto Estadual nº 56.819/11, que instituiu o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco. Nele são estabelecidos critérios para a classificação e para cada divisão são determinadas certas medidas de segurança que devem estar presentes. Cabe ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo - CBPMESP a responsabilidade de regulamentar, analisar e vistoriar as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco. A regulamentação é feita através das Instruções Técnicas (ITs).

4.4.5.2 Classificação da edificação

O Decreto Estadual nº 56.819/11 classifica as edificações de acordo com três critérios: tipo de ocupação, altura e carga de incêndio. A partir da classificação do edifício, são definidas as medidas de segurança contra incêndio que devem ser implementadas.

A moradia estudantil se enquadra na categoria A-2 (habitação multifamiliar), de média altura (entre 12 e 23 m) e apresenta baixo risco de incêndio (carga de incêndio inferior a 300MJ/m²). Para esta divisão, são exigidas as medidas de segurança contra incêndio relacionadas na Tabela 30.

Tabela 30 - Exigências para edificações do grupo A com área superior a 750 m² ou altura superior a 12 m

Grupo de ocupação e uso	GRUPO A – RESIDENCIAL					
Divisão	A-2, A-3 e Condomínios Residenciais					
Medidas de Segurança contra Incêndio	Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso de Viatura na Edificação	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Vertical	-	-	-	X ²	X ²	X ²
Controle de Materiais de Acabamento	-	-	-	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X ¹
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X
Alarme de Incêndio	X ³	X ³	X ³	X ³	X ³	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrante e Mangotinhos	X	X	X	X	X	X
NOTAS ESPECÍFICAS: 1 – Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 80 m; 2 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça somente nos átrios; 3 – Pode ser substituído pelo sistema de interfone, desde que cada apartamento possua um ramal ligado à central, que deve ficar numa portaria com vigilância humana 24 horas e tenha uma fonte autônoma, com duração mínima de 60 min.						

Fonte: Decreto Estadual nº 56.819/11

Nos itens a seguir (4.4.5.3 a 4.4.5.13) as medidas de segurança serão descritas com maior detalhe.

4.4.5.3 Acesso de viatura na Edificação

O acesso da viatura do corpo de bombeiros no edifício é garantido pelas ruas pavimentadas e não é necessária nenhuma medida adicional.

4.4.5.4 Segurança Estrutural contra Incêndio

A segurança estrutural da edificação contra incêndio é garantida pois seus elementos estruturais apresentam tempo de resistência ao fogo superior ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) exigido pela IT 08/11, que é de 60 minutos para edificações do tipo A-2.

Tabela 31 - Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF)

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Altura da edificação h							
			Classe P ₁ h ≤ 6 m	Classe P ₂ 6 m < h ≤ 12 m	Classe P ₃ 12 m < h ≤ 23 m	Classe P ₄ 23 m < h ≤ 30 m	Classe P ₅ 30 m < h ≤ 80 m	Classe P ₆ 80 m < h ≤ 120 m	Classe P ₇ 120 m < h ≤ 150 m	Classe P ₈ 150 m < h ≤ 250 m
A	Residencial	A-1 a A-3	30	30	60	90	120	120	150	180
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	30	60	60	90	120	150	180	180
C	Comercial varejista	C-1	60	60	60	90	120	150	150	180
		C-2 e C-3	60	60	60	90	120	150	150	180

Fonte: IT 08/11

4.4.5.5 Compartimentação Vertical

A compartimentação vertical da edificação é uma das medidas de proteção passiva e se destina a impedir a propagação do incêndio no sentido vertical, ou seja, entre pavimentos consecutivos.

Apesar de que o Decreto Estadual nº 56.819/11 requeira a compartimentação vertical como uma das medidas de segurança para a edificação, a IT 09/11 não exige uma área máxima de compartimentação para edificações do grupo A.

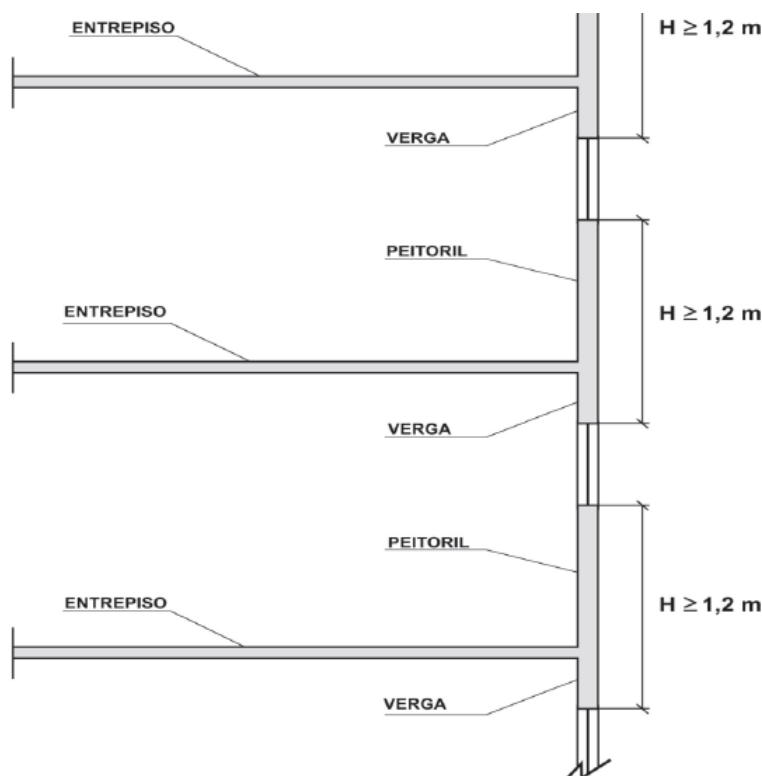
Tabela 32 - Área máxima de compartimentação (m²)

GRUPO	TIPO DE EDIFICAÇÕES					
TIPO	I	II	III	IV	V	VI
DENOMINAÇÃO	Edificação térrea	Edificação baixa	Edificação de baixa-média altura	Edificação de média altura	Edificação mediantemente alta	Edificação alta
ALTURA	Um pavimento	H ≤ 6,00 m	6,00 m < H ≤ 12,00 m	12,00 m < H ≤ 23,00 m	23,00 m < H ≤ 30,00 m	Acima de 30,00 m
A-1, A-2, A-3	—	—	—	—	—	—
B-1, B-2	—	5.000	4.000	3.000	2.000	1.500
C-1, C-2	5.000	3.000	2.000	2.000	1.500	1.500
C-3	5.000	2.500	1.500	1.000	2.000	2.000
D-1, D-2, D-3, D-4	5.000	2.500	1.500	1.000	800	2.000
E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 e E-6	—	—	—	—	—	—

Fonte: IT 09/11

Ainda assim, a moradia estudantil apresenta condições de compartimentação vertical, tanto no interior como também na fachada do edifício. No interior, a compartimentação vertical é garantida pela presença da laje. Na fachada, é respeitada a separação de 1,2 m entre aberturas de pavimentos consecutivos (janelas).

Figura 65 - Modelo de compartimentação vertical (verga-peitoril)



Fonte: IT 09/11

4.4.5.6 Controle dos materiais de acabamento e revestimento

Os materiais empregados para revestimento e acabamento são importantes componentes para a proteção passiva contra incêndio das edificações e áreas de risco, devendo apresentar características que não propiciem a propagação de um incêndio ou a geração de fumaça e gases nocivos.

A IT 10/11 classifica os materiais de acabamento e revestimento em função da combustibilidade, velocidade de propagação superficial de chamas e emissão de fumaça, medidas em ensaios normatizados.

Em função da finalidade do material (piso, parede/divisória, forro/teto) e da classificação da edificação onde ele está inserido, são definidas as classes a que eles devem pertencer, segundo a Tabela 33.

Tabela 33 - Classe dos materiais a serem utilizados em função da finalidade do material

		FINALIDADE do MATERIAL		
		Piso (Acabamento ¹ /Revestimento)	Parede e divisória (Acabamento ² /Revestimento)	Teto e forro (Acabamento /Revestimento)
GRUPO/ DIVISÃO	A3 ⁶ e Condomínios residenciais ⁶	Classe I, II-A, III-A, IV-A ou V-A ⁸	Classe I, II-A, III-A ou IV-A ⁹	Classe I, II-A ou III-A ⁷
	B, D, E, G, H, I1, J1 ⁴ e J2	Classe I, II-A, III-A ou IV-A	Classe I, II-A ou III-A ¹⁰	Classe I ou II-A
	C, F ⁵ , I-2, I-3, J-3, J-4, L-1, M-2 ³ e M-3	Classe I, II-A, III-A ou IV-A	Classe I ou II-A	Classe I ou II-A

Fonte: IT 10/11

Na prática, a metodologia utilizada na IT 10/11 apresenta dificuldades na escolha do material a ser utilizado. Segundo Coutinho e Corrêa (2016), “essa classificação mostra apenas características como índice de desenvolvimento de calor, propagação da chama, taxa de desenvolvimento de fumaça, entre outros fatores, sem apresentar, porém, uma lista dos materiais encontrados no mercado e a que classe pertencem.”

Nas tabelas a seguir são apresentados os resultados das pesquisas de Coutinho e Corrêa (2016) na tentativa de classificar os materiais mais usualmente empregados como revestimento e acabamento.

Tabela 34 - Materiais e revestimento de piso

Classificação	Materiais Ensaados	Materiais Similares
Classe I	Painel LP Mezanino 40mm	Pisos cerâmicos, pedras e concreto
Classe II-A	Piso de Borracha Eckofloor Piso Vinílico (revestimento laminado)	Pisos vinílicos, de borracha e de madeira
Classe II-B	Não encontrado	-
Classe III-A	Carpete coleção Itapema	Carpetes 100% poliéster e alguns sintéticos
Classe III-B	Piso Laminado Eucafloor	Pisos laminados em geral
Classe IV-A	Carpete coleção Bouclê Tricolor	Carpetes 100% sintético
Classe IV-B	Carpete Etruria100% Polipropileno	Carpetes
Classe V-A	Não encontrado	-
Classe V-B	Não encontrado	-

Fonte: Coutinho e Corrêa (2016)

Tabela 35 - Materiais e revestimento de parede

Classificação	Materiais Ensaçados	Materiais Similares
Classe I	Placa Cimentícia Gypsum	Cerâmicas, Alvenaria, metal, bloco de concreto, lã de vidro
Classe II-A	Painel Wall Eternit CKC-2020 Retardante de Chamas para Fibras Celulósicas	Placas de gesso com ou sem película PVC ou melamínico
Classe II-B	Não encontrado	-
Classe III-A	Painel acústico linha Sonique Wood	Painel MDF revestido com melamina
Classe III-B	Painel MDF revestido c/ laminado	
Classe IV-A	Tinta Verniz Corta-Chama Firecoat	-
Classe IV-B	Não encontrado	-
Classe V-A	Não encontrado	-
Classe V-B	Não encontrado	-
Classe VI	Não encontrado	-

Fonte: Coutinho e Corrêa (2016)

Tabela 36 - Materiais e revestimento de teto

Classificação	Materiais Ensaçados	Materiais Similares
Classe I	Telha de Fibrocimento Forro de Fibra Mineral Armstrong	Lã de vidro, telhas cerâmicas, metálicas, placas cimentícias
Classe II-A	Forro acústico linhas Sonique Clean e Cleanline FireProof e Decor Forro Attuale Modular em PVC	Forros Hunter Douglas compostos por: madeira, fibra têxtil e fibra mineral (vide site); Gesso acartonado
Classe II-B	Painéis de Lã Mineral para Forros, linha THERMATEx	Forros de lã mineral (vide fabricante)
Classe III-A	Forro acústico linha Sonique Wave - classic-Abstract ^k	Forro em MDF Standart (OWA Sonex)
Classe III-B	Não encontrado	-
Classe IV-A	Não encontrado	-
Classe IV-B	Não encontrado	-
Classe V-A	Não encontrado	-
Classe V-B	Não encontrado	-
Classe VI	Não encontrado	-

Fonte: Coutinho e Corrêa (2016)

Com o auxílio do trabalho de Coutinho e Corrêa (2016), conclui-se que os materiais selecionados como revestimento para a moradia estudantil atendem à IT 10/11, com exceção da tinta látex acrílica, que não foi classificada.

Tabela 37 - Classificação dos materiais de revestimento utilizados

Local de utilização	Classes adequadas	Materiais utilizados	Classificação
Piso	I, II-A, III-A, IV-A, V-A	Placas cerâmicas	I
		Granilite	I
Parede	I, II-A, III-A, IV-A	Placas cerâmicas	I
		Pintura látex acrílico	-
		Drywall	II-A
Teto	I, II-A, III-A	Gesso acartonado	II-A

4.4.5.7 Saídas de Emergência

As saídas de emergência permitem que os ocupantes de uma edificação possam se deslocar através de meios próprios e com segurança para um espaço externo seguro livre da ação do fogo, calor e fumaça.

O dimensionamento dos componentes das saídas de emergência (corredores, escadas, portas) é feito baseado no cálculo da população da edificação, que é calculada em função de sua ocupação.

Para a moradia estudantil (divisão A-2), a IT 11/11 estabelece que devem ser consideradas duas pessoas por dormitório no cálculo da população. A sala também deve ser contabilizada como um dormitório em apartamentos com mais de três dormitórios.

Tabela 38 - Dados para o dimensionamento das saídas de emergência

Ocupação ^(O)		População ^(A)	Capacidade da Unidade de Passagem (UP)		
Grupo	Divisão		Acessos / Descargas	Escadas / rampas	Portas
A	A-1, A-2	Duas pessoas por dormitório ^(C)	60	45	100
	A-3	Duas pessoas por dormitório e uma pessoa por 4 m ² de área de alojamento ^(D)			
B		Uma pessoa por 15 m ² de área ^{(E) (G)}			

Fonte: IT 11/11

A largura das saídas é determinada pela equação (27), que consiste no cálculo do número de unidades de passagem necessário para atender a população. Uma unidade de passagem (55 cm) é a largura mínima necessária para a passagem de

uma fila de pessoas em fluxo normal. Capacidade de passagem é o número máximo de pessoas que pode passar em uma unidade de passagem em um minuto.

$$N = \frac{P}{C} \quad (27)$$

Onde:

N: número de unidades de passagem, arredondado para o número inteiro imediatamente superior;

P: população;

C: capacidade da unidade de passagem.

Para se obter a largura da saída, basta multiplicar o número de unidades de passagem por 0,55 m.

Os acessos/corredores são dimensionados em função da população do pavimento em que estão localizados. E as escadas, rampas e descargas são dimensionadas em função do pavimento de maior população.

Tabela 39 - Dimensionamento da largura das saídas

Dormitórios por pavimento	14	(12 quartos + 2 salas)		
População por pavimento	28			
Saída de Emergência	Capacidade da UP	Largura calculada (m)	Largura mínima (m)	Largura adotada (m)
Acessos/Descargas	60	0.55	1.20	1.47
Escadas	45	0.55	1.20	1.20
Portas	100	0.55	0.80	0.90

Fonte: Elaboração própria

Como se pode perceber, a população não é um fator determinante para o dimensionamento da largura das saídas de emergência e as larguras adotadas atendem com folga os ocupantes da moradia estudantil.

Escada de emergência

O tipo de escada de emergência que a edificação deve apresentar é determinada a partir da Tabela 40. Para a moradia estudantil (Divisão A-2 com altura entre 12 e 30 m), a escada é do tipo EP (Enclausurada Protegida).

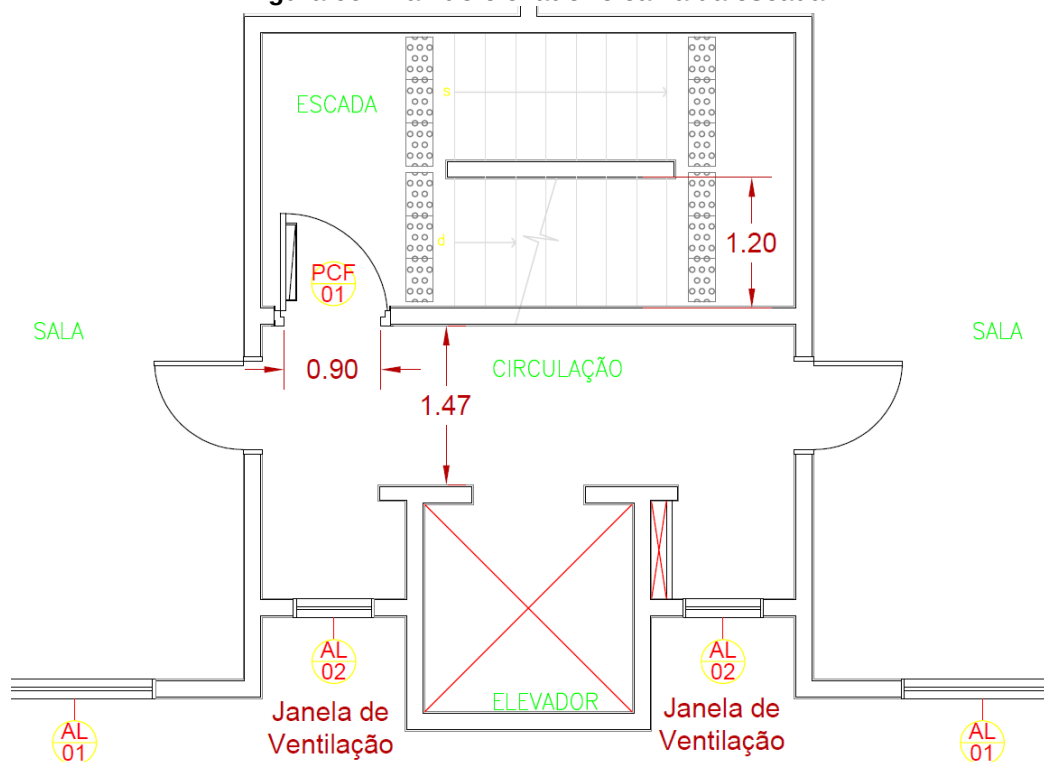
Tabela 40 - Tipos de escadas de emergência por ocupação

Dimensão					
Altura (em metros)		$H \leq 6$	$6 < H \leq 12$	$12 < H \leq 30$	Acima de 30
Ocupação					
Gr.	Div.	Tipo Esc	Tipo Esc	Tipo Esc	Tipo Esc
A	A-1	NE	NE	-	-
	A-2	NE	NE	EP	PF (1)
	A-3	NE	NE	EP	PF
B	B-1	NE	EP	EP	PF
	B-2	NE	EP	EP	PF

Fonte: IT 11/11

As escadas EP devem ter suas portas de acesso do tipo corta-fogo (PCF), com resistência de 90 minutos de fogo. Além disso, a caixa da escada deve apresentar janelas de ventilação com abertura para o espaço exterior. Para a moradia estudantil, como a escada está localizada no centro do edifício, não é possível a instalação de janelas de ventilação na caixa da escada. Neste caso, as janelas são instaladas nos corredores de acesso (hall do elevador).

Figura 66 - Hall do elevador e caixa da escada



Fonte: Elaboração própria

4.4.5.8 Brigada de Incêndio

Segundo a ABNT NBR 14276:2006, a brigada de incêndio é formada por um “grupo organizado de pessoas preferencialmente voluntárias ou indicadas, treinadas e capacitadas para atuar na prevenção e no combate ao princípio de incêndio, abandono de área e primeiros-socorros, dentro de uma área preestabelecida na planta.”

A composição da brigada de incêndio prevista para edificações do tipo A-2 é de 80% dos funcionários mais 6 brigadistas (1 funcionário ou morador por pavimento), que devem receber um treinamento de nível básico.

4.4.5.9 Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência destina-se a substituir a iluminação artificial e deve iluminar de forma adequada áreas escuras de passagem, permitindo a saída com rapidez e segurança dos ocupantes da edificação em situações de risco.

O sistema de iluminação de emergência será utilizando blocos autônomos, que é o mais convencional pela sua simplicidade e relação de custo-benefício. O sistema consiste em dispositivos de iluminação que possuem baterias próprias recarregáveis, ligados em tomadas e são acionados ao detectarem uma falha no fornecimento de energia elétrica.

Os blocos autônomos serão instalados no hall do elevador e nos patamares da escada de emergência, respeitando a distância máxima de 15 m entre dois pontos de iluminação.

Algumas exigências que os aparelhos devem apresentar são a resistência ao calor, a proteção contra a fumaça e um tempo mínimo de autonomia de uma hora, sem uma perda superior a 10% de sua luminosidade inicial.

Figura 67 - Luminária de Emergência - modelo ILED 40



Fonte: ILUMAC. Disponível em:

https://docs.wixstatic.com/ugd/58b02a_9b2d157f9f844170a52c37a75122a6df.pdf

4.4.5.10 Alarme de Incêndio

Segundo o Decreto nº 56.819/11, o sistema de alarme pode ser substituído pelo sistema de interfone desde que cada apartamento tenha seu próprio ramal, ligado à portaria com vigilância 24 horas.

4.4.5.11 Sinalização de Emergência

A sinalização de emergência tem como finalidade reduzir o risco de ocorrência de incêndio, alertando para os riscos existentes e garantir que sejam adotadas ações adequadas à situação de risco, que orientem as ações de combate e facilitem a localização dos equipamentos e das rotas de saída para abandono seguro da edificação em caso de incêndio.

Dimensões mínimas das placas de sinalização

As placas devem ser de tamanho suficiente para que seja possível sua identificação por um observador distante. Suas dimensões devem satisfazer a relação (28).

$$A > \frac{L^2}{2000} \quad (28)$$

Onde:

A: área da placa, em m²;

L: distância do observador à placa, em metros.

Caso a placa contenha informações escritas, as letras devem apresentar uma altura mínima que respeite a relação (29):

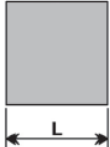
$$H > L/125 \quad (29)$$

Onde:

H: altura da letra, em metro;

L: distância do observador à placa, em metros.

Tabela 41 - Formas geométricas e dimensões para sinalização de emergência

Sinal	Forma geométrica	Cota (mm)	Distância máxima de visibilidade (m)											
			4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	30
Proibição		D	101	151	202	252	303	353	404	454	505	606	706	757
Alerta		L	136	204	272	340	408	476	544	612	680	816	951	1019
Orientação, salvamento e equipamentos		L	89	134	179	224	268	313	358	402	447	537	626	671
		H (L=2,0H)	63	95	126	158	190	221	253	285	316	379	443	474

Fonte: IT 20/11

No Quadro 3 são apresentadas as principais placas de sinalização que serão utilizadas no edifício.

Quadro 3: Sinalização utilizada

Placa de Sinalização	Dimensões mínimas (mm)	Aplicação
	63 x 126	Acima ou sobre a porta corta-fogo para indicar o acesso para a saída de emergência.
	30 (altura das letras)	Sobre a porta corta-fogo para indicar a forma de acionamento da barra antipânico instalada.
	89 x 89	Nos patamares da escada de emergência, indicando o pavimento onde a pessoa se situa.

	89 x 89	Acima do extintor, a 1,80 m do piso acabado, indicando sua localização.
	89 x 89	Acima do abrigo da mangueira do hidrante, indicando sua localização.

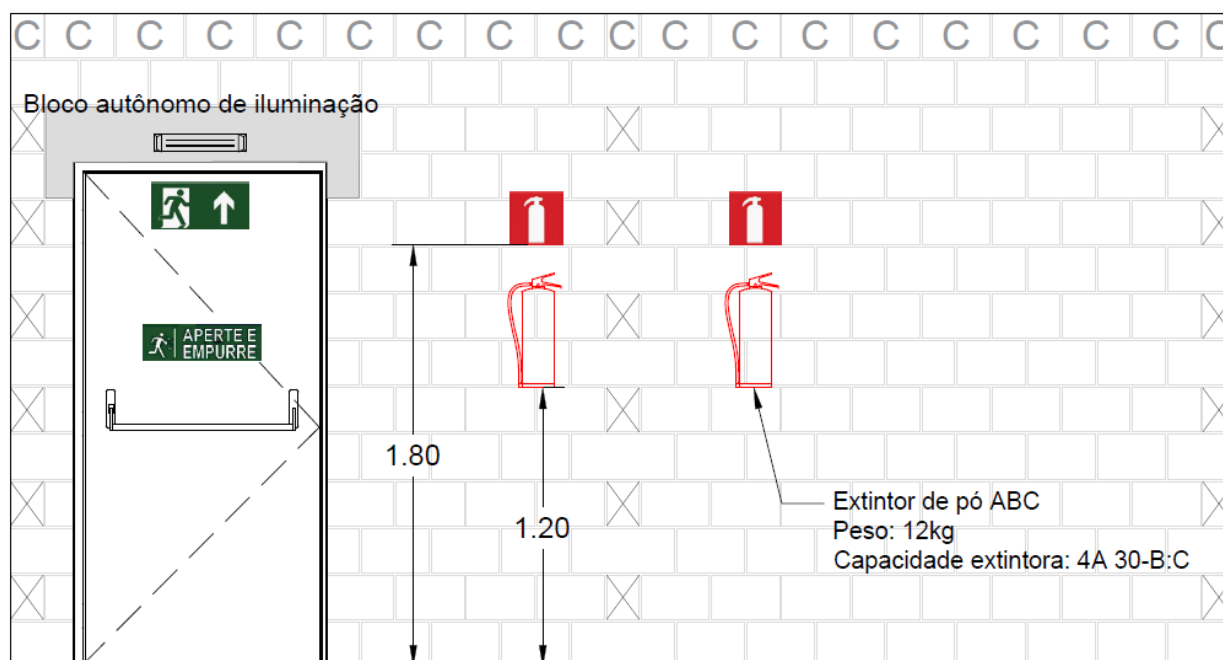
Fonte: Elaboração própria

4.4.5.12 Extintores

Segundo a IT 21/11, cada pavimento deve apresentar, no mínimo, dois extintores: um para incêndios de classe A e outro para incêndios de classes B e C. É permitida a instalação de dois extintores iguais de pó ABC (capacidade mínima 2-A 20-B:C) que podem combater os três tipos de incêndio mencionados. Além disso, eles devem estar posicionados de forma que o operador não tenha que percorrer uma distância maior do que 25 m (para locais de risco leve).

No projeto serão implementadas duas unidades extintoras de pó ABC para prevenir erros dos usuários na escolha do equipamento para combater um princípio de incêndio. Elas estarão posicionadas no hall do elevador, onde é acessível para todos os pontos do pavimento sem que seja percorrida uma distância superior a 25 m.

Figura 68 - Parede do hall do elevador



Fonte: Elaboração própria

4.4.5.13 Hidrantes

Classificação do sistema

O sistema de hidrantes será projetado respeitando a IT 22/11, complementada pela ABNT NBR 13714:2003. Segundo a IT 22/11, o sistema de combate a incêndio em edificações do tipo A-2 pode ser do tipo 1 (mangotinhos) ou 2 (hidrantes). Neste projeto optou-se pela utilização de hidrantes.

Para o sistema de hidrantes do tipo 2, são estabelecidos parâmetros que devem ser atendidos, como vazões e pressões mínimas, comprimento e diâmetro da mangueira de incêndio, diâmetro nominal do esguicho e o volume da reserva técnica de incêndio (ver Tabela 42 e Tabela 43).

Tabela 42 - Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m³)

Área das edificações e áreas de risco	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO CONFORME TABELA 1 DO DECRETO ESTADUAL 56.819/11				
	A-2, A-3, C-1, D-1(até 300 MJ/m2), D-2, D-3 (até 300 MJ/m2), D-4 (até 300 MJ/m2), E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, F-1 (até 300 MJ/m2), F-2, F-3, F-4, F-8, G-1, G-2, G-3, G-4, H1, H-2, H-3, H-5, H-6; I-1, J-1, J-2 e M-3	D-1 (acima de 300 MJ/ m2), D-3 (acima de 300 MJ/ m2), D-4 (acima de 300 MJ/ m2), B-1, B-2, C-2 (acima de 300 até 1000 MJ/m2), C-3, F-1 (acima de 300 MJ/m²), F-5, F-6, F-7, F-9, F-10, H-4, I-2 (acima de 300 até 800 MJ/m2), J-2 e J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m²)	C-2 (acima de 1000 MJ/m2), I-2 (acima de 800 MJ/m2), J-3 (acima de 800 MJ/m²), L-1, M-1, M-5	G-5, I-3, J-4, L-2 e L-3	
Até 2.500 m²	Tipo 1 RTI 5 m³	Tipo 2 RTI 8 m³	Tipo 3 RTI 12 m³	Tipo 4 RTI 28 m³	Tipo 4 RTI 32 m³
Acima de 2.500 m² até 5.000 m²	Tipo 1 RTI 8 m³	Tipo 2 RTI 12 m³	Tipo 3 RTI 18 m³	Tipo 4 RTI 32 m³	Tipo 4 RTI 48 m³
Acima de 5.000 m² até 10.000 m²	Tipo 1 RTI 12 m³	Tipo 2 RTI 18 m³	Tipo 3 RTI 25 m³	Tipo 4 RTI 48 m³	Tipo 5 RTI 64 m³
Acima de 10.000 m² até 20.000 m²	Tipo 1 RTI 18 m³	Tipo 2 RTI 25 m³	Tipo 3 RTI 35 m³	Tipo 4 RTI 64 m³	Tipo 5 RTI 96 m³
Acima de 20.000 m² até 50.000 m²	Tipo 1 RTI 25 m³	Tipo 2 RTI 35 m³	Tipo 3 RTI 48 m³	Tipo 4 RTI 96 m³	Tipo 5 RTI 120 m³
Acima de 50.000 m²	Tipo 1 RTI 35 m³	Tipo 2 RTI 48 m³	Tipo 3 RTI 70 m³	Tipo 4 RTI 120 m³	Tipo 5 RTI 180 m³

Fonte: IT 22/11

Tabela 43 - Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho

Tipo	Esguicho regulável (DN)	Mangueiras de incêndio		Número de expedições	Vazão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável (l/min)	Pressão mínima no hidrante mais desfavorável (mca)
		DN (mm)	Comprimento (m)			
1	25	25	30	simples	100	80
2	40	40	30	simples	150	30
3	40	40	30	simples	200	40
4	40	40	30	simples	300	65
	65	65	30	simples	300	30
5	65	65	30	duplo	600	60

Fonte: IT 22/11

Na Tabela 44 estão relacionados os principais parâmetros necessários para o dimensionamento do sistema de hidrantes.

Tabela 44 - Resumo dos parâmetros adotados no dimensionamento

Sistema de hidrante	
Tipo de sistema de proteção por hidrante (Conforme IT 22/11)	2
Localização da reserva de incêndio	Reservatório Inferior
Reserva técnica de incêndio (m³)	8
Pé-direito (m)	3
Tubulação	
Material da tubulação	Aço galvanizado
Fator "C" de Hazen-Williams para o tubo	120
Diâmetro nominal mínimo da tubulação (mm)	65
Velocidade máxima na tubulação (m/s)	5
Velocidade máxima no tubo de sucção da bomba de incêndio (m/s)	2

Hidrante	
Altura em relação ao piso (m)	1.2
Comprimento da mangueira (m)	30
Diâmetro nominal da mangueira (mm)	40
Diâmetro nominal do esguicho regulável (mm)	40
Diâmetro nominal da válvula do hidrante (mm)	65
Vazão mínima (l/min)	150
Pressão máxima (mca)	100
Pressão mínima (mca)	30

Fonte: Elaboração própria

Dimensionamento

O dimensionamento do sistema de hidrantes consiste em calcular a perda de carga no sistema e garantir o atendimento dos requisitos mínimos de pressão e vazão nos hidrantes mais desfavoráveis. A situação de utilização considerada para o dimensionamento é dos dois hidrantes mais desfavoráveis hidraulicamente operando simultaneamente.

Na versão vigente da IT 22 (2011), a vazão e pressão mínima exigida é na válvula do hidrante mais desfavorável, ou seja, são desconsideradas as perdas de carga na mangueira e no esguicho. Em estudo realizado por Pereira (2015), constatou-se que a versão de 2011 da IT 22 exige uma bomba de maior potência em relação à versão de 2004, em que a perda de carga na mangueira e esguicho eram consideradas. Logo, a desconsideração da perda de carga após a válvula é compensada por uma exigência maior de vazão e pressão na válvula.

O cálculo da perda de carga será feito pela da fórmula de Hazen-Williams:

$$hf = J \cdot Lt \quad (30)$$

$$J = 605 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot 10^4$$

Onde:

Hf: perda de carga, em metros de coluna d'água;

Lt: comprimento total de tubulação, em metros;

J: perda de carga por atrito, em metros por metro;

Q: vazão, em litros por minuto;

C: fator de Hazen-Williams;

D: diâmetro interno do tubo, em milímetros.

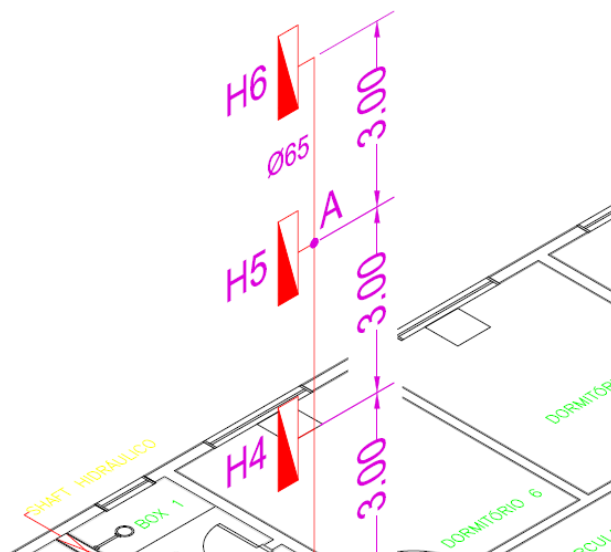
Vale lembrar que o comprimento total (Lt) é a soma dos comprimentos de tubulação e dos comprimentos equivalentes de conexões, que podem ser obtidos na Tabela 45.

Tabela 45 - Comprimentos equivalentes em metros de tubulação

CONEXÃO			Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização								
			MATERIAL	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Curva 90°		PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
		Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1
Curva 45°		PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90°		PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
		Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2
Joelho 45°		PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5
		Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9
Tê de passagem direta		PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3
		Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7
Tê de saída lateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
Tê de saída bilateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
União		PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25
		Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
Saída de canalização		PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9
		Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0
Luva de redução (")		PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2
		Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07
Registro de gaveta ou esfera aberto		PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
Registro de globo aberto		Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0
Registro de ângulo aberto		Metal	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0
Válvula de pé com crivo		PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4
		Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0
Válvula de Retenção	Horizontal 	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4
	Vertical	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1

Fonte: Ferraz (2011)

Figura 70 - Indicação do ponto A



Fonte: Elaboração própria

Passo 2

No hidrante mais desfavorável H6, impõe-se a vazão mínima de 150 l/min e a pressão mínima de 30 mca. A partir da vazão e da pressão estabelecidas, convém calcular o fator de vazão da válvula dos hidrantes, dado pela equação (31):

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = 27,39 \frac{l}{min} \cdot mca^{1/2} \quad (31)$$

Passo 3

A partir de H6, calcula-se a perda de carga no trecho H6 – A com a fórmula de Hazen-Williams (Equação (31)).

Tabela 46 - Cálculo da perda de carga no trecho H6 – A

Trecho	Vazão (l/min)	Pressão na válvula ou ponto (mca)	Perda de carga (tubulação)						Elevação (m)	Veloc. (m/s)	Pressão no Ponto (mca)
			Diâm. Int. (mm)	Compr. Real (m)	Compr. Equiv. (m)	Compr. Total (m)	J Unit. (mca/m)	J Total (mca)			
H6-A	150	30.0	63.5	3.00	12.4	15.4	0.015	0.2339	3.00	0.79	33.23

Fonte: Elaboração própria

Passo 4

Em um processo iterativo, a vazão no trecho H5 – A é determinada de forma que a pressão no Ponto de equilíbrio (A) seja aproximadamente igual à pressão

determinada a partir da perda de carga no trecho H6 – A com diferença máxima admissível de 0,5 mca, de acordo com a IT 22/11.

Tabela 47 - Cálculo da vazão no trecho H5 – A

Trecho	Vazão (l/min)	Pressão na válvula ou ponto (mca)	Perda de carga (tubulação)						Elevação (m)	Veloc. (m/s)	Pressão no Ponto (mca)
			Diâm. Int. (mm)	Compr. Real (m)	Compr. Equiv. (m)	Compr. Total (m)	J Unit. (mca/m)	J Total (mca)			
H6–A	150	30.0	63.5	3.00	12.4	15.4	0.015	0.2339	3.00	0.79	33.23
H5–A	157.3	33.0	63.5	0.00	13.4	13.4	0.017	0.2222	0	0.83	33.21

Fonte: Elaboração própria

Passo 5

Uma vez estabelecido o equilíbrio de pressões no ponto A, calcula-se a perda de carga no trecho A – EB, que corresponde ao ponto de expedição da bomba. A vazão considerada é a soma das vazões dos hidrantes H5 e H6.

Tabela 48 - Cálculo da perda de carga no trecho A – EB

Trecho	Vazão (l/min)	Pressão na válvula ou ponto (mca)	Perda de carga (tubulação)						Elevação (m)	Veloc. (m/s)	Pressão no Ponto (mca)
			Diâm. Int. (mm)	Compr. Real (m)	Compr. Equiv. (m)	Compr. Total (m)	J Unit. (mca/m)	J Total (mca)			
H6–A	150	30.0	63.5	3.00	12.4	15.4	0.015	0.2339	3.00	0.79	33.23
H5–A	157.3	33.0	63.5	0.00	13.4	13.4	0.017	0.2222	0	0.83	33.21
A–EB	307.3	33.2	63.5	26.70	6.4	33.1	0.057	1.8949	13.70	1.62	48.82

Fonte: Elaboração própria

Passo 6

Calcula-se a perda de carga no trecho IB – RTI, que correspondem aos pontos de introdução da bomba (IB) e de reserva técnica de incêndio (RTI). Por fim, tem-se a perda de carga total ao longo da tubulação (sucção e recalque), ou seja, a altura manométrica que a bomba de incêndio deve apresentar.

Tabela 49 - Resultado do dimensionamento do sistema

Trecho	Vazão (l/min)	Pressão na válvula ou ponto (mca)	Perda de carga (tubulação)						Elevação (m)	Veloc. (m/s)	Pressão no Ponto (mca)
			Diâm. Int. (mm)	Compr. Real (m)	Compr. Equiv. (m)	Compr. Total (m)	J Unit. (mca/m)	J Total (mca)			
H6-A	150	30.0	63.5	3.00	12.4	15.4	0.015	0.2339	3.00	0.79	33.23
H5-A	157.3	33.0	63.5	0.00	13.4	13.4	0.017	0.2222	0	0.83	33.21
A-EB	307.3	33.2	63.5	26.70	6.4	33.1	0.057	1.8949	13.70	1.62	48.82
IB-RTI	307.3	48.8	63.5	3.00	17	20	0.057	1.1449	0	1.62	49.96

Fonte: Elaboração própria

Logo, a bomba de incêndio deve apresentar uma altura manométrica de 50 mca e uma vazão de 307,3 l/min (18,5 m³/h).

Escolha da bomba (principal e jockey)

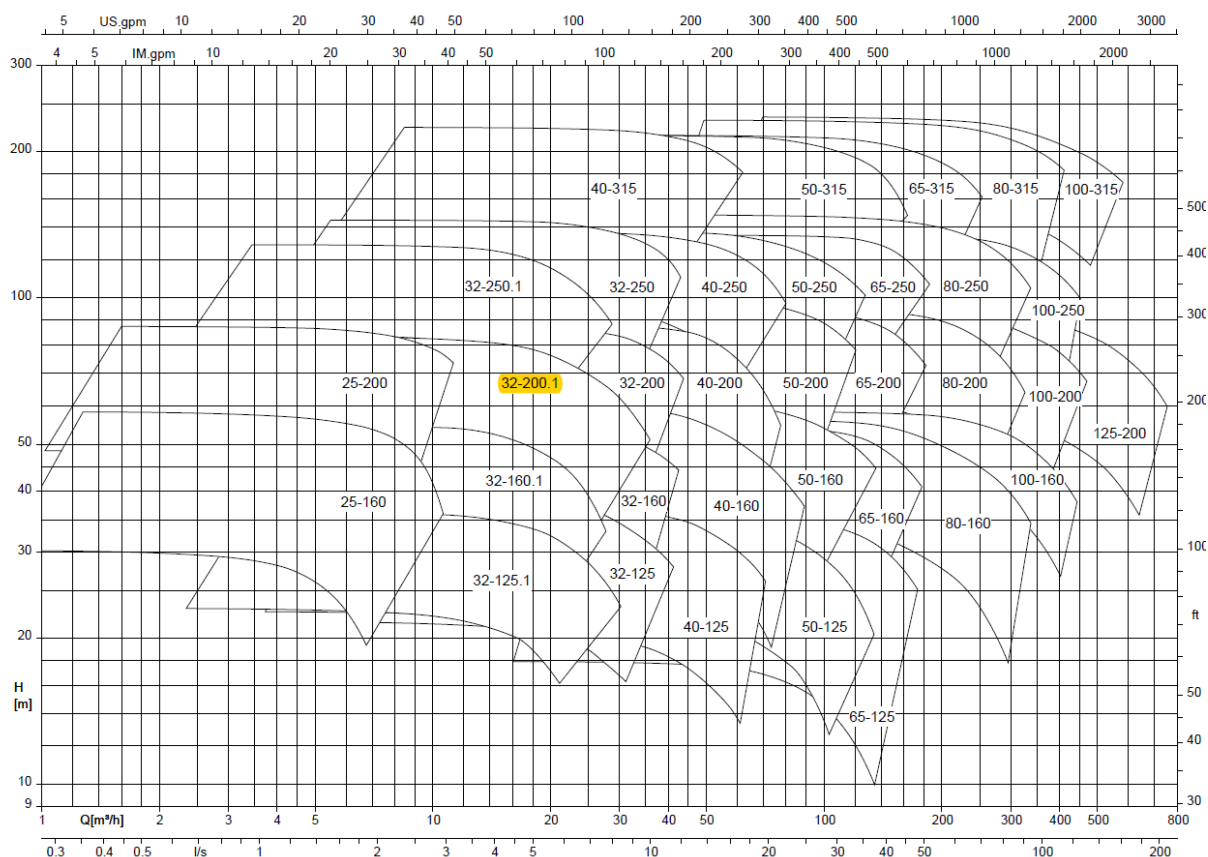
Para a escolha das bombas deve-se consultar os catálogos dos fabricantes e identificar possíveis modelos que atendam as condições de vazão e pressão que o sistema de hidrantes exige. A Figura 72 mostra o campo de aplicação de diversos modelos de bombas Meganorm da fabricante KSB para uma rotação de 3.500 rpm.

Figura 71 - Bomba centrífuga - modelo Meganorm



Fonte: KSB (catálogo). Disponível em:
http://www.ksb.com.br/php/produtos/download.php?arquivo=MT_2748_5_01_PB_Revised.pdf&tipo=tecnicos

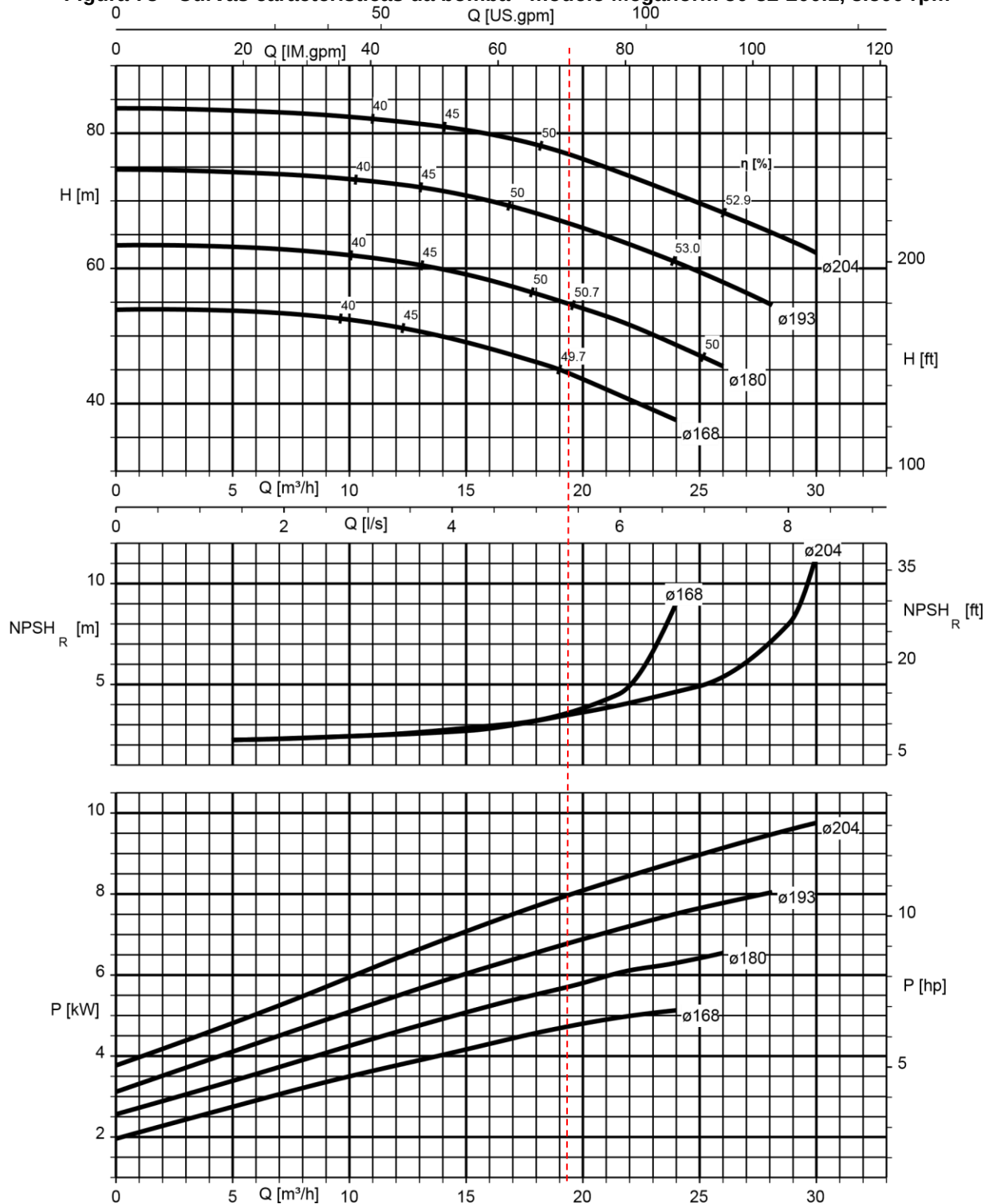
Figura 72 - Campo de aplicação da bomba KSB Meganorm
Meganorm, $n = 3500 \text{ min}^{-1}$



Fonte: KSB (catálogo). Disponível em:
http://www.ksb.com.br/php/produtos/download.php?arquivo=MT_2748_5_01_PB_Revised.pdf&tipo=tecnicos

A partir da vazão ($18.5 \text{ m}^3/\text{h}$) e altura manométrica (50 mca) calculadas, verifica-se que o modelo KSB Meganorm 32-200.1 atende às necessidades do sistema projetado. A partir das curvas características da bomba (Figura 73), é possível determinar o diâmetro de seu rotor ($\varphi 180$), potência (5,7 cv) e rendimento (cerca de 50%).

Figura 73 - Curvas características da bomba - modelo Meganorm 50-32-200.1, 3.500 rpm



Fonte: KSB (catálogo). Disponível em:

http://www.ksb.com.br/php/produtos/download.php?arquivo=MT_2748_5_01_PB_Revised.pdf&tipo=tecnicos

Além da bomba principal, será instalada também uma bomba de pressurização (*jockey*), para que a pressão na tubulação do sistema seja mantida em uma faixa segura. Ela é utilizada para compensar a queda de pressão por pequenos vazamentos ou variações de temperatura, evitando que a bomba principal entre em operação sem necessidade, o que pode levar ao seu desgaste.

Figura 74 - Esquema de instalação da bomba *jockey* (esquerda) e principal (direita)



Fonte: Bombasul. Disponível em: <http://bombasul.com.br/produtos/kit-de-incendio/>

Para o dimensionamento da bomba *jockey*, segundo a IT 22/11, admite-se uma vazão máxima de 20 l/min e sua pressão máxima de operação deve ser igual à pressão da bomba principal medida sem vazão (*shut-off*) de 64 mca.

Novamente consultando a Figura 72, o modelo Meganorm 25-200 é capaz de fornecer a pressão necessária para manter o sistema pressurizado. Em caso de incêndio, a vazão no sistema aumenta (para mais de 20 l/min) e a bomba principal é acionada, fornecendo a vazão de projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro semestre de 2017, com o principal objetivo de desenvolver as habilidades projetuais dos autores deste trabalho, iniciou-se este projeto de uma moradia estudantil para o Campus Leste da Universidade de São Paulo.

Esse trabalho possibilitou a consolidação de diversos conceitos apreendidos durante a graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, além de ter efetivamente proporcionado ao grupo a oportunidade de melhor praticar as habilidades de projeto, algo que era muito desejado por todos os integrantes e que não foi possível exercitar com plenitude durante a graduação.

O desenvolvimento do presente trabalho envolveu diversas áreas da engenharia civil: foram realizados projetos estruturais, de fundações, hidráulica, esgotamento sanitário, drenagem, elétrica e incêndio. Parte dos objetivos contidos no planejamento original do grupo infelizmente não puderam ser cumpridos: o projeto da rede de Internet não foi realizado, assim como o orçamento da obra, listado no cronograma da primeira entrega do trabalho. O grupo claramente subestimou o tempo que cada etapa do trabalho levaria para ser concluída.

Por outro lado, este projeto definitivamente conseguiu mostrar ao grupo o que a graduação nos proporcionou ou deixou de proporcionar. Sabemos que não concluiremos o curso com pleno conhecimento das diversas áreas engenharia civil, tampouco nos formaremos prontos para assinar projetos grandes como o contido neste trabalho, ao menos não de imediato. Acreditamos, porém, que a Escola Politécnica nos preparou para aprender, para contestar, e para resolver problemas com os meios disponíveis. Essas lições sempre nos acompanharão em nossa vida profissional.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:

NBR 5410/2004: Instalações elétricas de baixa tensão

NBR 5626/1998: Instalação predial de água fria

NBR 6118/2014: Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto

NBR 8160/1999: Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução

NBR 13714/2000: Sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio

NBR 14859-1/2016: Lajes Pré-Fabricadas - Requisitos parte 1: Lajes Unidirecionais

NBR 15575-4: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações externas e internas

NBR 15758-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem

NBR 15939-2/2011: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria — Polietileno reticulado (PE-X) Parte 2: Procedimentos para projeto

ADEME - L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

American Institute of Architects. **Charles David Keeling Apartments**. Disponível em: <<http://www.aiatopen.org/node/79>> Acesso em: 10.Mai.2017.

BRENTANO, T. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações**. Ed. EDIPURCS, 2007.

CARDOSO, L. **Dimensionamento e instalação de aquecedor solar**, *Téchne*, Edição 136, Julho/2008

CATOIA, T. **Concreto ultraleve® estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes**. 2012. 154 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 06 - Acesso de viatura na edificação e área de risco**. São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 08 - Resistência ao fogo dos elementos de construção**. São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 09 - Compartimentação horizontal e compartimentação vertical.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 10 - Controle de materiais de acabamento e revestimento.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 14 - Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 17 - Brigada de incêndio - Partes 1 e 2.** São Paulo, 2014.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 18 - Iluminação de emergência.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 19 - Sistemas de detecção e alarme de incêndio.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 20 - Sinalização de emergência.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 21 - Sistema de proteção por extintores de incêndio.** São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica 22 - Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.** São Paulo, 2011.

COUTINHO, B. Alvarenga.; CORRÊA, A. Ramos. **A Interpretação do Controle de Materiais de Acabamentos e de Revestimento no Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico.** E&S - Engineering and Science, v.2, ed.6, 2016.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M. **Lajes em concreto armado e protendido.** 2. ed. Niterói: EDUFF, 1998. 580 p.

DROPPA JR., A. **Análise Estrutural de Lajes Formadas por Vigotas Pré-Moldadas com Armação Treliçada.** 1999. 177p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

EACH. **Serviço social/SAS/EACH.** Disponível em: <<http://each.uspnet.usp.br/site/coseas.php>> Acesso em: 08 Jun.2017.

EACH. **Mapa da EACH.** Disponível em: <<http://www5.each.usp.br/mapa-da-each/>> Acesso em: 28.Mai.2017.

EACH. **Concepção Geral.** Disponível em: <<http://www5.each.usp.br/concepcao-geral/>> Acesso em: 11.Jul.2017.

EACH. **Histórico**. Disponível em: <<http://www5.each.usp.br/historico/>> Acesso em: 11.Jul.2017.

EACH. **Localização**. Disponível em: <<http://www5.each.usp.br/localizacao/>> Acesso em: 11.Jul.2017.

FERRAZ, Fábio. **MANUAL DE HIDRÁULICA BÁSICA**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. 2011.

FERREIRA, D. **ABASTECIMENTO: Qual tipo de água escolher?**, *FAZFÁCIL - Reforma & Construção*; Disponível em: <http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/abastecimento-agua-escolher/>

FERREIRA, D. V. G. **Edifícios com Lajes Maciças e Paredes Portantes Pré-Moldadas de Concreto Leve com Pérolas de EPS**. 2013. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

GARRIDO, E.N. **Moradia estudantil e formação do(a) estudante universitário(a)**. Campinas, 2012.

GOMES, C.M.; RAMOS, D.P.; Souza, E.S.; RAMOS, V.F.B. **A Universidade e a fundamental importância da moradia estudantil como inclusão social**.

Jornal da USP. **USP retoma projeto para curso de engenharia no campus da zona leste**. Disponível em: <<http://jornal.usp.br/universidade/usp-quer-instalar-curso-de-engenharia-no-campus-da-zona-leste/>> Acesso em: 15.JUL.2017

Jornal do Campus. **Alunos da EACH lutam por permanência**. Disponível em: <<http://www.jornaldocampus.usp.br/index.php/2016/04/alunos-da-each-lutam-por-permanencia/>> Acesso em: 2.Mai.2017.

KALIL, S.M.B.; LEGGERINI, M.R. **Apostila de Estrutura Mistas – PUCRS**. Rio Grande do Sul, 2006.

LESSA, G.A.D.T. **Drywall em edificações residenciais**. Tese (Graduação em Engenharia Civil). Universidade de Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

MERLIN, A. J. **Momentos Fletores Negativos nos Apoios de Lajes Formadas por Vigotas de Concreto Protendido**. 2002. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

NAKAMURA, Juliana - **Dois maneiras de utilizar o PEX no sistema hidráulico**. Técnica, Edição 71, fevereiro de 2003

PEREIRA, Aderson Guimarães. **Dimensionamento de sistema de hidrantes prediais: Isenção da perda de carga na mangueira de incêndio**. Revista Engenharia, São Paulo, v.625, 2015.

Prefeitura de SÃO PAULO. Novo Zoneamento. Disponível em: <<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/zoneamento/>> Acesso em: 08 Jun.2017.

Prefeitura de SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Zoneamento e Uso do Solo. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/legislacao/zoneamento/index.php?p=214281>> Acesso em: 15. Mar. 2017.

PAPFE - Programa de Apoio à Permanência e Formação Estudantil - Graduação. Edital - 2017. Disponível em: <<https://www.usp.br/coseas/COSEASHP/dps/PAPFE/EditalPAPFE.pdf>> Acesso em: 20.Jul.2017.

PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS. **Manual de instalações elétricas residenciais**, 2006.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria**. Editora PINI. São Paulo, 2003.

SÃO PAULO [ESTADO]. Decreto Estadual n. 56.819. **Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências**. São Paulo, 2011.

SCHWETZ, P. F. **Análise numérico experimental de lajes nervuradas sujeitas a cargas estáticas de serviço**. 2011. 214 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SILVA, M. A. F. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. 2005. 239 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

Superintendência do Espaço Físico. Universidade de São Paulo. Homepage. Disponível em: <<http://www.sef.usp.br/>> Acesso em: 08 Jun.2017.

Superintendência Assistência Social. Universidade de São Paulo. Bolsas e Apoios. Disponível em: <https://www.usp.br/coseas/COSEASHP/COSEAS2010_moradia.html> Acesso em: 12.Jul.2017

TaylorWessing. **2016: Trends in the student accommodation setor**. Disponível em: <<http://classof2020.nl/wp-content/uploads/2016/06/Trends-in-the-student-accommodation-sector-2016-TaylorWessing.pdf>> Acesso em: 10.Mai.2017.

TIGRE. Catálogo técnico - Obras e reformas - PEX. Agosto de 2015

Universidade de São Paulo. Anuário Estatístico. Disponível em:

<<https://uspdigital.usp.br/anuario/AnuarioControle#>> Acesso em: 10.Mai.2017.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações, volume 2 - Fundações Profundas**. 2010. São Paulo. Oficina de Textos, 2010

VIZOTTO, I.; SARTOTTI, A. L. **Soluções de Lajes Maciças, Nervuradas com Cuba Plástica e Nervuradas com Vigotas Treliçadas Pré-Moldadas: Análise Comparativa**. In.: Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, p.19-28, Abril, 2010.

APÊNDICE B

Tabela 2 – Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Comprimento total (m)	Comprimento das Aberturas (m)	Comprimento Resistente (m)	Pé direito (m)
19	5,10	0,00	5,10	2,80
20	2,10	0,00	2,10	2,80
21	5,10	0,90	4,20	2,80
22	2,70	0,00	2,70	2,80
27,29 (TIPO)	4,95	1,58	3,38	2,80
28 (TIPO)	7,95	0,75	7,20	2,80
27 (TÉRREO)	4,95	1,71	3,24	2,80
28 (TÉRREO)	7,95	1,04	6,92	2,80
29 (TÉRREO)	4,95	1,58	3,38	2,80

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Área de influência (m²)	Alvenaria estrutural (kN/m)	Drywall (kN/m)	Comprimento Drywall (m)
19	6,05	7,73	1,75	0,00
20	5,06	7,73	1,75	0,00
21	6,72	7,73	1,75	0,00
22	7,65	7,73	1,75	0,00
27,29 (TIPO)	5,60	7,73	1,75	0,00
28 (TIPO)	4,69	7,73	1,75	1,20
27 (TÉRREO)	5,60	7,73	1,75	0,00
28 (TÉRREO)	4,69	7,73	1,75	1,20
29 (TÉRREO)	5,60	7,73	1,75	0,00

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Laje (kN/m)	Área da escada (m²)	Escada (kN/m)	Área do elevador (m²)
19	7,35	2,99	4,10	0,00
20	14,95	5,06	16,88	0,00
21	9,92	6,75	11,25	0,00
22	17,57	7,65	19,84	0,00
27,29 (TIPO)	10,28	0,00	0,00	0,00
28 (TIPO)	4,03	0,00	0,00	3,80
27 (TÉRREO)	10,71	0,00	0,00	0,00
28 (TÉRREO)	4,20	0,00	0,00	3,80
29 (TÉRREO)	10,28	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Elevador (kN/m)	Área Reservatório + Boiler (m²)	Reservatório + Boiler (kN/m)	Área Cobertura (m²)
19	0,00	5,10	12,50	6,05
20	0,00	0,00	0,00	5,06
21	0,00	0,00	0,00	6,72
22	0,00	0,00	0,00	7,65
27,29 (TIPO)	0,00	0,00	0,00	5,60
28 (TIPO)	10,56	0,00	0,00	0,00
27 (TÉRREO)	0,00	0,00	0,00	5,60
28 (TÉRREO)	11,00	0,00	0,00	0,00
29 (TÉRREO)	0,00	0,00	0,00	5,60

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Distribuição das cargas verticais entre grupos de paredes (continuação)

GRUPOS DE PAREDES	Cobertura (kN/m)	TOTAL PERMANENTE (kN/m)	Utilização (kN/m)	TOTAL (kN/m)
19	7,11	40,54	2,37	42,91
20	14,46	55,76	4,82	60,59
21	20,64	51,29	3,20	54,49
22	17,01	63,90	5,67	69,57
27,29 (TIPO)	12,71	32,47	3,32	35,79
28 (TIPO)	2,76	26,84	1,30	28,14
27 (TÉRREO)	13,12	33,31	3,45	36,77
28 (TÉRREO)	2,76	27,44	1,36	28,79
29 (TÉRREO)	12,71	32,47	3,32	35,79

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPOS 4 e 10				
Permanente (kN/m)			Variável (kN/m)	
Pav		Acumulado		Acumulado
Cobertura	23,01	23,01	0,00	0,00
Quinto	30,40	53,41	6,75	6,75
Quarto	30,40	83,82	6,75	13,50
Terceiro	30,40	114,22	6,75	20,25
Segundo	30,40	144,62	6,75	27,00
Primeiro	30,40	175,03	6,75	33,75
Térreo	30,40	205,43	6,75	40,50

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPOS 5 e 9

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	14,54	14,54	0,00	0,00
Quinto	21,65	36,19	3,93	3,93
Quarto	21,65	57,84	6,75	10,68
Terceiro	21,65	79,49	6,75	17,43
Segundo	21,65	101,13	6,75	24,18
Primeiro	21,65	122,78	6,75	30,93
Térreo	21,65	144,43	6,75	37,68

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPOS 6 e 8

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	40,49	40,49	0,00	0,00
Quinto	24,14	64,63	4,73	4,73
Quarto	24,14	88,77	4,73	9,46
Terceiro	24,14	112,91	4,73	14,19
Segundo	24,14	137,05	4,73	18,92
Primeiro	24,14	161,19	4,73	23,65
Térreo	24,14	185,33	4,73	28,38

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 7

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	38,33	38,33	0,00	0,00
Quinto	21,91	60,24	4,01	4,01
Quarto	21,91	82,15	4,01	8,02
Terceiro	21,91	104,05	4,01	12,03
Segundo	21,91	125,96	4,01	16,04
Primeiro	21,91	147,87	4,01	20,05
Térreo	21,91	169,78	4,01	24,06

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 17 e 23

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	19,15	19,15	0,00	0,00
Quinto	26,41	45,55	5,46	5,46
Quarto	26,41	71,96	5,46	10,92
Terceiro	26,41	98,37	5,46	16,39
Segundo	26,41	124,78	5,46	21,85
Primeiro	26,41	151,19	5,46	27,31
Térreo	26,41	177,60	5,46	32,77

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 18

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	17,13	17,13	0,00	0,00
Quinto	32,07	49,20	5,71	5,71
Quarto	32,07	81,28	5,71	11,42
Terceiro	32,07	113,35	5,71	17,13
Segundo	32,07	145,42	5,71	22,84
Primeiro	32,07	177,50	5,71	28,55
Térreo	32,07	209,57	5,71	34,25

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 19

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	19,61	19,61	0,00	0,00
Quinto	20,93	40,54	2,37	2,37
Quarto	20,93	61,47	2,37	4,74
Terceiro	20,93	82,40	2,37	7,11
Segundo	20,93	103,33	2,37	9,49
Primeiro	20,93	124,26	2,37	11,86
Térreo	20,93	145,19	2,37	14,23

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 20				
Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	14,46	14,46	0,00	0,00
Quinto	41,30	55,76	4,82	4,82
Quarto	41,30	97,06	4,82	9,64
Terceiro	41,30	138,36	4,82	14,46
Segundo	41,30	179,66	4,82	19,29
Primeiro	41,30	220,96	4,82	24,11
Térreo	41,30	262,26	4,82	28,93

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 21				
Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	20,64	20,64	0,00	0,00
Quinto	30,65	51,29	3,20	3,20
Quarto	30,65	81,94	3,20	6,40
Terceiro	30,65	112,58	3,20	9,60
Segundo	30,65	143,23	3,20	12,80
Primeiro	30,65	173,88	3,20	16,00
Térreo	30,65	204,53	3,20	19,20

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)

GRUPO 22				
Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	17,01	17,01	0,00	0,00
Quinto	46,89	63,90	5,67	5,67
Quarto	46,89	110,79	5,67	11,34
Terceiro	46,89	157,68	5,67	17,01
Segundo	46,89	204,57	5,67	22,67
Primeiro	46,89	251,46	5,67	28,34
Térreo	46,89	298,36	5,67	34,01

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)**GRUPO 27**

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	12,71	12,71	0,00	0,00
Quinto	19,76	32,47	3,32	3,32
Quarto	19,76	52,23	3,32	6,63
Terceiro	19,76	71,99	3,32	9,95
Segundo	19,76	91,75	3,32	13,27
Primeiro	19,76	111,51	3,32	16,58
Térreo	20,19	131,70	3,45	20,04

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)**GRUPO 28**

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	2,76	2,76	0,00	0,00
Quinto	24,08	26,84	1,30	1,30
Quarto	24,08	50,91	1,30	2,60
Terceiro	24,08	74,99	1,30	3,90
Segundo	24,08	99,06	1,30	5,21
Primeiro	24,08	123,14	1,30	6,51
Térreo	24,68	147,81	1,36	7,86

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Cargas verticais por grupos de paredes e por pavimento (continuação)**GRUPO 29**

Pav	Permanente (kN/m)		Variável (kN/m)	
		Acumulado		Acumulado
Cobertura	12,71	12,71	0,00	0,00
Quinto	19,76	32,47	3,32	3,32
Quarto	19,76	52,23	3,32	6,63
Terceiro	19,76	71,99	3,32	9,95
Segundo	19,76	91,75	3,32	13,27
Primeiro	19,76	111,51	3,32	16,58
Térreo	19,76	131,27	3,32	19,90

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G3/G5/G9/G11/G16/G24							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	I/Itotal	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,00001	0,001	0,07	0,07	0,06	0,06
4	335,53	0,00001	0,001	0,07	0,07	0,25	0,25
3	754,94	0,00001	0,001	0,07	0,07	0,55	0,55
2	1342,12	0,00001	0,001	0,07	0,07	0,98	0,98
1	2097,07	0,00001	0,001	0,07	0,07	1,53	1,53
TÉRREO	3019,78	0,00001	0,001	0,07	0,07	2,21	2,21

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G6/G8							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0255	2,44	1,67	2,07	1,47	1,81
4	335,53	0,0255	2,44	1,67	2,07	5,86	7,25
3	754,94	0,0255	2,44	1,67	2,07	13,19	16,30
2	1342,12	0,0255	2,44	1,67	2,07	23,45	28,98
1	2097,07	0,0255	2,44	1,67	2,07	36,65	45,28
TÉRREO	3019,78	0,0255	2,44	1,67	2,07	52,77	65,21

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G7							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0536	5,13	1,93	2,86	1,69	2,51
4	335,53	0,0536	5,13	1,93	2,86	6,75	10,04
3	754,94	0,0536	5,13	1,93	2,86	15,19	22,59
2	1342,12	0,0536	5,13	1,93	2,86	27,00	40,15
1	2097,07	0,0536	5,13	1,93	2,86	42,19	62,74
TÉRREO	3019,78	0,0536	5,13	1,93	2,86	60,76	90,34

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G18							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0152	1,46	1,58	1,58	1,38	1,38
4	335,53	0,0152	1,46	1,58	1,58	5,52	5,52
3	754,94	0,0152	1,46	1,58	1,58	12,42	12,42
2	1342,12	0,0152	1,46	1,58	1,58	22,08	22,08
1	2097,07	0,0152	1,46	1,58	1,58	34,50	34,50
TÉRREO	3019,78	0,0152	1,46	1,58	1,58	49,68	49,68

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G19							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	l (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,00005	0,005	0,07	0,07	0,06	0,06
4	335,53	0,00005	0,005	0,07	0,07	0,25	0,25
3	754,94	0,00005	0,005	0,07	0,07	0,55	0,55
2	1342,12	0,00005	0,005	0,07	0,07	0,98	0,98
1	2097,07	0,00005	0,005	0,07	0,07	1,53	1,53
TÉRREO	3019,78	0,00005	0,005	0,07	0,07	2,21	2,21

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G20							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	l (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,00002	0,002	0,07	0,07	0,06	0,06
4	335,53	0,00002	0,002	0,07	0,07	0,25	0,25
3	754,94	0,00002	0,002	0,07	0,07	0,55	0,55
2	1342,12	0,00002	0,002	0,07	0,07	0,98	0,98
1	2097,07	0,00002	0,002	0,07	0,07	1,53	1,53
TÉRREO	3019,78	0,00002	0,002	0,07	0,07	2,21	2,21

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G21							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	l (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0001	0,01	0,09	0,35	0,08	0,31
4	335,53	0,0001	0,01	0,09	0,35	0,30	1,24
3	754,94	0,0001	0,01	0,09	0,35	0,68	2,79
2	1342,12	0,0001	0,01	0,09	0,35	1,21	4,96
1	2097,07	0,0001	0,01	0,09	0,35	1,89	7,75
TÉRREO	3019,78	0,0001	0,01	0,09	0,35	2,72	11,16

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G22							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0081	0,77	1,28	1,28	1,12	1,12
4	335,53	0,0081	0,77	1,28	1,28	4,47	4,47
3	754,94	0,0081	0,77	1,28	1,28	10,06	10,06
2	1342,12	0,0081	0,77	1,28	1,28	17,88	17,88
1	2097,07	0,0081	0,77	1,28	1,28	27,93	27,93
TÉRREO	3019,78	0,0081	0,77	1,28	1,28	40,22	40,22

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

G27/G29							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0214	2,05	1,67	0,71	1,46	0,62
4	335,53	0,0214	2,05	1,67	0,71	5,85	2,49
3	754,94	0,0214	2,05	1,67	0,71	13,16	5,60
2	1342,12	0,0214	2,05	1,67	0,71	23,40	9,96
1	2097,07	0,0214	2,05	1,67	0,71	36,57	15,57
TÉRREO	3019,78	0,0214	2,05	1,67	0,71	52,66	22,42

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Cargas horizontais por grupos de parede e por pavimento (continuação)

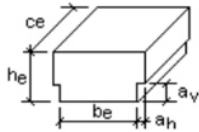
G28							
PAVIMENTO	Momento (kNm)	R	I (m4)	y (m)	y' (m)	Tensão (kN/m²)	Tensão' (kN/m²)
5	83,88	0,0951	9,10	2,41	1,91	2,12	1,67
4	335,53	0,0951	9,10	2,41	1,91	8,46	6,68
3	754,94	0,0951	9,10	2,41	1,91	19,04	15,03
2	1342,12	0,0951	9,10	2,41	1,91	33,85	26,72
1	2097,07	0,0951	9,10	2,41	1,91	52,89	41,75
TÉRREO	3019,78	0,0951	9,10	2,41	1,91	76,16	60,12

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE C

DADOS DE ENTRADA: Laje Treliçada Unidirecional - Modelo de vigas contínuas

Nome ou identificação da(s) LAJE(s): **LAJE1 - vão 1**



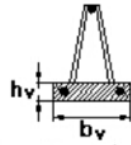
Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = **12**

he = **16** ah = **2**

be = **36** av = **3**

ce = **100**



bv = **14** hv = **3**

LT 20 (16 + 4)

Cargas Permanentes (kgf/m²):

Revest. = **100** Contra piso = **0**

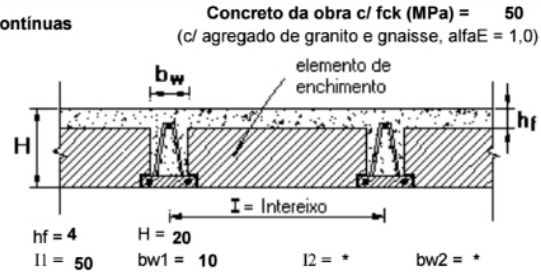
Outros = **0** Alvenaria distr. = **0**

Cobrimentos (cm):

dentro da vigota/painel = **3,5** sobre a vigota/painel = **1,0**

Vão livre (m) = **2,85**

Vão l. transv. (m) = **8,40**



Concreto da obra c/ fck (MPa) = **50**
(c/ agregado de granito e gnaiss, alfaE = 1,0)

Alvenarias localizadas

Alvenaria transv. = **0**

Alvenaria longit. = **0**

% alv. long. consid. = *****

arm. negativa = **3,0**

Carga Acidental (kgf/m²):

Carga acidental = **200**

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

arm. transv. = **1,0**

Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acid)

RESULTADOS:

Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60 dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem

Peso da laje (kgf/m²) = **187,5**

Consumo de concreto da laje (litros/m²) = **67,3**

Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **300,0**

Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **487,5**

Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação

Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = **211,6**

Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = **423,2**

Área de aço positivo necessário(CA-60)(cm²) = **0,774**

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = **0**

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = **931**

cargas

perm. + 0,3 . acid.

cargas acidentais

Não há alvenaria sobre a laje

flechas limites consid.

vão / 250 = **1,1** <= 5,0

vão / 350 = **0,8** <= 5,0

flechas (cm)

0,0

0,0

Módulo de Elasticidade c/ alfaE = 1,0 => 36628 MPa **CONTRAFLECHA = 0,0**

Momento de Inércia Equivalente = **67,2** % x Ib = 9587 cm⁴, c/ carreg. incremental

Armadura Negativa "Construtiva" no apoio A (por nervura)

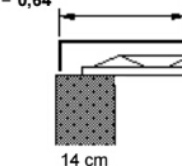
1 ϕ **8,0**

CA 50

Comprimento reto (m) = **0,50**

Comprimento total (m) = **0,64**

apoio simples



Reação apoio A :

Rk (kg/m) = **276**

Armação treliçada + adicionais

TB 16L + 2 ϕ 5,0

adicional c/ CA 60

Comprimento da vigota (m) = **2,99**

Comprimento da treliça (m) = **2,99**

Armadura Negativa "Calculada" no apoio B (por nervura)

3 ϕ **8,0**

CA 50

Comprimento reto (m) = **2,30 + 1,55**

Comprimento total (m) = **3,85**

continuidade

Reação apoio B :

Rk (kg/m) = **1172 + 1803**

Comprimento dos adicionais (m):

2 ϕ 5,0 CA 60 **3,29**

(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

Nervuras de travamento:

quantidade = **0**

altura (cm) = *******

largura (cm) = *******

armadura = *******

face inferior

Linhas de Escora:

q (kgf/m²) = **100,0** ou F (kgf) = **60,0**

flecha limite = vão entre escoras / **500**

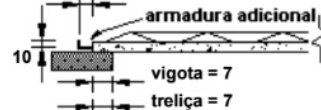
Tolerância adotada (cm) = **15**

número de linhas de escora = **1**

espaçamento entre escoras (m) = **1,43**

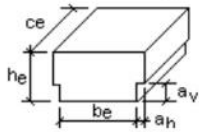
Armadura de distribuição:

Tela Soldada: Q61



vigota = **7**

treliça = **7**

DADOS DE ENTRADA: Laje Treliçada Unidirecional - Modelo de vigas contínuasNome ou identificação da(s) LAJE(s): **LAJE2 - vão 2**Concreto da obra c/fck (MPa) = 50
(c / agregado de granito e gnaíse, $\alpha E = 1,0$)

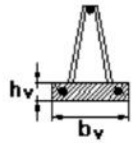
Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = 12

he = 16 ah = 2

be = 36 av = 3

ce = 100



bv = 14 hv = 3

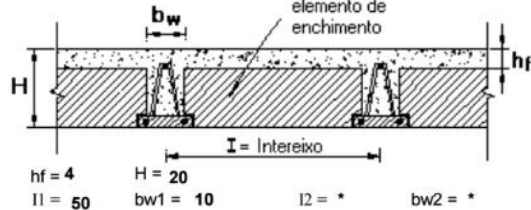
LT 20 (16 + 4)**Cargas Permanentes (kgf/m²):**

Revest. = 100 Contra piso = 0

Outros = 0 Alvenaria distr. = 0

Cobrimentos (cm):

dentro da vigota/painel = 3,5 sobre a vigota/painel = 1,0 arm. negativa = 3,0 arm. transv. = 1,0

Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acd)

hf = 4 H = 20 I = 50 bw1 = 10 I2 = * bw2 = *

Alvenarias localizadas

Alvenaria transv. = 1

Alvenaria longit. = 0

% alv. long. consid. = *

arm. negativa = 3,0

Carga Acidental (kgf/m²):

Carga acidental = 200

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

arm. transv. = 1,0

Vão livre (m) = 5,70

Vão l. transv. (m) = 8,40

RESULTADOS:*Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60 dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem*Peso da laje (kgf/m²) = 187,5Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = 300,0Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = 487,5Consumo de concreto da laje (litros/m²) = 67,3

Cons. p/ cada nervura travamento (litros/m) = 19,2

Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação

Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = 1299,8

Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = 2599,6

Área de aço positivo necessário(CA-60)(cm²) = 1,564

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = 931

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = 0

cargas

perm. + 0,3 . acid.

cargas acidentais

Alvenaria sobre a laje, limite = vão/ 500 = 1,1 <= 1,0

Módulo de Elasticidade $c/ \alpha E = 1,0 \Rightarrow 36628$ MPa **CONTRAFLECHA = 1,0**Momento de Inércia Equivalente = 67,2 % x Ib = 9587 cm⁴, $c/$ carreg. incremental**flechas limites consid.**

vão / 250 = 2,3 <= 5,0

vão / 350 = 1,6 <= 5,0

vão / 500 = 1,1 <= 1,0

flechas (cm)

1,2

0,2

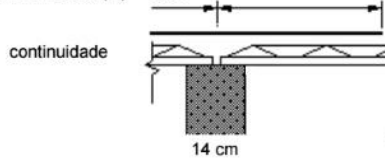
0,8

Armadura Negativa "Calculada" no apoio A (por nervura)3 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = 2,30 + 1,55

Comprimento total (m) = 3,85



Reação apoio A :

Rk (kg/m) = 1172 + 1803

TB 16L + 6 ϕ 5,0adicional $c/$ CA 60

Comprimento da vigota (m) = 5,84

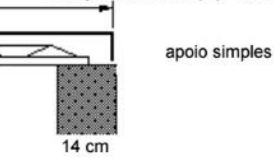
Comprimento da treliça (m) = 5,84

Armadura Negativa "Construtiva" no apoio B (por nervura)1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = 0,50

Comprimento total (m) = 0,50



Reação apoio B :

Rk (kg/m) = 1346

Comprimento dos adicionais (m):

(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

6 ϕ 5,0 CA 60 6,14**Nervuras de travamento:**

quantidade = 1

altura (cm) = 20,00

largura (cm) = 12,0

armadura = 2 ϕ 8,0

face inferior

Linhas de Escora:q (kgf/m²) = 100,0 ou F (kgf) = 60,0

flecha limite = vão entre escoras / 500

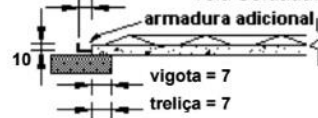
Tolerância adotada (cm) = 15

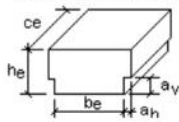
número de linhas de escora = 3

espaçamento entre escoras (m) = 1,43

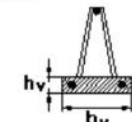
Armadura de distribuição:

Tela Soldada: Q75

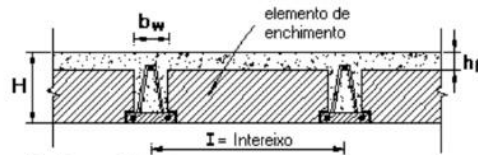


DADOS DE ENTRADA: Laje Treliçada Unidirecional - Modelo de viga isoladaNome ou identificação da(s) LAJE(s): **LAJE3**

Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = **12**he = **16** ah = **2**be = **36** av = **3**ce = **100**bv = **14** hv = **3****LT 20 (16 + 4)****Cargas Permanentes (kgf/m²):**Revest. = **100**Contra piso = **0**Outros = **0**Alvenaria distr. = **33,1****Cobrimentos (cm):**dentro da vigota/painel = **3,5**sobre a vigota/painel = **1,0**

Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acid)

Concreto da obra c/ fck (MPa) = **50**
(c/ agregado de granito e gnaiss, alfaE = 1,0)hf = **4** H = **20**I1 = **50** bw1 = **10**I2 = ***** bw2 = *******Alvenarias localizadas**Alvenaria transv. = **0**Alvenaria longit. = **0**% alv. long. consid. = *****arm. negativa = **3,0****Carga Acidental (kgf/m²):**Carga acidental = **200**

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

arm. transv. = **1,0****RESULTADOS:**

Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60

dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem

Peso da laje (kgf/m²) = **187,5**Consumo de concreto da laje (litros/m²) = **67,3**Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **333,1**Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **520,6****Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação**Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = **532,8**Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = **1065,7**Área de aço positivo necessário(CA-60)(cm²) = **0,774**Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = **0**Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = **0****cargas**

perm. + 0,3 . acid.

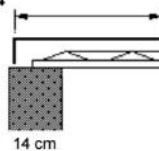
cargas acidentais

Alvenaria sobre a laje, limite = vão / 500 = **0,7** <= **1,0**Módulo de Elasticidade c/ alfaE = 1,0 => 36628 MPa **CONTRAFLECHA = 0,2**Momento de Inércia Equivalente = **70,0** % x Ib = 9986 cm⁴, c/ carreg. incremental**flechas limites consid.**vão / 250 = **1,3** <= **5,0**vão / 350 = **0,9** <= **5,0**vão / 500 = **0,7** <= **1,0****flechas (cm)****0,2****0,0****0,1****Armadura Negativa "Construtiva" no apoio A (por nervura)**1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = **0,50**Comprimento total (m) = **0,64**

apoio simples



Reação apoio A :

Rk (kg/m) = **890****Armação treliçada + adicionais****TB 16L + 2 ϕ 5,0**

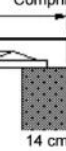
adicional c/ CA 60

Comprimento da vigota (m) = **3,44**Comprimento da treliça (m) = **3,44****Armadura Negativa "Construtiva" no apoio B (por nervura)**1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = **0,50**Comprimento total (m) = **0,64**

apoio simples



Reação apoio B :

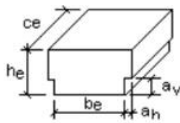
Rk (kg/m) = **890****Comprimento dos adicionais (m):**2 ϕ 5,0 CA 60 **3,74**

(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

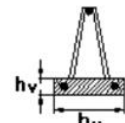
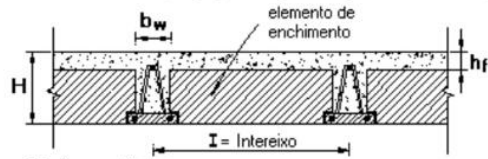
Nervuras de travamento:quantidade = **0**altura (cm) = *******largura (cm) = *******armadura = *******

face inferior

Linhas de Escora:q (kgf/m²) = **100,0** ou F (kgf) = **60,0**flecha limite = vão entre escoras / **500**Tolerância adotada (cm) = **15**número de linhas de escora = **1**espaçamento entre escoras (m) = **1,65****Armadura de distribuição:**

DADOS DE ENTRADA: Laje Trelçada Unidirecional - Modelo de viga isoladaNome ou identificação da(s) LAJE(s): **LAJE4**

Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = **12**he = **16** ah = **2**be = **36** av = **3**ce = **100**bv = **14** hv = **3****LT 20 (16 + 4)****Cargas Permanentes (kgf/m²):**Revest. = **100** Contra piso = **0**Outros = **670** Alvenaria distr. = **0****Cobrimentos (cm):**dentro da vigota/painel = **3,5** sobre a vigota/painel = **1,0**Vão livre (m) = **2,55**Vão l. transv. (m) = **4,80**Concreto da obra c/ fck (MPa) = **50**
(c/ agregado de granito e gnaiss, alfaE = 1,0)hf = **4** H = **20** I = **50** bw1 = **10** I2 = * bw2 = ***Alvenarias localizadas**Alvenaria transv. = **0**Alvenaria longit. = **1**% alv. long. consid. = **60%**arm. negativa = **3,0****Carga Acidental (kgf/m²):**Carga acidental = **200**

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

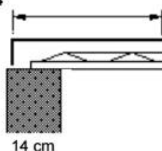
arm. transv. = **1,0***Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acid)***RESULTADOS:***Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60 dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem*Peso da laje (kgf/m²) = **187,5**Consumo de concreto da laje (litros/m²) = **67,3**Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **970,0**Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **1157,5****Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação**Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = **967,2**Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = **1934,5**Área de aço positivo necessário(CA-60)(cm²) = **1,159**Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = **0**Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = **0****cargas**

perm. + 0,3 . acid.

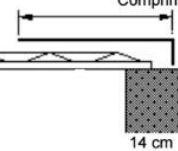
cargas acidentais

flechas limites consid.vão / 250 = **1,0** <= **5,0**vão / 350 = **0,7** <= **5,0**vão / 500 = **0,5** <= **1,0****flechas (cm)****0,3****0,0****0,2**Módulo de Elasticidade c/ alfaE = 1,0 => 36628 MPa **CONTRAFLECHA = 0,2**Momento de Inércia Equivalente = **70,0** % x Ib = 9986 cm⁴, c/ carreg. incremental**Armadura Negativa "Construtiva" no apoio A (por nervura)****1** ϕ **8,0**
CA 50Comprimento reto (m) = **0,50**Comprimento total (m) = **0,64**

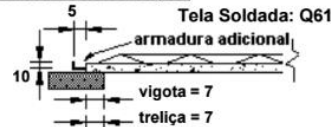
apoio simples

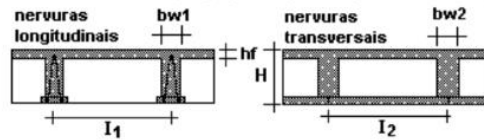
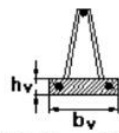
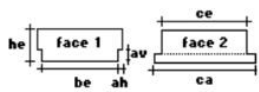
Reação apoio A :
Rk (kg/m) = **2070****TB 16L + 4 ϕ 5,0**
adicional c/ CA 60Comprimento da vigota (m) = **2,69**
Comprimento da trelça (m) = **2,69****Armadura Negativa "Construtiva" no apoio B (por nervura)****1** ϕ **8,0**
CA 50Comprimento reto (m) = **0,50**Comprimento total (m) = **0,64**

apoio simples

Reação apoio B :
Rk (kg/m) = **2070****Comprimento dos adicionais (m):****4 ϕ 5,0** CA 60 **2,99**

(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

Nervuras de travamento:quantidade = **0**
altura (cm) = ***
largura (cm) = ***
armadura = ***
face inferior**Linhas de Escora:**q (kgf/m²) = **100,0** ou F (kgf) = **60,0**
flecha limite = vão entre escoras / **500**
Tolerância adotada (cm) = **15**
número de linhas de escora = **1**
espaçamento entre escoras (m) = **1,27****Armadura de distribuição:**

DADOS DE ENTRADA: Laje Treliçada Bidirecional - Tabelas de BaresNome ou identificação da(s) LAJE(s): **LAJE5**Concreto da obra c/fck (MPa) = **50**
(c/f agregado de granito e gnaisses, $\alpha E = 1,0$)

Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = **15**he = **16** ah = **2**be = **38** av = **3**ca = **50** ha = **3**ce = **40**Vão livre (m) = **2,70**Vão l. transv. (m) = **5,10****LTb 20 (16 + 4)****Cargas Permanentes (kgf/m²):**Revest. = **100** Contra piso = **0**Outros = **540** Alvenaria distr. = **0****Cobrimentos (cm):**dentro da vigota/painel = **3,5** sobre a vigota/painel = **1,0**

Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos

de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acid)

Alvenarias localizadasAlvenaria transv. = **0**Alvenaria longit. = **0**% alv. long. consid. = *****arm. negativa = **3,0****Carga Acidental (kgf/m²):**Carga acidental = **200**

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

arm. transv. = **1,0****RESULTADOS:**

Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60

dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem

Peso da laje (kgf/m²) = **226,6**Consumo de concreto da laje (litros/m²) = **84,3**Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **840,0**Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = **1066,6****Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação**Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = **701,3**Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = **1402,7**Área de aço positivo necessário (CA-60) (cm²) = **0,837**Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = **0**Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = **0****cargas**

perm. + 0,3 . acid.

cargas acidentais

flechas limites consid.vão / 250 = **1,1** ≤ **5,0**vão / 350 = **0,8** ≤ **5,0****flechas (cm)****0,2****0,0**

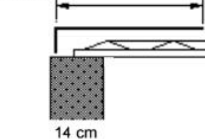
Não há alvenaria sobre a laje

Módulo de Elasticidade $c/\alpha E = 1,0 \Rightarrow 36628$ MPa **CONTRAFLECHA = 0,2**Momento de Inércia Equivalente = **70,0** % x $I_b = 8854$ cm⁴, $c/\text{carreg. incremental}$ **Armadura Negativa "Construtiva" no apoio A (por nervura)**1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = **0,50**Comprimento total (m) = **0,64**

apoio simples

Reação apoio A :
1097,8
Reação apoio C :
751,9**Armação treliçada + adicionais**TB 16L + 1 ϕ 5,0 + 2 ϕ 4,2adicional $c/\text{CA 60}$ CA 60Comprimento da vigota (m) = **2,84**Comprimento da treliça (m) = **2,84****Armadura na direção transversal às vigotas:**Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = **284,2**Armadura = 1 ϕ 5,0 CA 60 + 2 ϕ 4,2 CA 60

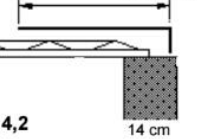
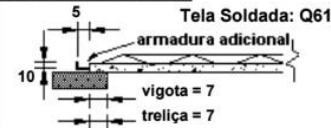
(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

Comprimento dos adicionais (m):1 ϕ 5,0 CA 60 **3,14** + 2 ϕ 4,2 CA 60 **3,14****Armadura Negativa "Construtiva" no apoio B (por nervura)**1 ϕ 8,0

CA 50

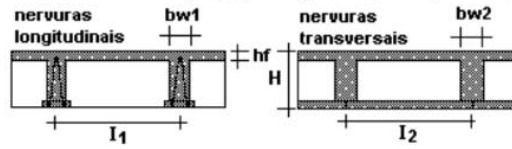
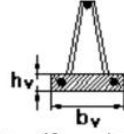
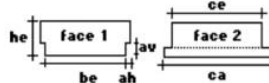
Comprimento reto (m) = **0,50**Comprimento total (m) = **0,64**

apoio simples

Reação apoio B :
1097,8
Reação apoio D :
751,9**Linhas de Escora:** q (kgf/m²) = **100,0** ou F (kgf) = **60,0**flecha limite = vão entre escoras / **500**Tolerância adotada (cm) = **15**número de linhas de escora = **1**espaçamento entre escoras (m) = **1,35****Armadura de distribuição:**

DADOS DE ENTRADA: Laje Treliçada Bidirecional - Tabelas de Bares

Nome ou identificação da(s) LAJE(s): LAJE6

Concreto da obra c/ f_{ck} (MPa) = 50
($c/$ agregado de granito e gnaíse, $\alpha E = 1,0$)

Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = 15

he = 16 ah = 2

be = 38 av = 3

ca = 50 ha = 3

ce = 40

Vão livre (m) = 2,70

Vão l. transv. (m) = 5,10

bv = 12 hv = 3

LTb 20 (16 + 4)Cargas Permanentes (kgf/m²):

Revest. = 100

Contra piso = 0

Outros = 200

Alvenaria distr. = 0

Cobrimentos (cm):

dentro da vigota/painel = 3,5 sobre a vigota/painel = 1,0

hf = 4 H = 20

I1 = 50 bw1 = 8

I2 = 50 bw2 = 10

Alvenarias localizadas

Alvenaria transv. = 0

Alvenaria longit. = 0

% alv. long. consid. = *

Carga Acidental (kgf/m²):

Carga acidental = 200

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

*Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acd)***RESULTADOS:***Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60 dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem*Peso da laje (kgf/m²) = 226,6Consumo de concreto da laje (litros/m²) = 84,3Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = 500,0Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = 726,6Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação

Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = 477,8

Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = 955,5

Área de aço positivo necessário(CA-60)(cm²) = 0,569

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = 0

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = 0

cargas

perm. + 0,3 . acid.

cargas acidentais

Não há alvenaria sobre a laje

flechas limites consid.

vão / 250 = 1,1 <= 5,0

vão / 350 = 0,8 <= 5,0

flechas (cm)

0,2

0,0

Módulo de Elasticidade $c/ \alpha E = 1,0 \Rightarrow 36628$ MPa **CONTRAFLECHA = 0,1**Momento de Inércia Equivalente = 70,0 % x $I_b = 8854$ cm⁴, $c/$ carreg. incrementalArmadura Negativa "Construtiva" no apoio A (por nervura)1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = 0,50

Comprimento total (m) = 0,64

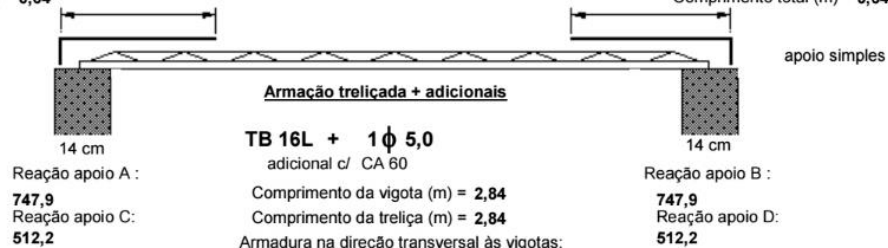
Armadura Negativa "Construtiva" no apoio B (por nervura)1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = 0,50

Comprimento total (m) = 0,64

apoio simples



Reação apoio A :

747,9

Reação apoio C :

512,2

TB 16L + 1 ϕ 5,0

adicional c/ CA 60

Comprimento da vigota (m) = 2,84

Comprimento da treliça (m) = 2,84

Armadura na direção transversal às vigotas:

Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = 193,6

Armadura = 1 ϕ 5,0 CA 60 + 2 ϕ 4,2 CA 60

(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

Comprimento dos adicionais (m):1 ϕ 5,0 CA 60 3,14Linhas de Escora: q (kgf/m²) = 100,0 ou F (kgf) = 60,0

flecha limite = vão entre escoras / 500

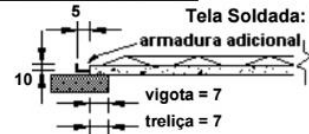
Tolerância adotada (cm) = 15

número de linhas de escora = 1

espaçamento entre escoras (m) = 1,35

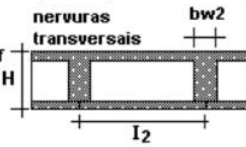
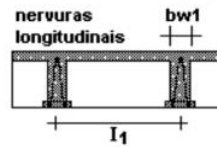
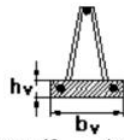
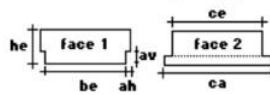
Armadura de distribuição:

Tela Soldada: Q61



DADOS DE ENTRADA: Laje Trelçada Bidirecional - Tabelas de Bares

Nome ou identificação da(s) LAJE(s): LAJE7

Concreto da obra c/ fck (MPa) = 50
(c/ agregado de granito e gnaiss, alfaE = 1,0)

Blocos de EPS

Peso (kg/m³) = 15

he = 16 ah = 2

be = 38 av = 3

ca = 50 ha = 3

ce = 40

Vão livre (m) = 2,10

Vão l. transv. (m) = 2,10

LTb 20 (16 + 4)Cargas Permanentes (kgf/m²):

Revest. = 100

Contra piso = 0

Outros = 200

Alvenaria distr. = 0

Cobrimentos (cm):

dentro da vigota/painel = 3,5 sobre a vigota/painel = 1,0

Locais onde não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas, como é o caso de edifícios residenciais: (0,3 x acid)

hf = 4 H = 20

I1 = 50 bw1 = 8

I2 = 50 bw2 = 10

Alvenarias localizadas

Alvenaria transv. = 0

Alvenaria longit. = 0

% alv. long. consid. = *

arm. negativa = 3,0

Carga Acidental (kgf/m²):

Carga acidental = 200

+ informações, vide relatório

específico das alvenarias

arm. transv. = 1,0

RESULTADOS:

Retirada das escoras após 30 dias da concretagem, execução dos revestimentos após 60 dias da concretagem, execução das alvenarias após 60 dias da concretagem

Peso da laje (kgf/m²) = 226,6Consumo de concreto da laje (litros/m²) = 84,3Cargas distribuídas (permanentes + acidentais) (kgf/m²) = 500,0Cargas distribuídas (peso laje + permanentes + acidentais) (kgf/m²) = 726,6Valores de cálculo para o dimensionamento e/ou verificação

Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = 138,2

Max momento fletor de cálculo por metro (kgf.m) = 276,4

Área de aço positivo necessário (CA-60) (cm²) = 0,471

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio A (kgf.m) = 0

Momento f. de cálculo por nerv. no apoio B (kgf.m) = 0

cargas

perm. + 0,3 . acid.

cargas acidentais

flechas limites consid.

vão / 250 = 0,8 <= 5,0

vão / 350 = 0,6 <= 5,0

flechas (cm)

0,0

0,0

Não há alvenaria sobre a laje

Módulo de Elasticidade c/ alfaE = 1,0 => 36628 MPa **CONTRAFLECHA = 0,0**Momento de Inércia Equivalente = 70,0 % x Ib = 8854 cm⁴, c/ carreg. incrementalArmadura Negativa "Construtiva" no apoio A (por nervura)1 ϕ 8,0

CA 50

Comprimento reto (m) = 0,50

Comprimento total (m) = 0,64

Armadura Negativa "Construtiva" no apoio B (por nervura)1 ϕ 8,0

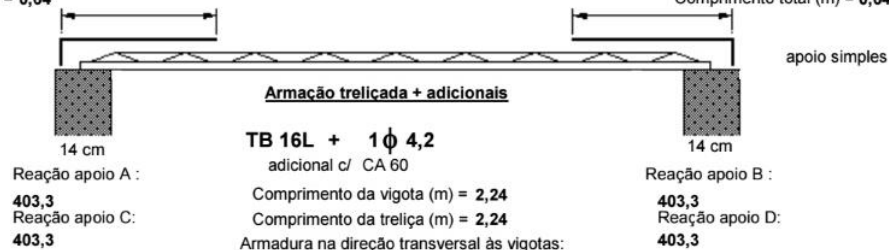
CA 50

Comprimento reto (m) = 0,50

Comprimento total (m) = 0,64

apoio simples

apoio simples

**TB 16L + 1 ϕ 4,2**

adicional c/ CA 60

Comprimento da vigota (m) = 2,24

Comprimento da trelça (m) = 2,24

Armadura na direção transversal às vigotas:

Max momento fletor de cálculo por nervura (kgf.m) = 138,2

Armadura = 1 ϕ 5,0 CA 60 + 2 ϕ 4,2 CA 60

(Todos os adicionais posicionados DENTRO da vigota/painel)

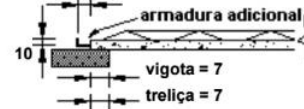
Comprimento dos adicionais (m):1 ϕ 4,2 CA 60 **2,54**Linhas de Escora:q (kgf/m²) = 100,0 ou F (kgf) = 60,0

flecha limite = vão entre escoras / 500

Tolerância adotada (cm) = 15

número de linhas de escora = 0

espaçamento entre escoras (m) = 2,10

Armadura de distribuição:**Tela Soldada: Q61**

APÊNDICE D

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G1/G13/G14/G26											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} 'k (MPa)	yg.Gk/ R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,20	0,02	0,00	0,00	0,88	0,35	0,35	0,32	0,35	0,32	0,35
4	0,32	0,04	0,01	0,01	0,88	0,58	0,58	0,52	0,58	0,53	0,58
3	0,45	0,06	0,01	0,02	0,88	0,80	0,81	0,73	0,82	0,73	0,82
2	0,57	0,08	0,02	0,03	0,88	1,03	1,05	0,94	1,05	0,94	1,05
1	0,69	0,10	0,04	0,05	0,88	1,26	1,28	1,15	1,29	1,15	1,29
Térreo	0,82	0,11	0,06	0,07	0,88	1,48	1,52	1,36	1,53	1,37	1,53

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G3/G11/G16/G24											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} 'k (MPa)	yg.Gk/ R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,34	0,04	0,00	0,00	0,88	0,61	0,61	0,55	0,61	0,55	0,61
4	0,54	0,08	0,00	0,00	0,88	0,99	0,99	0,86	0,99	0,86	0,99
3	0,73	0,13	0,00	0,00	0,88	1,36	1,36	1,17	1,36	1,17	1,36
2	0,93	0,17	0,00	0,00	0,88	1,74	1,74	1,48	1,74	1,48	1,74
1	1,12	0,21	0,00	0,00	0,88	2,11	2,11	1,79	2,11	1,79	2,11
Térreo	1,31	0,25	0,00	0,00	0,88	2,49	2,49	2,10	2,49	2,10	2,49

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G5/G9											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} 'k (MPa)	yg.Gk/ R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,26	0,03	0,00	0,00	0,88	0,45	0,45	0,41	0,45	0,41	0,45
4	0,41	0,08	0,00	0,00	0,88	0,77	0,77	0,65	0,77	0,65	0,77
3	0,56	0,12	0,00	0,00	0,88	1,09	1,09	0,90	1,09	0,90	1,09
2	0,71	0,17	0,00	0,00	0,88	1,40	1,40	1,14	1,40	1,14	1,40
1	0,86	0,22	0,00	0,00	0,88	1,72	1,72	1,38	1,72	1,38	1,72
Térreo	1,01	0,27	0,00	0,00	0,88	2,04	2,04	1,62	2,04	1,62	2,04

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G6/G8											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R		yg.Gk/R		yg.Gk/R	
						yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	+yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	+yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} 'k (MPa)	R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,46	0,03	0,00	0,00	0,88	0,79	0,79	0,74	0,79	0,74	0,79
4	0,63	0,07	0,01	0,01	0,88	1,11	1,12	1,01	1,12	1,02	1,12
3	0,80	0,10	0,01	0,02	0,88	1,44	1,44	1,29	1,45	1,29	1,45
2	0,97	0,14	0,02	0,03	0,88	1,76	1,77	1,57	1,78	1,58	1,78
1	1,14	0,17	0,04	0,05	0,88	2,08	2,11	1,85	2,11	1,86	2,11
Térreo	1,31	0,20	0,05	0,07	0,88	2,40	2,44	2,14	2,45	2,15	2,45

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G7											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R		yg.Gk/R		yg.Gk/R	
						yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	+yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	+yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} 'k (MPa)	R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,43	0,03	0,00	0,00	0,88	0,73	0,73	0,69	0,73	0,69	0,73
4	0,58	0,06	0,01	0,01	0,88	1,02	1,03	0,94	1,03	0,94	1,03
3	0,74	0,09	0,02	0,02	0,88	1,31	1,32	1,19	1,33	1,20	1,33
2	0,89	0,11	0,03	0,04	0,88	1,60	1,62	1,45	1,63	1,46	1,63
1	1,04	0,14	0,04	0,06	0,88	1,89	1,92	1,71	1,93	1,72	1,93
Térreo	1,20	0,17	0,06	0,09	0,88	2,18	2,22	1,97	2,24	1,99	2,24

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G17/G23											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R		yg.Gk/R		yg.Gk/R	
						yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	+yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	+yg.Qk/ R +yg.ψ _{0,w} 'k (MPa)	R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,32	0,04	0,00	0,00	0,88	0,58	0,58	0,52	0,58	0,52	0,58
4	0,51	0,08	0,01	0,01	0,88	0,94	0,95	0,83	0,94	0,83	0,95
3	0,70	0,12	0,03	0,02	0,88	1,29	1,31	1,14	1,31	1,13	1,31
2	0,88	0,16	0,05	0,04	0,88	1,65	1,69	1,46	1,68	1,45	1,69
1	1,07	0,20	0,08	0,06	0,88	2,01	2,06	1,78	2,05	1,76	2,06
Térreo	1,25	0,23	0,12	0,09	0,88	2,36	2,44	2,11	2,43	2,08	2,44

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G18											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ0.w k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ0.w 'k (MPa)	yg.Gk/ R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,35	0,04	0,00	0,00	0,88	0,63	0,63	0,57	0,63	0,57	0,63
4	0,58	0,08	0,01	0,01	0,88	1,06	1,06	0,94	1,06	0,94	1,06
3	0,81	0,12	0,01	0,01	0,88	1,49	1,50	1,31	1,50	1,31	1,50
2	1,04	0,16	0,02	0,02	0,88	1,92	1,93	1,68	1,93	1,68	1,93
1	1,27	0,20	0,03	0,03	0,88	2,34	2,37	2,06	2,37	2,06	2,37
Térreo	1,50	0,24	0,05	0,05	0,88	2,77	2,81	2,44	2,81	2,44	2,81

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G19											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ0.w k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ0.w 'k (MPa)	yg.Gk/ R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,30	0,02	0,00	0,00	0,88	0,50	0,50	0,47	0,50	0,47	0,50
4	0,44	0,03	0,00	0,00	0,88	0,76	0,76	0,71	0,76	0,71	0,76
3	0,59	0,05	0,00	0,00	0,88	1,03	1,03	0,95	1,03	0,95	1,03
2	0,74	0,07	0,00	0,00	0,88	1,29	1,29	1,19	1,29	1,19	1,29
1	0,89	0,08	0,00	0,00	0,88	1,55	1,55	1,42	1,55	1,42	1,55
Térreo	1,04	0,10	0,00	0,00	0,88	1,82	1,82	1,66	1,82	1,66	1,82

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G21											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	yg.Gk/R +yg.Qk/ R (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ0.w k (MPa)	yg.Gk/R +yg.wk/ K (MPa)	yg.Gk/R +yg.Qk/ R +yg.ψ0.w 'k (MPa)	yg.Gk/ R +yg.w'k /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,37	0,02	0,00	0,00	0,88	0,62	0,62	0,59	0,62	0,59	0,62
4	0,59	0,05	0,00	0,00	0,88	1,01	1,01	0,94	1,01	0,94	1,01
3	0,81	0,07	0,00	0,00	0,88	1,40	1,40	1,30	1,40	1,30	1,40
2	1,03	0,09	0,00	0,00	0,88	1,79	1,79	1,65	1,79	1,65	1,79
1	1,25	0,11	0,00	0,01	0,88	2,18	2,18	2,01	2,19	2,01	2,19
Térreo	1,47	0,14	0,00	0,01	0,88	2,57	2,57	2,36	2,58	2,37	2,58

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G27/G29											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ R (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w}$ k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ K (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w}$ 'k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,24	0,02	0,00	0,00	0,875	0,42	0,42	0,38	0,42	0,38	0,42
4	0,35	0,04	0,01	0,00	0,875	0,62	0,63	0,56	0,62	0,56	0,63
3	0,46	0,06	0,01	0,01	0,875	0,82	0,83	0,74	0,83	0,73	0,83
2	0,56	0,08	0,02	0,01	0,875	1,03	1,04	0,92	1,03	0,91	1,04
1	0,67	0,10	0,04	0,02	0,875	1,23	1,26	1,11	1,24	1,09	1,26
Térreo	0,78	0,12	0,05	0,02	0,875	1,43	1,47	1,30	1,45	1,27	1,47

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 – Cálculo da resistência dos grupos de parede (continuação)

G28											
PAV	Gk (MPa)	Qk (MPa)	Wk (MPa)	W'k (MPa)	R	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ R (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w}$ k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ K (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot Qk/R$ $+ \gamma_q \cdot \psi_{0,w}$ 'k (MPa)	$\gamma_g \cdot Gk/R$ $+ \gamma_q \cdot wk/R$ /K (MPa)	fd (MPa)
5	0,19	0,01	0,00	0,00	0,88	0,31	0,32	0,30	0,32	0,30	0,32
4	0,36	0,02	0,01	0,01	0,88	0,60	0,60	0,58	0,60	0,58	0,60
3	0,52	0,03	0,02	0,02	0,88	0,88	0,90	0,86	0,89	0,85	0,90
2	0,69	0,04	0,03	0,03	0,88	1,17	1,19	1,14	1,19	1,13	1,19
1	0,86	0,05	0,05	0,04	0,88	1,45	1,49	1,43	1,48	1,42	1,49
Térreo	1,04	0,06	0,08	0,06	0,88	1,74	1,79	1,73	1,78	1,71	1,79

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE E

