

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Jerônimo Santanna de Aguiar

**PROJETOS ARQUITETÔNICO, ESTRUTURAL,
HIDROSSANITÁRIO E ELÉTRICO DE UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

PORTO ALEGRE/RS

2021

JERÔNIMO SANTANNA DE AGUIAR

**PROJETOS ARQUITETÔNICO, ESTRUTURAL,
HIDROSSANITÁRIO E ELÉTRICO DE UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de Graduação do
Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Professora Paula Manica Lazzari
Coorientadora: Professora Bárbara Chagas

PORTO ALEGRE/RS

2021

JERÔNIMO SANTANNA DE AGUIAR

**PROJETOS ARQUITETÔNICO, ESTRUTURAL,
HIDROSSANITÁRIO E ELÉTRICO DE UM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

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

Porto Alegre, Novembro de 2021

Profa. Paula Manica Lazzari
Dra. pela Universidade Federal do Rio
do Grande do Sul
Orientadora

Profa. Bárbara Chagas Rachinhas
Me. pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
Coorientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Paula Manica Lazzari
(UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Profa. Bárbara Chagas Rachinhas
(UFRGS)
Me. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Prof. Américo Campos Filho
(UFRGS)
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo

Profa. Bruna Manica Lazzari
(PUCRS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço aos meus pais, Jorge Silva de Aguiar e Rosiane Santanna de Aguiar, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e motivando.

Agradeço às Professoras Professora Paula Manica Lazzari e Bárbara Chagas Rachinhas por todas suas orientações e por toda paciência nas explicações e discussões.

Agradeço a Universidade Federal do Espírito Santo por ter cursado nela, do primeiro ao sétimo período, o curso de Engenharia Civil e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul por me acolher para terminar a graduação e realizar este trabalho. Aos professores de ambas as instituições pela transmissão de conhecimento durante estes anos, que possibilitaram chegar a este trabalho.

À empresa TQS que junto à UFRGS disponibilizou uma licença do *software* TQS v2021 de cálculo estrutural para o desenvolvimento de grande parte deste trabalho.

Arquitetura é antes de mais nada construção, mas,
construção concebida com o propósito primordial de
ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e
visando a determinada intenção.

Oscar Niemeyer

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e de instalações elétricas de um edifício residencial multifamiliar com quatro pavimentos. Foram utilizados os *softwares* Auto Cad v2022, Ftool v2018 e o TQS v2022, para a elaboração do trabalho, além das planilhas feitas no Excel. As metodologias aplicadas atendem as recomendações da NRB 9050/2015, NBR 6118/2014, NBR 6120/2019, NBR 5626/1998, NBR 8160/1999, NBR 10844/1989 e NBR 5410/2004 e das demais que embasam esses projetos. A sistemática utilizada para a realização dos projetos foi inicialmente obter as necessidades do cliente e desenvolver o projeto arquitetônico, em seguida fazer a concepção estrutural e seu dimensionamento, sendo que neste caso ela foi calculada manualmente de forma completa para os elementos (pilares, vigas, escada e laje) específicos, que serão indicados no decorrer do trabalho. A análise estrutural de todo o edifício foi realizada no TQS e validada com os resultados de cálculo destes elementos. Os projetos de instalações (complementares), posteriormente, foram realizados todos de forma manual por meio de consultas às normas e confecção de planilhas eletrônicas. Por conseguinte, como produto este trabalho apresenta a memória de cálculo completa e algumas representações gráficas e nos apêndices os projetos gráficos completos.

Palavras-chave: Projeto Arquitetônico. Projeto de estrutura de concreto armado. Projeto hidrossanitário. Projeto elétrico.

ABSTRACT

This work presents the development of an architectural, structural, hydro-sanitary and electrical installation project for a multi-family residential building with four floors. AutoCad v2022, Ftool v2018 and TQS v2022 software were used to prepare the work, in addition to spreadsheets made in Excel. The methodologies applied meet the recommendations of NRB 9050/2015, NBR 6118/2014, NBR 6120/2019 NBR 5626/1998, NBR 8160/1999, NBR 10844/1989 and NBR 5410/2004 and others that support these projects. The system used to carry out the projects was initially to meet the client's needs and develop the architectural project, then carry out the structural design and dimensioning, in which case it was manually calculated completely for the elements (pillars, beams, specific ladder and slab), which will be indicated during the work. The structural analysis of the entire building was carried out in TQS and validated with the results of the calculation of these elements. The installation projects (complementary), later, were all carried out manually by means of consultations with the norms and preparation of non-electronic spreadsheets. Therefore, as a product this work presents the complete calculation memory and some graphical representations and all the graphic projects attached.

Keywords: Architectural Project. Reinforced concrete structure project. Hydro-sanitary project. Electrical project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do terreno.....	24
Figura 2 - Planta de situação	25
Figura 3 - Vista real do terreno.....	25
Figura 4 - Zoneamento urbanístico.....	26
Figura 5 - Planta baixa do térreo	27
Figura 6 - Planta baixa do pavimento tipo.....	28
Figura 7 - Lançamento estrutural inicial (cm).....	33
Figura 8 - Lançamento estrutural atualizado (cm).....	33
Figura 9 - Lançamento estrutural com as áreas influência dos pilares.....	35
Figura 10 - Deslocamentos horizontais do edifício	51
Figura 11 - Planta de formas do pavimento térreo gerada após análises no TQS	51
Figura 12 - Planta de formas do pavimento tipo gerada após análises no TQS	52
Figura 13 - 3D da estrutura.....	52
Figura 14 - Representação Lajes Armadas em Uma Direção.....	53
Figura 15 - Representação Lajes Armadas em Duas Direções/Cruz.....	53
Figura 16 - Direção das armaduras das lajes	54
Figura 17 - Direção das armaduras das Lajes L1 e L2	55
Figura 18 - Direção das armaduras das Lajes L3 e L4	56
Figura 19 - Direção das armaduras das lajes L5.....	56
Figura 20 - Momentos negativos das lajes L4, L1, L2 e L5.....	66
Figura 21 - Modelo de grelha TQS momentos na direção principal	69
Figura 22 - Modelo de grelha TQS momentos na direção secundária	70
Figura 23 - Planta de aço TQS	70
Figura 24 - Áreas de influência de cada bordo das lajes.....	72
Figura 25 - Indicação dos bordos das lajes considerados.....	72
Figura 26 - Lançamento das cargas da viga V1 no Ftool	75
Figura 27 - Diagrama de esforço cortante da viga V1.....	75
Figura 28 - Diagrama de momento fletor da viga V1.....	75
Figura 29 - Lançamento das cargas da viga V1 no Ftool	76
Figura 30 - Diagrama de esforço cortante da viga V10.....	77
Figura 31 - Diagrama de momento fletor da viga V10.....	77
Figura 32 - Detalhamento viga V1 <i>software</i> TQS v2021	83

Figura 33 - Detalhamento viga V10 <i>software</i> TQS v2021	83
Figura 34 - Planta baixa da escada	85
Figura 35 - Corte da escada	85
Figura 36 - Cargas na escada (kN/m)	86
Figura 37 - Diagrama de esforço cortante (kN).....	86
Figura 38 - Diagrama de momento fletor (kNm)	87
Figura 39 - Detalhamento dos pilares, P4 à esquerda, P7 à direita e P9 abaixo.....	99
Figura 40 - Reservatório e tubulações de referência	102
Figura 41 - Peças de utilização na planta baixa de instalações de água fria.....	104
Figura 42 - Ábaco de diâmetros e vazões em função da soma dos pesos	105
Figura 43 - Tubo PVC marrom liso.....	110
Figura 44 - Tubo PVC branco para esgoto ou redes pluviais.....	116
Figura 45 - Ábaco para dimensionar condutores verticais com saída em aresta viva.....	120
Figura 46 - Valores admissíveis de queda de tensão	133
Figura 47 - Esquema das correntes elétricas	139
Figura 48 - Programa de dimensionamento para o pilar P4	144
Figura 49 - Programa de dimensionamento para o pilar P7	144
Figura 50 - Programa de dimensionamento para o pilar P9	145
Figura 51 - Tabela de área de aço.....	145

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela de Controle Urbanístico.....	26
Quadro 2 - Cálculo de áreas	28
Quadro 3 - Índices urbanísticos.....	29
Quadro 4 - Iluminação e ventilação.....	30
Quadro 5 - Planilha de classificação e determinação das alturas das vigas	34
Quadro 6 - Coeficiente adicional (γ_n)	35
Quadro 7 - Relação do f_{ck} e da taxa de armadura para a tensão ideal no pilar.....	36
Quadro 8 - Parâmetros para o pré-dimensionamento dos pilares.....	37
Quadro 9 - Planilha de pré-dimensionamento dos pilares.....	38
Quadro 10 - Cargas permanentes.....	39
Quadro 11 - Cargas variáveis	40
Quadro 12 – Cargas superficiais das paredes	40
Quadro 13 - Carga permanente dos materiais da cobertura.....	40
Quadro 14 - Cálculo das cargas nas lajes	41
Quadro 15 - Cálculo das cargas nas lajes	42
Quadro 16 - Cálculo das cargas nas lajes	42
Quadro 17 - Cargas verticais nas lajes da cobertura.....	44
Quadro 18 - Cargas verticais na escada.....	45
Quadro 19 - Cálculo da carga de serviço nas lajes	46
Quadro 20 - Cálculo da carga de serviço na laje L2.....	46
Quadro 21 - Cálculo da carga de serviço na laje L5.....	46
Quadro 22 - Cargas de vento extraídas do TQS	47
Quadro 23 - Combinações ELU das vigas e lajes extraídas do TQS	48
Quadro 24 - Resultado do parâmetro de instabilidade global extraídas do TQS	50
Quadro 25 - Deslocamentos máximos da estrutura e referência (limite)	50
Quadro 26 - Planilha de Classificação das lajes	54
Quadro 27 - Cálculo do momento de fissuração das lajes.....	58
Quadro 28 - Valores de α	59
Quadro 29 - Momento atuante.....	59
Quadro 30 - Teste de fissuração das lajes.....	60
Quadro 31 - Momento de Inércia Equivalente	61

Quadro 32 - Valores de κ para lajes armadas em duas direções.....	62
Quadro 33 - Valores da flecha de curta duração	62
Quadro 34 - Valores da flecha de longa duração	63
Quadro 35 - Flecha admissível segundo a norma.....	63
Quadro 36 - Verificação da flecha.....	63
Quadro 37 - Classificação da laje	64
Quadro 38 - Tabela dos graus de engastamentos	64
Quadro 39 - Vãos reduzidos	65
Quadro 40 - Momentos de cálculo na laje (kNcm/m)	66
Quadro 41 - Cálculo das áreas de aço da laje L4.....	68
Quadro 42 - Comparação dos resultados calculados com os do TQS	71
Quadro 43 - Áreas de influência de cada bordo das lajes	73
Quadro 44 - Cargas totais nos bordos das lajes	73
Quadro 45 - Cargas por metro linear das lajes nas vigas.....	73
Quadro 46 - Peso próprio e carga das paredes	74
Quadro 47 - Cargas na viga V1	74
Quadro 48 - Cargas na viga V10	76
Quadro 49 - Parâmetros da viga V1	78
Quadro 50 - Parâmetros da viga V10	78
Quadro 51 - Cálculo da armadura V1.....	80
Quadro 52 - Comparação dos resultados calculados e do software TQS v2021.....	81
Quadro 53 - Cálculo da armadura V10.....	81
Quadro 54 - Comparação dos resultados calculados e do software TQS v2021.....	82
Quadro 55 - Espessura da escada	86
Quadro 56 - Parâmetros da escada	87
Quadro 57 - Cálculo da área de aço da escada	88
Quadro 58 - Cálculo da armadura de distribuição da escada	88
Quadro 59 - Área mínima de aço	93
Quadro 60 - Cálculo dos pilares	94
Quadro 61 - Área de aço longitudinal do pilar P4.....	95
Quadro 62 - Área de aço longitudinal do pilar P7.....	95
Quadro 63 - Área de aço longitudinal do pilar P9.....	95
Quadro 64 - Resultados adotadas no cálculo e no software TQS v2021.....	98
Quadro 65 - Consumo per capita diário.....	101

Quadro 66 - Dimensionamento dos Sub-Ramais e Ramais.....	106
Quadro 67 - Colunas de distribuição e tubulação de saída do reservatório.....	106
Quadro 68 - Dimensionamento dos barriletes	107
Quadro 69 - Verificação do sistema hidráulico	109
Quadro 70 - Unidades hunter de contribuição e diâmetro dos ramais de descarga.....	112
Quadro 71 - Definição dos ramais de descarga	113
Quadro 72 - UHC para definir os ramais de esgoto	113
Quadro 73 - Definição dos ramais de esgoto	113
Quadro 74 - Definição dos tubos de queda	114
Quadro 75 - UHC para definir os Sub-coletores	114
Quadro 76 - Definição dos sub-coletores	115
Quadro 77 - Área de contribuição da cobertura, paredes e piso.....	117
Quadro 78 - Vazão de projeto dos condutores hidráulicos.....	118
Quadro 79 - Dimensionamento das calhas	119
Quadro 80 - Previsão de cargas por cômodos e equipamentos	123
Quadro 81 - Previsão de cargas das dependências comuns.....	124
Quadro 82 - Circuitos de iluminação dos pavimentos tipo	125
Quadro 83 - Circuitos das tomadas de uso geral dos pavimentos tipo	125
Quadro 84 - Circuitos das tomadas de uso específico dos pavimentos tipo.....	125
Quadro 85 - Circuitos do térreo.....	126
Quadro 86 - Somatório das potências sem considerar o Fd do pavimento tipo	126
Quadro 87 - Somatório das potências sem considerar o Fd do térreo	126
Quadro 88 - Somatório das potências considerando o Fd	127
Quadro 89 - Método de instalação.....	129
Quadro 90 - Seções nominais dos condutores	130
Quadro 91 - Fator de correção de agrupamento	131
Quadro 92 - Dimensionamento dos condutores critério da ampacidade	132
Quadro 93 - Seção dos condutores conforme queda de tensão unitária	134
Quadro 94 - Dimensionamento dos condutores critério da queda de tensão.....	134
Quadro 95 - Seção do condutor escolhida	135
Quadro 96 - Dados dos eletrodutos	136
Quadro 97 - Dimensionamento dos eletrodutos	137
Quadro 98 - Dimensionamento dos dispositivos de proteção	138
Quadro 99 - Dimensionamento de colunas e ramais de ventilação.....	146

Quadro 100 - Fator de demanda das tomadas e da iluminação	147
Quadro 101 - Fator de demanda para os chuveiros	147
Quadro 102 - Unidades consumidores supridas por redes trifásicas 127/220V	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diâmetros mínimos dos Sub-Ramais	103
Tabela 2 - Vazões e pesos por ponto de utilização.....	104
Tabela 3 - Tabela de perdas de carga localizadas.....	108
Tabela 4 - Capacidades de calhas semicirculares (Vazão em L/min)	119
Tabela 5 - Relação da vazão e diâmetro para os condutores horizontais	120

LISTA DE SÍMBOLOS

AC: área máxima que pode ser construída;
CA_{máximo}: coeficiente de aproveitamento máximo;
AT: área do terreno;
AP: área de projeção;
APER: área permeável;
TO: taxa de ocupação;
TP: taxa de permeabilidade;
AI: área de influência;
npav: número de pavimentos;
cpav: carga no pavimento;
 γ : majorador dos esforços;
f_{ck}: resistência característica a compressão do concreto;
f_{yk}: resistência característica a tração do aço;
 γ_f : ponderador de resistência do concreto;
 γ_y : ponderador de resistência do aço;
 γ_n : coeficiente adicional;
 α : coeficiente que leva em conta o posicionamento do pilar;
N_k: força estimada no pilar;
A_c: área estimada dos pilares;
N_d: força de cálculo no pilar;
 σ_{id} : tensão ideal em função da resistência do concreto e da taxa de armadura;
F_{d, ser}: força de cálculo da combinação quase-permanente ELS;
 $\sum F_{gi,k}$: somatório das cargas permanentes;
 $\sum \Psi_{2j}$: fator de redução de combinação quase-permanente para ELS;
F_{qj,k}: somatório das cargas características variáveis principais diretas;
E_{cs}: módulo de elasticidade secante;
E_{ci}: módulo de elasticidade inicial;
 α_i : coeficiente do módulo de elasticidade;
 α_e : coeficiente devido ao agregado utilizado no concreto;
f_{ctm}: resistência média à tração do concreto;
M_r: momento de fissuração;

b: dimensão da base da laje de 100 cm;
h: altura da laje;
e: espelho do degrau;
nd: número de degraus;
p: base do degrau;
L: menor vão da laje;
Fd, ser: força de cálculo da combinação quase-permanente ELS;
mv: momento de serviço;
Ma: momento atuante de serviço;
Mr: momento de fissuração da laje;
 α : coeficiente de engastamento da laje;
L: tamanho do menor vão para lajes armadas em duas direções;
Ieq: momento de inércia equivalente;
Ic: momento de inércia da seção bruta;
 κ : coeficiente para lajes em duas direções;
 $f_{(t=0)}$: flecha de curta duração na laje;
 $f_{(t=\infty)}$: flecha de longa duração na laje;
fadm: flecha admissível na laje;
 γ_z : Coeficiente de estabilidade global;
 $\Delta M_{tot,d}$: a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura;
 $M_{1,tot,d}$: é o momento de tombamento;
 A_s : área de aço longitudinal;
 A_{smin} : área de aço mínima;
Adistr: área da armadura de distribuição.
x: profundidade da linha neutra;
 m_d : momento de cálculo;
 m_k : momento de cálculo;
 f_{cd} : resistência característica do concreto minorada;
 f_{yd} : resistência característica do aço minorada;
 λ : coeficiente para gerar o diagrama retangular de esforços na seção;
 η : coeficiente de Rusch;
d: altura útil da seção retangular.
Lb: armadura de ancoragem;

ϕA_s : área de da armadura longitudinal da escada.
 e_{1x} : excentricidade de primeira ordem na direção x;
 e_{1y} : excentricidade de segunda ordem na direção y;
 M_x : momento atuante no pilar na direção x;
 M_y : momento atuante no pilar na direção y;
 N : esforço normal no pilar.
 λ_x : índice de esbeltez na direção x;
 λ_y : índice de esbeltez na direção y;
 l_e : comprimento de flambagem do pilar;
 h_x : dimensão do pilar em planta em x;
 h_y : dimensão do pilar em planta em y;
 A : parâmetro dado pela norma NBR 6118/2014 método da rigidez aproximada;
 B : parâmetro dado pela norma NBR 6118/2014 método da rigidez aproximada;
 e_l : excentricidade mínima na direção x ou y;
 h : dimensão do pilar em planta em x ou y
 α_b : coeficiente em função da excentricidade;
 e : espaço livre entre as armaduras mínimo;
 s_l : espaço livre entre as armaduras máximo;
 J : perda de carga contínua unitária;
 Q : vazão;
 D : diâmetro da tubulação;
 P : peso relativo;
 v : velocidade do fluido;
 a : Largura onde se dá a inclinação;
 b : Comprimento da água;
 h_c : Altura até a cumeeira;
 i : intensidade pluviométrica;
 A_t : Área de contribuição do telhado;
 P_{ap} : potência aparente;
 P_{at} : Potência ativa;
 FP : fator de potência;
 I_p : corrente de projeto;
 I_c : corrente do circuito;
 I_z : corrente do circuito corrigida;

Pap: potência aparente;

V: tensão elétrica;

FCA: fator de correção de agrupamento;

ΔV : queda de tensão unitária;

e(%): queda de tensão admissível;

I_p : corrente de projeto;

l: comprimento dos circuitos;

#mm²: seção nominal do condutor;

S: seção total do cabo com isolamento;

St: soma da seção total da fase e do neutro, ou de 2 fases;

π : constante geométrica da circunferência;

Tx: taxa de ocupação no eletroduto;

D_t : diâmetro do condutor;

D_i : diâmetro do eletroduto;

I_k : a corrente elétrica geral de entrega;

I_{k2} : corrente elétrica dos 3 apartamentos.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
1.1	Objetivos.....	22
1.2	Delimitações	23
2	PROJETO ARQUITETÔNICO.....	24
2.1	Escopo do Projeto	24
2.2	Terreno.....	24
2.3	Zoneamento urbano	25
2.4	Controle urbanístico	26
2.5	Perfil do usuário	27
2.6	Critérios de iluminação e ventilação	30
3	PROJETO ESTRUTURAL	31
3.1	Concepção estrutural	31
3.1.1	Pré-dimensionamento das lajes	34
3.1.2	Pré-dimensionamento das vigas	34
3.1.3	Pré-dimensionamento dos pilares	34
3.2	Cálculo das ações verticais na estrutura	39
3.2.1	Composição das cargas.....	39
3.2.2	Cálculo das cargas permanentes e cargas variáveis do projeto	41
3.2.3	Carga de Serviço.....	45
3.3	Cálculo das ações horizontais.....	46
3.4	Combinações consideradas.....	47
3.5	Estabilidade Global	49
3.5.1	Parâmetros de estabilidade	49
3.5.2	Deslocamento horizontal	50
3.6	Cálculo dos elementos isolados.....	51
3.6.1	Dimensionamento da laje L4.....	53
3.6.1.1	Verificação das espessuras das lajes.....	53
3.6.1.2	Classificação das lajes	53
3.6.1.3	Cálculo das espessuras das lajes	55
3.6.1.4	Vinculações	55
3.6.1.5	Módulo de Elasticidade Secante.....	56
3.6.1.6	Cálculo Valor Médio da Resistência à Tração do Concreto (f_{ctm})	57
3.6.1.7	Momento de Fissuração – M_r	57

3.6.1.8 Momento de Serviço – Ma	58
3.6.1.9 Momento de Inércia Equivalente.....	60
3.6.1.10 Flecha de Curta Duração – f (t=0).....	61
3.6.1.11 Flecha de Longa Duração	62
3.6.1.12 Flecha Admissível	63
3.6.1.13 Dimensionamento da Laje L4.....	64
3.6.2 Dimensionamento das vigas V1 e V10.....	71
3.6.3 Escada.....	84
3.6.4 Dimensionamento dos pilares P4, P7 e P9	89
3.6.4.1 Cálculo das excentricidades de 1º ordem	89
3.6.4.2 Cálculo do índice de esbeltez	90
3.6.4.3 Cálculo das excentricidades mínimas de 1º ordem	90
3.6.4.4 Situações de cálculo	92
3.6.4.5 Taxa de armadura longitudinal mínima.....	92
3.6.4.6 Dimensionamento das armaduras longitudinais	95
3.6.4.7 Dimensionamento das armaduras longitudinais	98
4 PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS.....	100
4.1 Instalações de água fria.....	100
4.1.1 Abastecimento e dimensionamento dos reservatórios.....	100
4.1.2 Ramais de alimentação	102
4.1.3 Dimensionamento dos Sub-Ramais e Ramais	103
4.1.4 Dimensionamento das Colunas de distribuição de água fria	106
4.1.5 Dimensionamento do Barrilete.....	107
4.1.6 Perdas de carga hidráulica	107
4.1.8 Tubulação utilizada.....	109
4.2 Instalações de esgoto	110
4.2.1 Dimensionamento da rede de esgoto	111
4.2.2 Dimensionamento dos ramais de descarga	111
4.2.3 Dimensionamento dos ramais de esgoto	113
4.2.4 Dimensionamento dos tubos de queda	114
4.2.5 Dimensionamento dos sub-coletores	114
4.2.6 Caixa de inspeção e gordura.....	115
4.2.7 Dimensionamento do tubo de ventilação.....	115
4.2.8 Tubulação utilizada.....	116
4.3 Instalações pluviais.....	117

4.3.1	Parâmetros pluviométricos	117
4.3.2	Determinação da vazão de projeto (Q)	118
4.3.3	Dimensionamento das calhas.....	119
4.3.4	Dimensionamento dos condutores verticais	119
4.3.5	Dimensionamento dos condutores horizontais	120
4.3.6	Caixa de areia	121
4.3.7	Tubulação utilizada.....	121
5	PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	122
5.1	Previsão de cargas	122
5.2	Fator de demanda.....	124
5.3	Distribuição dos circuitos	125
5.4	Balanceamento entre as fases	127
5.5	Diagrama unifilar.....	128
5.6	Dimensionamento dos condutores.....	128
5.7	Dimensionamento dos eletrodutos.....	135
5.8	Dimensionamento dos disjuntores.....	137
5.9	Dimensionamento da entrada de energia.....	139
5.10	Materiais de referência	140
6	CONCLUSÃO	141
	REFERÊNCIAS	142
	APÊNDICE A – Programa de dimensionamento para o projeto estrutural	144
	APÊNDICE B – Referências para os projetos de instalações.....	146
	APÊNDICE C – Projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico	149

1 INTRODUÇÃO

O engenheiro civil tem entre muitas atribuições a confecção dos projetos que caracterizam a edificação como a elaboração de projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e de instalações elétricas. Embora seja uma função muito demandada ao profissional, na universidade, a confecção desses projetos, nas disciplinas obrigatórias, é abordada de forma isolada em diferentes cadeiras e geralmente com modelos distintos, dificultando a visualização da integração dos projetos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é integrar todos os projetos supracitados para um edifício residencial multifamiliar, estimulando o aluno à revisão de grande parte do conteúdo do curso. Este é um projeto que tem previsão de ser construído em cerca de dois anos, cujo atual aluno irá participar desse processo. A edificação será composta de três unidades residenciais com as respectivas vagas de garagem, se destinando para locação ou venda. O empreendimento será localizado no estado do Espírito Santo na cidade de Cariacica, em um bairro de classe média. Portanto, serão seguidas todas as diretrizes do Plano Diretor Municipal e do Código de Obras do município, de forma que os projetos estejam aptos para aprovação na prefeitura. Ainda, o projeto de arquitetura deve ser compatível com os demais para garantir as condições de estabilidade, durabilidade e segurança.

Em síntese, a elaboração dos projetos iniciou pelo projeto arquitetônico usando o *software* Auto Cad v2022, atendendo à legislação pertinente. Em seguida, realizou-se o projeto de estruturas, por meio do *software* TQS v2022 que visa atender a todos os estados limites últimos e de serviços. Posteriormente, foram executados os projetos de instalações hidrossanitárias e de instalações elétricas também com o uso do *software* Auto Cad v2022 e o Excel.

1.1 Objetivos

Neste trabalho objetiva-se fazer uma revisão e consolidação dos conhecimentos vistos durante o curso de Engenharia Civil, nas áreas de elaboração de projetos arquitetônico, estrutural e seus complementares. Além disso, essa área possui grande demanda de projetos por bons profissionais e ótimas oportunidades para empreender.

Desta forma, os objetivos secundários do trabalho são os de proporcionarem ao aluno a competência e a autonomia na execução dos projetos descritos principalmente com a capacidade de compatibiliza-los e ter a noção de sua execução.

1.2 Delimitações

Para concepção do projeto arquitetônico foi necessário utilizar a NBR 9050/2015, o Plano diretor municipal de Cariacica/ES e o Código de Obras do município. O seu desenvolvimento foi realizado no *software* Auto Cad v2022.

Em relação ao projeto estrutural foi necessária a aplicação das normas NBR 6118/2014 e NBR 6120/2019. Os *softwares* utilizados foram o Auto Cad v2022, Ftool v2018, Excel e TQS v2022. O projeto de instalações hidrossanitárias foi confeccionado conforme as normas NBR 5626/1998, NBR 8160/1999 e NBR 10844/1989. E o projeto de instalações elétricas foi realizado segundo as normativas da NRB 5410/2004. Para os últimos projetos utilizou-se os *softwares* Auto Cad v2022 e o Excel.

2 PROJETO ARQUITETÔNICO

Neste trabalho foram realizados o projeto arquitetônico, estrutural, de instalações hidrossanitárias e instalações elétricas de um edifício residencial multifamiliar, com garagem no pavimento térreo e 3 pavimentos tipo. Trata-se de um empreendimento a ser construído no prazo de 2 anos com o objetivo inicial de locação dos imóveis ou venda. O terreno tem 18 x 14 m, cuja localização é no estado do Espírito Santo na região metropolitana da Grande Vitória.

2.1 Escopo do Projeto

Trata-se de um edifício multifamiliar com 4 vagas de garagem no pavimento térreo, e nos 3 pavimentos tipo apartamentos de 2 quartos, com cerca de 75m².

2.2 Terreno

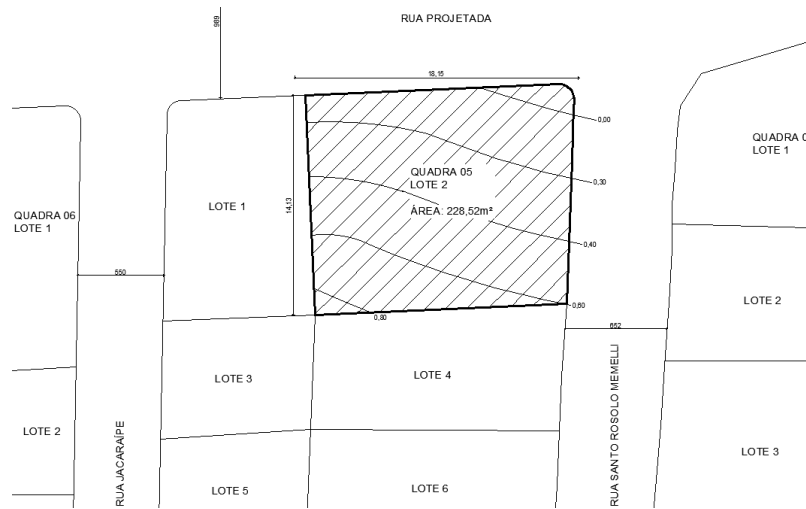
O terreno encontra-se no Estado do Espírito Santo, no município de Cariacica, sob o endereço: Rua Santo Rosolo Memelli, sem número, bairro Itanguá. Tal bairro localiza-se em uma área de classe média baixa, em desenvolvimento. Segundo o Plano Diretor Municipal, há a previsão da construção de avenidas arteriais como um dos principais eixos de acesso à capital Vitória, obras de urbanismo e desenvolvimento urbano na região. A Figura 1 e a Figura 3 ilustram diferentes vistas do terreno em questão e a Figura 2 apresenta a planta de situação.

Figura 1 - Localização do terreno



Fonte: Google Maps, 2021

Figura 2 - Planta de situação



Fonte: Autor, 2021

Figura 3 - Vista real do terreno

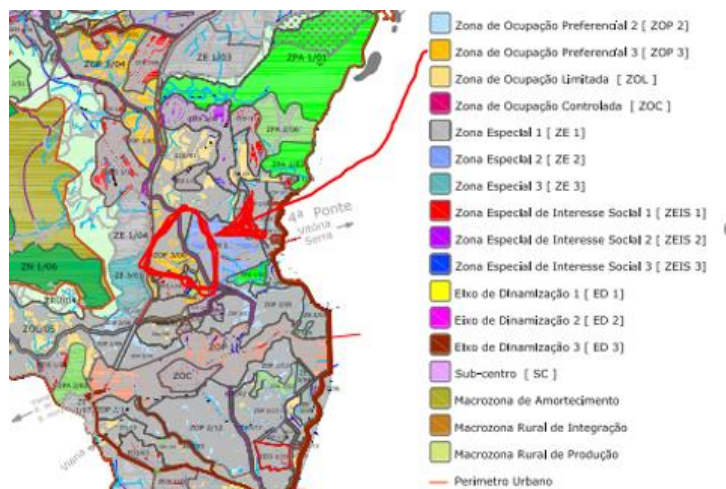


Fonte: Google Maps, 2021

2.3 Zoneamento urbano

As dimensões do terreno são de 18 x 14 m, de esquina, localizado na Zona de Ocupação Preferencial (ZOP 03) de acordo Plano Diretor Municipal de Cariacica, indicado no Anexo 3, visto na Figura 4.

Figura 4 - Zoneamento urbanístico



Fonte: Plano Diretor Municipal, 2021

2.4 Controle urbanístico

O Quadro 1 mostrado abaixo encontra-se no Anexo 08 do PDM (plano diretor municipal), e define os parâmetros de uso e ocupação do solo. Isto é feito por meio de coeficientes e limitantes máximas e mínimas de controle urbanístico, como: Coeficiente de Aproveitamento (CA), Taxa de Ocupação (TO), Taxa de Permeabilidade (TP), Gabarito, Afastamentos, entre outros.

Quadro 1 - Tabela de Controle Urbanístico

TABELA DE CONTROLE URBANÍSTICO										
USOS		ÍNDICES								
PERMITIDOS	TOLERADOS	CA MÁXIMO	TO MÁXIMA	TP MÍNIMA	GABARITO	AFASTAMENTOS MÍNIMOS			PARCELAMENTO	
						FRENTE	LATERAL	FUNDOS	TESTADA MÍNIMA	ÁREA MÍNIMA
Residencial Unifamiliar		3,0	65%	10%	3	3 m	1,5 até o 2º pavimento com abertura No 3º pavimento 1,5 + H/10	Isento atendendo às condições de iluminação	10m	250,00 m²
Residencial Multifamiliar		4,0	70%	10%	16	3 m				
Misto		4,0	70%	10%	16	3 m				
Comercial, de serviço e institucional de âmbito local e bairros próximos Indústria I		2,0	80%	5%	3	Isento				
	Comercial, de serviço e institucional de âmbito municipal e	2,0	70%	5%	3	5 m	3m	3m	20m	1000,00 m²
	Industrial II	2,0	60%	10%	3	5 m	1,5m	1,5m	10m	250,00 m²

Observações: Os dois primeiros pavimentos se destinados a estacionamento ou áreas comuns poderão ocupar 90% mantidas as condições de ventilação e iluminação. O pavimento térreo se destinado a edificações de uso misto e comercial poderá ocupar 90% da área total do terreno, mantidas as condições de ventilação e iluminação. O pavimento térreo se destinado a edificações de uso misto terá o coeficiente de aproveitamento acrescido em 0,5.

Fonte: Plano Diretor Municipal

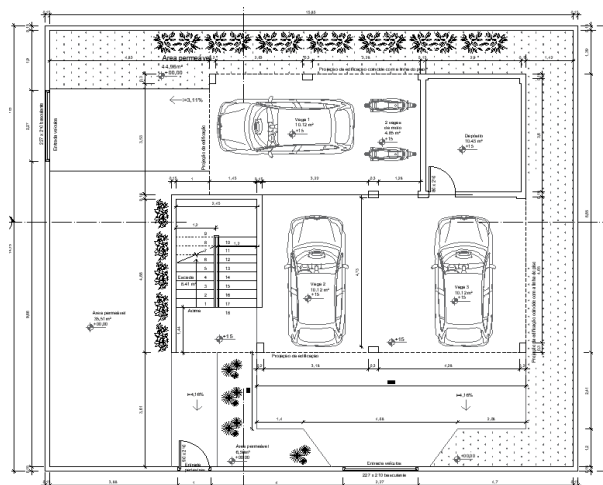
2.5 Perfil do usuário

Visto que o empreendimento é destinado para investimento pessoal, com a locação dos imóveis ou a sua venda, o perfil dos usuários são de classe média baixa, pois antecipadamente foi realizado um estudo referente ao Retorno sobre Investimento (ROI), onde foi comprovado que construções de baixo padrão com padrão de acabamento inferior proporcionam menor custo de obra e em contrapartida o retorno em locação ou venda não reduzem na mesma na proporção, garantindo maior lucro para o investidor.

Diante do exposto, o perfil do usuário será de classe média baixa, cujas famílias são compostas geralmente por 2 a 4 pessoas, onde cada cômodo e disposição dos ambientes asseguram conforto, ventilação, iluminação, espaço e flexibilidade no posicionamento dos mobiliários. Logo, pode ser utilizado desde casais que iniciaram a sua família até para famílias maiores, que pretendem morar próximo à capital do estado (Vitória), onde há possibilidade de emprego, estudo em escolas, universidades, acesso a comércios e hospitais próximos. Desta forma, há um grande mercado consumidor deste imóvel na região, que atualmente, próximo a mesma estão sendo construídos outros apartamentos por grandes construtoras na região, comprovando o potencial de crescimento e necessidade do local.

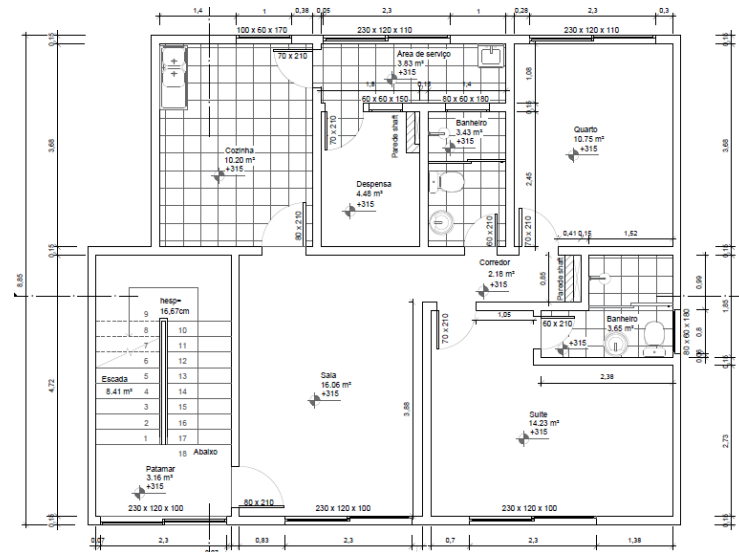
Assim, uma planta baixa contendo sala, cozinha, área de serviço, banheiro, garagem, dois quartos com uma suíte, com 75m² e uma garagem garantem as necessidades dos usuários previstos para que possam pagar pelo que será proposto. A Figura 5 e a Figura 6 representam o projeto arquitetônico do pavimento térreo e do pavimento tipo.

Figura 5 - Planta baixa do térreo



Fonte: Autor, 2021

Figura 6 - Planta baixa do pavimento tipo



Fonte: Autor, 2021

De acordo com Quadro 1, seguem os cálculos de ocupação, afastamentos e altura no terreno, considerando o uso como residência multifamiliar, usando como parâmetro o Quadro 2:

Quadro 2 - Cálculo de áreas

Local	Área (m ²)
Área do terreno	252
Área do pavimento	78,51
Área de projeção	88,19
Área impermeável	129,86
Área permeável	122,14

Fonte: Autor, 2021

O coeficiente de aproveitamento é o número que multiplicado pela área de um determinado terreno indica, como resultado, a área máxima que pode ser construída neste local. De acordo com a linha 2 do Quadro 1 o CA é igual a 4. Por conseguinte, tem-se a Equação 1:

$$AC = CA_{\text{máximo}} * AT \quad (1)$$

O resultado do cálculo nos diz que 1008 m² é a área máxima que pode ser construída neste terreno, considerando todos os pavimentos. De acordo com o Quadro 2, constatou-se que a área total a ser construída é de 314,04 m², o que está dentro da área máxima permitida.

A taxa de ocupação é a porcentagem do solo, no terreno, que pode ser ocupada pela edificação, considera-se a relação entre a área de projeção da edificação com a área total do terreno, conforme a linha 2 do Quadro 1. Visto isso segue a Equação 2, referente a essa taxa:

$$TO = (AP/AT) * 100 \quad (2)$$

Desta forma, tem-se que a taxa de ocupação está dentro do limite de 70%, conforme Quadro 3. Já a taxa de permeabilidade, conforme Equação 3, é a relação entre a área permeável do terreno pela área total do terreno, sendo conforme o quadro de 10% no mínimo.

$$TP = (APER/AT) * 100 \quad (3)$$

Todos os índices urbanísticos estão devidamente calculados no Quadro 3 e estão atendendo aos seus valores máximos ou mínimos, de acordo com o Quadro 1 de controle urbanístico.

Deve-se utilizar todas estas restrições de distanciamento, pois o projeto de arquitetura consta aberturas em todos os lados da edificação.

Quadro 3 - Índices urbanísticos

Índices	Valores máximos	Valor do projeto	Verificação
AC (m ²)	1008	314,04	ok
TO (%)	70	35	ok
Gabarito (m)	16	13,5	ok
Índices	Valores mínimos	Valor do projeto	Verificação
TP (%)	10	48	ok
Afastamento frontal (m)	3	3,61	ok
Afastamento lateral direito (m)	1,5	3,65	ok
Afastamento lateral esquerdo (m)	1,5	1,5	ok
Fundos (m)	1,5	1,5	ok
Testada (m)	10	14 e 18	ok

Fonte: Autor, 2021

Sendo:

AC: área máxima que pode ser construída, em m²;

CA_{máximo}: coeficiente de aproveitamento máximo;

AT: área do terreno, em m²;

AP: área de projeção, em m²;

APER: área permeável, em m²;

TO: taxa de ocupação, em m²;

TP: taxa de permeabilidade, em %.

2.6 Critérios de iluminação e ventilação

As áreas de iluminação e ventilação de acordo com o Código de Obras do município são de:

a) iluminação: 1/6 da área do compartimento (quartos); 1/8 da área do compartimento (cozinha, sala, banheiro, área de serviço);

b) ventilação: 1/12 da área do compartimento (quartos); 1/16 da área do compartimento (cozinha, sala, banheiro, área de serviço);

Assim, no Quadro 4 tem-se os resultados:

Quadro 4 - Iluminação e ventilação

Cômodo	Área cômodo (m ²)	Área da esquadria (m ²)	Área da esquadria necessária (m ²)	Solução	Nova Área (m ²)	Verificação
Quarto suíte	13,71	2,00	2,29	aumentar a janela para 2,3 x 1 m	2,30	ok
Quarto	10,44	2,00	1,74	ok		
Sala	16,39	2,00	2,05	aumentar a janela para 2,3 m x 1 m	2,30	ok
Cozinha	10,78	1,20	1,35	ok		
Dispensa	4,00	0,60	0,50	ok		
Banheiro social	2,40	0,48	0,30	ok		
Banheiro suíte	3,28	0,48	0,41	ok		
Área serviço	4,86	2,00	0,61	ok		

Fonte: Autor, 2021

As esquadrias do projeto já estão de acordo com o Quadro 4, atendendo a legislação de ventilação e iluminação. As dimensões desses elementos estão indicadas no Projeto Arquitetônico.

3 PROJETO ESTRUTURAL

O primeiro passo para o desenvolvimento do projeto estrutural foi a definição de alguns parâmetros de projeto. Adotou-se o empreendimento com pavimento térreo, 3 pavimentos tipo e a cobertura com o reservatório superior elevado por paredes de blocos de concreto (15 x 39 cm) sobre ela. As paredes possuem 15 cm de espessura, com isso, são determinados os pilares com 15 cm por 30 cm, salvo alguns casos, onde houve a necessidade de ampliar as dimensões. Também foi definida a Classe de Agressividade Ambiental como classe II, segundo os parâmetros da norma NBR 6118/2014. A resistência do concreto (f_{ck}) considerada é de 35 MPa para os pilares, lajes e vigas, conforme análise estrutural do TQS, para que os elementos estruturais passassem no cálculo com o mínimo de alterações do pré-dimensionamento e concepção da estrutura, também porque neste projeto há diversas paredes apoiadas diretamente nas lajes e vigas apoiadas em outras vigas e como não houve tempo necessário de aprofundar os conhecimentos no *software* TQS v2022, para deixar as vigas e lajes com a resistência menor do que a dos pilares, optou-se por essa solução apresentada pelo programa em relação às resistências características desses elementos, sendo que é mais conveniente que os pilares tenham resistências características do concreto maiores, por serem os elementos que recebem maior parte das cargas do edifício. Para o lançamento global da estrutura, sua análise estrutural e obtenção dos resultados será utilizado o *software* TQS v2022 e o *softwares* FTOOL v2018 e o de dimensionamento de pilares do Professor Américo Campos Filho da UFGRS serão utilizados nas análises dos elementos isolados no cálculo manual de alguns pilares, vigas, lajes e escada pré-determinados para a comparação com os resultados obtidos no lançamento da estrutura no TQS.

Logo, os resultados abaixo são provenientes dos cálculos manuais, que serão posteriormente comparados com os resultados obtidos no *software* TQS v2022, com intuito de validar os resultados obtidos pelo programa e até mesmo adequá-los com as melhores práticas de projeto, situações econômicas e de execução em obra.

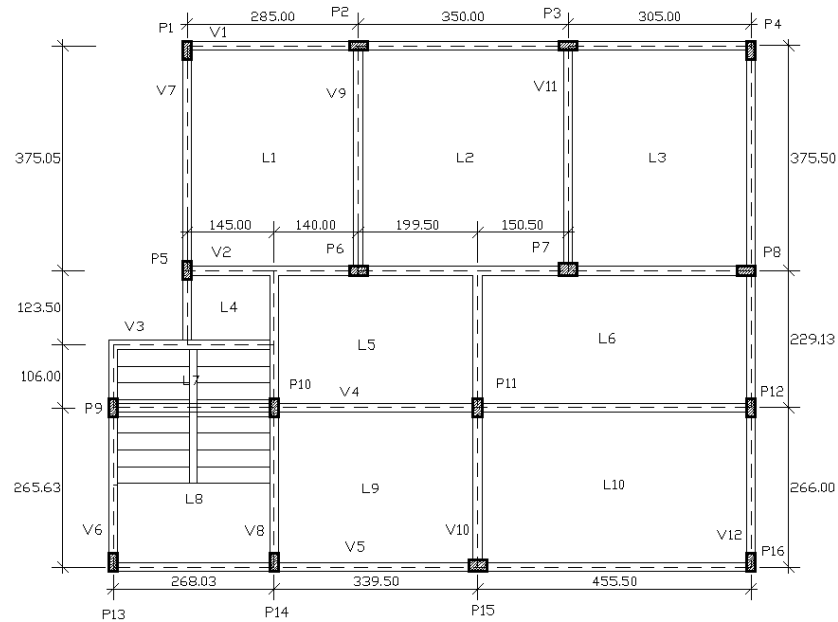
3.1 Concepção estrutural

O lançamento dos elementos estruturais foi idealizado considerando a arquitetura e o projeto hidrossanitário focando nos pontos de saída de esgoto do edifício. Com relação à arquitetura foi empregado como a menor dimensão dos pilares o tamanho da parede acabada, 15 cm. Assim pode haver pilares com uma pequena sobressalência com cerca de 1 cm a 2 cm,

a depender do modo construtivo dos revestimentos argamassados e pintura. Na direção longitudinal dos pilares partiu-se de um valor mínimo de 30 cm, vale lembrar que os valores de 15 x 30 cm também foram escolhidos por existirem no mercado formas de madeira pinus com esses tamanhos, a fim de baratear o custo do material e mão de obra. Além disso, os pilares foram posicionados em locais estratégicos de forma que fiquem embutidos na arquitetura e formem pórticos de contraventamento, conferindo maior rigidez ao conjunto este ganho de rigidez auxilia a estabilidade do edifício e reduz os deslocamentos horizontais no topo do edifício contribuindo para que a estrutura seja considerada de nós fixos e não móveis (cálculo do Gama Z). Também foi considerada uma certa distribuição das cargas verticais fazendo todas as paredes e lajes se apoiem em vigas, exceto as paredes do banheiro da suíte e do depósito. As vigas se apoiam preferencialmente nos pilares, nesse caso em duas situações houve vigas apoiadas em outras vigas, como a V5 apoiada na V2 e a V7 apoiada na V2. Para a escada foi necessário ter o patamar intermediário, com a viga deste patamar e uma outra viga no fim de cada escada.

No que concerne às instalações hidrossanitárias, como há dois banheiros, uma cozinha e uma área de serviço, as descidas de esgoto foram projetadas de forma que se evite deslocamento horizontal da tubulação sob a laje, conseqüentemente preservando as vigas de eventuais furos, para possibilitar isso foram criados dois *shafts* em cada banheiro. Dessa forma, o primeiro lançamento estrutural é o indicado na Figura 7, que seguiu os parâmetros descritos acima.

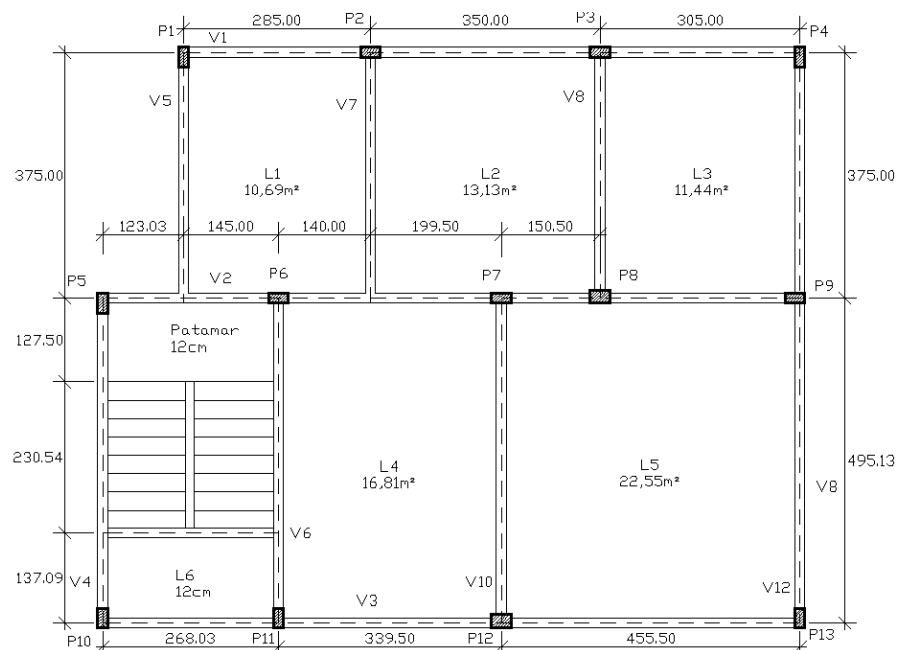
Figura 7 - Lançamento estrutural inicial (cm)



Fonte: Autor, 2021

Porém, teve as suas primeiras modificações no decorrer do desenvolvimento do trabalho onde foram retirados o pilar intermediário P11 e a viga V3. A estrutura foi lançada no *software* TQS v2022 com as mesmas dimensões mostradas na Figura 7, retirando-se o P11 e a V3, chegando-se, à planta final de lançamento estrutural mostrada na Figura 8.

Figura 8 - Lançamento estrutural atualizado (cm)



Fonte: Autor, 2021

A partir desta concepção estrutural foi realizado o pré-dimensionamento das lajes, das vigas e dos pilares. Com a planta final do dimensionamento foi feito o lançamento estrutural no TQS.

3.1.1 Pré-dimensionamento das lajes

O pré-dimensionamento das espessuras das lajes consistiu em atribuir para cada laje uma espessura inicial de 10 cm, definida para melhorar o desempenho acústico entre os pavimentos, passando do valor mínimo de 8 cm para lajes maciças não em balanço, pela norma NBR 6118/2014.

3.1.2 Pré-dimensionamento das vigas

Para o pré-dimensionamento da altura das vigas, foi usado o critério de 1/10 para vigas bi apoiadas e o de 1/15 para vigas contínuas, os resultados seguem no Quadro 5:

Quadro 5 - Planilha de classificação e determinação das alturas das vigas

VIGA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Vínculo	Contí.	Contí.	Contí.	Biapoi.	Biapoi.	Biapoi.	Biapoi.	Biapo.	Biapo.	Contí.
Comprimento considerado (cm)	350	339,5	455,5	480	375	487,5	375	487,5	375	487,5
Altura (cm)	23	23	30	48	38	49	38	49	38	33
Altura adotada (cm)	25	25	35	40	35	40	40	40	35	35

Fonte: Autor, 2021

3.1.3 Pré-dimensionamento dos pilares

Para o dimensionamento dos pilares, tem-se definido uma dimensão, a largura das paredes (15 cm). A norma de concreto armado (NBR 6118/2014) exige que um pilar de concreto armado não apresente nenhuma dimensão menor que 19 cm, mas em casos especiais, admite-se que uma das dimensões seja de até 14 cm, desde que sejam adotados os coeficientes majoradores de esforços (γ_f) e o Coeficiente adicional (γ_n) ponderador da ação para pilares caso sejam menores do que 19 cm, conforme o Quadro 6. Além disso, a área da seção deve ser maior ou igual a 360 cm². Também há uma consideração em relação ao posicionamento do pilar que é o coeficiente (α). Dessa forma, segue no Quadro 6 os parâmetros considerados para obtenção do (γ_n) para o pré-dimensionamento dos pilares.

Quadro 6 - Coeficiente adicional (γ_n)

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

onde
 $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$;
 b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.

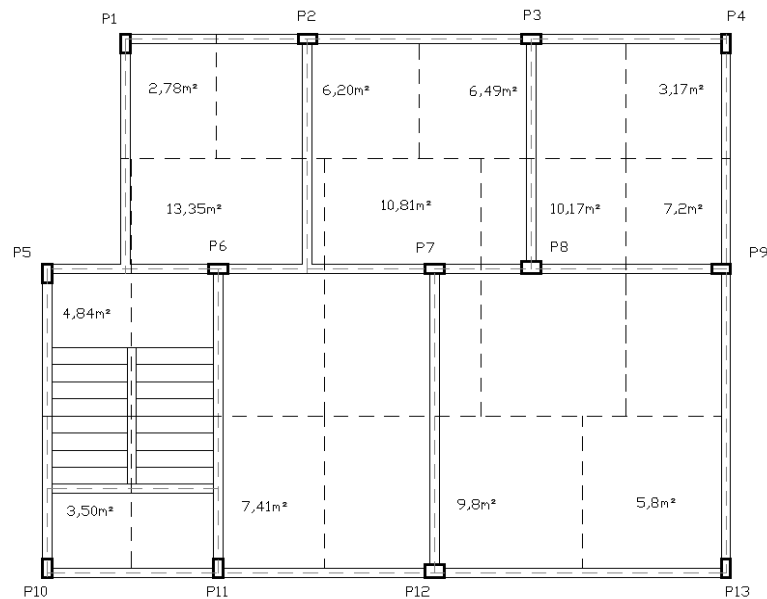
Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

O coeficiente majorador de esforços (γ_f) será de 1,4. O coeficiente (α) leva em conta a provável existência de momento no pilar (usualmente menor para pilar centrado, ou, com valor predominante em uma direção para pilar de extremidade, ou, existente com valores maiores nas duas direções para pilar de canto). Conforme Pinheiro (2007) pode-se adotar:

- pilar intermediário: $\alpha = 1,3$;
- pilar de extremidade: $\alpha = 1,5$;
- pilar de canto: $\alpha = 1,8$;

Conforme desenho feito no Auto Cad v2022, seguem as áreas de influência dos pilares na Figura 9.

Figura 9 - Lançamento estrutural com as áreas influência dos pilares



Fonte: Autor, 2021

Para o cálculo da força estimada e de cálculo em cada pilar foi considerada a carga de 10 kN/m² por pavimento, que vai descarregar em cada pilar, conforme suas áreas de influência. Logo, os valores dessas forças estimadas (Nk) são obtidos conforme Equações 4 e 5:

$$N_k = n_{pav} * c_{pav} * A_I \quad (4)$$

$$N_d = \gamma_f * \gamma_n * \alpha * N_k \quad (5)$$

Onde:

A_I: área de influência, em cm²;

n_{pav}: número de pavimentos;

c_{pav}: carga no pavimento, em kN/cm²;

γ_f: majorador dos esforços;

γ_n: coeficiente adicional;

α: coeficiente que leva em conta o posicionamento do pilar;

N_k: força estimada no pilar, em kN;

Outro dado importante para esse cálculo é a tensão ideal (σ_{id}) em função da resistência do concreto e taxa de armadura, segundo o Quadro 7, esse valor é de 2,52 kN/cm² que considera a menor taxa de armadura de modo conservador.

Quadro 7 - Relação do f_{ck} e da taxa de armadura para a tensão ideal no pilar

f _{ck} (MPa)	f _{ck} (kN/cm ²)	ε _{c2} (‰)	σ _s (kN/cm ²)	Tensão ideal (kN/cm ²)		
				ρ = 1%	ρ = 2%	ρ = 3%
20	2.00	2.00	42.0	1.62	2.03	2.44
25	2.50	2.00	42.0	1.92	2.33	2.73
30	3.00	2.00	42.0	2.22	2.63	3.03
35	3.50	2.00	42.0	2.52	2.92	3.32
40	4.00	2.00	42.0	2.82	3.22	3.62
45	4.50	2.00	42.0	3.12	3.52	3.91
50	5.00	2.00	42.0	3.43	3.82	4.20
55	5.50	2.20	43.5	3.74	4.14	4.54
60	6.00	2.29	43.5	4.04	4.44	4.84
65	6.50	2.36	43.5	4.34	4.74	5.13
70	7.00	2.42	43.5	4.64	5.04	5.43
75	7.50	2.47	43.5	4.94	5.33	5.72
80	8.00	2.52	43.5	5.24	5.63	6.02
85	8.50	2.56	43.5	5.54	5.93	6.31
90	9.00	2.60	43.5	5.84	6.23	6.61

Fonte: Notas de aula da disciplina de Concreto 2 de 2020/2.

Com esses dados as áreas estimadas dos pilares são obtidas pela Equação 6:

$$A_c = N_d / \sigma_{id} \quad (6)$$

Sendo:

A_c : área estimada dos pilares, cm^2 ;

N_d : força estimada de cálculo no pilar;

σ_{id} : tensão ideal em função da resistência do concreto e da taxa de armadura, em kN/m^2 .

Portanto, segue o resultado do dimensionamento dos pilares levando em conta todas essas considerações, para atender às áreas mínimas conforme segue no Quadro 8 e no Quadro 9.

Quadro 8 - Parâmetros para o pré-dimensionamento dos pilares

Parâmetro	Valor	Unidade
carga (g+q)	10	kN/m^2
nº pavimentos	4	unidade
γ_f	1,4	adimensional
σ_{id} tabela ($f_{ck} = 35\text{MPa}$)	2,52	kN/cm^2

Fonte: Autor, 2021

Quadro 9 - Planilha de pré-dimensionamento dos pilares

PILAR	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Posição do pilar	canto	extremidade	extremidade	canto	canto	intermediário	
α = coef. Momento	1,80	1,50	1,50	1,80	1,80	1,30	
Área influência (cm ²)	2,78	6,20	6,49	3,17	4,84	13,35	
Nk = Força estimada no pilar (kN)	111,20	248,00	259,60	126,80	193,60	534,00	
Υ_n	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00	
b = menor lado (cm)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	20,00	
Nd = Força estimada no pilar (N)	336,27	624,96	654,19	383,44	585,45	971,88	
Ac = área est (N/cm ²)	133,44	248,00	259,60	152,16	232,32	385,67	
Área adotada (cm ²)	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	600,00	
a (cm)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	
b (cm)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	20,00	
PILAR	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Posição do pilar	intermediário	intermediário	extremidade	canto	extremidade	extremidade	canto
α = coef. Momento	1,30	1,30	1,50	1,80	1,50	1,50	1,80
Área influência (cm ²)	10,81	10,17	7,20	3,50	7,41	9,80	5,80
Nk = Força estimada no pilar (kN)	432,40	406,80	288,00	140,00	296,40	392,00	232,00
Υ_n	1,00	1,00	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20
b = menor lado (cm)	20,00	20,00	15,00	15,00	15,00	20,00	15,00
Nd = Força estimada no pilar (kN)	786,97	740,38	725,76	423,36	746,93	823,20	701,57
Ac = área est (kN/cm ²)	312,29	293,80	288,00	168,00	296,40	326,67	278,40
Área adotada (cm ²)	600,00	600,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
a (cm)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
b (cm)	20,00	20,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00

Fonte: Autor, 2021

Entretanto, devido ao lançamento de toda a estrutura no *software* TQS v2021, de acordo com essa análise, as vigas V4 e V11 tiveram que ficar com 16 cm de largura para evitar instabilidade lateral, visto que são vigas de 495,10 cm de comprimento, sendo assim os pilares que as apoiam (P10 e P11) passaram a ter também 16 cm de largura. Já o pilar P9 passou a ter

20 cm de largura ao invés de 15 cm, porque a viga V2 é uma das mais carregadas e na primeira análise do TQS foi preciso fazer essa viga ter 20 cm de largura e porque os pilares (P6 e P7), que apoiam essa viga, tem 20 cm de largura conforme pré-dimensionamento inicial. O pilar P12, que recebe uma viga biapoiada e uma carga elevada em relação aos demais, nessa análise preliminar pelo programa foi necessário aumentar a área de sua seção, passando uma de suas dimensões para 40 cm.

3.2 Cálculo das ações verticais na estrutura

O cálculo das ações verticais atuantes na estrutura foi realizado conforme os valores de referência dos pesos específicos e das cargas superficiais tabelados dos materiais para as cargas permanentes e dos valores tabelados para as cargas variáveis, que foram retirados da NBR 6120/2019 conforme tabelas abaixo.

A seguir seguem os valores de cargas verticais considerados para o lançamento da estrutura no *software* TQS v2022 e para fazer o dimensionamento dos elementos isolados específicos para validar os resultados do programa.

Inicialmente, a estrutura foi lançada no *software* conforme os valores do pré-dimensionamento calculados acima, após a análise estrutural o programa sugeriu o aumento de alguns elementos da estrutura, portanto os valores das cargas abaixo já consideram a geometria final da estrutura do projeto.

3.2.1 Composição das cargas

Para a composição das cargas, os valores dos pesos específicos das cargas permanentes e das cargas variáveis foram retirados da NBR 6120/2019 conforme o Quadro 10 e o Quadro 11:

Quadro 10 - Cargas permanentes

Material	Peso específico
Concreto Armado	25 kN/m ³
Entulho de obra (caliça) *Enchimento laje rebaixada	15kN/m ³
Revestimento de 5 cm	1,00 kN/m ²
Forro de gesso em placas	0,15 kN/m ²
Reboco (1cm) inferior da laje	0,20 kN/m ²

Quadro 11 - Cargas variáveis

Cômodo	Peso específico
Dormitórios	1,5 kN/m ²
Sala, copa, cozinha	1,5 kN/m ²
Sanitários	1,5 kN/m ²
Despensas, área de serviço e lavanderia	2 kN/m ²
Corredores dentro de unidades autônomas	1,5 kN/m ²
Corredores de uso comum	3 kN/m ²
Escadas (residenciais)	3 kN/m ²
Sacadas	2,5 kN/m ²

Fonte: Baseada na NBR 6120 (ABNT, 2019)

No Quadro 12 foram retirados os valores de referência para as cargas superficiais das paredes, que ficam sobre as lajes e no Quadro 13 as cargas dos materiais da cobertura.

Quadro 12 – Cargas superficiais das paredes

Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m ²		
		0 cm	1 cm	2 cm
ALVENARIA DE VEDAÇÃO				
Bloco de concreto vazado (Classe C – ABNT NBR 6136)	6,5	1,0	1,4	1,8
	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,3	1,7	2,1
	14	1,4	1,8	2,2
	19	1,8	2,2	2,6
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3
Bloco de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438)	7,5	0,5	0,9	1,3
	10	0,6	1,0	1,4
	12,5	0,8	1,2	1,6
	15	0,9	1,3	1,7
	17,5	1,1	1,5	1,9
Bloco de vidro (decorativo, sem resistência ao fogo)	8	0,8	–	–
NOTA Na composição de pesos de alvenarias desta Tabela foi considerado o seguinte: — argamassa de assentamento vertical e horizontal de cal, cimento e areia com 1 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m ³ ; — revestimento com peso específico médio de 19 kN/m ³ ; — proporção de um meio bloco para cada três blocos inteiros; — sem preenchimento de vazios (com graute etc.).				

Fonte: NBR 6120/2019

Quadro 13 - Carga permanente dos materiais da cobertura

Composição	Peso na superfície horizontal kN/m ²
Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %	0,7
Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %.	0,85
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço	0,3
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio	0,2
Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira	0,35
NOTA Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).	

Fonte: NBR 6120/2019

Conforme o Quadro 13 foi considerado a composição: Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira.

3.2.2 Cálculo das cargas permanentes e cargas variáveis do projeto

Como os dormitórios, sala, cozinha e sanitários possuem as mesmas cargas variáveis, realizou-se apenas um cálculo. A espessura da laje, pré-dimensionada com 10 cm, foi multiplicada pelo peso específico do concreto armado, gerando assim o peso próprio da laje de 2,5 kN/m². Os demais valores foram retirados das tabelas acima e somou-se todos eles, obtendo-se assim a carga permanente total, conforme Quadro 14.

Quadro 14 - Cálculo das cargas nas lajes

Lajes: L1, L3 e L4		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,1	m
Peso específico do concreto armado	25	kN/m ³
Peso próprio Laje	2,5	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
Forro 2cm	0,15	kN/m ²
g – Cargas permanentes totais	3,85	kN/m²
q- Carga variável	1,5	kN/m ²
Total	5,35	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

A laje L2 é onde encontra-se a área de serviço e a despensa deste projeto, portanto, realizou-se o mesmo cálculo anterior trocando a carga variável (q) para 2 kN/m², que é o valor indicado pela norma. Essa laje engloba o banheiro, que teria 1,5 kN/m² de carga acidental, mas por ser da mesma laje L2 será considerado a mesma carga de total dos demais ambientes desta. Assim, nesta laje há duas paredes que dividem esses três cômodos sobre ela, a carga destas paredes sobre a laje L2 foram consideradas de forma distribuídas na área da laje. Desta forma foi considerado, segundo a NBR 6120/2019, uma carga de 1,9 kN/m², conforme Quadro 12 acima, que é para alvenaria de vedação de bloco cerâmico vazado com 2 cm de revestimento, logo há 16,5 m² desta parede sobre a laje, então a carga da parede na laje L2 é de 2,57 kN/m² sobre esta laje de 12,2 m², indicados no Quadro 15.

Quadro 15 - Cálculo das cargas nas lajes

Laje: L2 (Área de Serviço, dispensa e banheiro)		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,1	m
Peso específico do concreto armado (kN/m ³)	25	kN/m ³
Peso próprio Laje	2,5	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
Forro 2cm	0,15	kN/m ²
Carga da parede na laje	2,57	kN/m ²
g - Cargas permanentes totais	6,42	kN/m ²
q - Carga Variável	2	kN/m ²
Total	8,42	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

A laje L5 é onde está o quarto suíte do casal com o banheiro, portanto, realizou-se o mesmo cálculo das lajes L1, L3 e L4 com a carga variável (q) para 1,5 kN/m. Nesta laje como há as paredes que dividem o quarto da suíte e o banheiro sobre ela, a carga destas paredes sobre a laje L5 foi considerada distribuída na área da laje. Desta forma foi considerado, segundo a NBR 6120/2019, uma carga de 1,9 kN/m², conforme o Quadro 12, que é para alvenaria de vedação de bloco cerâmico vazado com 2 cm de revestimento. Logo há 23,41 m² desta parede sobre a laje, assim a carga da parede na laje L5 é de 1,97 kN/m² sobre esta laje de 22,56 m², onde os resultados estão no Quadro 16.

Quadro 16 - Cálculo das cargas nas lajes

Laje: L5 (Suíte e banheiro da suíte)		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,1	m
Peso específico do concreto armado	25	kN/m ³
Peso próprio Laje	2,5	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
Forro 2cm	0,15	kN/m ²
Carga da parede na laje	1,97	kN/m ²
g - Cargas permanentes totais	5,82	kN/m ²
q- Carga variável	1,5	kN/m ²
Total	7,32	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

Vale ressaltar que a espessura para a laje L5 considerada é a de 12 cm, porque a espessura de 10 cm não passou nas análises do *software* TQS v2022 para gerar as armaduras desta laje e devido a flecha dela, visto que no programa as cargas para obtenção da flecha são feitas considerando a carga linear das paredes, diferentemente do cálculo feito acima para verificar a espessura pelo estado limite de serviço de deformações excessivas, que usou as cargas das paredes sobre a área da laje uniformemente.

Esse método foi utilizado para ter o conhecimento das cargas totais por m² nas lajes e fazer o cálculo estrutural dos elementos isolados das vigas V1 e V10, que vão receber estas cargas das paredes por apoiarem essas lajes L2 e L5. O cálculo estrutural completo destas lajes e vigas foi realizado no *software* TQS v2022 considerando as cargas lineares de cada uma dessas alvenarias sobre essas lajes, e não distribuída por área como apresentado no cálculo manual, já que essas cargas destas paredes foram distribuídas para simplificar o cálculo do dimensionamento apresentado no trabalho das vigas V1 e V10.

O cálculo das cargas verticais nas lajes da cobertura está apresentado no Quadro 17. Na laje L5 da cobertura há diversas considerações como a carga dos dois reservatórios (1000 L cada) e a carga de duas paredes de alvenaria de blocos de concreto (0,7 x 4) m de altura e comprimento respectivamente, que apoiam ambos os reservatórios e outra parede de tijolos cerâmicos furados com 2 cm de reboco sobre a laje, que é a parede que separa a área técnica (barrilete) do restante da cobertura. Essas cargas foram distribuídas sobre a laje de 20,91m². Porém, no *software* TQS v2022 foi considerado a carga linear distribuída em duas paredes de blocos de concreto de 4 m de comprimento com as suas cargas e as dos reservatórios linearmente sobre elas. A carga linear da outra parede de blocos cerâmicos da área técnica que abriga os reservatórios também foi considerada no *software* linearmente. E as cargas lineares da alvenaria da platibanda são de 2,28 kN/m, cuja parede tem 1,20 m de altura e a referência da carga específica dessa alvenaria é a mesma da considerada acima, de blocos cerâmicos com 2 cm de revestimento (1,9 kN/m²), está foi considerada atuando de forma linear.

Quadro 17 - Cargas verticais nas lajes da cobertura

Lajes: L1, L2, L3 e L4		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,1	m
Peso específico do concreto armado	25	kN/m ³
Peso próprio Laje	2,5	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
Forro 2 cm	0,15	kN/m ²
Telha de fibrocimento ondulada até 5 mm e madeiramento	0,4	kN/m ²
g - Cargas permanentes totais	4,25	kN/m ²
q - Carga Variável (cobertura)	1	kN/m ²
Total	5,25	kN/m²
Laje: L5		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,12	m
Peso específico do concreto armado	25	kN/m ³
Peso próprio Laje	3	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
Forro 2 cm	0,15	kN/m ²
Telha de fibrocimento ondulada até 5 mm e madeiramento	0,4	kN/m ²
Paredes (bloco cerâmico vazado 14 cm e 2 cm de revestimento)	1,45	kN/m ²
Paredes (bloco concreto vazado 14 cm e 2 cm de revestimento)	0,72	kN/m ²
Peso do reservatório (2 de 1000L)	0,96	kN/m ²
g - Cargas permanentes totais	7,88	kN/m ²
q - Carga Variável (barrilete)	1,5	kN/m ²
Total	9,38	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

Abaixo segue também, no Quadro 18, o cálculo das cargas da escada e do patamar considerados no projeto.

Quadro 18 - Cargas verticais na escada

Escada		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,12	m
Peso específico do concreto armado	25	kN/m ³
cos α	0,85	adimensional
peso próprio = 0,12m/cos α * 25kN/m ³	3,54	kN/m ²
degraus = 0,167m / 2 * 24 kN/m ³	1,92	kN/m ²
peitoril = 1,5kN/m ³ / 1,2m	1,25	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
g - Cargas permanentes totais	7,91	kN/m ²
q - Carga Variável	3	kN/m ²
Total	10,91	kN/m²
Patamar		
Dado	Valor	Unidade
Espessura	0,12	m
Peso específico do concreto armado	25	kN/m ³
Peso próprio patamar	3	kN/m ²
Revestimento 5 cm	1	kN/m ²
Reboco 1 cm	0,2	kN/m ²
g - Cargas permanentes totais	4,2	kN/m ²
q - Carga Variável	3	kN/m ²
Total	7,2	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

3.2.3 Carga de Serviço

Foi calculado o carregamento atuante na estrutura considerando a Combinação Quase Permanente de Serviço, utilizando a seguinte Equação 7 retirada da NBR 6118/2014:

$$F_{d, ser} = \sum F_{g_i, k} + \sum \Psi_{2j} \cdot F_{q_j, k} \quad (7)$$

Onde:

$F_{d, ser}$: força de cálculo da combinação quase-permanente ELS;

$\sum F_{g_i, k}$: somatório das cargas permanentes;

$\sum \Psi_{2j}$: fator de redução de combinação quase-permanente para ELS;

$F_{q_j, k}$: somatório das cargas características variáveis principais diretas;

Sendo Ψ_2 , o fator de redução da combinação quase-permanente para ELS, considerado 0,3 para este projeto. Os valores das combinações para cada laje estão indicados no Quadro 19, Quadro 20 e Quadro 21.

Quadro 19 - Cálculo da carga de serviço nas lajes

Carga de Serviço (CQP)	Valor	Unidade
g	3,85	kN/m ²
Ψ	0,3	
q	1,5	kN/m ²
Pd,ser	4,30	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

Quadro 20 - Cálculo da carga de serviço na laje L2

Carga de Serviço (CQP)	Valor	Unidade
g	6,42	kN/m ²
Ψ	0,3	
q	2	kN/m ²
Pd,ser	7,02	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

Quadro 21 - Cálculo da carga de serviço na laje L5

Carga de Serviço (CQP)	Valor	Unidade
g	5,82	kN/m ²
Ψ	0,3	
q	1,5	kN/m ²
Pd,ser	6,27	kN/m²

Fonte: Autor, 2021

3.3 Cálculo das ações horizontais

As cargas horizontais consideradas foram devido à ação dos ventos sobre a estrutura. A seguir são apresentados os fatores de cálculo utilizados para definição das ações de vento incidentes sobre a estrutura.

- a) velocidade básica: 30 m/s;
- b) fator topográfico (S1): 1,0;
- c) categoria de rugosidade (S2): III - Terrenos planos ou ondulados, com obstáculos, muros, árvores, edificações baixas, fazendas, subúrbios com casas baixas;
- d) classe A (rajada de 3s): todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação; toda edificação cuja maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

f) fator estatístico (S3): 1,00 - Edificações em geral. Hotéis, residências, comércio e indústria com alta taxa de ocupação.

No Quadro 22 são apresentados os valores de coeficiente de arrasto, área de projeção do edifício e pressão calculada com os fatores apresentados anteriormente. Logo são 4 tipos de vento em (x, y) representados pelos ângulos, que podem atuar nos sentidos positivos e negativos. Os casos deste quadro são combinações que só tem essas cargas de vento.

Quadro 22 - Cargas de vento extraídas do TQS

Caso	Ângulo (°):	Coef. arrasto	Área (m²):	Pressão (kN/m²):
5	Vento Y+ (90°)	1,20	129,4	0,52
6	Vento Y- (270°)	1,20	129,4	0,52
7	Vento X+ (0°)	1,11	106,2	0,48
8	Vento X- (180°)	1,11	106,2	0,48

Fonte: *Software* TQS v2022

3.4 Combinações consideradas

As combinações utilizadas consideraram as cargas permanentes, as cargas acidentais e das forças devido ao vento (em ambas as direções) sendo uma delas a carga variável principal. Por tanto foram empregados coeficientes de ponderação $\gamma_f = 1,4$ para as cargas permanentes, $\gamma_{f2} = 0,5$ (carga variável secundária das cargas acidentais) e $\gamma_{f2} = 0,6$ (carga variável secundária das cargas de vento) conforme especifica as Tabelas 11.1 e 11.2 da NBR 6118/2014. O cálculo das solicitações de cálculo é feito por meio das expressões da tabela 11.3 desta norma.

O *software* processou ao todo 82 combinações no estado limite último, incluindo as combinações com as cargas permanentes, de vento, cargas acidentais, situações de incêndio e fluência. As combinações de 1 a 13 consideram apenas as ações separadas ora das cargas permanentes, dos ventos e das cargas acidentais. Dos casos 14 a 32 são realizadas as combinações simultâneas entre as cargas permanentes, das acidentais e dos diversos ventos alternando cada uma, como variável principal e secundária. Esses casos que geraram as piores situações de dimensionamento e formam as envoltórias de solicitações do ELU para dimensionamento. Assim, no Quadro 23 é mostrado apenas as considerações de cada combinação desses piores casos.

Quadro 23 - Combinações ELU das vigas e lajes extraídas do TQS

Caso	Combinações ELU
14	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT1
15	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT2
16	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT3
17	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT4
18	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT1
19	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT2
20	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT3
21	ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT4
25	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT1
26	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT2
27	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT3
28	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT4
29	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT1
30	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT2
31	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT3
32	ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT4

Fonte: autor, 2021

Sendo, por exemplo:

a) ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT1: Peso próprio como carga permanente direta e indireta + carga acidental como variável principal + vento 1 como variável secundária (deve ser multiplicada por 0,6);

b) ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT3: Peso próprio como carga permanente direta e indireta + vento 3 como variável principal + carga acidental como variável secundária (deve ser multiplicada por 0,5).

Nesses casos o coeficiente de ponderação $\gamma_f = 1,4$ é mantido em evidência, pois ele multiplica todas as parcelas e nessas combinações aparecem apenas os coeficientes de redução da carga variável secundária.

3.5 Estabilidade Global

A seguir são apresentados os principais parâmetros de instabilidade obtidos da análise estrutural do edifício pelo *software* TQS v2022, a partir do lançamento da estrutura no programa com os dados de pré-dimensionamento, sendo analisado o coeficiente γ_z e os deslocamentos horizontais no topo. Por fim será apresentado a planta da estrutura analisada.

3.5.1 Parâmetros de estabilidade

Dessa forma, o parâmetro utilizado nesta análise de estabilidade global da estrutura é o coeficiente γ_z , pois ele é válido para estruturas reticuladas de no mínimo 4 andares. Pode ser determinado por meio dos resultados de uma análise linear de primeira ordem, para cada caso de carregamento, devem ser adotados os valores de rigidez dados no item 15.7.3 da NBR 6118/2014. Desta forma, o valor do coeficiente para cada caso de carregamento é obtido pela Equação 8:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (8)$$

Sendo:

γ_z : Coeficiente de estabilidade global;

$\Delta M_{tot,d}$: a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos seus deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1º ordem;

$M_{1,tot,d}$: é o momento de tombamento, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura.

Se o γ_z ficar entre dos valores de 1,1 e 1,3 deve-se fazer majoração automática dos esforços horizontais por $(0,95 * \gamma_z)$. Como nesse caso o valor do γ_z foi de 1,09 em todas as direções não é necessário realizar essa majoração dos esforços horizontais e o edifício é considerado como uma estrutura de nós fixos, conforme relatório do *software* TQS v2022. A seguir é apresentado o Quadro 24 com o valor do parâmetro de instabilidade global (γ_z) obtido da análise estrutural do edifício.

Quadro 24 - Resultado do parâmetro de instabilidade global extraídas do TQS

Parâmetro	Valor
γ_z	1,09

Fonte: autor, 2021

3.5.2 Deslocamento horizontal

Para o edifício em questão os tem-se os seguintes valores:

- a) Altura total do edifício – H: 13,5 m;
- b) Altura entre pisos – Hi: 3,0 m.

Com os resultados obtidos pela análise estrutural obteve-se os seguintes valores de deslocamentos horizontais do modelo estrutural global visto no Quadro 25.

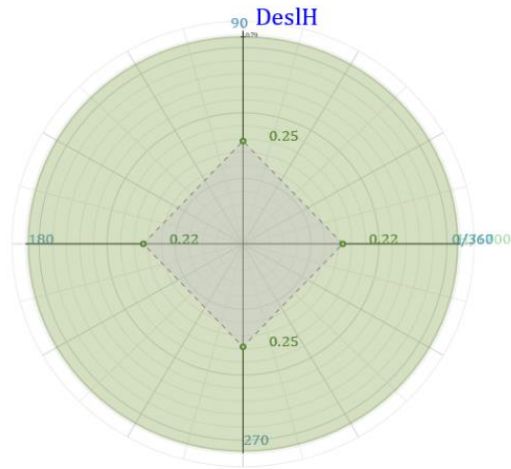
Quadro 25 - Deslocamentos máximos da estrutura e referência (limite)

Deslocamento	Valor máximo (cm)	Referência(cm)
Topo do edifício	(H / 5341) 0,25	(H / 1700) 0,79
Entre pisos	(Hi / 3549) 0,08	(Hi / 850) 0,35

Fonte: autor, 2021

Os valores de referência utilizados são prescritos pela NBR 6118/2014 por meio do item 13.3. Logo, como os valores máximos são menores do que os de referência os deslocamentos horizontais estão dentro dos limites aceitáveis, isso pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - Deslocamentos horizontais do edifício

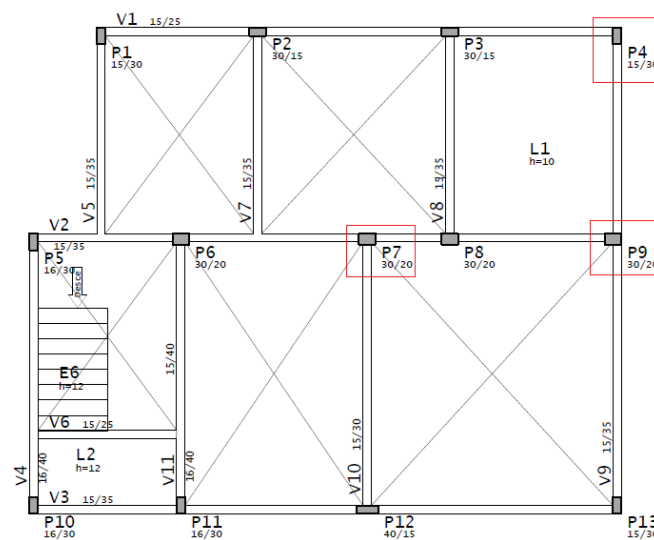


Fonte: Software TQS v2022

3.6 Cálculo dos elementos isolados

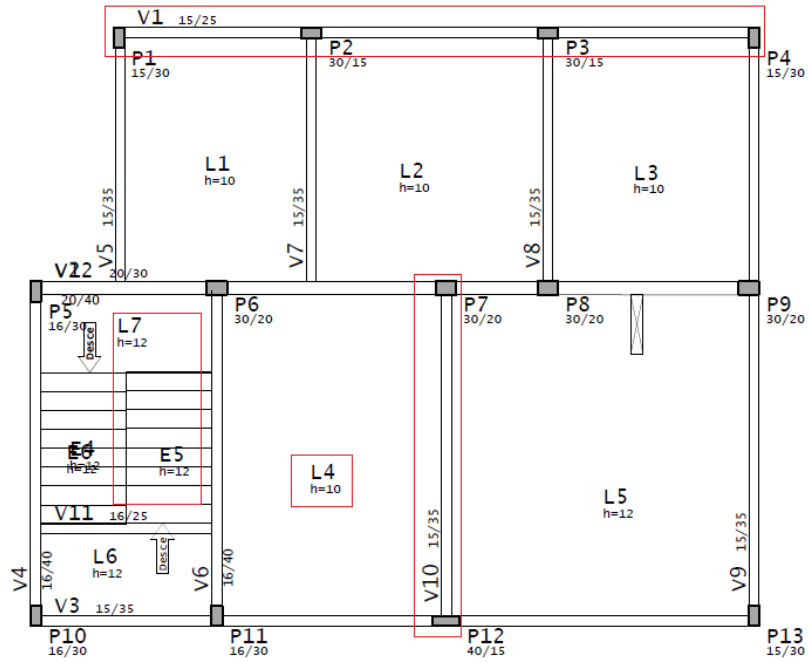
Após o pré-dimensionamento e a análise de estabilidade é apresentado na Figura 11, Figura 12, e na Figura 13 a locação dos pilares, planta de formas das vigas baldrames, planta de formas dos pavimentos tipo e a representação 3D da estrutura final, com o intuito de mostrar a configuração estrutural atualizada, para se ter noção desta, antes para seguir para os demais tópicos de dimensionamento. Os elementos estruturais que serão calculados manualmente estão indicados em vermelho nestas figuras.

Figura 11 - Planta de formas do pavimento térreo gerada após análises no TQS



Fonte: Autor, 2021

Figura 12 - Planta de formas do pavimento tipo gerada após análises no TQS



Fonte: Autor, 2021

Figura 13 - 3D da estrutura



Fonte: Software TQS v2022

3.6.1 Dimensionamento da laje L4

A seguir a partir do pré-dimensionamento das lajes maciças em concreto armado foi realizada verificação de suas espessuras, em seguida o dimensionamento estrutural da laje L4 e a comparação de seus resultados com os do *software* TQS v2022.

3.6.1.1 Verificação das espessuras das lajes

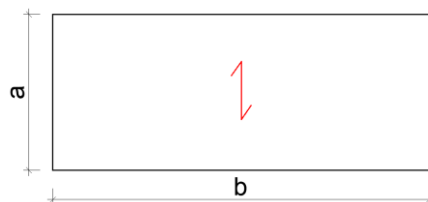
Cada laje foi verificada com essa espessura inicial de 10 cm, obtida no pré-dimensionamento aos Estados Limites de Serviços de Deformações Excessivas (ELS-DEF), sendo que inicialmente todas as lajes foram classificadas segundo suas geometrias, vinculações, graus de engastamentos e as considerações de seus carregamentos.

3.6.1.2 Classificação das lajes

Para o cálculo da espessura das lajes considerou-se os seguintes critérios:

Lajes armadas em uma só direção: são aquelas em que a relação entre o maior vão (b) e o menor vão (a) é maior que dois, conforme Figura 14.

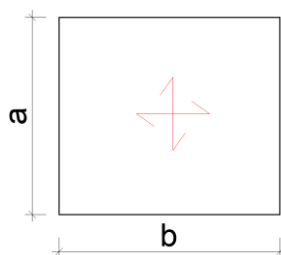
Figura 14 - Representação Lajes Armadas em Uma Direção



Fonte: Autor, 2021

Lajes armadas em duas direções ou em cruz: São aquelas em que a relação entre os vãos é maior que um e menor ou igual a dois, visto na Figura 15.

Figura 15 - Representação Lajes Armadas em Duas Direções/Cruz



Fonte: Autor, 2021

Há exceções, as lajes serão consideradas armadas em uma direção quando apresentarem dois bordos livres. As lajes serão consideradas armadas em uma direção quando apresentarem engaste em mais de três bordos livres (ex.: sacadas, marquises) independente da relação dos vãos.

A seguir tem-se o Quadro 26, que contém a relação e classificação das lajes deste projeto:

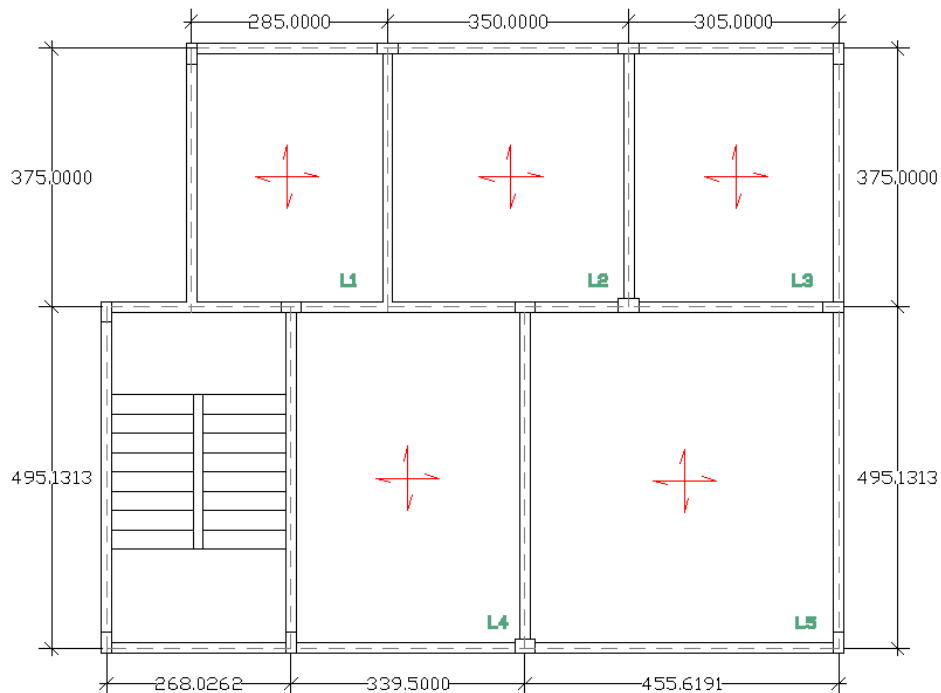
Quadro 26 - Planilha de Classificação das lajes

Laje	a (cm)	b (cm)	b/a	Classificação
1	285	375	1,32	duas direções
2	350	375	1,07	duas direções
3	305	375	1,23	duas direções
4	339,5	495,13	1,46	duas direções
5	455,62	495,13	1,09	duas direções

Fonte: Autor, 2021

Com isso é feita a representação de cada laje com as direções de suas armaduras indicadas na Figura 16.

Figura 16 - Direção das armaduras das lajes



Fonte: Autor, 2021

3.6.1.3 Cálculo das espessuras das lajes

Para o pré-dimensionamento da espessura da laje considerou-se como valor inicial os valores maiores do que os mínimos exigidos pela NBR 6118/2014, de 8 cm para lajes de piso não em balanço. Todas as lajes foram consideradas com 10 cm de espessura, para garantir maior desempenho acústico entre os pavimentos, a fim de atender a norma de desempenho NBR 15575/2013.

3.6.1.4 Vinculações

Para a determinação das vinculações considerou-se os seguintes critérios:

- a) Apoiada: Borda da laje é suportada por vigas ou paredes. Sem continuidade com outras lajes;
- b) Livre: Borda sem vinculação. Não há carga sendo descarregada naquele lado;
- c) Engastada: Borda da laje possui continuidade com a laje adjacente;

Quando lajes adjacentes tiverem espessuras diferentes deve-se observar o valor dessa diferença. Caso a diferença seja maior que 2 cm a laje menor engasta-se na maior, enquanto a maior apoia-se na menor. Se a diferença for menor que 2 cm, considera-se como lajes contínuas, portanto, engastadas. Em situações com dois vínculos distintos; considera-se o pior caso, apoiado, a menos que o engaste seja superior a 85% do comprimento do lado. A partir dos critérios acima obteve-se as vinculações das lajes conforme indicado na Figura 17, Figura 18 e Figura 19.

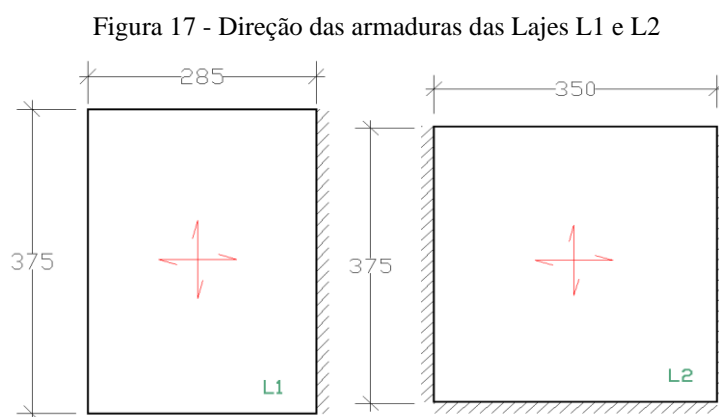
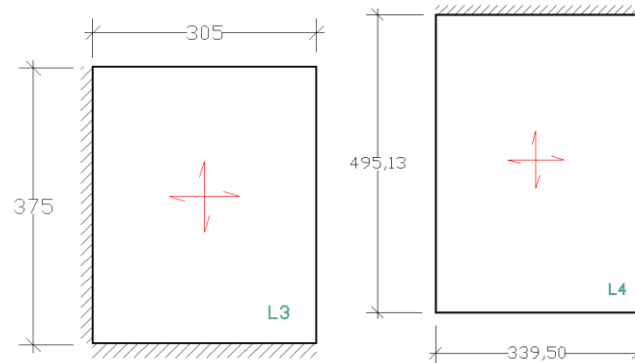
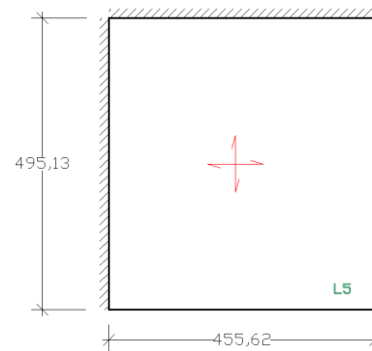


Figura 18 - Direção das armaduras das Lajes L3 e L4



Fonte: Autor, 2021

Figura 19 - Direção das armaduras das lajes L5



Fonte: Autor, 2021

3.6.1.5 Módulo de Elasticidade Secante

Para o cálculo do módulo de elasticidade secante do concreto, adotou-se o coeficiente do agregado graúdo $\alpha_e = 1,0$ considerando-se o granito e o f_{ck} do concreto de 35 MPa. Com esses dados, calculou-se o módulo de elasticidade inicial, obtendo-se o valor abaixo, pela Equação 9:

$$E_{ci} = \alpha_e \cdot 5600 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 33.130,047 \text{ MPa} \quad (9)$$

Calculou-se o α_i , por meio da Equação 10, obtendo o valor abaixo:

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot (f_{ck}/80) \leq 1,0 \quad (10)$$

$$\alpha_i = 0,888 \leq 1,0 \text{ ok!}$$

Portanto, utilizando a Equação 10 para o cálculo do módulo de elasticidade secante, obteve-se o valor de $E_{cs} = 29419,482 \text{ MPa}$.

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci} \quad (10)$$

Sendo:

E_{cs} : módulo de elasticidade secante;

E_{ci} : módulo de elasticidade inicial;

α_i : coeficiente do módulo de elasticidade;

f_{ck} : resistência característica do concreto;

α_e : coeficiente devido ao agregado utilizado no concreto;

3.6.1.6 Cálculo Valor Médio da Resistência à Tração do Concreto (f_{ctm})

Calculou-se o f_{ctm} utilizando a Equação 11 para concretos de classe até C50:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

Obteve-se o valor do f_{ctm} igual a 3,21 MPa.

Onde:

f_{ck} : resistência característica do concreto;

f_{ctm} : resistência média à tração do concreto;

3.6.1.7 Momento de Fissuração – M_r

O momento de fissuração da laje foi calculado por meio da Equação 12 e indicado no Quadro 27:

$$m_r = 0,25 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot h^2 \quad (12)$$

Sendo:

m_r : momento de fissuração, em kNm.

h : espessura pré-dimensionada de cada laje, em cm;

b : base da seção fixada em 100 cm.

Quadro 27 - Cálculo do momento de fissuração das lajes

Dados	Valor	Unidade
b	100	cm
h espessura arbitrada	10	cm
f_{ctm}	0,321	kN/cm ²
Mr	802,50	kNcm/m

Fonte: Autor, 2021

3.6.1.8 Momento de Serviço – M_a

O momento atuante foi calculado através das seguintes da Equações 13 e 14, a seguir.

Para lajes armadas em uma direção:

$$M_a = mv \quad (13)$$

Para lajes armadas em duas direções:

$$M_a = \alpha \cdot F_d, \text{ ser. } L^2 \quad (14)$$

Sendo α um valor tabelado conforme relação a/b (onde utiliza-se o maior valor entre m_a e m_b) de cada laje, de acordo com o Quadro 28, L considerado o menor vão (a), $F_d, \text{ ser}$ é a força de cálculo da combinação quase-permanente ELS e o mv é o momento de serviço.

Quadro 28 - Valores de α

a/b			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	m_a	0,099	0,086	0,073	0,061	0,051	0,042	
	m_b	0,032	0,037	0,040	0,042	0,043	0,042	
	m_a	0,041	0,038	0,034	0,029	0,025	0,021	
	m_b	0,010	0,013	0,017	0,018	0,020	0,021	
	m_a'	0,084	0,080	0,074	0,067	0,059	0,052	
	m_b'	0,058	0,058	0,058	0,057	0,055	0,052	
	m_a	0,057	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	
	m_b	0,016	0,020	0,024	0,026	0,027	0,027	
	m_a'	0,119	0,111	0,101	0,091	0,080	0,070	
	m_b'	0,082	0,082	0,080	0,078	0,074	0,070	
	m_a	0,084	0,065	0,049	0,037	0,027	0,020	
	m_b	0,036	0,038	0,039	0,037	0,034	0,031	
	m_b'	0,119	0,111	0,102	0,091	0,080	0,070	
	m_a	0,042	0,041	0,039	0,037	0,034	0,031	
	m_b	0,008	0,010	0,013	0,016	0,018	0,020	
	m_a'	0,084	0,083	0,082	0,078	0,074	0,070	
	m_a	0,091	0,075	0,060	0,048	0,037	0,030	
	m_b	0,034	0,038	0,040	0,039	0,038	0,036	
	m_b'	0,122	0,117	0,110	0,102	0,093	0,084	
	m_a	0,060	0,056	0,051	0,046	0,040	0,036	
	m_b	0,015	0,019	0,023	0,026	0,028	0,030	
	m_a'	0,122	0,116	0,109	0,101	0,093	0,084	
	m_a	0,042	0,040	0,037	0,033	0,029	0,026	
	m_b	0,009	0,012	0,015	0,018	0,019	0,021	
	m_a'	0,085	0,083	0,079	0,074	0,068	0,062	
	m_b'	0,056	0,057	0,058	0,058	0,057	0,055	
	m_a	0,055	0,048	0,040	0,033	0,026	0,021	
	m_b	0,018	0,023	0,025	0,027	0,026	0,026	
	m_a'	0,114	0,102	0,091	0,088	0,066	0,055	
	m_b'	0,082	0,081	0,078	0,074	0,068	0,062	

Fonte: Apostila de lajes maciças, Professor Américo Campos Filho

A partir das definições acima, apresenta-se os seguintes valores de Momento Atuante no Quadro 29.

Quadro 29 - Momento atuante

Lajes	α	Pd,ser (kN)	L menor (m)	a/b	Ma (kNcm/m)
L1	0,026	4,30	2,85	0,76	0,91
L2	0,029	4,45	3,50	0,93	2,49
L3	0,039	4,30	4,10	0,81	1,56
L4	0,045	4,30	3,395	0,69	2,23
L5	0,033	4,30	3,395	0,92	4,30

Fonte: Autor, 2021

3.6.1.9 Momento de Inércia Equivalente

Para o cálculo do momento equivalente, primeiramente realizou-se o teste para saber se o momento atuante (M_a) era menor do que o momento de fissuração (M_r), conforme o Quadro 30:

Quadro 30 - Teste de fissuração das lajes

Laje	M_a (kNcm/m)	M_r (kNcm/m)	Verificação
L1	0,91	8,03	Não fissurada
L2	2,49	8,03	Não fissurada
L3	1,56	8,03	Não fissurada
L4	2,23	8,03	Não fissurada
L5	4,30	8,03	Não fissurada

Fonte: Autor, 2021

Não foi obtido o momento atuante (M_a) maior que o momento de fissuração (M_r), sendo, portanto, uma laje não fissurada, o Momento Equivalente (I_{eq}) para lajes fissuradas é calculado pela Equação 15:

$$I_{eq} = 0,3 \cdot I_c \quad (15)$$

Sendo I_c o Momento de Inércia da seção bruta de concreto. Como não houve lajes fissuradas, será utilizado o valor do momento de inércia da seção bruta e não 30% de I_c , como mostrado a seguir na Equação 16.

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (16)$$

Assim, tem-se que $I_{eq} = I_c$, para todas as lajes.

Onde:

b: base da seção fixada em 100 cm;

h: espessura pré-dimensionada de cada laje, em cm;

I_{eq} : momento de inércia equivalente, em cm^4 ;

I_c : momento de inercia da seção bruta, em cm^4 ;

Segue no Quadro 31 o momento de inércia equivalente.

Quadro 31 - Momento de Inércia Equivalente

Lajes	Fissura	Ic (cm ⁴)	Ieq (cm ⁴)
L1	Não fissurada	8333,33	8333,33
L2	Não fissurada	8333,33	8333,33
L3	Não fissurada	8333,33	8333,33
L4	Não fissurada	8333,33	8333,33
L5	Não fissurada	8333,33	8333,33

Fonte: Autor, 2021

3.6.1.10 Flecha de Curta Duração – f (t=0)

Para o cálculo da flecha de Longa Duração necessita-se da flecha de curta duração, calculado pela Equação 17, cujos resultados estão no Quadro 33:

$$f_{(t=0)} = \kappa \cdot \frac{Pd, \text{ ser. } L^4}{E_{cs} \cdot I_{eq}} \quad (17)$$

Onde κ um coeficiente apresentado no Quadro 32, que depende da vinculação e da relação entre os vãos (a/b) da laje e sendo L o menor vão (a).

Sendo:

κ : coeficiente para lajes em duas direções;

Pd, ser: Carga de serviço, em kN/cm²;

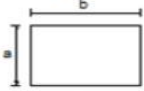
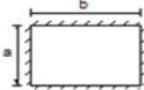
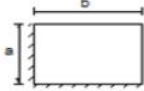
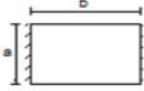
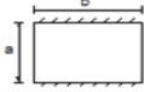
Ieq: momento de inércia equivalente, em cm⁴;

Ecs: módulo de elasticidade secante kN/cm²;

L: tamanho do menor vão para lajes armadas em duas direções, em cm;

$f_{(t=0)}$: flecha de curta duração na laje, em cm;

Quadro 32 - Valores de κ para lajes armadas em duas direções

a/b	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	0,99	0,85	0,71	0,59	0,48	0,40
	0,25	0,23	0,21	0,18	0,15	0,13
	0,46	0,41	0,36	0,30	0,25	0,21
	0,83	0,63	0,48	0,35	0,26	0,19
	0,25	0,25	0,24	0,23	0,21	0,19

Fonte: NRB 6118/2014

Quadro 33 - Valores da flecha de curta duração

Laje	a/b	κ	Pd,ser (kN)	L (cm)	Ecs (kN/cm ²)	Ieq (cm ⁴)	f(t=0) (cm)
L1	0,76	0,35	4,30	285	29419,482	8333,33	0,0347
L2	0,93	0,21	7,02	350	29419,482	8333,33	0,1290
L3	0,81	0,30	4,30	410	29419,482	8333,33	0,0456
L4	0,69	0,36	4,30	339,5	29419,482	8333,33	0,0699
L5	0,92	0,25	6,27	455,6	29419,482	8333,33	0,3308

Fonte: Autor, 2021

3.6.1.11 Flecha de Longa Duração

A flecha de longa duração foi obtida por meio da Equação 18 e os seus valores estão no Quadro 34.

$$f_{(t=\infty)} = 2,32 \cdot f_{(t=0)} \quad (18)$$

Sendo:

$f_{(t=0)}$: flecha de curta duração na laje, em cm;

$f_{(t=\infty)}$: flecha de longa duração na laje, em cm;

Quadro 34 - Valores da flecha de longa duração

Laje	f(t=0) (cm)	f(t=∞) (cm)
L1	0,0347	0,0806
L2	0,0818	0,2992
L3	0,0456	0,1057
L4	0,0699	0,1623
L5	0,3308	0,7675

Fonte: Autor, 2021

3.6.1.12 Flecha Admissível

O cálculo da Flecha Admissível foi feito considerando o caso de aceitabilidade sensorial, razão de limitação visual, conforme no Quadro 35 retirado da norma NBR 6118/2014:

Quadro 35 - Flecha admissível segundo a norma

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	ℓ/250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	ℓ/350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	ℓ/250 ^a
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	ℓ/350+ contraflecha ^b
			Ocorrido após a construção do piso	ℓ/600
Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento	

Fonte: NBR 6118/2014

Para saber se a espessura pré-dimensionada pode ser considerada no projeto, foi comparado o valor da flecha admissível com a flecha de longa duração de cada laje, conforme o Quadro 36:

Quadro 36 - Verificação da flecha

Laje	L menor (cm)	fadm (cm)	f(t=∞)	Teste	Espessura (cm)
L1	285	1,140	0,0806	ok	10
L2	350	1,400	0,2992	ok	10
L3	410	1,640	0,1057	ok	10
L4	339,5	1,358	0,1623	ok	10
L5	455,6	1,820	0,5264	ok	10

Fonte: Autor, 2021

3.6.1.13 Dimensionamento da Laje L4

Nesta etapa foi realizado o cálculo da área de aço necessária para a laje L4 de forma manual para atender as solicitações de cálculo. No trabalho todas as lajes foram calculadas no programa e apenas a L4 será calculada detalhadamente nele, a fim de apresentar todo o roteiro de cálculo e validar os resultados do *software*.

Inicialmente é feita a classificação da laje e definido os seus graus de engastamentos, conforme o Quadro 37 e o Quadro 38:

Quadro 37 - Classificação da laje

Laje	Carga Perm. + Variáv.	a (m)	b (m)	a/b	Classificação
4	5,35	3,395	4,951	0,69	Ortótropa

Fonte: Autor, 2021

Quadro 38 - Tabela dos graus de engastamentos

Laje	i1	i2	i3	i4
4	1,5	1,5	0	0

Fonte: Autor, 2021

Posteriormente, para obter os momentos, são calculados os vãos reduzidos, por meio da Equação 19 e a Equação 20:

$$a_r = \frac{2a}{\sqrt{1+i_2} + \sqrt{1+i_4}} \quad (19)$$

$$b_r = \frac{2b}{\sqrt{1+i_1} + \sqrt{1+i_3}} \quad (20)$$

Por se tratar de uma laje Ortótropa é necessário calcular o coeficiente de ortotropia e o novo vão reduzido, com a Equação 21 e a Equação 22:

$$\varphi = \frac{12 - i_2 - i_4}{12 - i_1 - i_3} \times \left(\frac{a}{b}\right)^{1,7} \quad (21)$$

$$b_r^* = \frac{b_r}{\sqrt{\varphi}} \quad (22)$$

Portanto, os valores de a_r , b_r e b_r^* seguem no Quadro 39:

Quadro 39 - Vãos reduzidos

Laje	ar (m)	br (m)	φ	br* (m)
4	4,29	6,17	0,541	11,41

Fonte: Autor, 2021

Por se tratar de uma laje ortótropa os momentos positivos e os negativos são calculados pelas Equações 23 a 29, abaixo:

$$m = \frac{p \times a_r \times b_r^*}{8 \left(1 + \frac{a_r}{b_r^*} + \frac{b_r^*}{a_r} \right)} \quad (23)$$

$$m_a = m \quad (24)$$

$$m_b = \varphi \times m \quad (25)$$

$$m'_1 = -i_1 \times m_b \quad (26)$$

$$m'_2 = -i_2 \times m_a \quad (27)$$

$$m'_3 = -i_3 \times m_b \quad (28)$$

$$m'_4 = -i_4 \times m_a \quad (29)$$

Sendo:

m: momento fletor;

p: carga superficial;

φ : coeficiente de ortotropia

ar: vão reduzido do menor lado da laje;

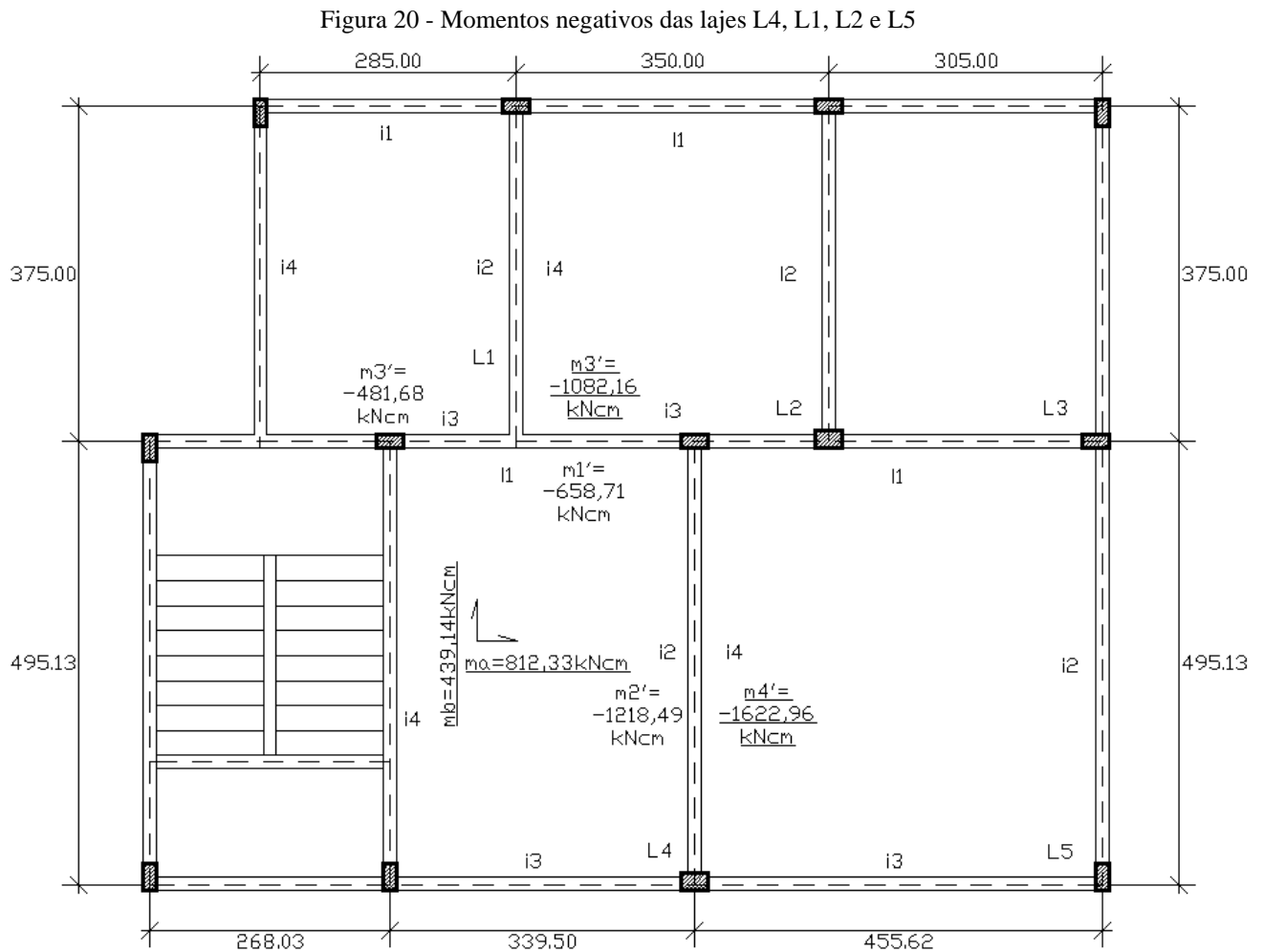
br: vão reduzido do maior lado da laje;

br*: vão reduzido do maior lado da laje ortótropa;

m': são os momentos negativos.

Para as lajes isótropas, caso da L2 e da L5, o coeficiente de ortotropia é igual a 1. Os valores de ar e br são os reduzidos do menor e do maior vão, respectivamente que dependem

dos graus de engastamento $i1$, $i2$, $i3$ e $i4$ da respectiva laje. Que representam a razão entre o momento de engastamento sobre o apoio e o momento máximo no centro do vão na respectiva direção. Foi realizado também o cálculo dos momentos negativos das lajes (L1, L2 e L5) adjacentes a laje L4, que se engastam nela, a Figura 20 indica esses momentos por bordo, os que estão sublinhados serão utilizados para o cálculo de obtenção da área de aço, pois são os maiores.



Fonte: Autor, 2021

Dessa forma os momentos utilizados para o cálculo da área de aço da laje L4 seguem no Quadro 40:

Quadro 40 - Momentos de cálculo na laje (kNcm/m)

Laje	m	ma	mb	m1'	m2'	m3'	m4'
4	812,33	812,33	439,14	-1082,16	-1622,96	0,000	0,000

Fonte: Autor, 2021

Com os momentos calculados é possível calcular as devidas armaduras das lajes, começando pela armadura positiva com a utilização das Equações 30, 31 e 32, sendo γ multiplicado pelo momento característico, o f_{cd} e f_{yd} γ_f divididos pelos coeficientes γ_c e γ_s , respectivamente.

$$x = \frac{d}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m_d}{\eta \times f_{cd} \times b \times d^2}} \right) \quad (30)$$

$$A_s = \frac{\eta \lambda f_{cd} b x}{f_{yd}} \quad (31)$$

$$A_{s\text{mín}} = 0,67 \times 0,15\% \times b \times h \quad (32)$$

Onde:

A_s : área de aço necessária para a seção, em cm^2 ;

$A_{s\text{mín}}$: área de aço mínima para a seção, em cm^2 ;

b : dimensão da base do elemento estrutural, em cm ;

x : profundidade da linha neutra, em cm ;

m_d : momento de cálculo;

f_{cd} : resistência característica do concreto minorada, em kN/cm^2 ;

f_{yd} : resistência característica do aço minorada, em kN/cm^2 ;

λ : coeficiente para gerar o diagrama retangular de esforços na seção;

η : coeficiente de Rusch;

f_{ck} : resistência característica a compressão do concreto, em kN/cm^2 ;

f_{yk} : resistência característica a tração do aço, em kN/cm^2 ;

γ_f : ponderador de resistência do concreto;

γ_s : ponderador de resistência do aço.

Com isso o Quadro 41 apresenta os resultados de cálculo:

Quadro 41 - Cálculo das áreas de aço da laje L4

Armadura positiva principal (ma)							
Laje	m (kNcm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	x (cm)	As (cm ²)	As min (cm ²)
4	812,33	10	2,5	7,5	0,939	3,671	1,005
Armadura positiva secundária (mb)							
Laje	m (kNcm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	x (cm)	As (cm ²)	As min (cm ²)
4	439,14	10	3	7	0,533	2,083	1,005
Armadura Negativa (lado menor)							
Laje	m (kNcm)	d (cm)		x (cm)	As (cm)	As min (cm ²)	
4	-1622,96	8		1,55	6,062	1,5	
Armadura Negativa (lado maior)							
Laje	m (kNcm)	d (cm)		x (cm)	As (cm)	As min (cm ²)	
4	-1082,16	8		1,058	4,137	1,5	

Fonte: Autor, 2021

Resultados adotados:

Armadura positiva principal: $\phi 8$ c/13 cm (3,87 cm²/m)

Armadura positiva secundária: $\phi 6,3$ c/14 cm (2,23 cm²/m)

Armadura negativa principal: $\phi 10$ c/12 cm (6,54 cm²/m)

Armadura negativa secundária: $\phi 8$ c/12 cm (4,19cm²/m)

No Quadro 42 estão apresentados os resultados de momentos e áreas de aço da laje, com as comparações entre os resultados calculados manualmente e do programa. Os valores de momento obtidos pelo *software* TQS considera o modelo de grelhas, conforme Figura 21 e a Figura 22 para dimensionar as lajes, processo diferente do utilizado no cálculo da laje apresentado. Por esses motivos que os valores de momentos obtidos pelo programa nas direções secundárias da laje L4 são maiores gerando armaduras (positivas e negativas) ligeiramente maiores nestas direções, caso que não aconteceria no cálculo manual porque neste as áreas de aço são maiores nas direções principais, pois consideram os maiores momentos nestas direções. Além disso, as condições de cálculo no processo manual não levam em conta os engastamento da L4 com a laje L6 (após a escada) e o *software* também considera outras variáveis no seu processo, como as rigidezes dos elementos adjacentes à L4, que contribuem na absorção das

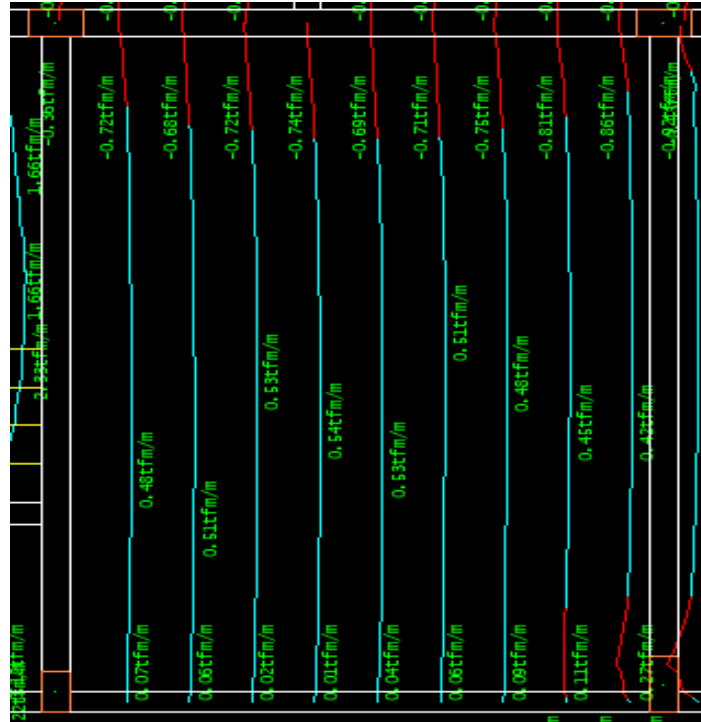
solicitações. Portanto, em termos de procedimento de cálculo a comparação entre os resultados dos dois métodos não é válida, essa comparação tem o intuito apenas de mostrar, em termos práticos, qual método irá usar mais armadura no projeto, pois ambos estão corretos segundo a norma e os procedimentos de cálculo de cada um.

Figura 21 - Modelo de grelha TQS momentos na direção principal

7tFm/m			-0.2806tFm/m	-0.0000tFm/m
0.02tFm/m	0.19tFm/m			
			-0.2826tFm/m	-0.2826tFm/m
0.04tFm/m	0.21tFm/m			0.20t
			-0.40tFm/m	-0.40tFm/m
0.04tFm/m	0.26tFm/m			
			-0.54tFm/m	-0.54tFm/m
0.04tFm/m	0.33tFm/m			
			-0.65tFm/m	-0.65tFm/m
0.03tFm/m	0.39tFm/m			
			-0.73tFm/m	-0.73tFm/m
0.2tFm/m	0.43tFm/m			
			-0.78tFm/m	-0.79tFm/m
0.00tFm/m	0.46tFm/m			
/m			-0.81tFm/m	-0.81tFm/m
0.01tFm/m	0.47tFm/m			
			-0.81tFm/m	-0.82tFm/m
0.01tFm/m	0.47tFm/m			
			-0.79tFm/m	-0.79tFm/m
0.02tFm/m	0.44tFm/m			
			-0.72tFm/m	-0.72tFm/m
/m	0.03tFm/m	0.39tFm/m		
			-0.62tFm/m	-0.64tFm/m
/m	0.05tFm/m			
			-0.63tFm/m	-0.74tFm/m
0.0tFm/m	0.8tFm/m	0.5tFm/m	0.16tFm/m	

Fonte: Autor, 2021

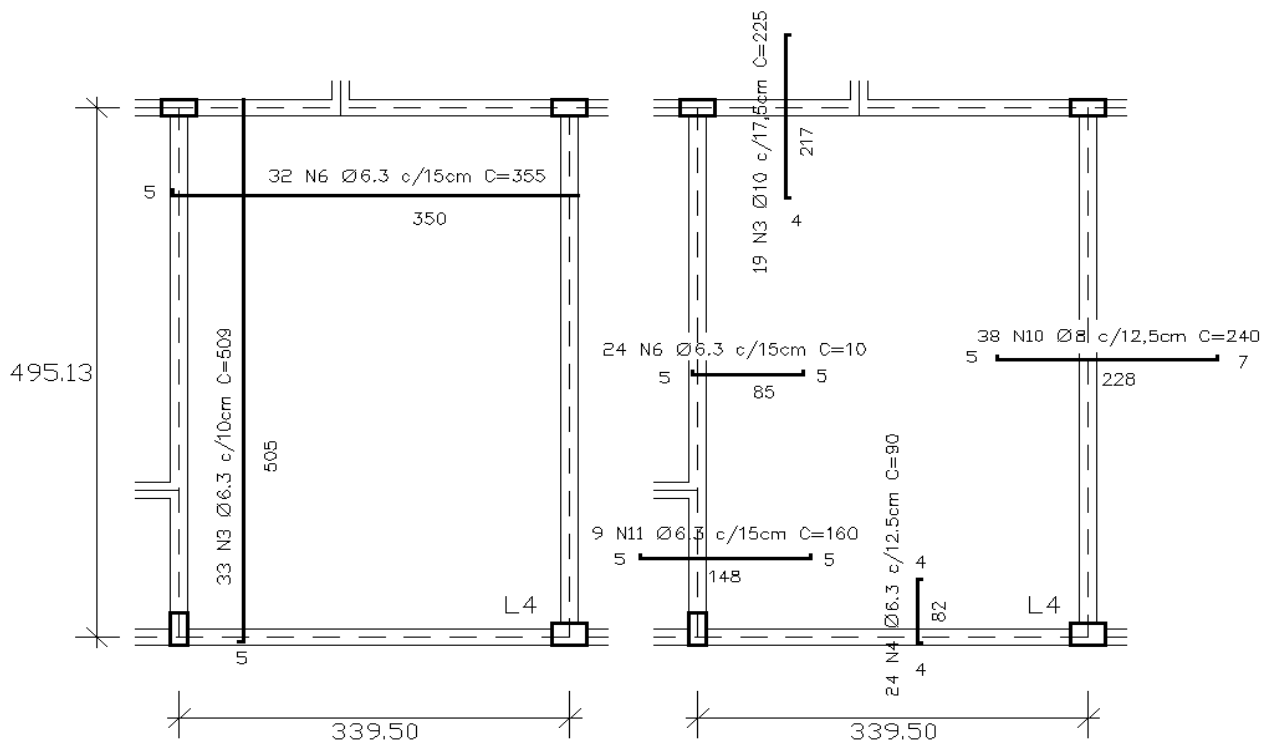
Figura 22 - Modelo de grelha TQS momentos na direção secundária



Fonte: Autor, 2021

Na Figura 23 seguem os resultados dados pelo *software* TQS v2021:

Figura 23 - Planta de aço TQS



Fonte: Autor, 2021

Quadro 42 - Comparação dos resultados calculados com os do TQS

Dados	Valores
Armadura positiva principal	
Md+ (KNcm)	812,33
Md+ (KNcm) - TQS	mét. grelha
As, calc (cm ²)	3,67
As, TQS (cm ²)	3,4
% As,calc em relação ao As, TQScalc	8%
Armadura positiva secundária	
Md+ (KNcm)	439,14
Md+ (KNcm) - TQS	mét. grelha
As, calc (cm ²)	2,08
As, TQS (cm ²)	4
% As,calc em relação ao As, TQScalc	-48%
Armadura negativa principal	
Md- (KNcm)	1622,96
Md- (KNcm) - TQS	mét. grelha
As, calc (cm ²)	6,06
As, TQS (cm ²)	4,10
% As,calc em relação ao As, TQScalc	48%
Armadura negativa secundária	
Md- (KNcm)	1082,16
Md- (KNcm) - TQS	mét. grelha
As, calc (cm ²)	4,14
As, TQS (cm ²)	4,60
% As,calc em relação ao As, TQScalc	-10%

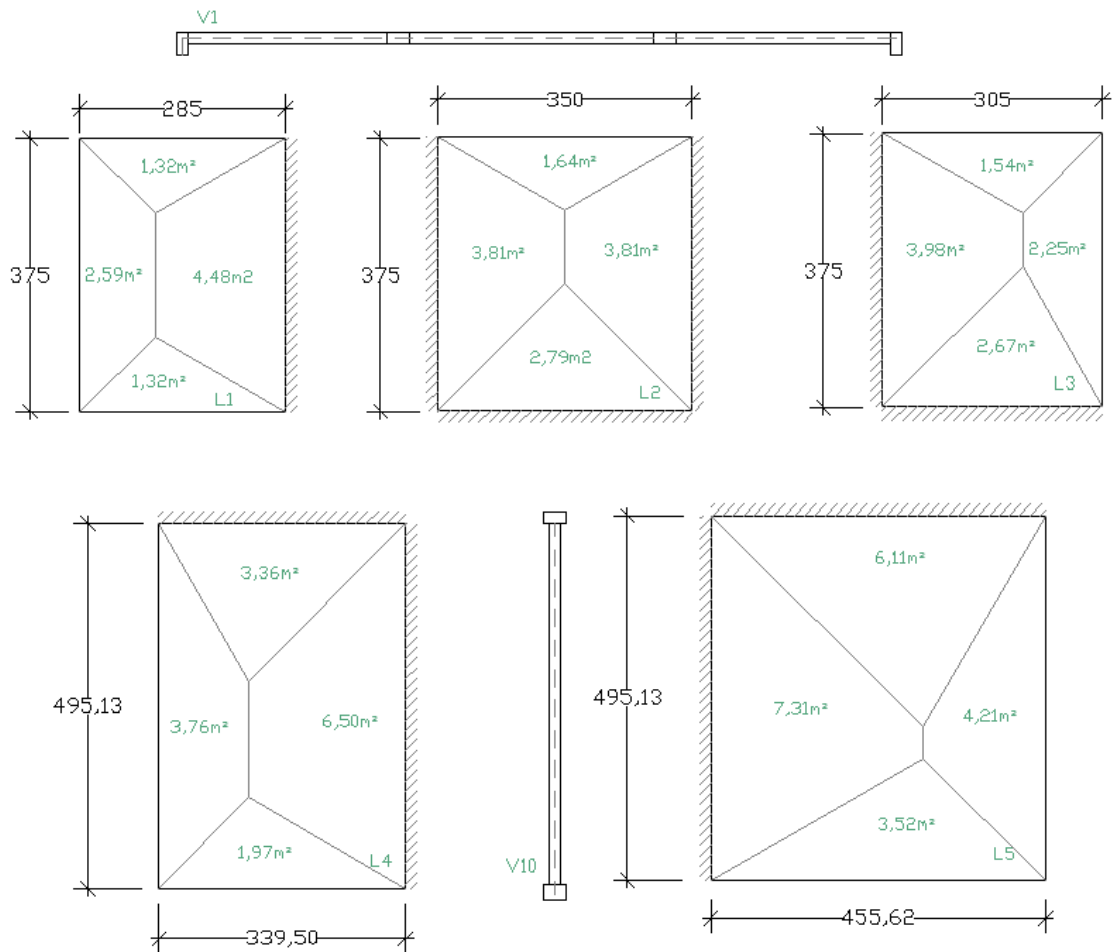
Fonte: Autor, 2021

3.6.2 Dimensionamento das vigas V1 e V10

Foi realizado o dimensionamento das áreas de aço necessárias para as vigas V1 e V10 de forma manual para atender as solicitações de cálculo. Todas as vigas foram calculadas no programa e apenas as vigas V1 e a V10 foram calculadas detalhadamente, conforme mostrado a seguir, a fim de apresentar todo o roteiro de cálculo e validar os resultados do *software* com essa comparação.

Para calcular as cargas dessas vigas foi necessário calcular as cargas de cada bordo das lajes, por meio das suas áreas de influência de acordo com as suas vinculações e linhas de ruptura. Esse procedimento foi realizado pelo Método da Chaleiras Plásticas, utilizando a representação gráfica feita no Auto Cad v2022, cuja representação das linhas segue Figura 24.

Figura 24 - Áreas de influência de cada bordo das lajes



Fonte: Autor, 2021

Para demonstrar a área de influência de cada bordo, primeiro é indicado em qual lado é representado cada bordo, conforme Figura 25:

Figura 25 - Indicação dos bordos das lajes considerados



Fonte: Autor, 2021

Com as linhas desenhadas, foi utilizada a ferramenta (área do Auto Cad) para obtenção das áreas de influência mostradas no Quadro 43:

Quadro 43 - Áreas de influência de cada bordo das lajes

Área de influência (m ²)				
Laje	Bordo 1	Bordo 2	Bordo 3	Bordo 4
L1	1,323	4,484	1,323	2,588
L2	1,639	3,81	2,799	3,81
L3	1,537	2,253	2,667	3,984
L4	3,356	6,502	1,967	3,753
L5	6,111	4,206	3,517	7,309

Fonte: Autor, 2021

Considerando o carregamento de cada laje mostrado acima no item 3.2.2 do Quadro 14 e do Quadro 15, que mostra o carregamento por metro quadrado de cada laje ($g + q$) é obtido o carregamento em (kN) de cada bordo multiplicando as suas áreas pelos carregamentos ($g + q$) de suas lajes. Desta forma o carregamento nas lajes é indicado no Quadro 44:

Quadro 44 - Cargas totais nos bordos das lajes

Cargas totais (kN)				
Laje	Bordo 1	Bordo 2	Bordo 3	Bordo 4
L1	7,078	23,99	7,08	13,85
L2	13,80	32,08	23,57	32,08
L3	8,23	12,05	14,27	21,31
L4	17,95	34,79	10,52	20,08
L5	47,79	32,89	27,50	57,16

Fonte: Autor, 2021

Os carregamentos que as lajes descarregam nas vigas é obtido com a divisão das cargas por bordo do Quadro 44 com os comprimentos de cada bordo no Quadro 45:

Quadro 45 - Cargas por metro linear das lajes nas vigas

Cargas (kN/m)				
Laje	Bordo 1	Bordo 2	Bordo 3	Bordo 4
L1	2,48	6,40	2,48	3,69
L2	2,50	5,44	4,28	5,44
L3	2,70	3,21	4,68	5,68
L4	5,29	7,03	3,10	4,06
L5	7,18	4,55	4,13	7,90

Fonte: Autor, 2021

As demais cargas que incidem nas vigas são devido ao seu peso próprio e por causa das paredes sobre as vigas, foi considerado, segundo NBR 6120/2019, uma parede de 19 cm com 2 cm de revestimento para a viga V1 e para a viga V10 foi considerado uma parede de 14 cm com revestimento de 2 cm, conforme o Quadro 12, tais resultados estão no Quadro 46:

Quadro 46 - Peso próprio e carga das paredes

Viga	Altura (cm)	Largura (cm)	Peso Próprio (kN/m)	Altura Parede (m)	Carga da Parede (kN/m)	Pp + carga da parede (KN/m)
V1	25	15	0,93	2,70	5,23	6,16
V10	35	15	1,31	2,65	6,10	7,41

Fonte: Autor, 2021

Para fins de simplificação as vigas apoiadas em vigas utilizaram-se apoio simples, para vigas apoiadas em pilares utilizou o método que considera metade do pilar acima da viga e a outra metade abaixo apenas, sendo em cima apoio simples e abaixo apoio de segunda ordem.

O programa utilizado foi o Ftool v2018, este necessita da inserção das propriedades dos materiais e propriedades geométricas. Sendo o pé-direito de 300 centímetros, a metade do pilar utilizado para cada lado é de 150 centímetros. Em todas as vigas e pilares o material utilizado foi concreto.

Em toda análise estrutural, o primeiro desenho é a representação das cargas, o segundo, o diagrama de esforço cortante, e o terceiro o diagrama de momento fletor.

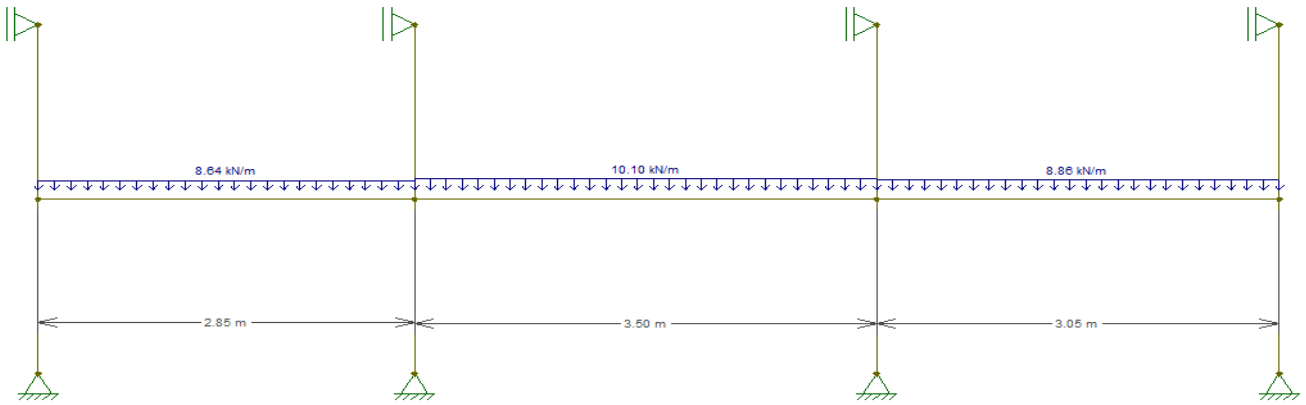
Na viga V1 o peso representado é do Bordo 1 da Laje 1, Bordo 1 da Laje 2, Bordo 1 da Laje 3, o peso de parede e o peso próprio distribuídos na viga inteira conforme o Quadro 47. O lançamento das cargas e os diagramas estão na Figura 26, na Figura 27 e na Figura 28, respectivamente:

Quadro 47 - Cargas na viga V1

bordo 1 L1 (kN/m)	bordo 1 L2 (kN/m)	bordo 1 L3 (kN/m)	Pp + carga parede, em toda viga (kN/m)
2,48	3,94	2,70	6,16

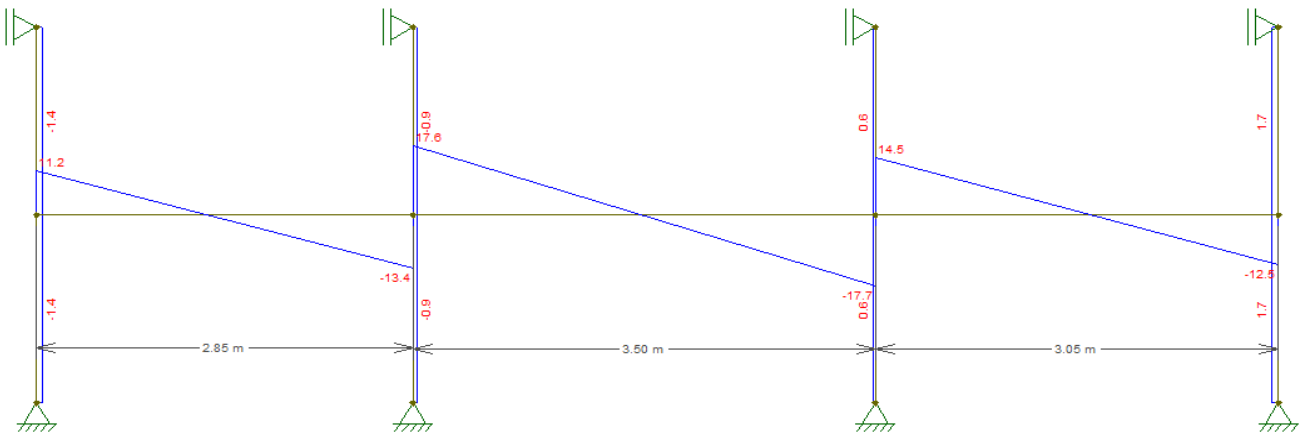
Fonte: Autor, 2021

Figura 26 - Lançamento das cargas da viga V1 no Ftool



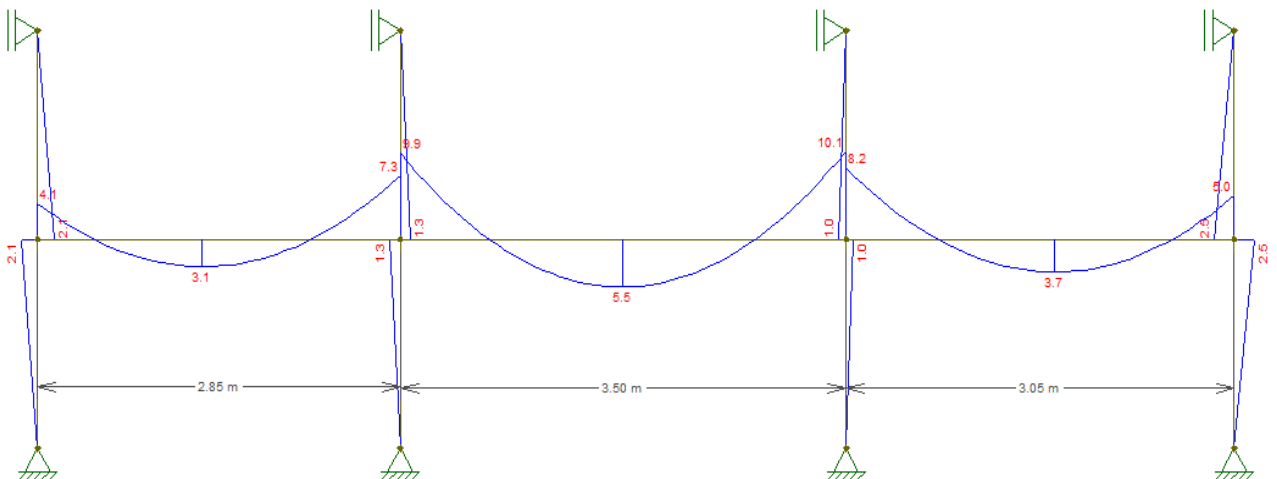
Fonte: Autor, 2021

Figura 27 - Diagrama de esforço cortante da viga V1



Fonte: Autor, 2021

Figura 28 - Diagrama de momento fletor da viga V1



Fonte: Autor, 2021

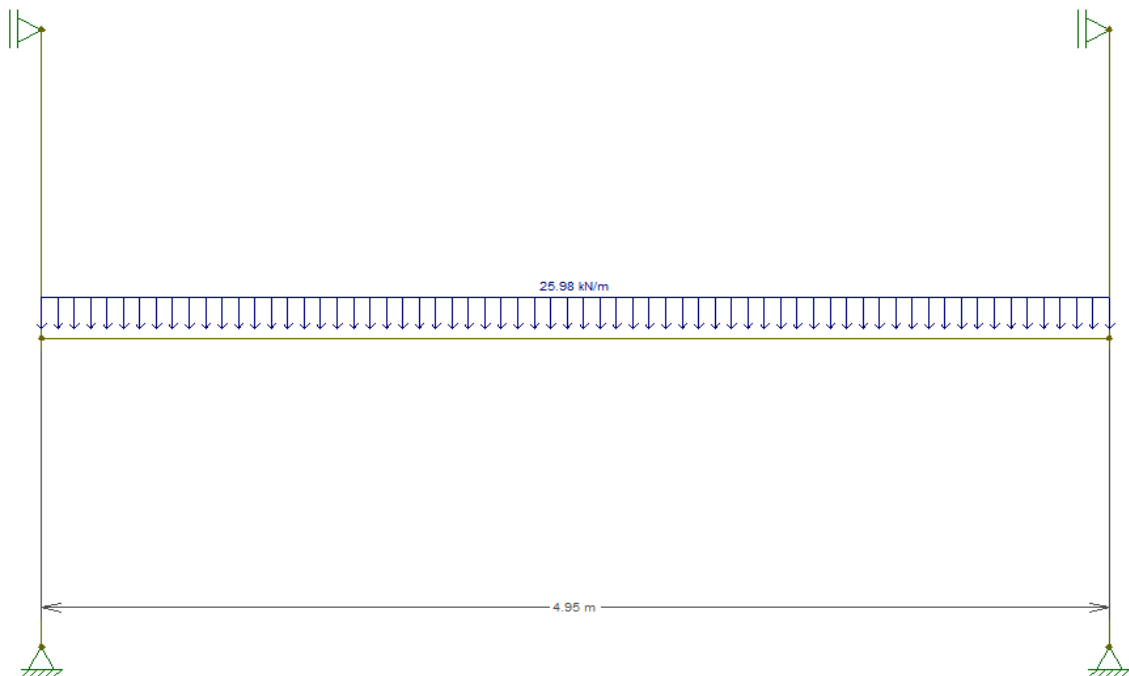
Na viga V10 estão distribuídos, o peso do Bordo 2 da laje 4, o Bordo 4 da laje 5, o peso da parede e o peso próprio distribuídos na viga inteira, respectivamente, de acordo com Quadro 48. O lançamento das cargas e os diagramas estão na Figura 29, Figura 30 e na Figura 31, respectivamente:

Quadro 48 - Cargas na viga V10

bordo 2 L4 (kN/m)	bordo 4 L5 (kN/m)	Pp + carga da parede, em toda viga (kN/m)
7,03	11,54	7,41

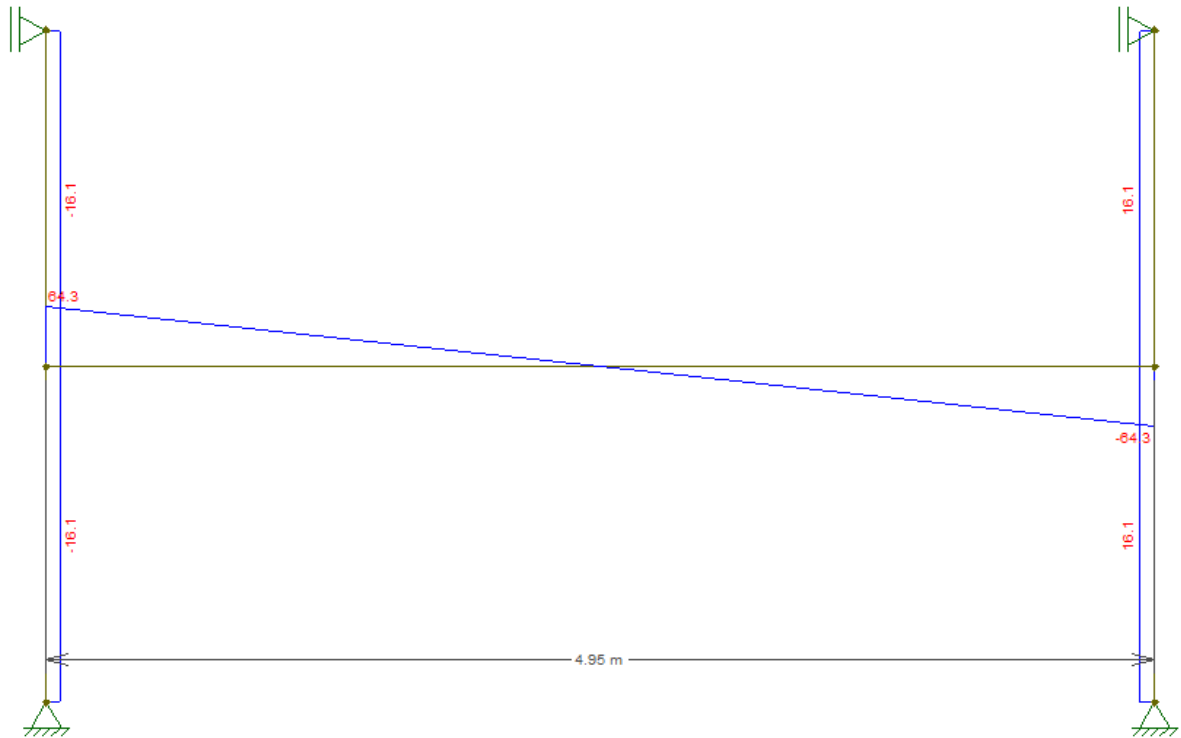
Fonte: Autor, 2021

Figura 29 - Lançamento das cargas da viga V1 no Ftool



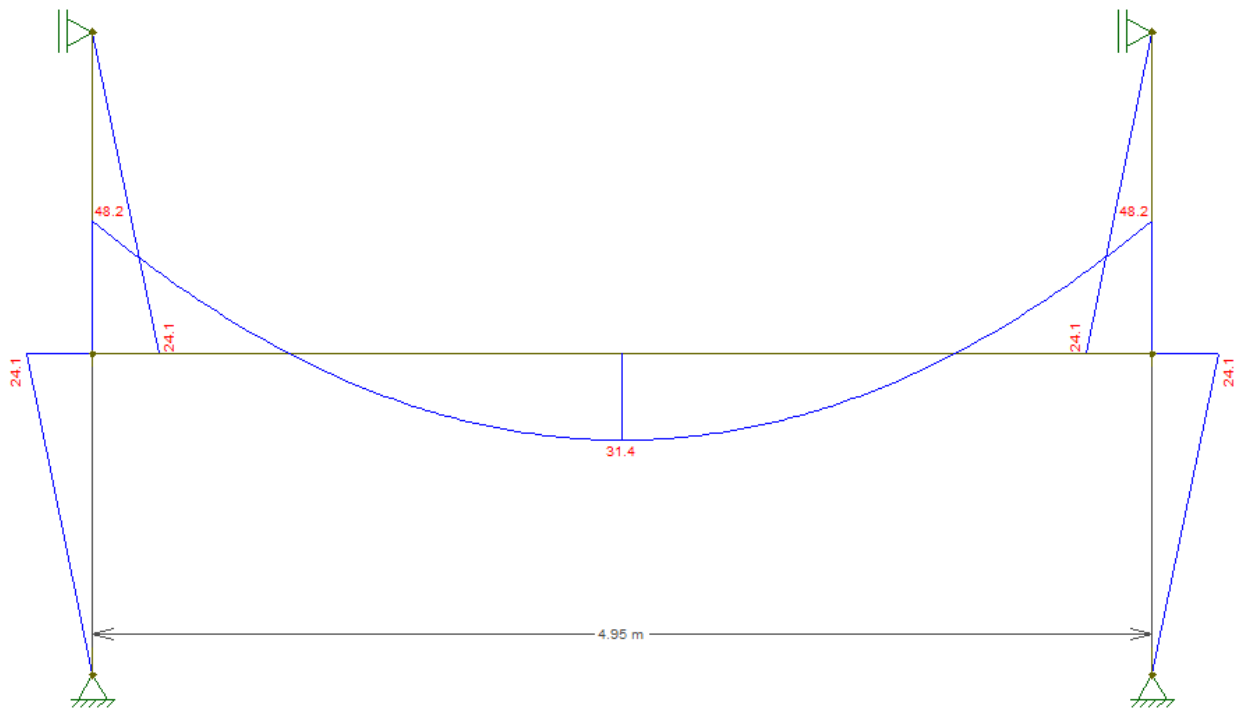
Fonte: Autor, 2021

Figura 30 - Diagrama de esforço cortante da viga V10



Fonte: Autor, 2021

Figura 31 - Diagrama de momento fletor da viga V10



Fonte: Autor, 2021

Para o cálculo da área de aço das vigas será necessário ter conhecimentos dos esforços internos atuantes, calculados acima, assim como os parâmetros de geometria e do material indicados abaixo no Quadro 49 e no Quadro 50:

Quadro 49 - Parâmetros da viga V1

Parâmetro	Valor	Unidade
γ_f	1,4	adimensional
γ_y	1,15	adimensional
h (altura da viga)	25	cm
c (cobrimento, classe agress. ambiental III)	3	cm
d (altura útil da viga)	21,5	cm
b (largura da viga)	15	cm
λ	0,8	adimensional
η	0,85	adimensional
fck	3,5	kN/cm
fyk	50	kN/cm

Fonte: Autor, 2021

Quadro 50 - Parâmetros da viga V10

Parâmetro	Valor	Unidade
γ_f	1,4	adimensional
γ_y	1,15	adimensional
h (altura da viga)	35	cm
c (cobrimento, classe agress. ambiental III)	3	cm
d (altura útil da viga)	31,5	cm
b (largura da viga)	15	cm
λ	0,8	adimensional
η	0,85	adimensional
fck	3,5	kN/cm ²
fyk	50	kN/cm ²

Fonte: Autor, 2021

Sendo d (altura útil da viga) é a sua altura total obtida no pré-dimensionamento menos 3 cm de cobrimento e 0,5 cm do diâmetro da armadura. Assim a altura útil é de 21,5 cm e de 31,5 para as vigas V1 e V10 respectivamente.

Tanto para as armaduras positivas quanto para as armaduras negativas e armaduras transversais serão utilizadas as Equações 33 a 39, para o cálculo da profundidade da linha neutra e posteriormente o cálculo das áreas de aço.

$$x = \frac{d}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{\frac{M_k}{\gamma_f}}{b d^2 \eta \frac{f_{ck}}{\gamma_y}}} \right) \quad (33)$$

$$A_s = b \lambda x \eta \frac{\frac{f_{ck}}{\gamma_f}}{\frac{f_{yk}}{\gamma_y}} \quad (34)$$

$$A_{s, \min} = 0,16\% b h \quad (35)$$

$$VR_{d2} = 0,45 b d v \frac{f_{ck}}{\gamma_f} \quad (36)$$

$$V_o = 0,6 b d f_{ct} \quad (37)$$

$$A_{sw} = \frac{(V_d - V_c) s}{0,9 d \frac{f_{ck}}{\gamma_y}} \quad (38)$$

$$f_{ctd} = \frac{0,7}{1,4} 0,3 f_{ck}^{\frac{2}{3}} \quad (39)$$

Sendo:

A_s : área de aço necessária, em cm^2 ;

$A_{s\min}$: área de aço mínima, em cm^2 ;

x : profundidade da linha neutra, em cm ;

m_d : momento de cálculo, em kNcm ;

λ : coeficiente para gerar o diagrama retangular de esforços na seção;

η : coeficiente de Rusch;

A_{sw} : área de aço transversal (estribos), em cm^2/m ;

b : dimensão da base do elemento estrutural;

x : profundidade da linha neutra, em cm ;

f_{ck} : resistência característica a compressão do concreto, em kN/cm^2 ;

f_{yk} : resistência característica a tração do aço, em kN/cm^2 ;

γ_f : ponderador de resistência do concreto;

γ_y : ponderador de resistência do aço.

f_{cd} : resistência característica do concreto minorada, em kN/cm^2 ;

f_{yd} : resistência característica do aço minorada, em kN/cm^2 ;

As equações indicadas são necessárias para a obtenção das áreas de aço das vigas, que já estão de acordo com os intervalos determinados de cálculo para a determinação de qual equação utilizar, os resultados estão no Quadro 51.

Quadro 51 - Cálculo da armadura V1

V1	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
Armadura positiva			
Mk+ (kNcm)	310	550	370
Md+ (kNcm)	434	770	518
x (cm)	0,78	1,41	0,94
As (cm²)	0,6	0,83	0,6
Armadura negativa			
Mk- (kNcm)	730	1010	820
Md- (kNcm)	1022	1414	1148
x (cm)	1,89	2,65	2,13
As (cm²)	1,11	1,55	1,25
Armadura transversal			
Vc (kN)	13,4	17,7	14,5
Vd (kN)	18,76	24,78	20,3
v (35 MPa)	0,516	0,516	0,516
VRd2 (kN)	191,6	191,6	191,6
Vo = Vc (kN)	31,8	31,8	31,8
s (cm)	100	100	100
fctd (kN/cm ²)	0,1605	0,1605	0,1605
Asw (cm²/m)	1,93	1,93	1,93

Fonte: Autor, 2021

Armadura adotada:

Armadura longitudinal positiva tramo 1: N1 2 $\phi 8$ C = 940 (1,01 cm²)

Armadura longitudinal negativa tramo 1: N2 3 $\phi 8$ C = 940 (1,51 cm²)

Armadura longitudinal positiva tramo 2: N1 2 $\phi 8$ C = 940 (1,01 cm²)

Armadura longitudinal negativa tramo 2: N2 4 $\phi 8$ C = 940 (2,01 cm²)

Armadura longitudinal positiva tramo 3: N1 2 $\phi 8$ C = 940 (1,01 cm²)

Armadura longitudinal negativa tramo 3: N2 3 $\phi 8$ C = 940 (1,51 cm²)

Armadura transversal (estribos): N3 48 $\phi 5$ c/19cm C = 63 (2,07cm²/m)

No Quadro 52 segue a comparação entre as armaduras calculadas manualmente para as vigas e o cálculo da armadura do *software* TQS v2021.

Quadro 52 - Comparação dos resultados calculados e do software TQS v2021

V1	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
Armadura positiva			
Md+ (KNcm)	434	770	518
Md+ (KNcm) - TQS	600	900	500
% Md em relação ao Md, TQS	-28%	-14%	4%
As, calc (cm ²)	0,6	0,83	0,6
As, TQS (cm ²)	0,88	1,39	0,9
% As,calc em relação ao As, TQScalc	-32%	-40%	-33%
Armadura negativa			
Md- (KNcm)	1022	1414	1148
Md- (KNcm) - TQS	1400	1400	1200
% Md em relação ao Md, TQS	-27%	1%	-4%
As, calc (cm ²)	1,11	1,55	1,25
As, TQS (cm ²)	0,96	2,38	1,56
% As,calc em relação ao As, TQScalc	16%	-35%	-20%
Armadura transversal			
Vd (KN)	18,76	24,78	20,3
Vd - TQS (KN)	24,2	22,8	22,7
% Vd em relação ao Vd, TQS	-22%	9%	-11%
Asw, calc (cm ² /m)	1,93	1,93	1,93
Asw - TQS (cm ² /m)	1,9	1,9	1,9
% As,calc em relação ao As, TQScalc	2%	2%	2%

Fonte: Autor, 2021

Os resultados das áreas de aço da viga V10 está indicado no Quadro 53:

Quadro 53 - Cálculo da armadura V10

V10	TRAMO ÚNICO
Armadura positiva	
Mk+ (kNcm)	3140
Md+ (kNcm)	4396
x (cm)	5,81
As (cm²)	3,41
Armadura negativa	
Mk- (kNcm)	4820
Md- (kNcm)	6748
x (cm)	9,37
As (cm²)	5,49
Armadura transversal	
Vc (kN)	70,1
Vd (kN)	98,14
v (35 MPa)	0,516
VRd2 (kN)	278,6
Vo = Vc (kN)	46,2
s (cm)	100
fctd (kN/cm ²)	0,1605
Asw (cm²/m)	4,15

Fonte: Autor, 2021

Armadura adotada:

Armadura longitudinal positiva: $N1 \ 4 \ \phi 12,5 \ C = 495 \ (4,91 \text{ cm}^2)$

Armadura longitudinal negativa: $N2 \ 6 \ \phi 12,5 \ C = 495 \ (7,36 \text{ cm}^2)$

Armadura transversal (estribos): $N3 \ 54 \ \phi 5 \ c/9\text{cm} \ C = 83 \ (4,36 \text{ cm}^2/\text{m})$

No Quadro 54 segue a comparação entre as armaduras calculadas manualmente, a armadura adotada para a viga e o cálculo da armadura do *software* TQS v2021.

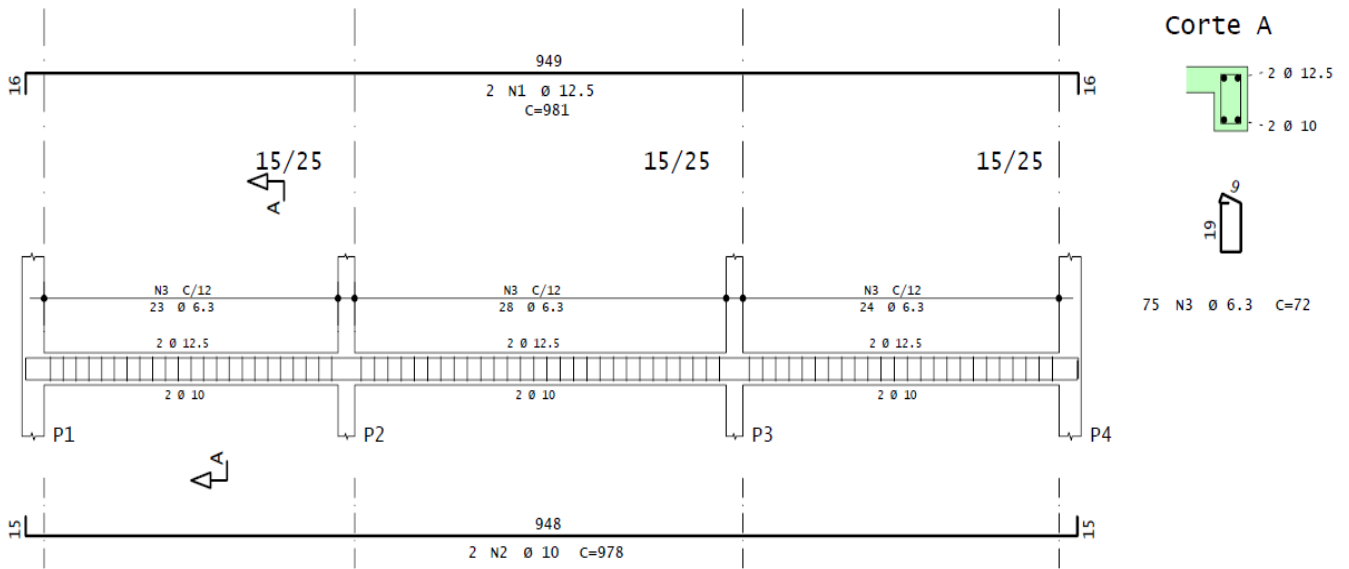
Quadro 54 - Comparação dos resultados calculados e do software TQS v2021

V10	TRAMO ÚNICO
Armadura positiva	
Md+ (KNcm)	4396
Md+ (KNcm) - TQS	4400
% Md em relação ao Md, TQS	-0,09%
As, calc (cm ²)	3,41
As, TQS (cm ²)	4,71
% As,calc em relação ao As, TQScalc	-28%
Armadura negativa	
Md- (KNcm)	6748
Md- (KNcm) - TQS	4400
% Md em relação ao Md, TQS	53%
As, calc (cm ²)	5,49
As, TQS (cm ²)	5,46
% As,calc em relação ao As, TQScalc	1%
Armadura transversal	
Vd (KN)	98,14
Vd - TQS (KN)	79,9
% Vd em relação ao Vd, TQS	23%
Asw, calc (cm ² /m)	4,15
Asw - TQS (cm ² /m)	2,3
% As,calc em relação ao As, TQScalc	80%

Fonte: Autor, 2021

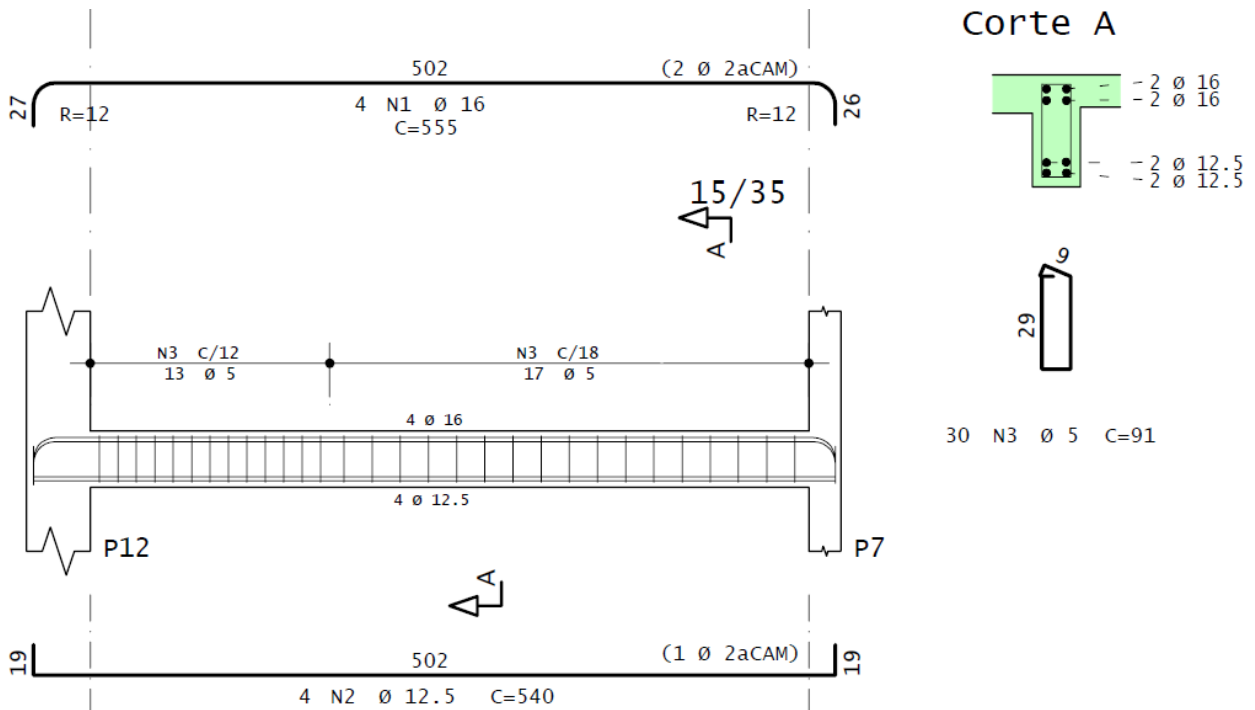
Na Figura 32 e na Figura 33 segue o detalhamento das vigas calculadas:

Figura 32 - Detalhamento viga V1 software TQS v2021



Fonte: Autor, 2021

Figura 33 - Detalhamento viga V10 software TQS v2021



Fonte: Autor, 2021

O detalhamento de todos os elementos estruturais está no projeto estrutural nos apêndices, assim como a demonstração das envoltórias solicitantes de momento fletor das vigas V1 e V10.

3.6.3 Escada

Considerando o pé direito do edifício e a altura da laje L6, respectivamente, de 2,88 m e 0,12 m e o número de degraus (nd) já definido no projeto arquitetônico em 18 degraus, conforme a Lei de Blondel (NBR 9050/2020), tem-se a Equação 40:

$$e = \frac{(pd + h)}{nd} \quad (40)$$

Onde:

e: espelho do degrau, em cm;

h: altura da laje, em cm;

nd: número de degraus;

p: base do degrau, em cm.

Sendo o $p = 28$ cm, definido no projeto arquitetônico. Segundo a Equação 40, obtém-se: $e = 17$ cm.

Aplicação da Lei de Blondel, Equação 41:

$$a) 0,63 \text{ m} \leq p + 2e \leq 0,65 \text{ m}; \quad (41)$$

$$b) \text{ piso } (p): 0,28 \text{ m} \leq p \leq 0,32 \text{ m};$$

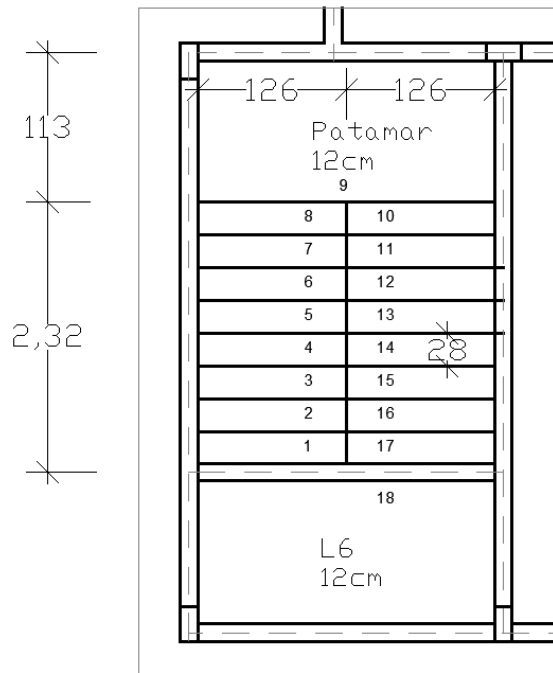
$$c) \text{ espelhos } (e): 0,16 \text{ m} \leq e \leq 0,18 \text{ m};$$

Na Equação 42 é apresentado o resultado desse método:

$$\begin{aligned} 0,63 \text{ m} &\leq p + 2e \leq 0,65 \text{ m} \\ p + 2e &= 28 + 2 * 17 = 62 \text{ m} \end{aligned} \quad (42)$$

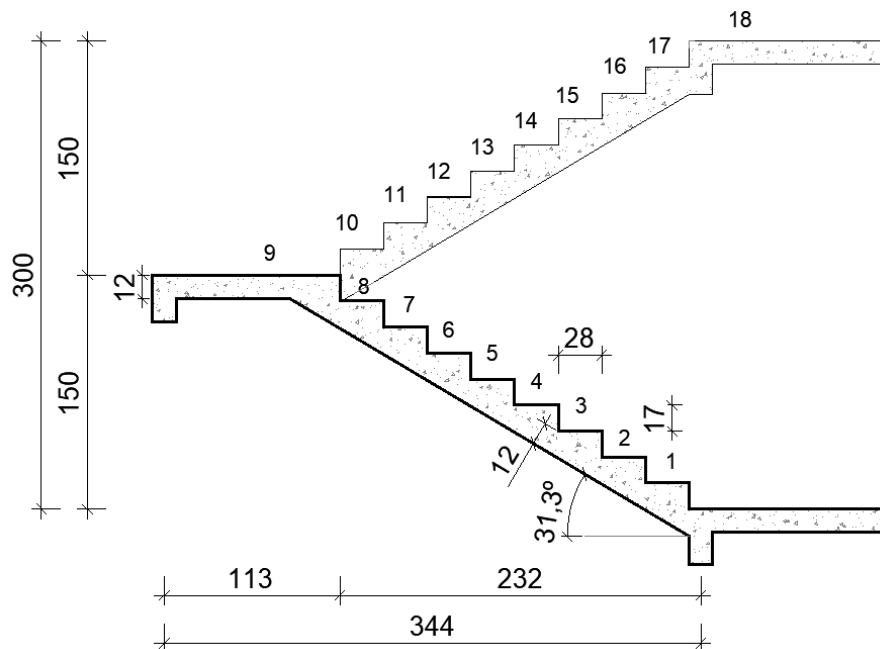
Não foi atendido o intervalo (a) da recomendação da escada, porém será mantido essas dimensões para a escada, pois é atendido às outras recomendações e porque elevar o tamanho (p) implicaria em reduzir o patamar de 1,20 m e aumentar o tamanho dos espelhos (e) aumentaria o pé direito. Logo, foi mantido as dimensões de 28 cm e 17 cm, conforme Figura 34 e a Figura 35.

Figura 34 - Planta baixa da escada



Fonte: Autor, 2021

Figura 35 - Corte da escada



Fonte: Autor, 2021

Parâmetros geométricos considerados:

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,17 / 0,28 = 0,607;$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} (0,607) = 31,3^\circ;$$

$\cos \alpha = 0,85$.

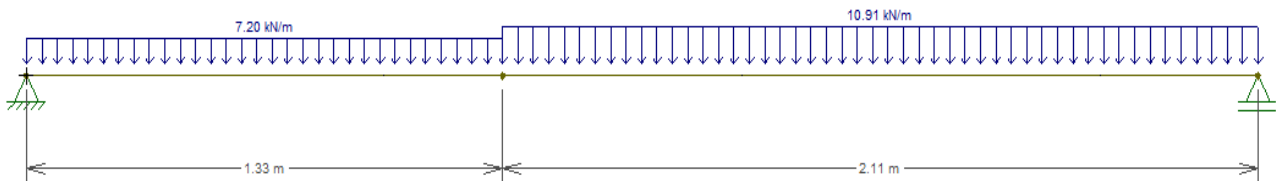
Conforme a cota da planta, Figura 34, o vão da escada é de 3,44 m. Logo, a espessura da escada, de acordo com o Quadro 55, é de 12cm.

Quadro 55 - Espessura da escada

Vão	Espessura
$\ell \leq 3\text{m}$	10 cm
$3\text{m} < \ell \leq 4\text{m}$	12 cm
$4\text{m} < \ell \leq 5\text{m}$	14 cm

Fonte: Apostila escadas de concreto armado, Campos Filho 2021

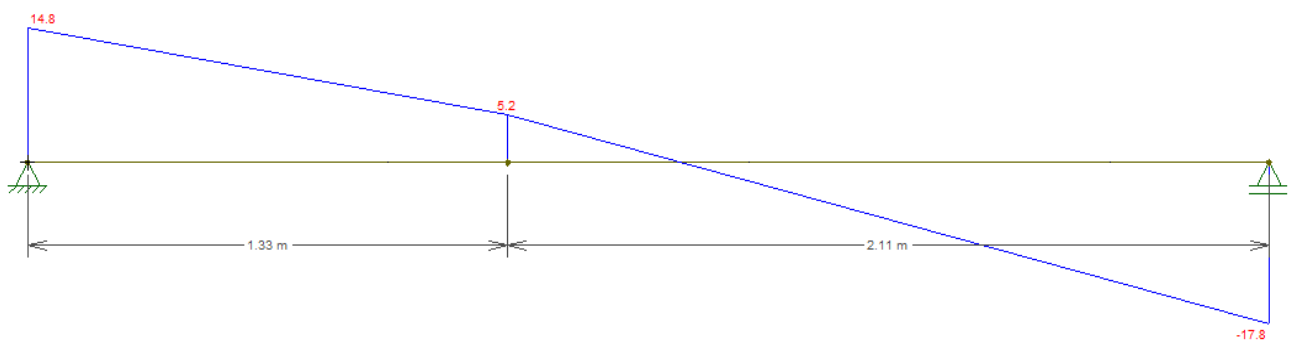
Figura 36 - Cargas na escada (kN/m)



Fonte: Autor, 2021

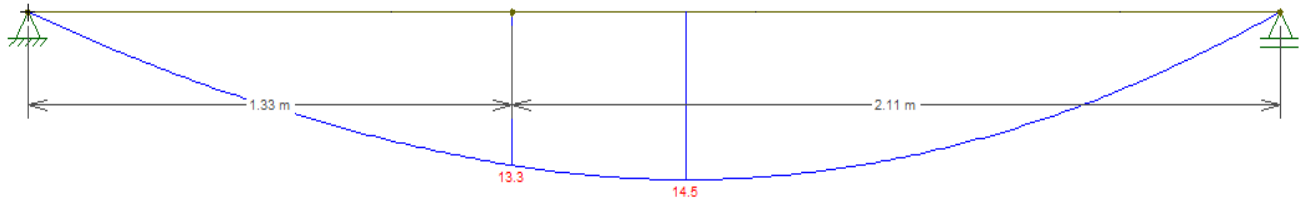
De acordo com o Quadro 18 das cargas da escada, foi realizado o seu lançamento no programa Ftool v2018. A Figura 36 indica esse lançamento, a Figura 37 mostra o diagrama de esforços cortantes e a Figura 38 apresenta o diagrama de momento fletor.

Figura 37 - Diagrama de esforço cortante (kN)



Fonte: Autor, 2021

Figura 38 - Diagrama de momento fletor (kNm)



Fonte: Autor, 2021

Abaixo seguem as informações da escada no Quadro 56 e as Equações 42 a 44 para o cálculo da área de aço. Os resultados desta estão no Quadro 57.

Quadro 56 - Parâmetros da escada

Parâmetro	Valor	Unidade
γ_f	1,4	adimensional
γ_y	1,15	adimensional
h (altura da escada)	12	cm
c (cobrimento, classe agress. ambiental III)	3	cm
d (altura útil da escada)	8,5	cm
b (largura da escada considerada)	100	cm
λ	0,8	adimensional
η	0,85	adimensional
fck	3,5	kN/cm ²
fyk	50	kN/cm ²

Fonte: Autor, 2021

$$x = \frac{d}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{\frac{Mk}{\gamma_f}}{b d^2 \eta \frac{f_{ck}}{\gamma_y}}} \right) \quad (42)$$

$$A_s = b \lambda x \eta \frac{\frac{f_{ck}}{\gamma_y}}{\frac{f_{yk}}{\gamma_y}} \quad (43)$$

$$A_{s, \min} = 0,16\% b h \quad (44)$$

Onde:

A_s : área de aço necessária, em cm²;

$A_{s\min}$: área de aço mínima, em cm²;

fck: resistência característica a compressão do concreto, em kN/cm²;

fyk: resistência característica a tração do aço, em kN/cm²;

x : profundidade da linha neutra, em cm;

m_k : momento de característico, em kNcm;

λ : coeficiente para gerar o diagrama retangular de esforços na seção;

η : coeficiente de Rusch;

d : altura útil da seção retangular, em cm.

Quadro 57 - Cálculo da área de aço da escada

Armadura longitudinal	
Mk+ (KNcm)	1450
Md+ (KNcm)	2030
x (cm)	1,51
As (cm²/m)	5,91

Fonte: Autor, 2021

Conforme tabela de área de aço, foi adotado uma área de aço de 6,04 cm² / m. Logo, a sua especificação é: Armadura principal: N4 ϕ 10 c/13cm (6,04cm²/m)

A armadura de distribuição seguirá os seguintes parâmetros, cujos resultados estão no Quadro 58.

$$A_{distr} \geq \begin{cases} \frac{A_s}{5} \\ \frac{A_{smín}}{2} \\ 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases} \quad (44)$$

Sendo:

A_s : área de aço longitudinal, em cm²;

$A_{smín}$: área de aço mínima, em cm²;

A_{distr} : área da armadura de distribuição, em cm².

Quadro 58 - Cálculo da armadura de distribuição da escada

Armadura de distribuição	
As (cm ² /m)	6,04
Asmín (cm ² /m)	1,93
Asprinc / 5 (cm ² /m)	1,21
Asmín / 2 (cm ² /m)	0,97
Adist (cm²/m)	1,21

Fonte: Autor, 2021

Assim, a armadura de distribuição é:

Armadura de distribuição: $N5 \phi 4,2 \text{ c}/11\text{cm} \text{ (}1,26\text{cm}^2/\text{m}\text{)}$

Espaçamento máximo: 20 cm ou $2h = 2 * 12 \text{ cm} = 24 \text{ cm} > 11 \text{ cm}$ ok

A armadura de ancoragem será de acordo com a Equação (45):

$$L_b = 50 * \phi A_s \quad (45)$$

Onde: $L_b = 50 * 10 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$.

Sendo:

L_b : armadura de ancoragem;

ϕA_s : área de da armadura longitudinal da escada.

O detalhamento da escada segue no Apêndice C.

3.6.4 Dimensionamento dos pilares P4, P7 e P9

O roteiro de cálculo para o cálculo dos pilares foi primeiramente definir a classificação deles em: pilar de intermediário, de canto e de extremidade. As cargas consideradas foram lançadas no *software* TQS v2022 e as solicitações atuantes nos pilares também foram obtidas por meio da análise estrutural feita nesse programa, a metodologia de cálculo dessa ferramenta considera a análise do modelo global do edifício para a obtenção dos esforços na estrutura. Todos os pilares tem o cobrimento de 3 cm, definido de acordo com o grau de agressividade ambiental da região (NBR 6118/2014).

3.6.4.1 Cálculo das excentricidades de 1º ordem

Nesse caso as excentricidades de primeira ordem para todos os pilares foram diferentes de zero mesmo para pilar intermediário, como o P7, pois pelo cálculo das solicitações do TQS há momentos nesse pilar. Isso pode ser explicado por que a viga V10 não tem continuidade após esse pilar. Esse cálculo é feito pelas Equações 46 e a 47.

$$e_{1x} = M_x/N \quad (46)$$

$$e_{1y} = M_y/N \quad (47)$$

Sendo:

e_{1x} : excentricidade de primeira ordem na direção x, em cm;

e_{1y} : excentricidade de segunda ordem na direção y, em cm;

M_x : momento atuante no pilar na direção x, em kNcm;

M_y : momento atuante no pilar na direção y, em kNcm;

N: esforço normal no pilar, em kN.

3.6.4.2 Cálculo do índice de esbeltez

As Equações 48 e a 49 calculam os índices de esbeltez nas direções (x,y), em função das dimensões de cada pilar.

$$\lambda_x = 3,46 * \left(\frac{l_e}{h_x}\right) \quad (48)$$

$$\lambda_y = 3,46 * \left(\frac{l_e}{h_y}\right) \quad (49)$$

Sendo:

λ_x : índice de esbeltez na direção x;

λ_y : índice de esbeltez na direção y;

l_e : comprimento de flambagem do pilar, em cm;

h_x : dimensão do pilar em planta em x, em cm;

h_y : dimensão do pilar em planta em y, em cm.

3.6.4.3 Cálculo das excentricidades mínimas de 1º ordem

De acordo com as Equações 50 a 53 se o pilar apresentar excentricidades menores do que a excentricidade mínima, estabelecido no item 11.3.3.4.3 da NBR 6118, αb deve ser tomado igual a 1. E o valor de αb deve ser sempre maior ou igual a 0,40.

$$M_{1d, \min} = N d (0,015 + 0,03h) \quad (50)$$

$$e_{1x, \min} = 1,5 \text{ cm} + 0,03 * h_x \quad (51)$$

$$e_{1y, \min} = 1,5 \text{ cm} + 0,03 * h_y \quad (52)$$

$$\alpha_b = 0,60 + 0,40 \frac{e_{1xB}}{e_{1xA}} \quad (53)$$

Sendo:

$e_{1x,min}$: excentricidade mínima na direção x, em cm;

$e_{1y,min}$: excentricidade mínima na direção y, em cm;

h_x : dimensão do pilar em planta em x, em cm;

h_y : dimensão do pilar em planta em y, em cm;

α_b : coeficiente em função da excentricidade.

O cálculo do índice de esbeltez limite é obtido por meio das Equações

$$\lambda_{1x} = \frac{25 + 12,5 * \frac{e_1}{h_x}}{\alpha_b x} \quad (54)$$

$$\lambda_{1y} = \frac{25 + 12,5 * \frac{e_1}{h_y}}{\alpha_b y} \quad (55)$$

Sendo que o índice de esbeltez limite deve estar entre os seguintes valores: $35 < \lambda_1 < 90$.

Se $\lambda < \lambda_1$ considera-se o pilar como um pilar curto, logo, não há a necessidade de considerar as análises de 2º ordem local e o pilar é considerado como um pilar curto. Por outro lado, se $\lambda > \lambda_1$ deve-se considerar os efeitos de 2º ordem local nos pilares, pois o pilar será classificado como um pilar esbelto.

Há dois métodos de cálculo dessas considerações de 2º ordem que são:

a) método do pilar padrão com curvatura aproximada;

b) método do pilar padrão com rigidez aproximada.

Foi utilizado neste trabalho o método do pilar padrão com rigidez aproximada. Onde é aplicado a equação do segundo grau, conforme a NBR 6118/2014, onde as Equações 56 a 59.

$$A = 5 \quad (56)$$

$$B = h_x - \frac{\lambda^2 * h}{3840} - 5 * \alpha_b * e_1 \quad (57)$$

$$C = - h * \alpha_b * e_1 \quad (58)$$

$$e = -B^2 + \sqrt{B^2 - 4 * A * C} \quad (59)$$

Sendo:

A: parâmetro dado pela norma NBR 6118/2014;

B: parâmetro dado pela norma NBR 6118/2014;

C: parâmetro dado pela norma NBR 6118/2014

e1: excentricidade mínima na direção x ou y, em cm;

h: dimensão do pilar em planta em x ou y, em cm;

ob: coeficiente em função da excentricidade em x ou y.

3.6.4.4 Situações de cálculo

Para a definição das armaduras dos pilares além desses cálculos acima, será utilizado o programa do Professor Américo Campos Filho da UFRGS: Seções Retangulares – Flexão Compostas, cuja demonstração segue na Figura 48, Figura 49 e na Figura 50 do Apêndice A. Esse programa faz o dimensionamento de seções retangulares de concreto armado à flexão composta oblíqua, cujos dados de entrada são definir a posição de distribuição das armaduras, tipo de concreto, dimensões e cobrimento dos pilares e os esforços normais e de momento fletor em x e y.

Dessa forma, para lançar nesse programa a solicitação do momento fletor deve-se multiplicar o esforço normal pelo maior valor de excentricidade no pilar (em x ou y) encontrado por meio das formulações acima. Logo, fazendo todos os cálculos utilizando as fórmulas acima chega-se aos seguintes resultados de situação de cálculo para os pilares.

3.6.4.5 Taxa de armadura longitudinal mínima

A taxa de armadura mínima de cada pilar foi calculada, conforme Equações 60 e 61:

$$\rho_{min} = 0,15 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} v \geq 0,40\% \quad (60)$$

$$v = \frac{Nd}{Ac * f_{cd}} \quad (61)$$

Onde:

ρ_{min} : taxa de armadura longitudinal mínima para o pilar, em %;

N_d : força de cálculo no pilar, em kN;

A_c : área estimada dos pilares, em cm^2 ;

f_{cd} : resistência característica do concreto minorada, em kN/cm^2 ;

Após fazer os cálculos destas formulações têm-se o resultado das áreas mínimas desses pilares, de acordo com o Quadro 59, sendo que a área calculada apresentada é calculada posteriormente e segue neste quadro para comparação com a área mínima.

Quadro 59 - Área mínima de aço

PILARES	P4	P7	P9
f_{cd} (kN/cm^2)	2,50	2,50	2,50
f_{yd} (kN/cm^2)	43,48	43,48	43,48
N_d (kN)	191,40	689,70	503,70
A_c (cm^2)	600	600	600
v	0,13	0,46	0,34
ρ_{min}	0,110%	0,397%	0,290%
$A_{s,min}$ (cm^2)	0,66	2,38	1,74
A_s , calculada (cm^2)	0,66	9,82	1,74

Fonte: Autor, 2021

Sendo que essa área mínima é a calculada pela Equação 60, e como a bitola mínima para pilar, segundo a NBR 6118/2014, é de 10 mm as áreas mínimas desses pilares passam a ser de $3,14 cm^2$, que são equivalentes a 4 barras de 10 mm.

O Quadro 60 indica os resultados de todas as equações apresentadas acima e as situações de cálculo de cada pilar, para o dimensionamento das armaduras.

Quadro 60 - Cálculo dos pilares

PILARES	P4	P7	P9
TIPO	CANTO	INTERMEDIÁRIO	EXTREMIDADE
hx (cm)	20	30	30
hy (cm)	30	20	20
Le (cm)	300	300	300
Topo			
N,sd (kN)	191,40	689,70	503,70
Mx,sd (kNm)	-5,00	16,10	2,80
My,sd (kNm)	-10,60	7,00	-12,22
Base			
N,sd (kN)	191,4	689,70	503,7
Mx,sd (kNm)	6,5	-10,30	1,5
My,sd (kNm)	17	-10,00	10,1
Excentricidade de 1º ordem			
e1xa (cm)	3,40	2,33	0,56
e1xb(cm)	-2,61	-1,49	0,30
e1ya (cm)	8,88	1,01	2,01
e1yb (cm)	-5,54	-1,45	-2,43
Índice de esbeltez			
λ_x	51,90	34,60	34,60
λ_y	34,60	51,90	51,90
Excentricidade de mínima			
M1d,min x (kNcm)	172,26	931,10	680,00
M1d,min y (kNcm)	258,39	620,73	453,33
e1x,min (cm)	2,10	2,40	2,40
e1y,min (cm)	2,40	2,10	2,10
α_{bx}	0,40	1,00	1,00
α_{by}	0,40	1,00	1,00
Excentricidade ponderada na seção intermediária			
ex, seção intermediária (cm)	2,1	2,4	2,4
ey, seção intermediária (cm)	3,55	2,1	3,39
Índice de esbeltez limite			
λ_{1x}	62,85	25,10	25,02
λ_{1y}	71,75	25,63	26,25
Análise de 2º ordem local - Método da Rigidez aproximada			
Considerar efeitos de 2º ordem	NÃO, PILAR CURTO	SIM, EM Y	SIM, EM Y
ex,total (cm)	-	-	-
ey,total (cm)	-	3,39	3,39
SITUAÇÃO DE CÁLCULO: SEÇÃO DE EXTREMIDADE			
N,sd (kN)	191,40	689,70	503,70
Mx (kNm)	6,50	16,55	12,09
My (kNm)	17,00	14,48	10,58
SITUAÇÃO DE CÁLCULO: SEÇÃO INTERMEDIÁRIA			
N,sd (kN)	191,40	689,70	503,70
Mx (kNm)	4,02	16,55	12,09
My (kNm)	6,80	23,36	17,06

Fonte: Autor, 2021

3.6.4.6 Dimensionamento das armaduras longitudinais

O dimensionamento foi feito utilizando o programa citado acima com os valores das situações de cálculo do Quadro 60.

O dimensionamento da seção retangular de concreto armado do pilar P4 à flexão composta oblíqua segue na Figura 48 do Apêndice A. No Quadro 61 é apresentado o resultado do dimensionamento do pilar P4:

Quadro 61 - Área de aço longitudinal do pilar P4

DETALHAMENTO		
área de aço programa	solução não converge: usar área mín.	-
4 barras Φ 10 mm	3,14	cm²

Fonte: Autor, 2021

O dimensionamento da seção retangular de concreto armado do pilar P7 à flexão composta oblíqua segue na Figura 49 do Apêndice A. No Quadro 62 é apresentado o resultado do dimensionamento do pilar P7:

Quadro 62 - Área de aço longitudinal do pilar P7

DETALHAMENTO		
área de aço programa	9,14	cm ²
8 barras Φ 12,5 mm	9,816	cm²

Fonte: Autor, 2021

O dimensionamento da seção retangular de concreto armado do pilar P9 à flexão composta oblíqua segue na Figura 50 do Apêndice A. No Quadro 63 é apresentado o resultado do dimensionamento do pilar P9:

Quadro 63 - Área de aço longitudinal do pilar P9

DETALHAMENTO		
área de aço programa	solução não converge: usar área mín.	-
4 barras Φ 10mm	3,14	cm²

Fonte: Autor, 2021

Conforme foi dito no item 3.6.4.5 deste trabalho, os pilares P4 e P9 apresentam as áreas mínimas de 3,14 cm² devido a bitola mínima do pilar e porque a situação de cálculo não

convergiu no programa do Professor Américo C. Filho, devendo ser adotado a armadura mínima, como esta é menor do que a mínima de 4 varas de aço com bitola de 10 mm, adotou-se essa a área de 3,14 cm² para esses pilares.

As expressões, Equação 62, indicam os espaçamentos mínimos entre as armaduras longitudinais.

$$e \geq \begin{cases} 2 \text{ cm;} \\ \Phi l = \text{diâmetro da armadura longitudinal} = \begin{cases} 1 \text{ cm} \\ 1,25 \text{ cm} \\ 1,6 \text{ cm} \end{cases} \\ 1,2 d_{max} \text{ agragado} = 1,2 * 1,9 = 2,3 \text{ cm} \end{cases} \quad (62)$$

Onde:

e: espaço livre entre as armaduras mínimo, em cm;

Desta forma, tem-se para os seguintes pilares:

$$\text{Pilar P4: } e = 20 - 2*3 - 2*0,5 - 2*1 = 11 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

$$\text{Pilar P7: } e = 20 - 2*3 - 2*0,5 - 2*1,25 = 10,5 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

$$\text{Pilar P7: } e = [(30 - 2*3 - 2*0,5 - 1,25) / 3] - 1,25 = 6 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

$$\text{Pilar P9: } e = 20 - 2*3 - 2*0,5 - 2*1 = 11 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

Já as expressões, da Equação 63, indicam os espaçamentos máximos entre as armaduras longitudinais.

$$sl \leq \begin{cases} 2 \times \text{menor dimensão da seção} = 2 * 20 = 40 \text{ cm} \text{ para os 3 pilares;} \\ 40 \text{ cm;} \end{cases} \quad (63)$$

Onde:

sl: espaço livre entre as armaduras máximo, em cm;

Assim, para cada pilar tem-se:

$$\text{Pilar P4: } sl = 40 - 2*3 - 2*0,5 - 1 = 32 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

$$\text{Pilar P7: } sl = 40 - 2*3 - 2*0,5 - 1,25 = 31,75 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

$$\text{Pilar P9: } sl = 40 - 2*3 - 2*0,5 - 1 = 32 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

O dimensionamento da armadura transversal (estribos) deve ser de no mínimo 5 mm de diâmetro e conforme a Equação 64.

$$\Phi_t = \Phi l / 4 \quad (64)$$

Onde:

Φ_t : diâmetro do estribo, em mm;

Φl : diâmetro da armadura longitudinal, em mm;

Limitação da norma quando o valor $\Phi_t < \Phi l / 4$, usar a Equação (65):

$$St, \max = 90000 \left(\frac{\Phi_t^2}{\Phi l} \right) * \frac{1}{f_{yk}} \text{ com } f_{yk} \text{ em MPa} \quad (65)$$

Onde:

St, \max : espaçamento máximo entre as armaduras transversais, em cm;

Φ_t : diâmetro do estribo, em mm;

Φl : diâmetro da armadura longitudinal, em mm;

O espaçamento máximo entre as armaduras transversais é definido conforme Equação (66):

$$St \leq \begin{cases} 20 \text{ cm;} \\ \text{menor dimensão da seção;} \text{ com } f_{yk} \text{ em MPa} \\ 12 * \Phi l \text{ para aço CA - 50;} \end{cases} \quad (66)$$

Adotando-se estribos de 5 mm, pela Equação 66, tem-se:

$$\text{Pilar P4: } St \leq \begin{cases} 20 \text{ cm;} \\ \text{menor dimensão da seção} = 20 \text{ cm} \\ 12 * \Phi l = 12 * 1 \text{ cm} = 12 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\text{Pilar P7: } St \leq \begin{cases} 20 \text{ cm;} \\ \text{menor dimensão da seção} = 20 \text{ cm} \\ 12 * \Phi l = 12 * 1,25 \text{ cm} = 15 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\text{Pilar P9: } St \leq \begin{cases} 20 \text{ cm;} \\ \text{menor dimensão da seção} = 20 \text{ cm} \\ 12 * \Phi l = 12 * 1 \text{ cm} = 12 \text{ cm} \end{cases}$$

O espaçamento máximo entre armaduras transversais, considerando a expressão (65), será de:

$$\text{Todos pilares } St, \max = 90 * \left(\frac{0,5^2}{0,5}\right) * \frac{1}{3,0} = 15 \text{ cm}$$

Por conseguinte, têm-se para cada pilar o seguinte resultado de estribo:

Pilar P4: Estribos $\Phi 5 \text{ mm c/ 12 cm}$.

Pilar P7: Estribos $\Phi 5 \text{ mm c/ 15 cm}$.

Pilar P9: Estribos $\Phi 5 \text{ mm c/ 12 cm}$.

3.6.4.7 Dimensionamento das armaduras longitudinais

Portanto, segue o Quadro 64 com a comparação entre os resultados obtidos no cálculo manual dos pilares e os obtidos pelo *software*.

Quadro 64 - Resultados adotadas no cálculo e no software TQS v2021

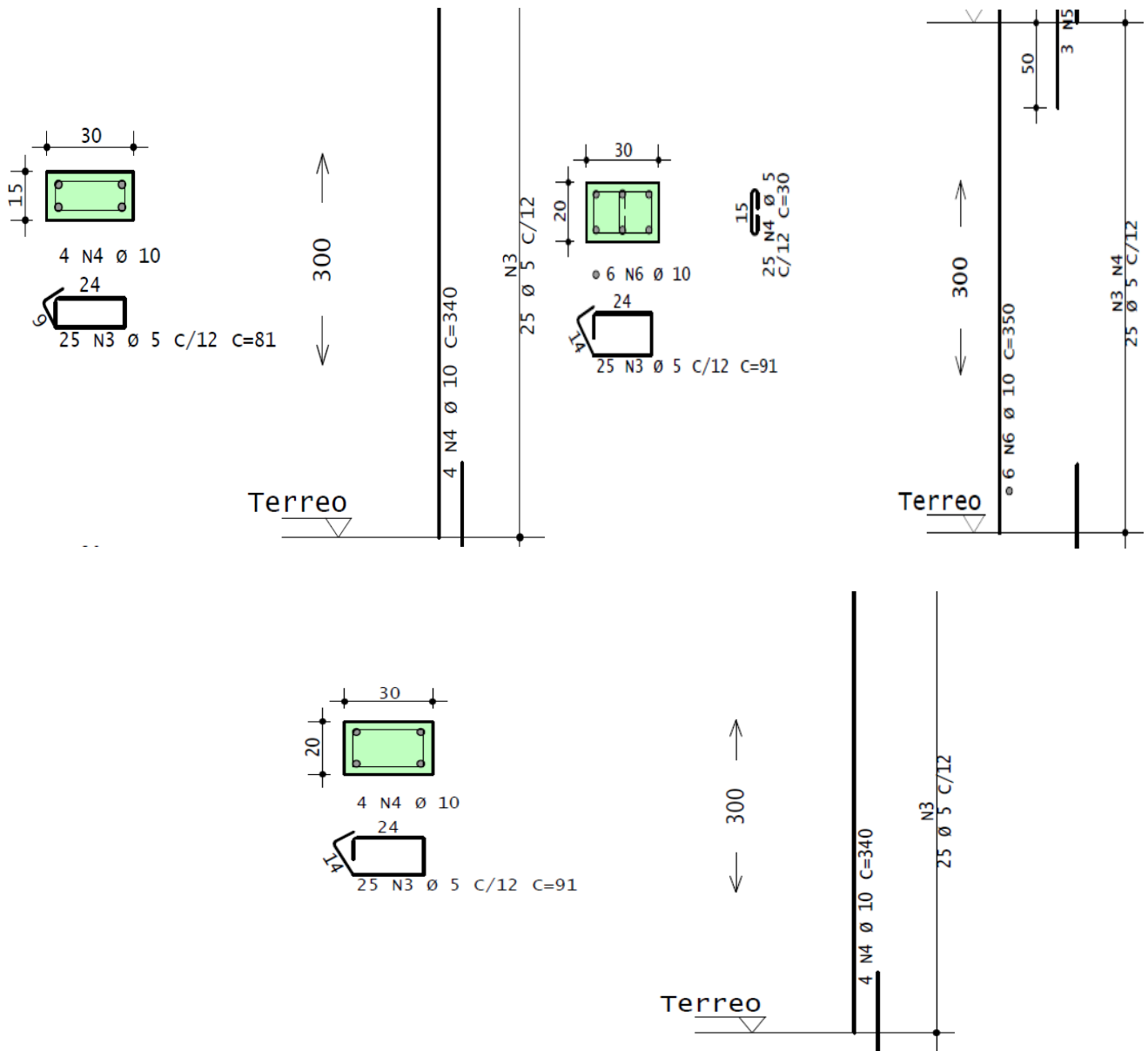
Armadura longitudinal		
Pilar	Dados	Valores
P4	Calculado: 4 barras $\Phi 10 \text{ mm}$ (cm^2)	3,14
	TQScalc: 4 barras $\Phi 10 \text{ mm}$ (cm^2)	3,14
	% As,calc em relação ao As, TQScalc	0%
P7	Calculado: 8 barras $\Phi 16 \text{ mm}$ (cm^2)	9,82
	TQScalc: 4 barras $\Phi 10 \text{ mm}$ (cm^2)	4,71
	% As,calc em relação ao As, TQScalc	108,49%
P9	Calculado: 4 barras $\Phi 12,5 \text{ mm}$ (cm^2)	3,14
	TQScalc: 4 barras $\Phi 10 \text{ mm}$ (cm^2)	3,14
	% As,calc em relação ao As, TQScalc	0%
Armadura transversal		
Pilar	Dados	Valores
P4	Calculado: $\Phi 5 \text{ mm c/12cm}$ (cm^2)	3,27
	TQScalc: $\Phi 5 \text{ mm c/12cm}$ (cm^2)	3,27
	% Asw,calc em relação ao As, TQScalc	0%
P7	Calculado: $\Phi 5 \text{ mm c/15cm}$ (cm^2)	2,62
	TQScalc: $\Phi 5 \text{ mm c/12cm}$ (cm^2)	3,27
	% Asw,calc em relação ao As, TQScalc	-20%
P9	Calculado: $\Phi 5 \text{ mm c/12cm}$ (cm^2)	3,27
	TQScalc: $\Phi 5 \text{ mm c/12cm}$ (cm^2)	3,27
	% Asw,calc em relação ao As, TQScalc	0%

Fonte: Autor, 2021

Da mesma forma que foi mostrado para as lajes e vigas o cálculo manual apresentado foi realizado de maneira diferente ao do TQS. O dimensionamento no *software* é feito de forma indireta, por verificação, de cada situação para cada combinação, que resultou para os pilares P4 e P9 as áreas mínimas, por isso na comparação os resultados são próximos, exceto para o P7. Logo, estas comparações são mais apropriadas na comparação final do aço adotado em cada situação e não pelo procedimento de cálculo, por utilizarem métodos diferentes.

Na Figura 39 segue o detalhamento de cada pilar no pavimento térreo.

Figura 39 - Detalhamento dos pilares, P4 à esquerda, P7 à direita e P9 abaixo



4 PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

O projeto hidrossanitário é dividido em três tipos de projeto: o de instalações de água fria, instalações de esgoto e o de instalações pluviais. O dimensionamento e os critérios de traçado das tubulações estão apresentados neste capítulo 4 e os projetos completos no Apêndice D.

4.1 Instalações de água fria

As instalações de água fria têm como objetivo permitir o abastecimento de água potável aos pontos de consumo de todas as unidades residenciais do edifício, considerando o traçado do sistema hidráulico necessário para cumprir aos critérios de vazão, velocidade máxima e pressão de cada ponto em cada trecho da tubulação, a fim de atender a NBR 5626/1998.

4.1.1 Abastecimento e dimensionamento dos reservatórios

A modalidade de abastecimento do prédio obedece ao sistema indireto com o uso de bombas de recalque. Adotou-se um reservatório inferior, alimentado pela rede pública de abastecimento, que por meio do sistema elevatório, realiza a alimenta os reservatórios superiores, localizados de forma elevada sobre a laje da cobertura.

Para o dimensionamento dos reservatórios foi utilizado o método do consumo diário, onde o consumo diário per capita é pré-determinado em tabela. A população é determinada, segundo Código de Instalações Prediais de Água e Esgoto da CESAN (concessionária do estado), o qual estabelece que para dormitórios até 12,00m² a população é tomada como 2 pessoas. Para dormitórios com área superior aos 12,00m² conta-se população de 3 pessoas e para quarto de serviço considera-se 1 pessoa. Tem-se assim, segundo planta baixa no Apêndice C, uma população de 7 pessoas por andar, totalizando 21 pessoas no edifício. Considerando o consumo de água per capta de 200 L (vide Quadro 65), conforme Equação 67, é obtido uma demanda de 4200 L por dia.

Quadro 65 - Consumo per capita diário

Consumo estimado de instalações (litros/dia)	
Residências	150 per capita
Casa populares ou rurais	120 per capita
Apartamentos	200 per capita
Alojamentos provisórios	80 per capita
Restaurantes e similares	25 por refeição
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	120 por hóspede
Escolas - Externatos	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Ambulatórios	25 per capita
Escritórios	50 per capita
Lavanderias	50 por Kg de roupa seca
Templos	2 por lugar
Orfanatos, asilos, berçários	150 per capita
Mercados	5 por m ² de área
Edifícios comerciais	50 per capita
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Hospitais	150 por leito
Fabricas em geral (apenas consumo pessoal)	70 por operário

Fonte: Creder (1991)

$$CD = Cp * P \quad (67)$$

Sendo:

CD = consumo diário total;

Cp = consumo per capita;

P = população atendida.

Entretanto, de modo conservador a fim de se garantir maior independência da rede pública em situações de não abastecimento e manutenções, foi considerado 50% a mais do valor do consumo diário (CD), sendo o valor de 6300 L, suprimindo o prédio até 36 horas sem abastecimento público.

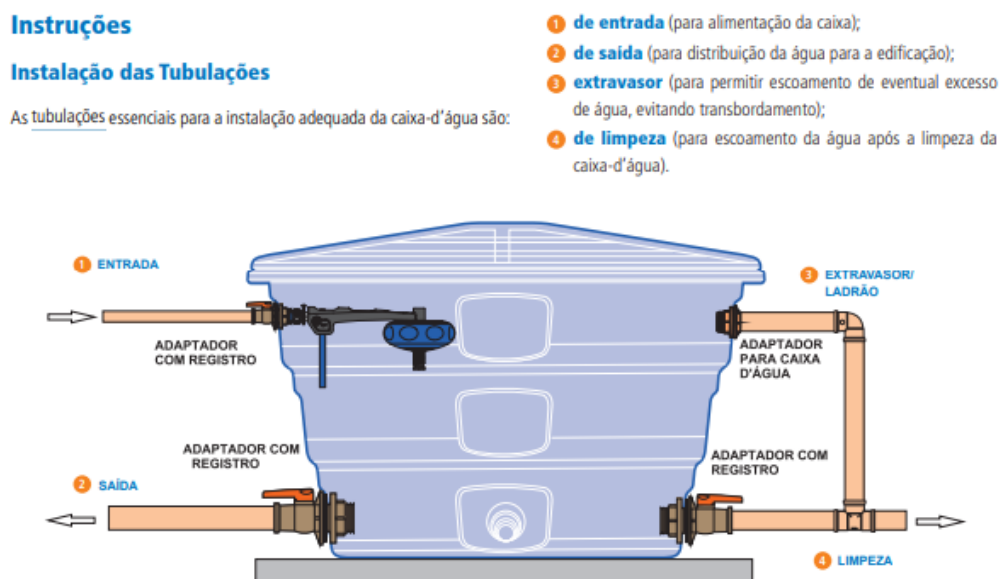
Considerando que a reserva técnica de incêndio (RTI) é 20% do valor do consumo diário de 4200 L, tem-se que essa reserva é de 840 L. Porém, ao se multiplicar o valor do consumo diário por 1,5 (50%), é obtido um volume maior do que o valor desta reserva de 840 L. Logo, a RTI está atendida sendo instalada necessariamente no reservatório superior, deixando no mínimo esses 840 L de água abaixo das tubulações de abastecimento do edifício, para se garantir essa reserva para o edifício.

Foram adotados reservatórios comerciais de fibra. Dessa forma, foi utilizado os tamanhos de reservatórios disponíveis no mercado, sendo: Dois Reservatórios Superiores em

Polietileno 1000 L cada (diâmetro maior: 1,52 m; diâmetro menor: 1,51m; altura: 0,97 m – marca consultada: FortLev ou similar) e dois Reservatório Inferiores em Polietileno 2000 L cada (diâmetro maior: 2,95m; diâmetro menor: 2,41m; altura: 2,57m – marca consultada: FortLev ou similar). Em suma, o volume total dos reservatórios é de 6000 L (4000 L no reservatório inferior e 2000 L no reservatório superior).

A tubulação de entrada da concessionária entra pela parte esquerda do terreno e se dirige aos reservatórios inferiores. Estes apresentam tubulações de limpeza, extravasares, ventilação, alimentação e saída, conforme Figura 40. O sistema de recalque é ligado a duas bombas, que não foram dimensionadas neste trabalho, ficando a cargo do cliente passar as especificações técnicas de volume de cada reservatório para a elevação e a altura de recalque, com esses dados ele pode definir junto ao fornecedor as duas ou uma bomba ideal para a instalação.

Figura 40 - Reservatório e tubulações de referência



Fonte: Catálogo da linha de água fria da Tigre, 2021

4.1.2 Ramais de alimentação

O ramal de alimentação dos reservatórios inferiores, a partir da rede pública, será executado em PVC rígido, diâmetro 25mm, devido ao dimensionamento do hidrômetro, de acordo com a CESAN (concessionária de água do estado), para o consumo mensal de até 270 m³ usa-se o cavalete do hidrômetro de 3/4", que equivale a 25 mm da tubulação soldada. Os

reservatórios terão em sua extremidade superior, internamente, uma torneira boia, com a função de estabelecer uma separação atmosférica mínima de 0,10 m acima do nível máximo da água.

As colunas de distribuição são dispostas verticalmente e os ramais horizontalmente com diâmetro mínimo de 25 mm (3/4"). Os sub-ramais são as tubulações imediatamente antes dos pontos de utilização, medindo no mínimo 20 mm (1/2").

4.1.3 Dimensionamento dos Sub-Ramais e Ramais

Para fazer o dimensionamento dos sub-ramais e ramais foi necessário utilizar as Tabelas 1 e a Tabela A.1 e 3 da NBR 5626/1998, que estão apresentadas abaixo como Tabela 1 e a Tabela 2 deste trabalho.

Tabela 1 - Diâmetros mínimos dos Sub-Ramais

Peças de utilização	Diâmetro nominal	
	DN - diâmetro nominal (mm)	Referência (polegadas)
Aquecedor de baixa pressão	15	1/2"
Aquecedor de alta pressão	20	3/4"
Bacia sanitária com caixa de descarga	15	1/2"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 20 mm (3/4")	32	1 1/4"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 25 mm (1")	32	1 1/4"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 32 mm (1 1/4")	40	1 1/2"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 38 mm (1 1/2")	40	1 1/2"
Banheira	15	1/2"
Bebedouro	15	1/2"
Bidê	15	1/2"
Chuveiro	15	1/2"
Filtro de pressão	15	1/2"
Lavatório	15	1/2"
Máquina de lavar pratos	20	3/4"
Máquina de lavar roupas	20	3/4"
Mictório de descarga contínua por metro ou aparelho	15	1/2"
Mictório auto-aspirante	25	1"
Pia de cozinha	15	1/2"
Pia de despejo	20	3/4"
Tanque de lavar roupas	20	3/4"

Fonte: NBR 5626/1998

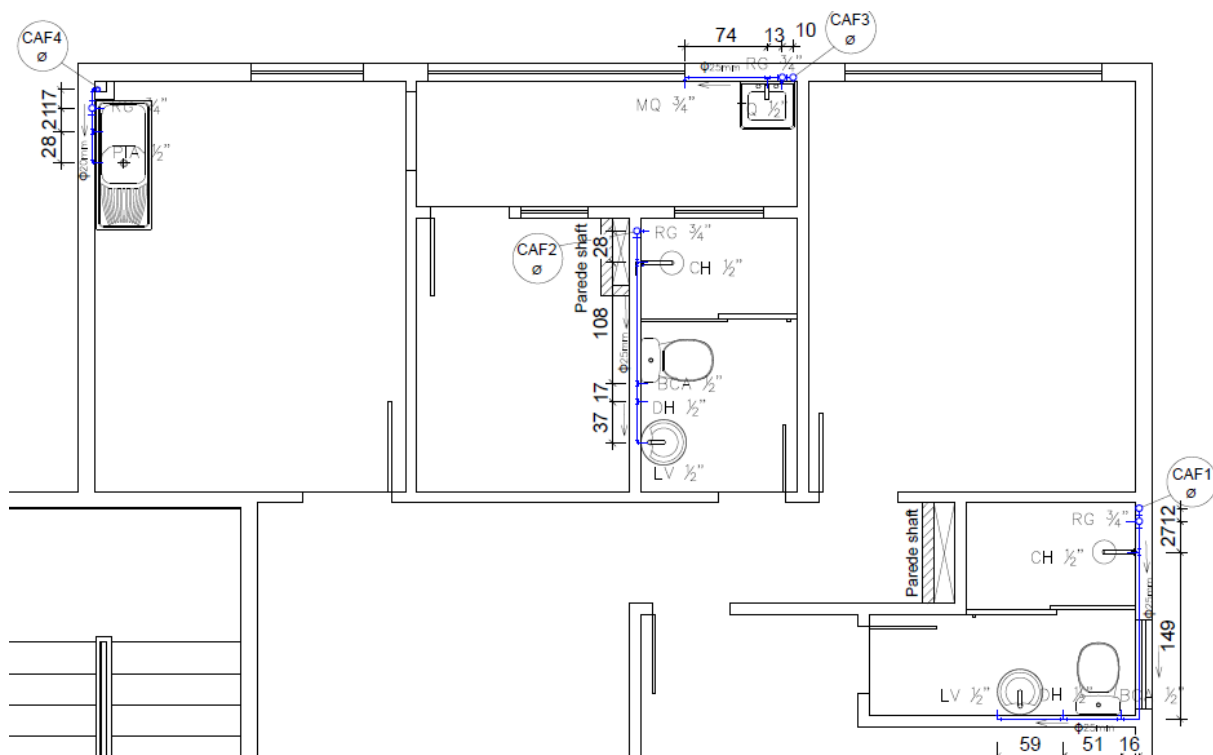
Tabela 2 - Vazões e pesos por ponto de utilização

Peças de Utilização	Q (vazão)	Peso
Bacia sanitária c/CD	0,15	0,3
Bacia sanitária c/VD	1,90	40,0
Banheira	0,30	1,0
Bebedouro	0,05	0,1
Bidê	0,10	0,1
Chuveiro	0,20	0,5
Lavatório	0,20	0,5
Máquina de lavar pratos e ML roupas	0,30	1,0
Mictório com CD	0,15	0,3
Mictório com VD não aspirante	0,50	2,8
Mictório com VD não aspirante	0,15	0,3
Pia de cozinha	0,25	0,7
Pia de despejo	0,30	1,0
Tanque de lavar roupas	0,30	1,0

Fonte: NBR 5626/1998

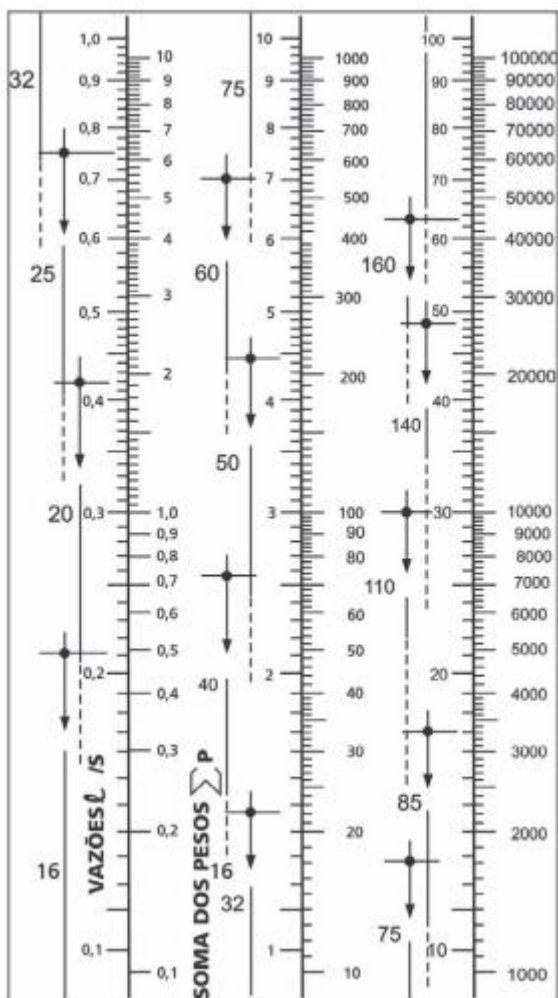
A partir dos dados dessas tabelas e das peças de utilização indicadas na Figura 41 é realizado o cálculo do somatório dos pesos, que chegam em cada trecho da tubulação e a jusante em cada peça, sendo possível fazer a equivalência entre a soma dos pesos de cada ponto com o diâmetro de referência, por meio do ábaco da Figura 42.

Figura 41 - Peças de utilização na planta baixa de instalações de água fria



Fonte: Autor, 2021

Figura 42 - Ábaco de diâmetros e vazões em função da soma dos pesos



Fonte: NBR 5626/1998

O Quadro 66 apresenta a sistemática do dimensionamento das tubulações, dos sub-ramais e dos ramais. Para os ramais da CAF 4 o processo de dimensionamento resulta em um diâmetro de 20 mm, no entanto, foi adotado o diâmetro de 25 mm, de modo conservador e para padronizar com os demais ramais. Todos os sub-ramais ficaram com 20 mm de diâmetro, exceto os da área de serviço, que foi atribuído 25 mm.

Quadro 66 - Dimensionamento dos Sub-Ramais e Ramais

RAMAIS E SUB RAMAIS		PEÇA UTILIZAÇÃO	Qt.	VAZÃO	PESO	PESO	SUB-RAMAIS	RAMAIS	
PAVIMENTOS TIPO				(L/s)	REL AT.	RELAT. ACUMULADO	φ (mm)	φ (mm)	
Banheiro suíte	CAF 1	Lavatório (LV)	1	0,15	0,3	0,3000	20	20	CAF 1 = 25
		Ducha higie. (DH)	1	0,20	0,4	0,7000	20	20	
		Vaso c/ caixa descarga (BCA)	1	0,15	0,3	1,0000	20	20	
		Chuveiro (CH)	1	0,20	0,1	1,1000	20	25	
Banheiro social	CAF 2	Lavatório (LV)	1	0,15	0,3	0,3000	20	20	CAF 2 = 25
		Ducha higie. (DH)	1	0,20	0,4	0,7000	20	20	
		Vaso c/ caixa descarga (BCA)	1	0,15	0,3	1,0000	20	20	
		Chuveiro (CH)	1	0,20	0,1	1,1000	25	25	
Área de serv.	CAF 3	Lava roupas (MQ)	1	0,30	1	1,0000	25	25	CAF 3 = 25
		Tanque (TQ)	1	0,15	0,7	1,7000	25	25	
Cozinha	CAF 4	Pia (PIA)	1	0,15	0,1	0,1000	20	20	CAF 4 = 20

Fonte: Autor, 2021

4.1.4 Dimensionamento das Colunas de distribuição de água fria

No Quadro 67 seguem os pesos acumulados de cada pavimento para cada coluna de água fria, obtidos do Quadro 66. A partir disso, de acordo com o ábaco da Figura 42, é obtido os diâmetros das tubulações das colunas de distribuição e com o somatório total dos pesos, o diâmetro da tubulação da saída do reservatório superior.

Quadro 67 - Colunas de distribuição e tubulação de saída do reservatório

TOTAIS		VAZÃO (L/s)	PESO RELAT.	VAZÃO TOTAL (L/s)	SOMA PESO	COLUNAS DISTRIBUIÇÃO φ (mm)
CAF 1	1º PAVIMENTO	0,70	1,1	0,70	3,3	25
	2º PAVIMENTO	0,70	1,1			
	3º PAVIMENTO	0,70	1,1			
CAF 2	1º PAVIMENTO	0,70	1,1	0,70	3,3	25
	2º PAVIMENTO	0,70	1,1			
	3º PAVIMENTO	0,70	1,1			
CAF 3	1º PAVIMENTO	0,45	1,7	0,45	5,1	32
	2º PAVIMENTO	0,45	1,7			
	3º PAVIMENTO	0,45	1,7			
CAF 4	1º PAVIMENTO	0,15	0,1	0,15	0,3	25
	2º PAVIMENTO	0,15	0,1			
	3º PAVIMENTO	0,15	0,1			
TOTAL				2,00	12,00	φ saída reservatório = 40 mm

Fonte: Autor, 2021

4.1.5 Dimensionamento do Barrilete

O barrilete é a tubulação horizontal sobre a laje que fica logo após a saída do reservatório, desta que se dá origem às colunas de distribuição (CAF's). Esse foi dimensionado, conforme o Quadro 68 por meio do mesmo procedimento de cálculo dos sub-ramais e ramais, com a soma dos pesos acumulados de cada CAF. O processo da mais distante (CAF 4) até o reservatório superior e comparando os seus pesos em cada trecho com o ábaco da Figura 42.

Quadro 68 - Dimensionamento dos barriletes

BARRILETE TRECHOS	COLUNAS DISTRIBUIÇÃO	VAZÃO TOTAL (L/s)	PESO RELAT.	PESO RELAT. ACUMULADO	BARRILETE φ (mm)	BARRILETE ADOTADO φ (mm)
CAF 4 - CAF 3	CAF 4	0,15	0,3	0,3	25	32
CAF 2 - CAF 3	CAF 2	0,70	3,3	8,7	25	32
CAF 3 - CAF 1	CAF 3	0,45	5,1	5,4	32	32
CAF 1 - RESERV	CAF 1	0,70	3,3	12,0	40	40

Fonte: Autor, 2021

4.1.6 Perdas de carga hidráulica

O cálculo das perdas de carga contínua unitária foi feito conforme a Equação 68 de Fair-Whipple-Hsiao-NBR5626/1998.

$$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * D^{-4,75} \quad (68)$$

Sendo:

J: perda de carga contínua unitária, em kPa/m;

















Q: vazão, em L/s;

D: diâmetro da tubulação, em mm.

A equação acima realiza o cálculo das perdas de carga por metro de tubulação, o qual depende do diâmetro e da vazão. No entanto, as conexões embora não apresentem comprimentos consideráveis estas possuem grande perda de carga localizada que influenciam na perda de carga total do trecho e dos pontos analisados. O procedimento utilizado para considerar essas perdas localizadas no projeto foi advindo da Tabela 3 da norma NBR 5626/1998, que transforma os comprimentos de cada conexão, de acordo com seus diâmetros,

em comprimentos equivalentes de tubulação de mesma dimensão para aplicação do comprimento total (comprimento das tubulações mais os comprimentos equivalentes).

Tabela 3 - Tabela de perdas de carga localizadas

Diâmetro Nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te 90° pas. direta	Te 90° saída lateral	Te 90° saída bilat.	Entrada Normal	Entrada Borda	Saída canal.	Válv. pé e crivo	Válv. reten. leve	Válv. reten. pesada	Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. ângulo aberto
DN (mm)	Refer. (°)																
15	1/2"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	3/4"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	1 1/4"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	1 1/2"	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	2"	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	2 1/2"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	5"	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	27,4	17,5	19,2	50,9	1,1	25,2
150	6"	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: NBR 5626/1996

O Quadro 69 verifica a velocidade e a pressão disponível em cada ponto de consumo na instalação de água fria, a vazão de cada ponto foi obtida pela Equação 69 de acordo com o peso relativo de cada peça, o diâmetro já foi definido na etapa anterior (que é o pré-dimensionamento das tubulações), com essas informações é possível utilizar a Equação 70 para calcular a velocidade nos trechos. Neste quadro está apresentado os resultados da fórmula de Fair-Whipple-Hsiao das perdas de carga das tubulações, com o valor das diferenças de cota entre os pontos de utilização e o reservatório tem-se as pressões totais, as pressões disponíveis em cada peça é a pressão total menos as perdas de carga neste trecho.

$$Q = 0,3 * \sqrt{P} \quad (69)$$

$$v = Q / \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \quad (70)$$

Onde:

Q = vazão, em L/s;

P = peso relativo;

D = diâmetro, em mm;

v : velocidade do fluido, em m/s.

Sendo a velocidade máxima, de acordo com a norma NBR 5626/1998, igual a 3 m/s e a pressão mínima em cada ponto igual a 1 metro coluna d'água (m.c.a), conclui-se conforme o Quadro 69 que todos os pontos de utilização atendem aos critérios da norma.

Quadro 69 - Verificação do sistema hidráulico

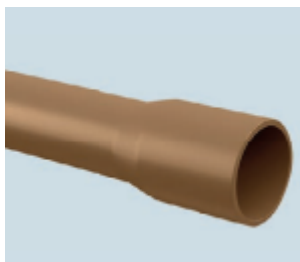
Pav	Col.	Peça	Peso relativo	Vazão (L/s)	Diâm.	Velocid.	Perda carga unit.(m.c.a/m)	Dif cota (m)	Comprimentos (m)			Perd. de cargas (m.c.a)			Pressão no ponto
					(mm)	(m/s)			Real	Equiv.	Total	Tub.	Peças	Total	(m.c.a)
3°	CAF1	LV	0,3	0,16	20	0,52	0,02	3,16	5,73	6	11,73	0,14	0,15	0,29	2,87
		DH	0,7	0,25	20	0,80	0,05	3,46	5,55	14	19,55	0,28	0,72	1,00	2,46
		BCA	1	0,30	20	0,96	0,07	3,46	5	13,1	18,1	0,35	0,91	1,26	2,20
		CH	0,2	0,13	20	0,43	0,02	1,66	5	26	31	0,09	0,44	0,53	1,13
	CAF2	LV	0,3	0,16	20	0,52	0,02	3,16	3,76	6	9,76	0,09	0,15	0,24	2,92
		DH	0,7	0,25	20	0,80	0,05	3,46	3,76	14	17,76	0,19	0,72	0,91	2,55
		BCA	1	0,30	20	0,96	0,07	3,46	3,56	13,1	16,66	0,25	0,91	1,16	2,30
		CH	0,2	0,13	20	0,43	0,02	1,66	3,56	26	29,56	0,06	0,44	0,50	1,16
	CAF3	MQ	1	0,30	25	0,61	0,02	2,76	2,36	8,9	11,26	0,06	0,22	0,27	2,49
		TQ	1,7	0,39	25	0,80	0,04	2,76	1,56	6,7	8,26	0,06	0,26	0,32	2,44
	CAF4	PIA	0,1	0,09	20	0,30	0,01	2,66	3,46	8,6	12,06	0,03	0,08	0,11	2,55
	2°	CAF1	LV	0,3	0,16	20	0,52	0,02	6,16	8,73	6	14,73	0,21	0,15	0,36
DH			0,7	0,25	20	0,80	0,05	6,46	8,55	14	22,55	0,44	0,72	1,15	5,31
BCA			1	0,30	20	0,96	0,07	6,46	8	13,1	21,1	0,56	0,91	1,47	4,99
CH			0,2	0,13	20	0,43	0,02	4,66	8	26	34	0,14	0,44	0,58	4,08
CAF2		LV	0,3	0,16	20	0,52	0,02	6,16	6,76	6	12,76	0,16	0,15	0,31	5,85
		DH	0,7	0,25	20	0,80	0,05	6,46	6,76	14	20,76	0,35	0,72	1,06	5,40
		BCA	1	0,30	20	0,96	0,07	6,46	6,56	13,1	19,66	0,46	0,91	1,37	5,09
		CH	0,2	0,13	20	0,43	0,02	4,66	6,56	26	32,56	0,11	0,44	0,56	4,10
CAF3		MQ	1	0,30	25	0,61	0,02	5,76	5,36	8,9	14,26	0,13	0,22	0,35	5,41
		TQ	1,7	0,39	25	0,80	0,04	5,76	4,56	6,7	11,26	0,18	0,26	0,43	5,33
CAF4		PIA	0,1	0,09	20	0,30	0,01	5,66	6,46	8,6	15,06	0,06	0,08	0,14	5,52
1°		CAF1	LV	0,3	0,16	20	0,52	0,02	9,16	11,73	6	17,73	0,29	0,15	0,43
	DH		0,7	0,25	20	0,80	0,05	9,46	11,55	14	25,55	0,59	0,72	1,31	8,15
	BCA		1	0,30	20	0,96	0,07	9,46	11	13,1	24,1	0,77	0,91	1,68	7,78
	CH		0,2	0,13	20	0,43	0,02	7,66	11	26	37	0,19	0,44	0,63	7,03
	CAF2	LV	0,3	0,16	20	0,52	0,02	9,16	9,76	6	15,76	0,24	0,15	0,38	8,78
		DH	0,7	0,25	20	0,80	0,05	9,46	9,76	14	23,76	0,50	0,72	1,21	8,25
		BCA	1	0,30	20	0,96	0,07	9,46	9,56	13,1	22,66	0,67	0,91	1,58	7,88
		CH	0,2	0,13	20	0,43	0,02	7,66	9,56	26	35,56	0,16	0,44	0,61	7,05
	CAF3	MQ	1	0,30	25	0,61	0,02	8,76	8,36	8,9	17,26	0,20	0,22	0,42	8,34
		TQ	1,7	0,39	25	0,80	0,04	8,76	7,56	6,7	14,26	0,29	0,26	0,55	8,21
	CAF4	PIA	0,1	0,09	20	0,30	0,01	8,66	9,46	8,6	18,06	0,09	0,08	0,17	8,49

Fonte: Autor, 2021

4.1.8 Tubulação utilizada

As tubulações para o projeto de água fria são de PVC marrom liso, conforme Figura 43 com diâmetros variando de 20 mm a 40 mm. As emendas e conexões devem ser feitas por meio de solda com os adesivos plásticos para PVC marrom.

Figura 43 - Tubo PVC marrom liso



Fonte: Catálogo da linha de água fria da Tigre, 2021

As conexões desses tubos devem ser feitas por soldas nos trechos e nas conexões, que vão receber as peças hidráulicas (torneiras, chuveiros e pias), devem ser utilizadas as conexões azuis, as quais uma parte soldável que vai se conectar ao tubo marrom e a outra parte roscável com bucha de latão, que se conecta com as peças de utilização.

Os registros utilizados são o de gaveta e o de pressão. O registro de gaveta tem a função de fazer o fechamento e a abertura completa da água pelas tubulações ou de deixar totalmente aberto para a passagem dela pelo sistema hidráulico, é empregado em cada sistema de ramais e sub-ramais com o objetivo de isolar a instalação por pavimentos de forma que manutenções ou avarias não venham a interferir no sistema como um todo. O registro de pressão tem a função de regular a pressão de saída para as peças hidráulicas de utilização, que é o caso do registro do chuveiro e o do lavatório.

4.2 Instalações de esgoto

O projeto de instalações da rede de esgoto do edifício foi realizado conforme a norma de referência NBR 8160/1999, que define as diretrizes e critérios para o sistema de esgoto e o seu dimensionamento.

Inicialmente escolhe-se as posições dos *shafts*, os quais tem o objetivo de conduzir as tubulações da rede de esgoto, entre os pavimentos através de tubos de queda verticais. Desta forma, os *shats* ficaram localizados próximos aos banheiros de forma discreta, visando economia de espaço no projeto arquitetônico.

O traçado de todas as tubulações, que segue no Apêndice C, foi realizado partindo de cada aparelho sanitário, sejam eles: ralos, bacias sanitárias, lavatórios, pias e caixas sifonadas, formando os ramais de descarga e posteriormente os ramais de esgoto e tubos de queda

(verticais). Neste caso, o ramal de descarga dos vasos sanitários se conecta diretamente nos tubos de queda, sem que haja nenhuma ligação chegando ou saindo desta tubulação, formando o esgoto primário (que tem acesso aos gases do sistema). O esgoto secundário foi formado pelos lavatórios, ralos do box sifonado e pela caixa sifonada. O ralo e a caixa sifonados são providos de fecho hídrico, que impede o retorno dos gases gerados. Após a saída da tubulação da caixa sifonada ela se conecta ao seu respectivo tubo de queda, destinado apenas para este tipo de água servida, considerada como águas cinzas. Desta forma, há separação das águas negras e cinzas.

As caixas de inspeção estão espaçadas segundo a normas NBR 8160/1999 com no máximo 25 m entre cada uma. Estes recebem a contribuição dos tubos de queda e dos sub-coletores horizontais. O local de construção do edifício ainda não contém rede pública de esgoto, sendo necessário construir um sistema específico de tratamento com fossa séptica, caso a construção seja realizada imediatamente para o sistema poder operar. Entretanto, como já foi informado, essa construção tem o plano de ser realmente construída no prazo de 2 anos e o município local atualmente já está fazendo obras de infraestrutura das vias, de redes de esgoto e pluviais na região, por esses motivos não será feito o dimensionamento das fossas sépticas neste trabalho.

4.2.1 Dimensionamento da rede de esgoto

Os métodos para o dimensionamento da rede de esgoto previstos na norma NBR 8160/1999 são o das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) e o método hidráulico, no trabalho será utilizado o primeiro. As UHC são fator probabilístico numérico que representa a frequência habitual de utilização associada à vazão típica de cada uma das peças em funcionamento simultâneo em hora de contribuição máxima diária.

4.2.2 Dimensionamento dos ramais de descarga

São as tubulações que recebem diretamente o efluente de aparelhos sanitários. Baseando-se na NBR 8160/1999, tem-se os seguintes diâmetros e as UHC para cada aparelho em projeto, conforme Quadro 70.

Quadro 70 - Unidades hunter de contribuição e diâmetro 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 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de painéis	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

¹⁾ O diâmetro nominal DN mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para DN 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de DN 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: NBR 8160/1999

De acordo com NBR 8160/1999, a declividade mínima indicada para diâmetros menores de 100 mm é de 2%. Já diâmetros maiores ou iguais a 100 mm, utiliza-se declividade de 1%. Vale ressaltar que no projeto em questão utilizou-se o ramal de descarga de 50 mm para o tanque de lavar roupas, para evitar possíveis entupimentos, sendo que 40 mm atenderia. Diante do exposto, no Quadro 71 é apresentado o resultado do dimensionamento dos ramais de descarga.

Quadro 71 - Definição dos ramais de descarga

Aparelho	UHC	Diâmetro nominal (mm)	Inclinação (%)
Bacia sanitária	6	100	1
Chuveiro	2	40	2
Lavatório	1	40	2
Pia de Cozinha	3	50	2
Tanque	3	50	2
Máquina de Lavar	3	50	2

Fonte: Autor, 2021

4.2.3 Dimensionamento dos ramais de esgoto

Os ramais de esgoto são as tubulações que recebem os efluentes dos ramais de descarga, neste deste trabalho será a tubulação localizada após as caixas sifonadas. A referência para dimensionar os ramais de esgoto, conforme NBR8160/1999, segue no Quadro 72 e os resultados com os diâmetros e inclinações no Quadro 73.

Quadro 72 - UHC para definir os ramais de esgoto

Diâmetro nominal mínimo do tubo	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição
<i>DN</i>	UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: NBR 8160/1999

Quadro 73 - Definição dos ramais de esgoto

Local	Trecho	UHC acumulado	Diâmetro Nominal (mm)	Inclinação (%)
Banheiro da suíte	Lavatório + ralo sifonado + ralo sifonado	3	50	2
Banheiro social	Lavatório + ralo sifonado + ralo sifonado	3	40	2
Área serviço	Ralo seco + tanque + máquina	6	50	2
Cozinha	Pia de Cozinha - Caixa gordura	3	50	2

Fonte: Autor, 2021

4.2.4 Dimensionamento dos tubos de queda

Os tubos de queda foram definidos fazendo a multiplicação das UHC acumuladas do Quadro 73 por 3, pois há contribuição de 3 pavimentos para essas tubulações, e esses valores são comparados no Quadro 72, para obter os diâmetros dos trechos, os resultados estão apresentados no Quadro 74.

Quadro 74 - Definição dos tubos de queda

Local	Trecho	UHC acumulado	Diâmetro Nominal (mm)
Banheiro Suíte	Lavatório + ralo sifonado + ralo sifonado	9	50
Banheiro social	Lavatório + ralo sifonado + ralo sifonado	9	50
Área serviço	Ralo seco + tanque + máquina	18	75
Cozinha	Pia de Cozinha - Caixa gordura	9	50

Fonte: Autor, 2021

4.2.5 Dimensionamento dos sub-coletores

Os sub-coletores ficam entre as caixas de inspeção. Para dimensioná-los precisa-se realizar o somatório das UHC em cada trecho e confere-se no Quadro 75 o diâmetro nominal indicado e a inclinação correspondente, conforme resultados obtidos no Quadro 76.

Quadro 75 - UHC para definir os Sub-coletores

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

Fonte: NBR 8160/1999

Quadro 76 - Definição dos sub-coletores

Trecho	CI's	Aparelhos	UHC acumulado	diâmetro (mm)	inclinação (%)
1	1 e 2	3 pias da cozinha	9	100	1
2	2 e 3	3 pias da cozinha; 3 (Lavatório + ralo do box + ralo banheiro); 3 (Ralo Caixa sifonada + tanque + máquina).	36	100	1
3	3 e 4	3 pias da cozinha; 3 (Lavatório + ralo do box + ralo banheiro); 3 (Ralo Caixa sifonada + tanque + máquina).	36	100	1
4	4 e 5	3 pias da cozinha; 3 (Lavatório + ralo do box + ralo banheiro); 3 (Ralo Caixa sifonada + tanque + máquina); 3 (Lavatório + ralo do box + ralo banheiro)	45	100	1

Fonte: NBR 8160/1999

4.2.6 Caixa de inspeção e gordura

A caixa de inspeção nada mais é do que um órgão acessório, o qual receberá e permitirá o acesso aos efluentes. Podem ser feitas *in-loco* ou adquiridas pré-moldadas. Estas possuem tamanho 60 x 60 cm (sendo o tamanho mínimo, conforme NBR 8160/1999), tendo sua altura de 50 cm, conforme inclinação da tubulação a montante e a jusante.

Em cada apartamento há uma caixa de gordura sob a pia que se direciona para a caixa de inspeção e depois para os sub-coletores e para as outras caixas de inspeção. Dessa forma, os sub-coletores e coletores prediais recebem tanto para as águas cinzas e negras.

4.2.7 Dimensionamento do tubo de ventilação

Os ramais de ventilação primário, de acordo com a NBR 8160/1999, são a prolongação dos tubos quedas para a laje com abertura para a atmosfera e os ramais de ventilação secundários são os que, nesse trabalho, partem da tubulação de 100 mm da bacia sanitária e se conectam na coluna de ventilação, no mesmo *shaft* dos tubos de queda, e também se prolongam para acima da laje em 1 m, sendo o mínimo 30 cm.

O objetivo da tubulação é permitir a saída dos gases do esgoto para atmosfera, evitando o acesso destes gases ao interior das edificações, impedindo o rompimento do fecho hídrico dos desconectores (caixa sifonadas, ralos sifonados e bacia sanitária sifonada). O dimensionamento da tubulação se dá de acordo com a NBR 8160/1999.

Foi projetado dois ramais de ventilação, uma para cada bacia sanitária, ligados às colunas de ventilação verticais localizadas nos *shafts*. Baseando-se no Quadro 99 do Apêndice B, o diâmetro correspondente será de 50 mm.

4.2.8 Tubulação utilizada

Para as instalações de esgoto devem-se utilizar as tubulações em PVC branco para esgoto, no caso do projeto de 40 mm a 100 mm, conforme Figura 44.

Figura 44 - Tubo PVC branco para esgoto ou redes pluviais



Fonte: Catálogo da linha de esgoto da Tigre, 2021

As conexões desse sistema devem ser feitas com as peças do mesmo tipo das tubulações, com a aplicação de cola adesiva para tubulação de PVC branco de esgoto. É recomendado mudanças de direção de 90° e 45° utilizando as curvas ao invés dos joelhos, pois estas apresentam menor perda de carga para o escoamento do fluido.

4.3 Instalações pluviais

O esgoto pluvial tem a função de receber as águas da chuva e conduzi-las até o sistema público pluvial, localizado no centro das vias. As águas da cobertura serão captadas por meio de calhas e ralos até os tubos de queda que levarão a água pluvial as caixas de areia e posteriormente ao coletor público.

4.3.1 Parâmetros pluviométricos

O dimensionamento das calhas do telhado depende da intensidade pluviométrica da região, expressa em mm/h, de acordo com o seu tempo de retorno (TR). O TR é definido como o número de anos sem que, em média, ocorre uma determinada intensidade pluviométrica. Nesse caso foi adotado um tempo de retorno de cinco anos, considerando coberturas e terraços, de acordo com a norma NBR 10844/1989. Dessa forma, a intensidade pluviométrica para a região da grande Vitória no estado do Espírito Santo, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), é de 156 mm/h.

A área de contribuição do telhado e das paredes da platibanda também são necessários para obtenção dos dimensionamentos das calhas e dos demais condutores hidráulicos. Portanto, segue no Quadro 77 as dimensões das áreas de contribuição do telhado, das paredes e do piso.

Quadro 77 - Área de contribuição da cobertura, paredes e piso

Cobertura	a (m)	b (m)	h (m)	A (m²)
Telhado água superior	3,83	9,30	0,98	40,18
Telhado água inferior	4,72	10,75	0,98	56,01
Telhado dos reservatórios	2,73	4,10	0,30	11,81
Platibanda				
Paredes água superior				20,83
Paredes água inferior				24,50
Piso				
Piso garagem esquerda				12,56
Piso passeio da entrada				5,06
Piso garagem frontal				24,27

Fonte: Autor, 2021

Sendo a área de contribuição da cobertura calculada conforme Equação 71:

$$At = (a+hc/2) \cdot b \quad (71)$$

Onde:

A_t : área do telhado, em m^2 ;

a : Largura onde se dá a inclinação, em m;

b : Comprimento da água, em m;

h_c : Altura até a cumeeira, em m.

4.3.2 Determinação da vazão de projeto (Q)

Sendo a Equação 72 da vazão:

$$Q = \frac{i \cdot A_t}{60} \quad (72)$$

Onde:

i : intensidade pluviométrica, em mm/h;

A_t : Área de contribuição do telhado, em m^2 ;

Q : vazão de projeto, em L/min.

Logo, no Quadro 78 são apresentadas as vazões de projeto que recairão em cada dispositivo de condução hidráulica. Vale ressaltar que no condutor horizontal foi considerado para dimensionamento de todos os tubos o final do seu trecho, após a última caixa de areia, que tem a contribuição máxima mais as vazões dos pisos impermeáveis, conforme o projeto.

Quadro 78 - Vazão de projeto dos condutores hidráulicos

Condutor	A (m^2)	Q (L/min)
Calha 1	61,01	158,62
Calha 2	80,51	209,32
Calha 3	11,81	30,70
Condutor vertical 1	30,50	79,31
Condutor vertical 2	30,50	79,31
Condutor vertical 3	40,25	104,66
Condutor vertical 4	40,25	104,66
Condutor horizontal máx. 1		201,59
Condutor horizontal máx. 2		238,94

Fonte: Autor, 2021

4.3.3 Dimensionamento das calhas

A Tabela 4 fornece as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

Esse coeficiente é utilizado para calhas de plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre e latão. De acordo com a Tabela 4 e as vazões de projeto, foram determinados os diâmetros e as inclinações das calhas, indicados no Quadro 79.

Tabela 4 - Capacidades de calhas semicirculares (Vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: NBR 10844/1989

Quadro 79 - Dimensionamento das calhas

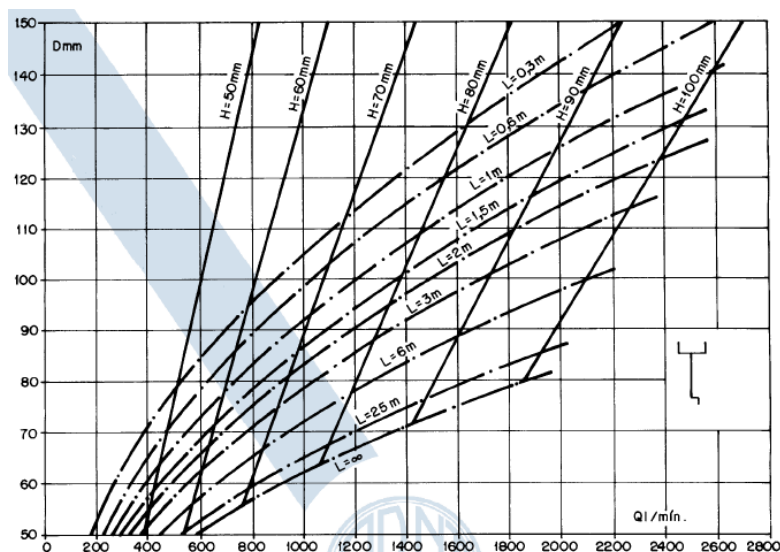
Condutor	A (m ²)	Q (L/min)	Diâmetro (mm)	Inclinação (%)
Calha 1	61,01	158,62	100	1
Calha 2	80,51	209,32	100	2
Calha 3	11,81	30,70	100	0,5

Fonte: Autor, 2021

4.3.4 Dimensionamento dos condutores verticais

Os condutores verticais foram dimensionados conforme norma de referência NBR 10844/1989, com os dados de entrada da vazão obtidos no Quadro 78, sendo a altura de cada um dos quatro condutores verticais iguais a 12 m, é possível utilizar o ábaco desta norma, conforme Figura 45.

Figura 45 - Ábaco para dimensionar condutores verticais com saída em aresta viva



Fonte: NBR 10844/1989

Diante do exposto, para cada tubo vertical pluvial será adotado o diâmetro de 75 mm (comercial), pois este atende, conforme o ábaco acima, às vazões nos seus trechos.

4.3.5 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais farão a ligação entre as caixas de areia e conduzirão o esgoto pluvial até o meio fio, os mesmos são dimensionados segundo a Tabela 5, com os dados de vazão da vazão do último trecho desses condutores, conforme item 4.3.2. Tais terão diâmetros de 100 mm com inclinação de 1%.

Tabela 5 - Relação da vazão e diâmetro para os condutores horizontais

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844/1989

4.3.6 Caixa de areia

Podem ser de material PVC, pré-moldadas de concreto ou feitas em alvenaria de tijolos maciços, estas terão dimensões de 60 x 60 cm e profundidades variantes dependendo da inclinação das tubulações a montante e a jusante, com tampa de grelha de ferro.

4.3.7 Tubulação utilizada

Para as instalações pluviais devem-se utilizar as tubulações em tubo PVC branco para esgoto ou instalações pluviais, conforme Figura 44 vista anteriormente. Neste projeto os diâmetros utilizados são de 75 mm a 100 mm.

5 PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O projeto de instalações elétricas foi elaborado conforme a NBR 5414/2004 e Padrão técnico concessionária EDP Escelsa da região, itens seguintes é apresentado a memória de cálculo e os critérios adotados para o traçado dos eletrodutos, localização do quadro de cargas e os dimensionamentos. A representação gráfica do projeto elétrico segue no Apêndice C.

5.1 Previsão de cargas

A previsão de carga feita no projeto atende as determinações mínimas da norma NBR 5410/2004 para pontos de iluminação, tomadas de uso geral (TUG) e tomadas de uso específico (TUE), considerando as referidas potências. Estabelecidas às informações do projeto, inicialmente determinou-se as quantidades de carga mínima para a iluminação. As potências mínimas disponíveis para iluminação foram asseguradas para atender as seguintes condições:

- a) 100 VA para os primeiros 6 m²;
- b) 60 VA para cada 4 m² (inteiros) excedentes.

As tomadas de uso geral (TUG's) foram posicionadas segundo a orientação da NBR 5410/2004, como é indicado abaixo:

- a) banheiros: pelo menos uma tomada junto ao lavatório, com distância mínima de 60 cm do limite do boxe;
- b) cozinhas, copas, copas-cozinhas, área de serviço, lavanderias e locais similares: no mínimo uma tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro. Acima da bancada devem ser previstas duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em distintos;
- c) sala e dormitórios: pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçados uniformemente;
- d) varandas: deve ser previsto um ponto de tomada. Admite-se que o ponto não seja instalado na varanda, mas próximo ao acesso;
- e) demais cômodos e dependências de habitação: um ponto de tomada se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 6 m². Um ponto de tomada para cada 5 m ou fração do perímetro, se a área do cômodo for superior que 6 m².

Além disso, foi utilizada uma tomada de 220 V (TUE) para cozinha (micro-ondas), cuja potência é de 2000 W e fator de potência de 0,75. O chuveiro de 220 V (TUE), potência de 5500 W e fator de potência de 1. A máquina de lavar roupas de 220 V (TUE) com fator de potência de 0,8. Por fim, o Ar-Condicionado de 220 V (TUE), potência de 1500 W e fator de potência de 0,7.

No Quadro 80 está indicado a previsão de carga do edifício por apartamento e no Quadro 81 do térreo (garagem, depósito, escada e pátio) que são as dependências comuns do condomínio.

Quadro 80 - Previsão de cargas por cômodos e equipamentos

QUADRO DE POTÊNCIA DE CADA APARTAMENTO										
CÔMODO	Dimensões		Iluminação			TUG			TUE	
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Nº Pontos	P. Uni (W)	P. Total (W)	Nº Pontos	P. Uni (W)	P. Total (W)	Aparelho	Potência (W)
Sala	16,06	16,12	1	220	220	5	100	500	-	
Cozinha	10,2	12,92	1	160	160	6	600	2100	Micro-ondas	2000
Banheiro Social	3,43	7,7	1	100	100	1	600	600	Chuveiro	5500
Despensa	4,48	8,7	1	100	100	2	600	1200	-	
Quarto	10,75	13,22	1	160	160	4	100	400	Ar-condicionado	1500
Quarto suíte	14,23	16,42	1	220	220	4	100	400	Ar-condicionado	1500
Banheiro suíte	3,65	11,4	1	100	100	1	600	600	Chuveiro	5500
Corredor	2,18	6,82	1	100	100	1	100	100	-	
Área de serviço	3,83	9,06	1	100	100	2	600	1200	Máquina Lavar Roupas	1000
						Campainha na sala		600	-	
POTÊNCIA TOTAL (W)					1260			7700		17000
25960										

Fonte: Autor, 2021

A carga da campainha foi considerada no circuito das tomadas de uso geral, pois fará parte do circuito 4, indicado a frente, para equilibrar melhor as cargas.

Quadro 81 - Previsão de cargas das dependências comuns

QUADRO DE POTÊNCIA DAS DEPENDÊNCIAS COMUNS								
CÔMODO	Dimensões		Iluminação			TUG		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Nº Pontos	P. Unit. (W)	P. Total (W)	Nº Pontos	P. Unit. (W)	P. Total (W)
Garagem	35,21	-	4	130	520	4	600	1900
Depósito	10,43	13	1	160	160	2	600	1200
Escada	11,58	14,36	8	80	640	0		
Pátio			10	60	640			
POTÊNCIA TOTAL (W)					1960			3100
5060								

Fonte: Autor, 2021

Cabe ressaltar que na garagem foram projetadas 3 tomadas de 600 W e 1 de 100 W, totalizando de 1900 W de potência.

5.2 Fator de demanda

Em uma instalação elétrica, a carga instalada, ou potência instalada, é a somatória das potências nominais, em kW ou kVA, de todos os equipamentos que a compõem. Em outras palavras, a potência instalada é a potência consumida caso todos os equipamentos operassem ao mesmo tempo. No entanto, não é interessante projetar uma instalação elétrica, tanto residencial quanto industrial, com base na carga instalada já que não é comum se utilizar todos os equipamentos e máquinas elétricas ao mesmo tempo.

Diante do exposto, o fator de demanda (Fd) é usado no dimensionamento de instalações elétricas, para situações da simultaneidade de uso dos equipamentos, a fim de reduzir os valores de potência dos circuitos e a potência total do edifício, para fins de dimensionamento dos condutores, eletrodutos, quadro de distribuição e os disjuntores.

Esse fator é um índice adimensional que varia entre os valores 0 e 1, indica quanto dos aparelhos existentes são usados ao mesmo tempo. Se o seu valor for próximo de 1, significa que o cliente consegue utilizar simultaneamente toda a potência instalada. O Fd é determinado pelos manuais de instalação das concessionárias, ou conforme o projetista julgar pertinente. Neste projeto estão indicados no Quadro 100 e no Quadro 101 do Apêndice B, de acordo da norma técnica da concessionária.

5.3 Distribuição dos circuitos

A distribuição dos circuitos está apresentada no Quadro 82, Quadro 83, Quadro 84 e no Quadro 85. Foram distribuídos 11 circuitos para cada apartamento tipo e 3 circuitos para o pavimento térreo, referente ao uso do condomínio.

Quadro 82 - Circuitos de iluminação dos pavimentos tipo

Circuito 1		Circuito 2	
Local	Pot (W)	Local	Pot (W)
Cozinha	160	Sala	220
Área de Serviço	100	Suíte	220
Despensa	100	Banheiro Suíte	100
Banheiro Social	100	Corredor	100
Quarto Social	160	-	
P. Total (W)	620	P. Total (W)	640
fdemanda=0,24	148,8	fdemanda=0,24	153,6

Fonte: Autor, 2021

Quadro 83 - Circuitos das tomadas de uso geral dos pavimentos tipo

Circuito 3		Circuito 4		Circuito 5	
Local	Pot. (W)	Local	Pot. (W)	Local	Pot. (W)
Cozinha	2100	Sala	500	Área de serviço	1200
-		Quarto social	400	Despensa	1200
-		Quarto suíte	400	Banheiro social	600
-		Corredor	100	-	
-		Banheiro suíte	600	-	
-		Campainha	600	-	
P. Total (W)	2100	P. Total (W)	2600	P. Total (W)	3000
fdemanda=0,24	504	fdemanda=0,24	624	fdemanda=0,24	720

Fonte: Autor, 2021

Quadro 84 - Circuitos das tomadas de uso específico dos pavimentos tipo

Circuitos	6	7	8	9	10	11
Locais/Potência	Cozinha (micro-ondas)	Área Serviço (máq. lavar roupas)	Banheiro social (ch1)	Banheiro suíte (ch2)	Ar-cond. quarto social	Ar-cond. quarto suíte
P. Total (W)	2000	1000	5500	5500	1500	1500
fdemanda chuveiro=0,61	-		3355	3355	-	

Fonte: Autor, 2021

Quadro 85 - Circuitos do térreo

Iluminação				TUG	
Circuito 1		Circuito 2		Circuito 3	
Local	Pot. (W)	Local	Pot. (W)	Local	Pot. (W)
Depósito	160	Arandelas pátio	600	Depósito	1200
Garagem	520	-		Garagem	1900
Escada	640	-		Escada	-
P. Total (W)	1320	P. Total (W)	600	P. Total (W)	3100
fdemanda=0,24	316,8	fdemanda=0,24	144	fdemanda=0,24	744

Fonte: Autor, 2021

No Quadro 86 é apresentado o somatório da carga total por pavimento tipo, dos 3 pavimentos juntos e o Quadro 87 mostra soma das cargas do térreo, ambos sem considerar o fator de demanda.

Quadro 86 - Somatório das potências sem considerar o Fd do pavimento tipo

Nº do circuito	Circuito	Tensão (V)	Potência Ativa (W)
1	Iluminação 1	127	620
2	Iluminação 2	127	640
3	TUG 1	127	2100
4	TUG 2	127	2600
5	TUG 3	127	3000
6	Micro-ondas	220	2000
7	Máquina lv	220	1000
8	Chuveiro 1	220	5500
9	Chuveiro 2	220	5500
10	Ar-Condicionado 1	220	1500
11	Ar-Condicionado 2	220	1500
Soma das Potências (W)			25960
MULTIPLICANDO POR 3 PAVIMENTOS (W)			77880

Fonte: Autor, 2021

Quadro 87 - Somatório das potências sem considerar o Fd do térreo

Nº do circuito	Circuito	Tensão (V)	Potência Ativa (W)
1	Iluminação 1	127	1320
2	Iluminação 2	127	600
3	TUG térreo	127	3100
Soma das Potências (W)			5020

Fonte: Autor, 2021

Portanto, a potência total sem considerar o fator de potência é de $77880 \text{ W} + 5020 \text{ W} = 82900 \text{ W}$. Entretanto, para o dimensionamento do padrão de entrada e para o balanceamento entre as fases foi considerado os fatores de demanda indicados no Quadro 82, Quadro 83, Quadro 84 e no Quadro 85, referentes aos circuitos deste item.

5.4 Balanceamento entre as fases

No Quadro 88 são apresentadas as cargas gerais e as cargas de cada circuito onde foram considerados o fator de demanda e o balanceamento das 3 fases. Esse procedimento foi feito a fim de garantir uma distribuição uniforme entre as 3 fases. Para isso, a concessionária EDP/Escelsa propõe que não haja diferença maiores que 5% entre as fases. O balanceamento feito tem o desequilíbrio máximo de 2%.

Quadro 88 - Somatório das potências considerando o Fd

CARGAS NOS PAVIMENTOS				DISTRIBUIÇÃO DAS FASES		
Nº do circuito	Circuito	Tensão (V)	Potência Ativa (W)	Fase A	Fase B	Fase C
1	Iluminação 1	127	148,8	-	148,8	-
2	Iluminação 2	127	153,6	153,6	-	-
3	TUG 1	127	504	-	504	-
4	TUG 2	127	624	624	-	-
5	TUG 3	127	720	720	-	-
6	Micro-ondas	220	2000	-	-	2000
7	Máquina lv	220	1000	-	1000	-
8	Chuveiro 1	220	3355	3355	-	-
9	Chuveiro 2	220	3355	-	3355	-
10	Ar-Condicionado 1	220	1500	-	-	1500
11	Ar-Condicionado 2	220	1500	-	-	1500
Soma das Potências (W)			14860,4	4852,6	5007,8	5000
MULTIPLICANDO POR 3 PAVIMENTOS (W)			44581,2	14557,8	15023,4	15000
CARGAS NO TÉRREO				DISTRIBUIÇÃO DAS FASES		
Nº do circuito	Circuito	Tensão (V)	Potência Ativa (W)	Fase A	Fase B	Fase C
1	Iluminação 1	127	316,8	316,8	-	-
2	Iluminação 2	127	144	-	-	144
3	TUG	127	744	-	744	-
Soma das Potências (W)			1204,8	316,8	744	144
POTÊNCIA TOTAL EM CADA FASE						
Nº do circuito	Circuito	Tensão (V)	Potência Ativa total (W)	Fase A	Fase B	Fase C
GERAL	TODOS	127/220	45786	14874,6	15767,4	15144

Fonte: Autor, 2021

Em suma, a potência total considerada para definir o número fases do sistema e o padrão de entrada é de 45,79 kW.

Segundo a norma técnica da EDP/Escelsa, a unidade consumidora se classifica na “Categoria T” (Trifásico) – Quatro Fios (FFFN – 3 fases e um neutro) que é aplicado às instalações com carga elétrica instalada entre 15 kW e 75 kW.

5.5 Diagrama unifilar

O quadro de disjuntores foi inserido em local equidistante a todos os pontos elétricos da instalação com o objetivo minimizar os custos de material com a passagem dos eletrodutos e condutores, bem como para dividir melhor as passagens dos condutores no interior dos eletrodutos para atender às porcentagens máximas de condutores no interior desses dutos. Além disso, esse quadro deve estar em local acessível para ser facilmente operado, em casos de surtos elétricos, devido à segurança.



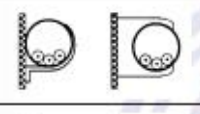
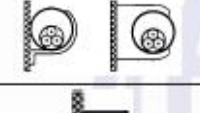
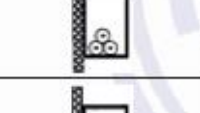
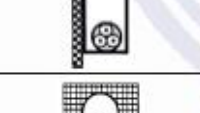
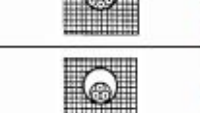
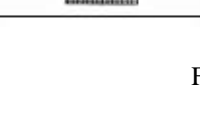
Como foi dito no item 5.1, os pontos elétricos foram superdimensionados a fim de dar mais flexibilidade e conforto ao usuário. O diagrama unifilar foi desenhado logo após as definições da quantidade de circuitos, suas tensões e pontos que alimentaram, as representações do diagrama unifilar seguem no Apêndice C.

5.6 Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento dos circuitos terminais (condutores e proteção) deve atender aos critérios de seção mínima e ampacidade, previstos na NBR 5410/2004. Devem ser considerados também os critérios de queda de tensão. Os condutores usados no projeto são cabos flexíveis de cobre (Cu) revestidos de PVC, com tensão de isolamento de 750 V. Os eletrodutos de seção circulares são embutidos na alvenaria (Método de instalação 7 e de referência B1, Quadro 89) e o número de condutores carregados será 2 para os circuitos terminais e de 3 para os circuitos de alimentação. A temperatura ambiente considerada é de 30°C. Essas são as informações necessárias para aplicar o critério de ampacidade (ou método da corrente), que define as seções de acordo com as correntes elétricas de cada circuito, conforme critérios desta norma.

Além disso, pode-se notar que o valor unitário calculado da queda de tensão foi maior que o valor tabelado em todos os casos, ou seja, não influenciou nas contas e nas medidas das seções dos circuitos.

Quadro 89 - Método de instalação

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2

Fonte: NBR 5410/2004

O Quadro 92 apresenta os resultados do dimensionamento dos condutores por meio do critério da ampacidade que é obtido pelo

Quadro 90 da NRB 5410/2004, considerando os dados previamente vistos e a corrente de projeto (I_p) de cada circuito e o seu fator de redução. Os fatores de redução podem ser o de temperatura, de resistividade do solo e o de agrupamento. Como o local do prédio tem temperaturas próximas de 30° e há poucas linhas no solo não será considerado o fator de temperatura e o de resistividade no solo, será considerado apenas o fator de agrupamento (FCA).

Quadro 90 - Seções nominais dos condutores

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: NBR 5410/2004

O procedimento de dimensionamento dos condutores é feito com a potência aparente, obtida pela aplicação do fator de potência, pois a potência ativa (calculada nos quadros de cargas) é a utilizada apenas na finalidade fim do equipamento ignorando os campos elétricos dele que também consomem energia e devem ser considerados no cálculo da corrente de projeto. Os fatores de potência podem ser obtidos nas normas técnicas da concessionária e nas tabelas dos fabricantes, foi considerado no projeto o fator de potência obtido nas notas de aula da disciplina de instalações elétricas do curso, cuja potência aparente é calculada pela Equação 73.

$$Pap = Pat/FP \quad (73)$$

Onde:

Pap: potência aparente, em VA;

Pat: Potência ativa, em W;

FP: fator de potência;

A corrente de projeto “Ip” é a referência de corrente elétrica para escolher uma corrente superior “Ic” (corrente do circuito) no Quadro 90, que é equivalente a uma seção de condutor do circuito analisado. Após essa etapa é aplicado os fatores de correção na corrente “Ic” escolhida. Nesse projeto o fator de correção de agrupamento foi obtido conforme Quadro 91 da norma NBR 5410/2004.

Quadro 91 - Fator de correção de agrupamento

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)

Fonte: NBR 5410/2004

Aplicando o fator de correção se obtém a corrente “Iz”, que deve ser maior do que a corrente “Ip”. Caso na primeira iteração ($I_z < I_p$), deve-se aumentar a corrente “Ic” do Quadro 92. Conseqüentemente aumenta-se a seção do condutor, para que “Iz” seja maior do que “Ic”. Atendido essa situação a seção do condutor é a da última “Ic” escolhida no Quadro 92. Sendo necessário utilizar as Equações 74 e 75 para definir as correntes:

$$I_p = P_{ap}/V \quad (74)$$

$$I_z = I_c * FCA \quad (75)$$

Onde:

I_p = corrente de projeto, em A;

I_c = corrente do circuito, em A;

I_z = corrente do circuito corrigida, em A;

P_{ap} = potência aparente, em VA;

V = tensão, em V;

FCA = fator de correção de agrupamento;

O Quadro 92 demonstra todo o roteiro de cálculo utilizado para definir a seção dos condutores de todos os circuitos e também dos condutores que seguem para os quadros de distribuições dos pavimentos, pelo critério da ampacidade.

O “Qdtérreo-QDap” é a indicação condutor do circuito de distribuição (é o que alimenta os quadros de distribuição dos pavimentos) que vai do quadro de distribuição do térreo até os quadros de circuitos terminais dos pavimentos. O dimensionamento dos condutores de alimentação segue posteriormente no item 5.9.

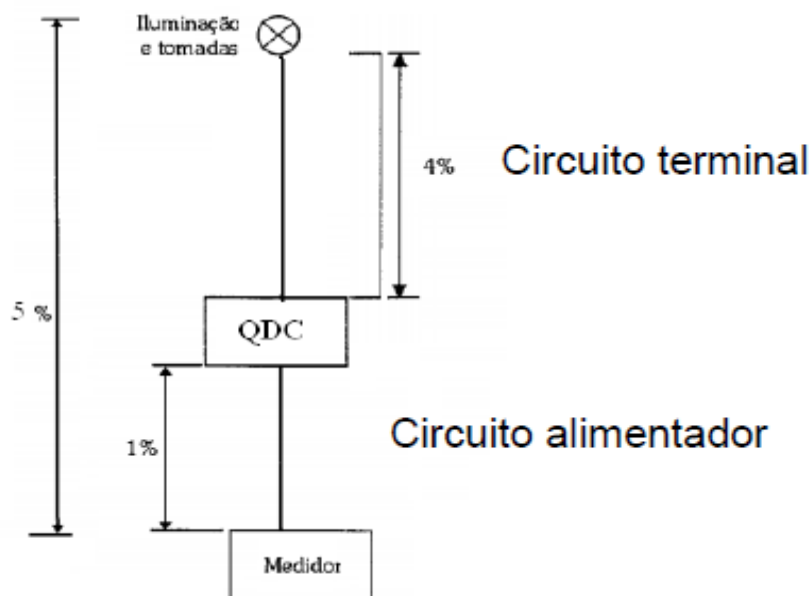
Quadro 92 - Dimensionamento dos condutores critério da ampacidade

Nº do circuito	Circuito	Tensão (V)	Potência Ativa (W)	FP	Potência Ap (VA)	Ip (A)	Ic (A)	FCA	Iz (A)	Ip < Iz	Ic' (A)	Iz' (A)	#mm ²
1	Iluminação 1	127	620	1	620	4,88	17,50	0,6	10,5	ok			1,5
2	Iluminação 2	127	640	1	640	5,04	17,50	0,65	11,38	ok			1,5
3	TUG 1	127	2100	0,8	2625	20,67	24,00	0,6	14,4	aumentar Ic	41	24,6	6
4	TUG 2	127	2600	0,8	3250	25,59	32,00	0,65	20,8	aumentar Ic	41	26,65	6
5	TUG 3	127	3000	0,8	3750	29,53	32,00	0,6	19,2	aumentar Ic	57	34,2	10
6	Micro-ondas	220	2000	0,75	2667	12,12	24,00	0,65	15,6	ok			2,5
7	Máquina lv	220	1000	0,8	1250	5,68	24,00	0,6	14,4	ok			2,5
8	Chuveiro 1	220	5500	1	5500	25,00	32,00	0,6	19,2	aumentar Ic	57	34,2	10
9	Chuveiro 2	220	5500	1	5500	25,00	32,00	0,8	25,6	ok			4
10	Ar-Condicionado 1	220	1500	0,7	2143	9,74	24,00	0,8	19,2	ok			2,5
11	Ar-Condicionado 2	220	1500	0,7	2143	9,74	24,00	0,65	15,6	ok			2,5
1	Iluminação 1 térreo	127	1320	1	1320	10,39	17,50	0,7	12,25	ok			1,5
2	Iluminação 2 térreo	127	600	1	600	4,72	17,50	0,7	12,25	ok			1,5
3	TUG térreo	127	3100	0,8	3875	30,51	32,00	0,7	22,4	aumentar Ic	57	39,9	10
QDtérreo-Qdap	Apartamento	220	14860,4	1	14860	67,55	68,00	0,65	44,2	aumentar Ic	110	71,5	35

Fonte: Autor, 2021

O critério da queda de tensão também foi utilizado para dimensionar os condutores, ele consiste no cálculo da queda de tensão unitária do ponto mais desfavorável de cada circuito, ou seja, o ponto mais distante do quadro de distribuição. Com isso é aplicado a Equação 76 da NBR 5410/2004, considerando a queda de tensão máxima entre o quadro de disjuntores e os pontos mais afastados de 4% (Figura 46), para cada corrente de projeto e tensão dos circuitos.

Figura 46 - Valores admissíveis de queda de tensão



Fonte: NBR 5410/2004

$$\Delta V = \frac{e(\%) * V}{I_p * l} \quad (76)$$

Onde:

ΔV = queda de tensão unitária, em $\frac{V}{A*KM}$;

$e(\%)$ = queda de tensão admissível;

I_p = corrente de projeto, em A;

l = comprimento dos circuitos, em km;

Esses valores da queda de tensão unitária são comparados com o Quadro 93. A seção do condutor é obtida por meio dessa comparação, conforme resultados apresentados no Quadro 94.

Quadro 93 - Seção dos condutores conforme queda de tensão unitária

Seção nominal (mm²)	Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material magnético)		Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material não-magnético)			
	Pirastic, Pirastic Flex		Pirastic e Pirastic Flex			
	Circuito monofásico e trifásico		Circuito monofásico / bifásico		Circuito trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44

Fonte: NBR 5410/2004

Neste trabalho, o critério da queda de tensão foi aplicado apenas nos circuitos terminais (circuitos dos quadros de distribuição aos pontos de consumo) e nenhum dos casos foi considerado como seção definitiva do condutor, pois o critério da ampacidade apresentou seções maiores.

Quadro 94 - Dimensionamento dos condutores critério da queda de tensão

Nº do circuito	Circuito	Comprimento Considerado (km)	ΔV unitario (V/A*Km)	#mm²
1	Iluminação 1	0,01192	87,30	1,5
2	Iluminação 2	0,01461	69,00	1,5
3	TUG 1	0,01492	16,47	1,5
4	TUG 2	0,01861	10,67	2,5
5	TUG 3	0,012	14,34	1,5
6	Micro-ondas	0,01292	56,19	1,5
7	Máquina lv	0,012	129,07	1,5
8	Chuveiro 1	0,0075	46,93	1,5
9	Chuveiro 2	0,0062	56,77	1,5
10	Ar-Condicionado 1	0,01086	83,19	1,5
11	Ar-Condicionado 2	0,009	100,39	1,5
1	Iluminação 1 térreo	0,03029	16,14	1,5
2	Iluminação 2 térreo	0,02252	47,75	1,5
3	TUG térreo	0,01086	15,33	1,5

Fonte: Autor, 2021

Por último é apresentado, no Quadro 95, as seções mínimas (critérios das seções mínimas) e a seção escolhida para cada condutor definitiva, que nesse caso, foram todos pelo critério da ampacidade.

Quadro 95 - Seção do condutor escolhida

Nº do circuito	Circuito	#mm ² Mínimo	#mm ² escolhida
1	Iluminação 1	1,5	1,5
2	Iluminação 2	1,5	1,5
3	TUG 1	1,5	6
4	TUG 2	2,5	6
5	TUG 3	2,5	10
6	Micro-ondas	2,5	2,5
7	Máquina lv	2,5	2,5
8	Chuveiro 1	2,5	10
9	Chuveiro 2	2,5	4
10	Ar-Condicionado 1	2,5	2,5
11	Ar-Condicionado 2	2,5	2,5
1	Iluminação 1 térreo	1,5	1,5
2	Iluminação 2 térreo	1,5	1,5
3	TUG térreo	2,5	10
QDtérreo-Qdap	Apartamento	-	35

Fonte: Autor, 2021

Os condutores neutros e terra deverão ter a mesma seção dos condutores fase do seu circuito, de acordo com NBR 5410/2004.

5.7 Dimensionamento dos eletrodutos

Para dimensionar os eletrodutos dos circuitos terminais foi escolhido o eletroduto com o maior número de condutores, pois para o dimensionamento do o pior caso, os outros também deverão atender. O eletroduto usado é de PVC flexível amarelo corrugado. No Quadro 96 é apresentado os dados de diâmetro externo e área total de cada eletroduto.

Quadro 96 - Dados dos eletrodutos

Seção Nominal do Condutor (mm ²)	750 V						1000 V		
	Pirastic Antiflan				Pirastic-flex Antiflan		Energibrás		
	Diâmetro Externo (mm)		Seção ou Área Total (mm ²)		Diâmetro Externo (mm)	Área Total (mm ²)	Diâmetro Condutor Nu (mm)	Diâmetro Externo (mm ²)	Área Total (mm ²)
	Fios	Cabos	Fios	Cabos	Fios	Cabos			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1,5	2,8	3,0	6,2	7,1	3,0	7,1	1,57	5,17	21,0
2,5	3,4	3,7	9,1	10,7	3,6	10,2	2,02	5,62	24,8
4	3,9	4,2	11,9	13,8	4,2	13,8	2,56	6,56	33,8
6	4,4	4,8	15,2	18,1	4,7	17,3	3,14	7,14	40,0
10	5,6	5,9	24,3	27,3	6,1	29,2	4,05	8,25	53,4
16	6,5	6,9	33,2	37,4	7,8	47,8	5,13	9,33	68,3

Fonte: Notas de aula, disciplina de Instalações Elétricas UFES, 2017

O procedimento de cálculo consiste em obter as áreas de todos os condutores no interior do eletroduto que tem o maior número de condutores, por meio do Quadro 97, para eletrodutos com mais de 3 condutores deve-se adotar uma taxa de ocupação de 40 %, segundo NBR 5410/2014. Com esses dados pode-se aplicar as Equações 77 e 78 para obtenção do diâmetro dos eletrodutos.

$$S_T = \sum_{n=1}^N \frac{\pi \times D_t^2}{4} \quad (77)$$

$$D_i = 2 \sqrt{\frac{S_T}{\pi \times Tx}} \quad (78)$$

Onde:

#mm²: seção nominal do condutor, mm²;

S: seção total do cabo com isolamento, mm²;

St: soma da seção total da fase e do neutro, ou de 2 fases; mm²;

π : constante geométrica da circunferência;

Tx: taxa de ocupação no eletroduto;

D_t: diâmetro do condutor, em mm;

D_i: diâmetro do eletroduto, em mm;

Os resultados dessas fórmulas estão descritos no Quadro 97, com a definições dos eletrodutos.

Quadro 97 - Dimensionamento dos eletrodutos

Circuitos	#m m ²	S (mm ²)	St = Fase+Neutro (mm ²)	Taxa ocup. (%)	Diâmetro (mm)	Diâmetro comercial (mm)	Ref. Rosca
1	1,5	7,1	14,2	-	-	-	-
3	6	18,1	36,2	-	-	-	-
5	10	27,3	54,6	-	-	-	-
7	2,5	10,7	21,4	-	-	-	-
8	10	27,3	54,6	-	-	-	-
Terra	10	27,3	54,6	-	-	-	-
Total			235,6	40	27,38	32	1"

Fonte: Autor, 2021

De acordo com o Quadro 97 a dimensão para o diâmetro interno calculado será de 27,38 mm que corresponde ao eletroduto com diâmetro externo nominal de 32 mm, ou “1”. Adotou-se esse diâmetro para todos os eletrodutos do projeto, exceto para os dos condutores principais de alimentação.

5.8 Dimensionamento dos disjuntores

O dimensionamento dos dispositivos de proteção deve ser de acordo com a NBR 5410/2004 a fim de proteger o usuário de qualquer sobrecarga no sistema e para os cabos não aquecerem. Portanto, o dispositivo utilizado para proteção dos circuitos e dos equipamentos elétricos é o disjuntor, o seu dimensionamento foi feito comparando a corrente de projeto (I_p) e a corrente de condução dos condutores (I_z), devendo a corrente do disjuntor (I_n) estar entre esses dois valores para cada circuito. Quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não seja mantida por um tempo superior a mais de 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 500 h ao longo da vida do condutor, pode-se utilizar as Equações 79 e 80. A partir dessas informações tem-se no

Quadro 98 o dimensionamento dos disjuntores.

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (79)$$

$$I_2 = 1,45 * I_n \quad (80)$$

Quadro 98 - Dimensionamento dos dispositivos de proteção

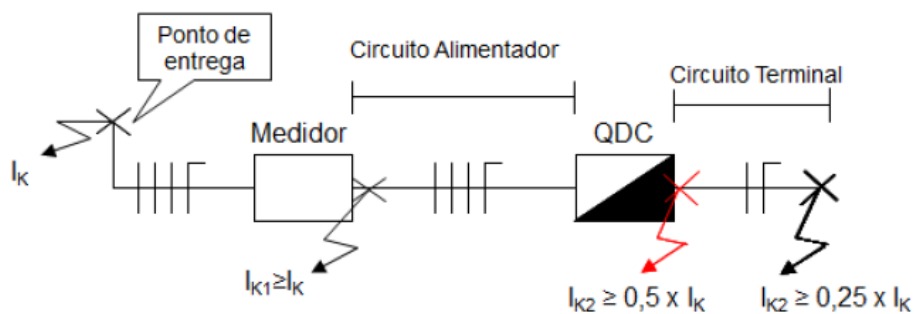
Nº do circuito	Circuito	Ip (A)	Iz (A)	Disjuntor - In (A)	I ₂ (A)	Se (< 1,45*Iz) ok
1	Iluminação 1	4,88	10,5	6	8,70	15,23
2	Iluminação 2	5,04	11,375	10	14,50	16,49
3	TUG 1	20,67	24,6	25	36,25	35,67
4	TUG 2	25,59	26,65	25	36,25	38,64
5	TUG 3	29,53	34,2	32	46,40	49,59
6	Micro-ondas	12,12	15,6	13	18,85	22,62
7	Máquina lv	5,68	14,4	10	14,50	20,88
8	Chuveiro 1	25,00	34,2	32	46,40	49,59
9	Chuveiro 2	25,00	25,6	25	36,25	37,12
10	Ar-Condicionado 1	9,74	19,2	13	18,85	27,84
11	Ar-Condicionado 2	9,74	15,6	13	18,85	22,62
1	Iluminação 1 térreo	10,39	12,25	10	14,50	17,76
2	Iluminação 2 térreo	4,72	12,25	10	14,50	17,76
3	TUG térreo	30,51	39,9	32	46,40	57,86
GERAL	Apartamento	67,55	71,5	63	91,35	103,68
GERAL	Dos 3 Apartamentos	104,1	111,15	100	145,00	161,17
GERAL	Térreo	39,53	49,4	40	58,00	71,63

Fonte: Autor, 2021

Vale ressaltar que o cálculo do disjuntor geral de cada apartamento de 63 A foi obtido utilizando a corrente de projeto que considera o fator de demanda da potência total do pavimento. Para o cálculo do disjuntor de 32 A do térreo foi utilizado a corrente sem considerar o fator de demanda aplicado nas tomadas e iluminação, pois todos os aparelhos desse circuito têm mais possibilidades de estarem em funcionamento ao mesmo tempo.

O disjuntor geral para os 3 pavimentos de 100 A foi dimensionado com a metade da corrente total de entrega da instalação, sendo 104,01 A, conforme esquema visto na Figura 47.

Figura 47 - Esquema das correntes elétricas



Fonte: Notas de aula, disciplina de Instalações Elétricas UFES, 2017

Sendo:

I_k : a corrente geral de entrega; e

I_{k2} : corrente dos 3 apartamentos;

5.9 Dimensionamento da entrada de energia

O alimentador do padrão de entrada e os seus demais acessórios foram definidos de acordo a norma da concessionária do estado, a EDP Escelsa do Espírito Santo presente no Quadro 102 do Apêndice B, que apresenta no seu conteúdo qual deve ser os condutores e eletrodutos a serem utilizados, relacionando-os com a potência instalada do edifício calculada no Quadro 88.

Considerando essa referência, a categoria de fornecimento do prédio (Categoria T4 (Trifásico) – Quatro Fios (FFFN) que é aplicado as instalações com carga elétrica instalada entre 26 KW e 75 KW), sendo a potência instalada do edifício de 45,79 KW e os materiais utilizados no eletroduto de entrada são em PVC rígido, tem-se que os condutores de entrada aéreos (do padrão até o medidor) e os condutores após o medidor (do medidor ao quadro de distribuição) terão 70 mm² de seção e o fio terra 25 mm² de seção. Os eletrodutos terão 75 mm de diâmetro e serão em material PVC e o eletroduto do fio terra terá 20 mm de diâmetro.

Devido ao circuito de iluminação 2 do térreo passar por esse eletroduto de alimentação para se conectar nas arandelas, será considerado um diâmetro a mais para esse eletroduto de entrada, pois passará no seu interior mais dois cabos de 1,5 mm² para essa iluminação, passando para o diâmetro de 85 mm. Ademais, conforme Quadro 102 do Apêndice B o disjuntor do padrão de entrada será um disjuntor tripolar de 150 A.

5.10 Materiais de referência

Deve ser utilizado os disjuntores tipo DIN, cujos quadros de distribuição possuem trilhos específicos para eles.

Considerou-se os condutores flexíveis (cabos) que são constituídos por vários fios encordoados, onde o neutro deve obrigatoriamente ser azul, o terra deve ser verde ou verde e amarelo, já o condutor fase pode variar de cor não sendo nenhuma dos demais condutores neutro e terra. Os eletrodutos que devem ser utilizados são os flexíveis corrugados amarelos em todos os circuitos, exceto nos circuitos enterrados e no circuito de alimentação que devem ser utilizados os eletrodutos rígidos roscáveis.

6 CONCLUSÃO

O trabalho de conclusão de curso proporcionou ao aluno e para quem o lê uma visão completa de como fazer um projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, de forma a caracterizar a edificação como um todo, por meio das representações gráficas e pelo entendimento da aplicação das equações citadas. Com isso é foi adquirido a habilidade de interpretação dos textos técnicos e normas para aplicação nos projetos de engenharia.

Por ser um trabalho multidisciplinar, na área das estruturas com os dois processos de cálculo utilizados, o manual e com o *software* TQS v2021, foi possível aprender a operar esse programa e comparar os seus resultados com os métodos aprendidos na graduação. Neste caso em geral os valores calculados dos esforços solicitantes e áreas de aço, manualmente, foram maiores a depender de cada componente estrutural, pois o programa considera processos diferentes para o dimensionamento, como o sistema de grelhas e leva em conta as rigidezes de outros elementos. Por conseguinte, essas comparações considerando apenas o cálculo manual e o cálculo do TQS não são válidas, devido aos processos serem diferentes, podem ser comparadas com o intuito de verificar qual destes proporciona maiores solicitações e áreas de aço para o projeto final, sendo que ambos têm os seus procedimentos corretos, conforme a norma NBR 6118/2014.

Os projetos de instalações hidrossanitárias e elétricas foram de importante valia para entender o seu comportamento em relação à arquitetura e ao projeto estrutural. Além disso, durante o período de confecção do trabalho, esse assunto gerou muitas discussões de quais são as melhores práticas de projeto até chegar neste, levando em conta os manuais, normas e catálogos de referência.

Portanto, os objetivos principais referentes ao trabalho foram cumpridos, que foi o de confeccionar todos estes projetos fazendo a revisão dos principais conteúdo do curso de Engenharia Civil num único momento a fim de integrar o conhecimento na área de projetos. Logo, esse trabalho assim como todos os quadros e planilhas resultantes servem de manual e referência para a execução de outros projetos na vida profissional.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento: **NBR 6118**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações: **NBR 6120**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ações e segurança nas estruturas - Procedimento: **NBR 8681**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalação predial de água fria: **NBR 5626**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução: **NBR 8160**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações prediais de águas pluviais: **NBR 10844**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações elétricas de baixa tensão: **NBR 5410**. Rio de Janeiro, 2004.

CAMPOS FILHO, Américo. **Projeto de Lajes Maciças de Concreto Armado**. Apostila da disciplina de Estruturas de Concreto Armado II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014c. Disponível em:

<https://moodle.ufrgs.br/pluginfile.php/3775691/mod_resource/content/1/lajes_2014.pdf>.

Acesso em 21 de novembro de 2021.

CAMPOS FILHO, Américo. **Projeto de Escadas de Concreto Armado**. Apostila da disciplina de Estruturas de Concreto Armado II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014c. Disponível em:

<https://moodle.ufrgs.br/pluginfile.php/3775692/mod_resource/content/1/escadas_2014.pdf>

Acesso em 21 de novembro de 2021.

CAMPOS FILHO, Américo. **Dimensionamento de Seções Retangulares de Concreto Armado à Flexão Composta Normal**. Apostila da disciplina de Estruturas de Concreto Armado II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014c. Disponível em:

https://moodle.ufrgs.br/pluginfile.php/3775693/mod_resource/content/1/solicitacoes_normais_2014.pdf. Acesso em 21 de novembro de 2021.

CAMPOS FILHO, Américo. **Projeto de Pilares de Concreto Armado**. Apostila da disciplina de Estruturas de Concreto Armado II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014c. Disponível em:

<https://moodle.ufrgs.br/pluginfile.php/3775694/mod_resource/content/1/pilares_2014.pdf>. Acesso em 21 de novembro de 2021.

JÚNIOR, Edmilson Siqueira de Azevedo. **Projeto Estrutural de um Edifício Residencial Multifamiliar em Concreto Armado**. 130 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

APÊNDICE A – Programa de dimensionamento para o projeto estrutural

Figura 48 - Programa de dimensionamento para o pilar P4

dimensionamento de seções retangulares de concreto armado à flexão composta oblíqua

armadura igual nos quatro cantos

solicitação

tração compressão

tipo de aço

CA-25 CA-50 CA-60

tipo de concreto

C20 C25 C30 C35 C40 C45 C50 C55 C60 C70 C80 C90

dimensões da seção

hx = 20 cm
hy = 30 cm
d' = 5 cm

solicitações de serviço

N = 191,4 kN
Mx = 6,5 kN.m
My = 17 kN.m

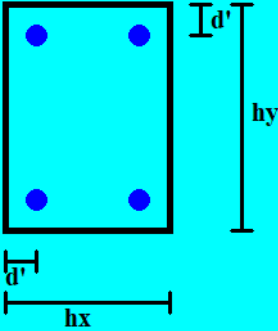
DECIV/UFRGS

calcular

sair

>>>>> solução não converge <<<<<<

área total de armadura



Fonte: Professor Américo Campos Filho

Figura 49 - Programa de dimensionamento para o pilar P7

dimensionamento de seções retangulares de concreto armado à flexão composta oblíqua

armadura igual nos quatro cantos

solicitação

tração compressão

tipo de aço

CA-25 CA-50 CA-60

tipo de concreto

C20 C25 C30 C35 C40 C45 C50 C55 C60 C70 C80 C90

dimensões da seção

hx = 30 cm
hy = 20 cm
d' = 5 cm

solicitações de serviço

N = 689,7 kN
Mx = 16,55 kN.m
My = 23,36 kN.m

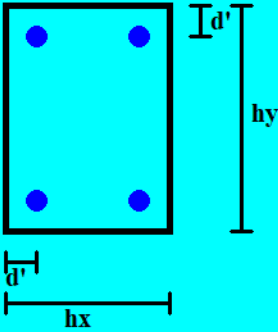
DECIV/UFRGS

calcular

sair

área total de armadura

As,total = 9,14 cm²



Fonte: Professor Américo Campos Filho

Figura 50 - Programa de dimensionamento para o pilar P9

dimensionamento de seções retangulares de concreto armado à flexão composta oblíqua

armadura igual nos quatro cantos

solicitação

tração compressão

tipo de aço

CA-25 CA-50 CA-60

tipo de concreto

C20 C25 C30 C35 C40 C45 C50 C55 C60 C70 C80 C90

dimensões da seção

hx = 30 cm
hy = 20 cm
d' = 5 cm

solicitações de serviço

N = 501,5 kN
Mx = 12,09 kN.m
My = 17,06 kN.m

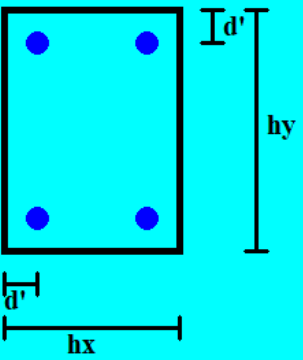
DECIV/UFRGS

calcular

sair

>>>>> solução não converge <<<<<<

área total de armadura



Fonte: Professor Américo Campos Filho

Figura 51 - Tabela de área de aço

Diâmetro (mm)	Área (cm ²)
6,3	0,312
8,0	0,503
10,0	0,785
12,5	1,227
16,0	2,011
20,0	3,142
22,0	3,801
25,0	4,909
32,0	8,042
40,0	12,566

Fonte: Apostila Professor Américo Campos Filho

APÊNDICE B – Referências para os projetos de instalações

Quadro 99 - Dimensionamento de colunas e ramais de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto DN	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido m							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1 100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2 000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2 900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1 800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3 400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5 600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7 600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4 000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7 200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11 000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15 000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7 300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13 000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20 000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26 000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte: NBR 8160/1999

Quadro 100 - Fator de demanda das tomadas e da iluminação

Carga instalada (kW)	Fator de demanda
$C \leq 1$	0,86
$1 < C \leq 2$	0,75
$2 < C \leq 3$	0,66
$3 < C \leq 4$	0,59
$4 < C \leq 5$	0,52
$5 < C \leq 6$	0,45
$6 < C \leq 7$	0,40
$7 < C \leq 8$	0,35
$8 < C \leq 9$	0,31
$9 < C \leq 10$	0,27
$C > 10$	0,24

Fonte: Padrão técnico concessionária EDP Escelsa, 2021

Quadro 101 - Fator de demanda para os chuveiros

Nº de aparelhos	Fator de demanda	Nº de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00	10	0,40
2	0,90	11	0,36
3	0,84	12	0,32
4	0,76	13	0,30
5	0,68	14 a 15	0,29
6	0,61	16 a 20	0,28
7	0,55	21 a 25	0,27
8	0,49	Acima de 25	0,26
9	0,44	-	-

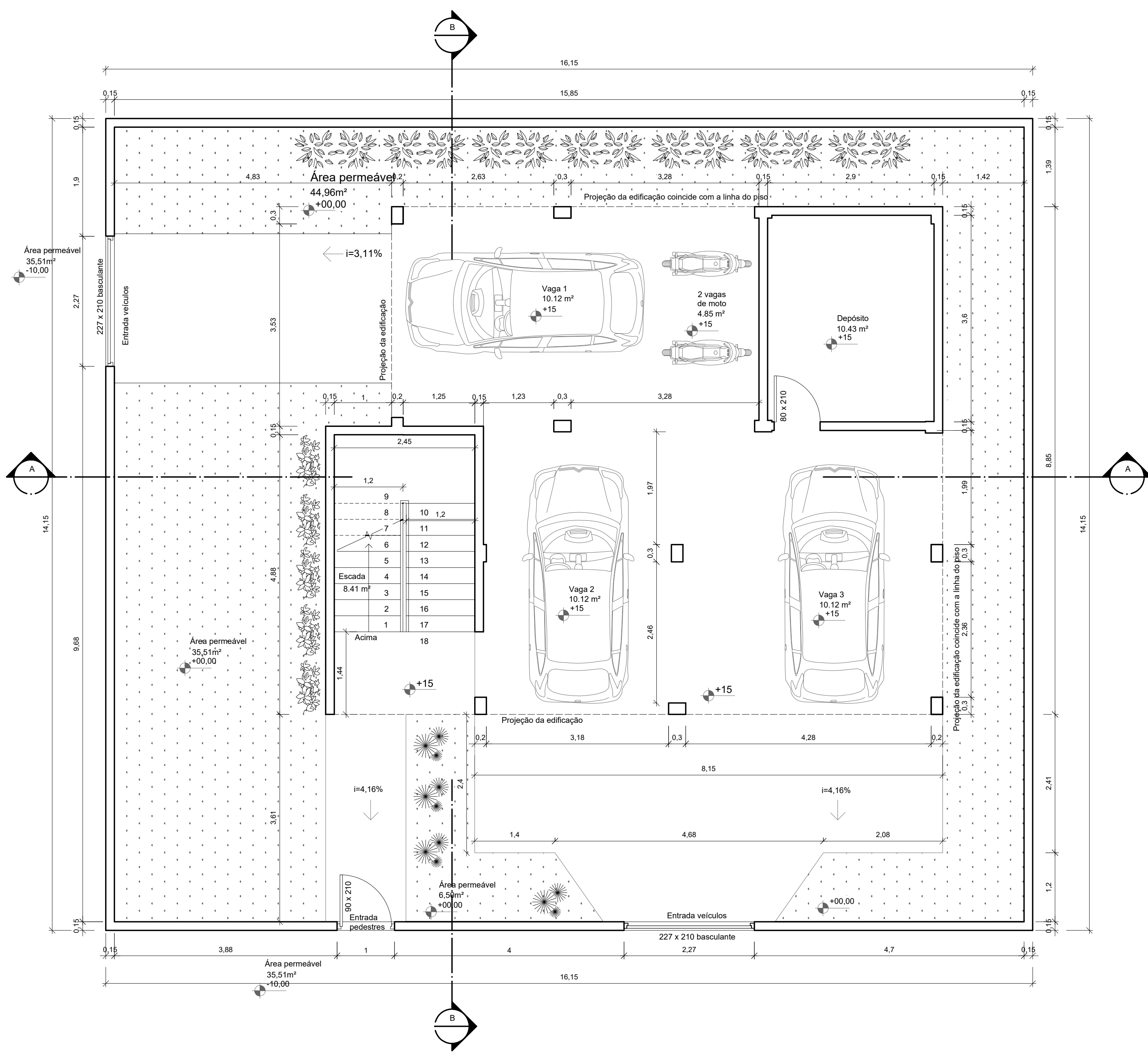
Fonte: Padrão técnico concessionária EDP Escelsa, 2021

Quadro 102 - Unidades consumidoras supridas por redes trifásicas 127/220V

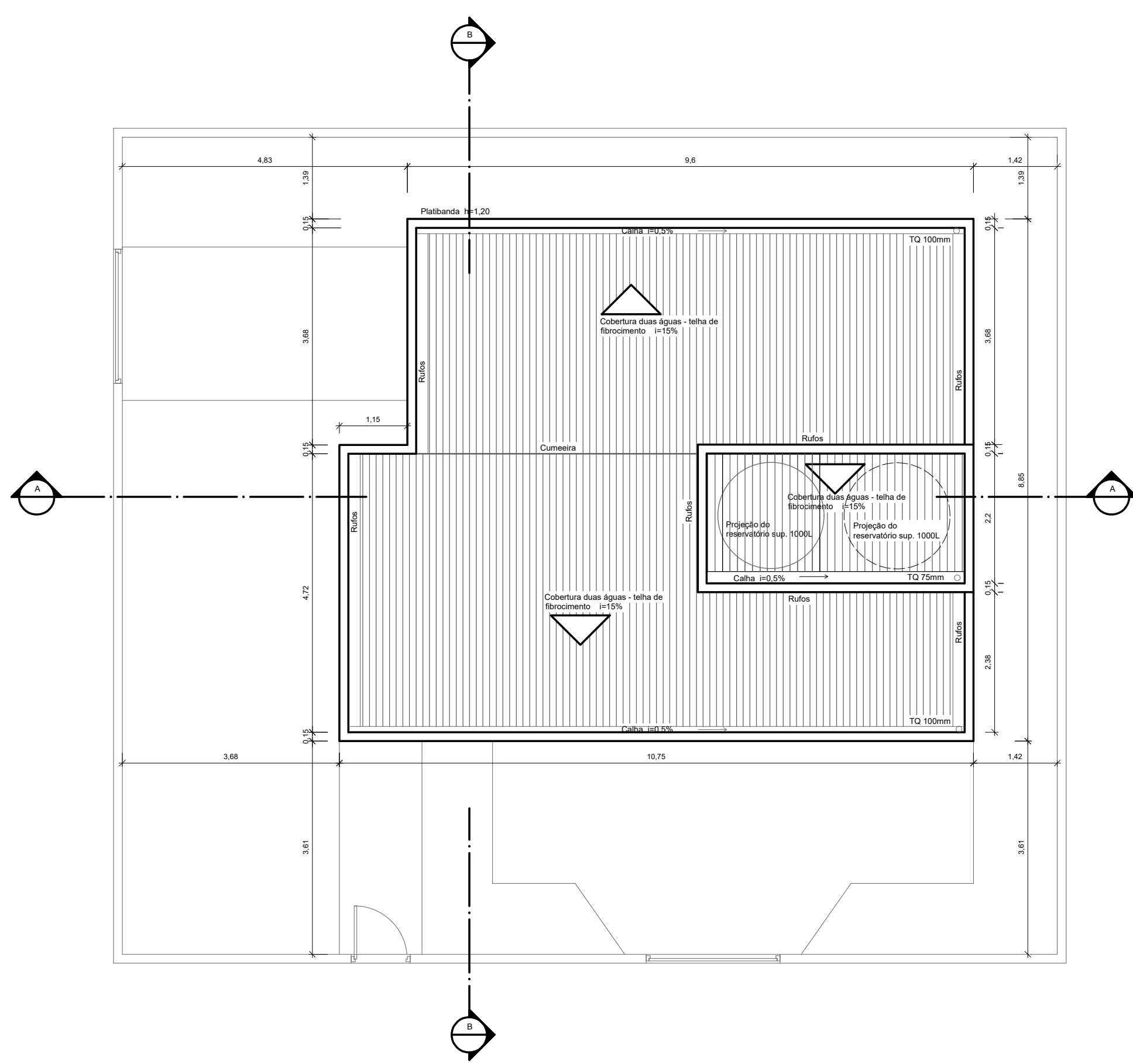
Categoria de Atendimento	Proteção da Entrada Principal	Carga Instalada [kW]	Tipo do Fornecimento	Ramal de Utilização Adicional Multiplex Alumínio (mm ²)	Condutores de Entrada Isolados Classe 2 (Fase/Neutro)			Tipo de Caixa	Eletroduto de Entrada	Terra		Motor	
					Até o medidor (mm ²)	Após o medidor (mm ²)	Classe			Condutor Cobre Nu (mm ²)	Eletroduto	Motor [CV]	Partida
T1	Disjuntor Tripolar 63 A	(**) Até 26,000	3 Fases (Neutro)	16	Responsabilidade da EDP (***)	Cobre isolado 16 mm ²	2	Calha Poliacarbonato Padrão Individual	PVC 50 mm ou Aço diâmetro interno 40 mm	16	PVC 20 mm ou Aço diâmetro interno 15 mm	7,5	C.E.T.
T2	Disjuntor Tripolar 80 A	26,001 a 34,000	3 Fases (Neutro)	25	Responsabilidade da EDP (***)	Cobre isolado 25 mm ²	2					10	C.R.T.P.
T3	Disjuntor Tripolar 100 A	34,001 a 41,000	3 Fases (Neutro)	35	Cobre isolado 35 mm ²	Cobre isolado 35 mm ²	2					15	C.R.T.P.
T4	Disjuntor Tripolar 150 A	41,001 a 57,000	3 Fases (Neutro)	70	Cobre isolado 70 mm ²	Cobre isolado 70 mm ²	2					25	C.R.T.P.
T5	Disjuntor Tripolar 200 A	57,001 a 73,000	3 Fases (Neutro)	120	Cobre isolado 95 mm ²	Cobre isolado 95 mm ²	2					30	C.R.T.P.

Fonte: Padrão técnico concessionária EDP Escelsa, 2021

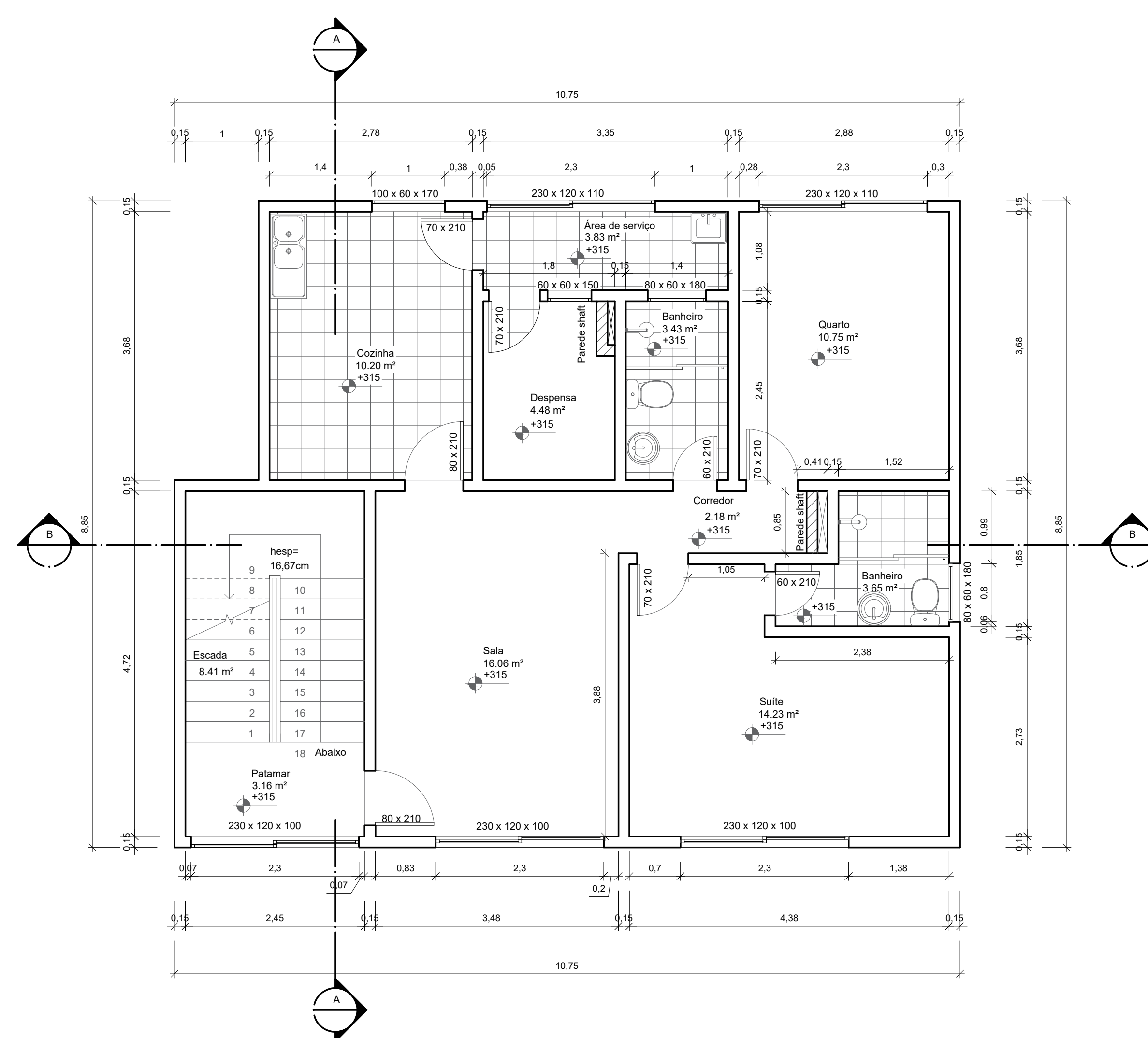
APÊNDICE C – Projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico



1 Planta baixa do pavimento térreo
Escala 1 : 50



3 Planta baixa da cobertura
Escala 1 : 75



2 Planta baixa do pavimento tipo
Escala 1 : 50

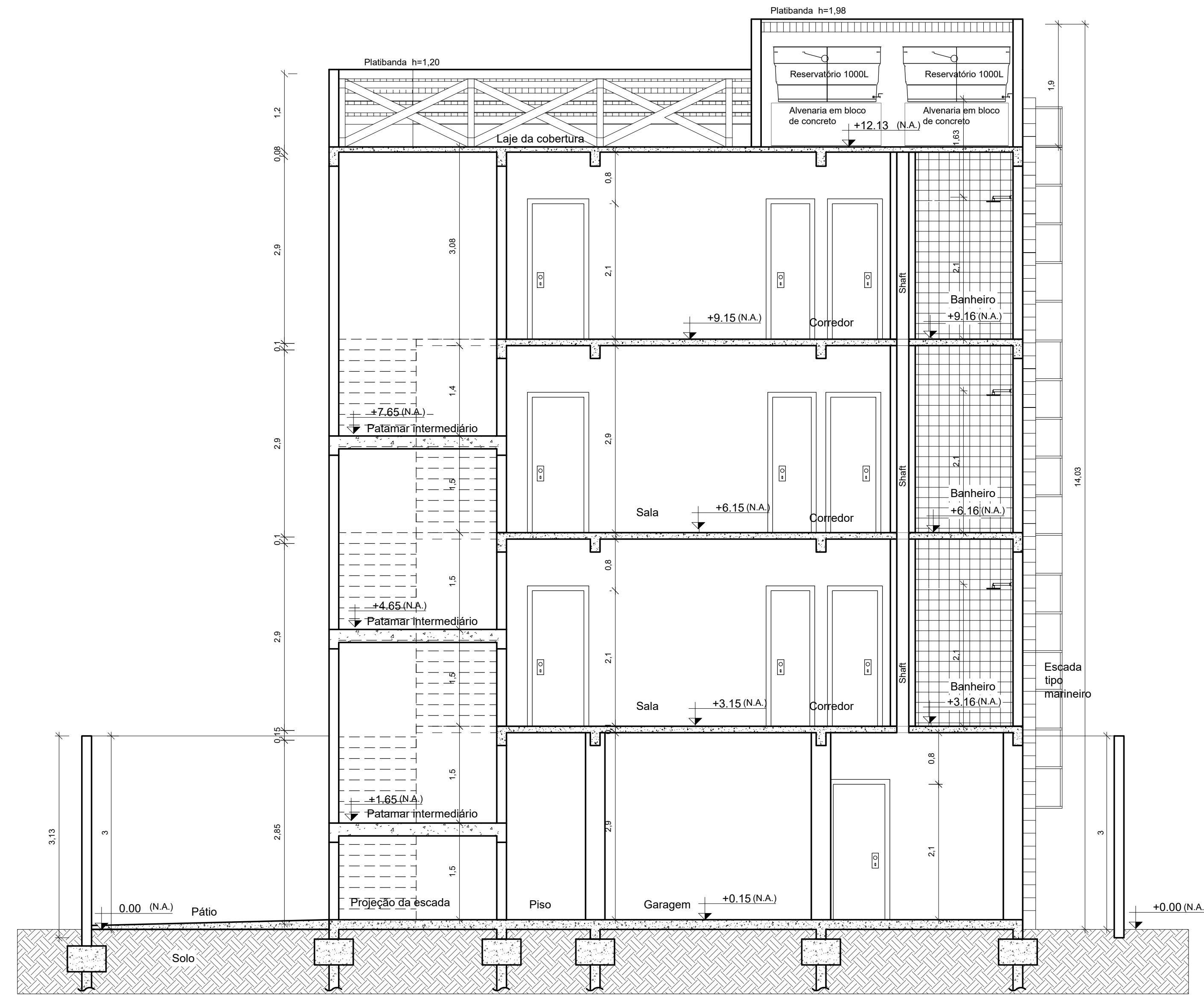


4 Planta baixa de situação
Escala 1 : 200

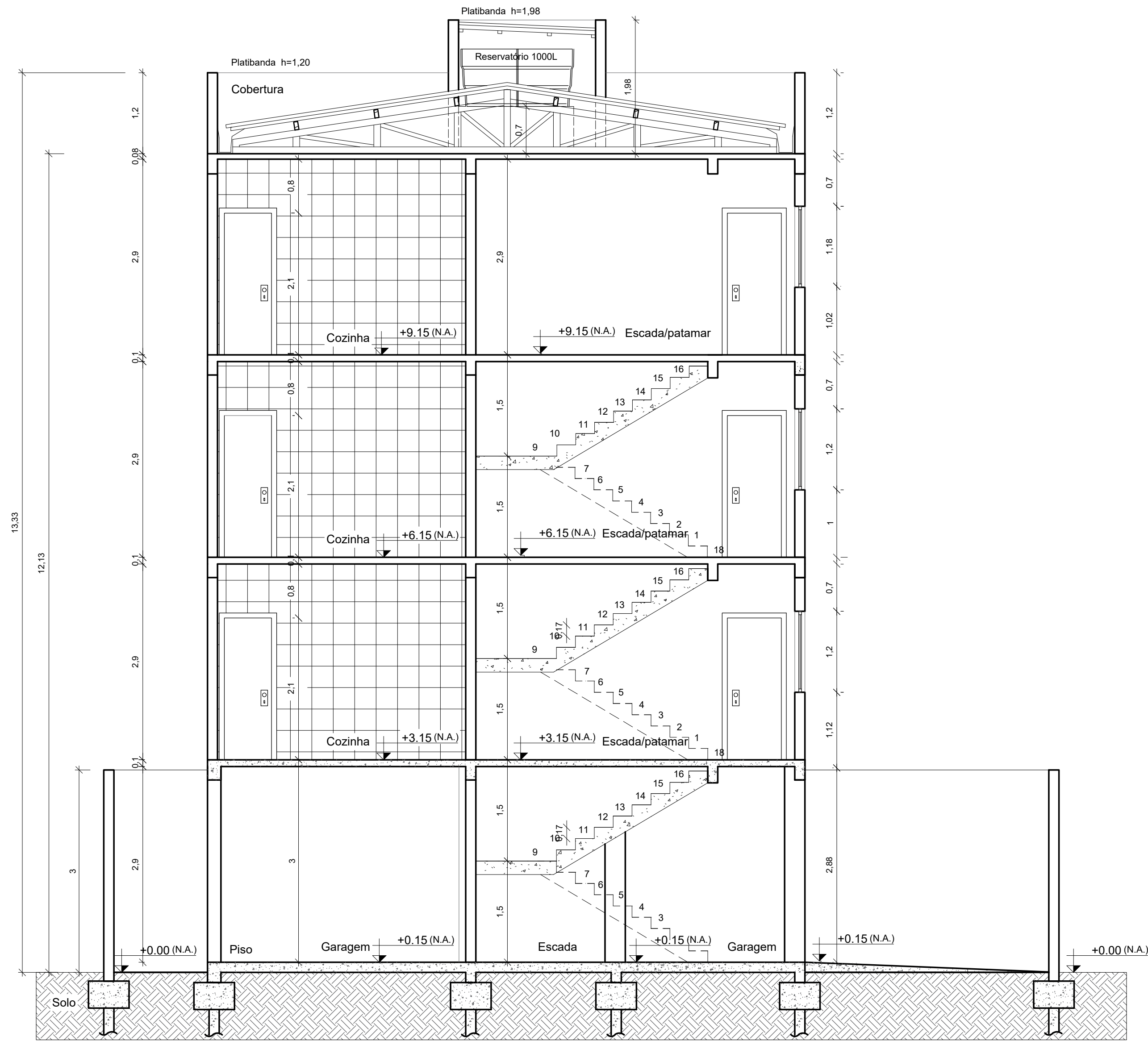
ÍNDICES URBANÍSTICOS	
ÁREA DO TERRENO	252m ²
ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA	314,04m ²
ÁREA DE PROJEÇÃO	88,19m ²
ÁREA DO PERMEÁVEL	122,14m ²
COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO	1,246
TAXA DE OCUPAÇÃO	35%
TAXA DE PERMEABILIDADE	48%

Projeto de Arquitetura:	
Projeto Arquitetônico	
Endereço: Rua Projetada, S/n, Bairro Itanguá, Cariacica/ES	
Proprietário:	_____
	Jerônimo Santana de Aguiar
Autor do Projeto:	_____
	Jerônimo Santana de Aguiar
Responsável Técnico:	_____
	Jerônimo Santana de Aguiar
Conteúdo desta prancha:	Planta baixa do pavimento térreo, do pavimento tipo, da cobertura e planta de situação
Data: 21/11/2021	Escala: Indicada
Coordenação:	Prancha Nº
Equipe Técnica:	01/02
PROJETO DE TCC UFRGS	

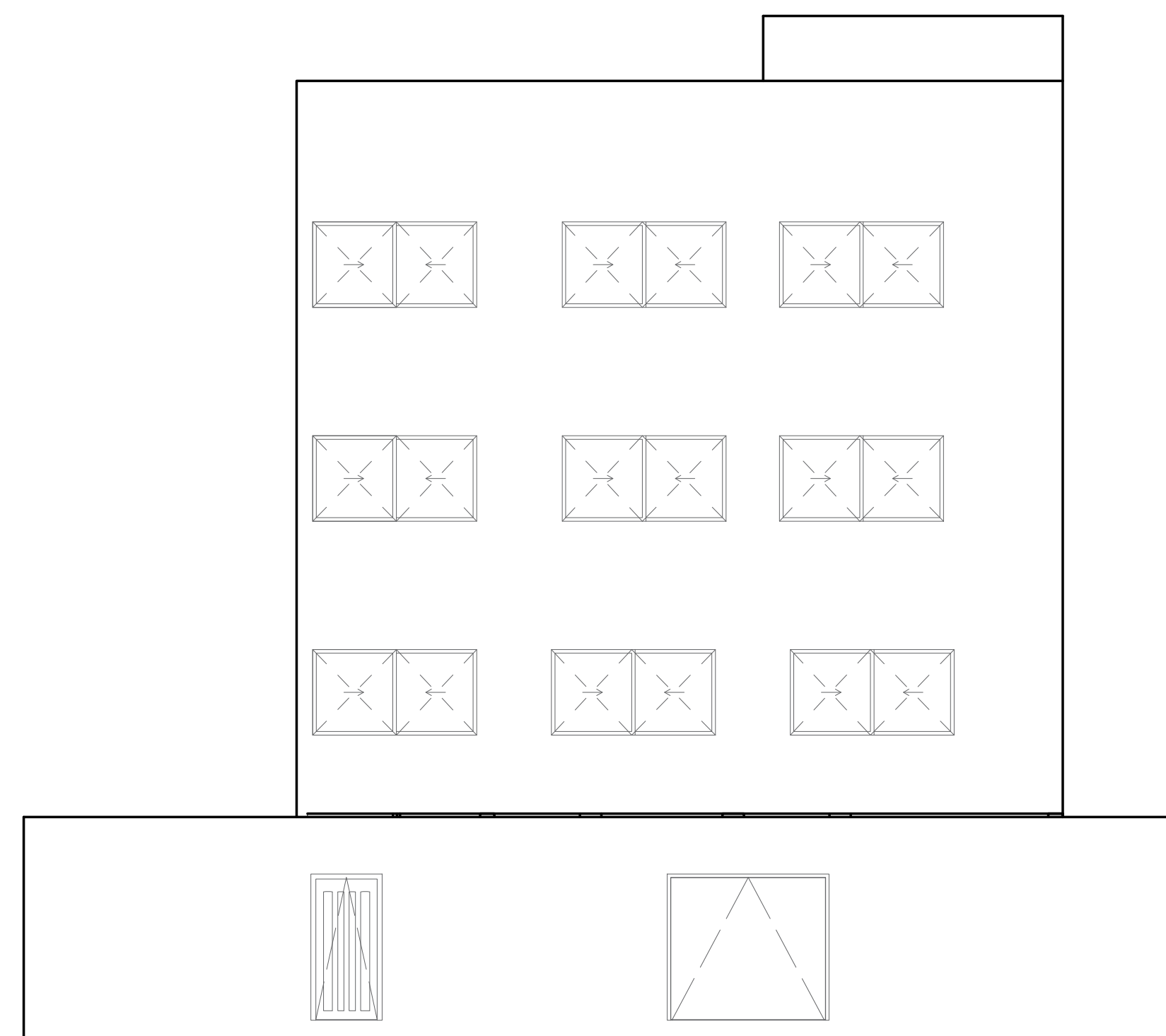
Data	Descrição:	Responsável:



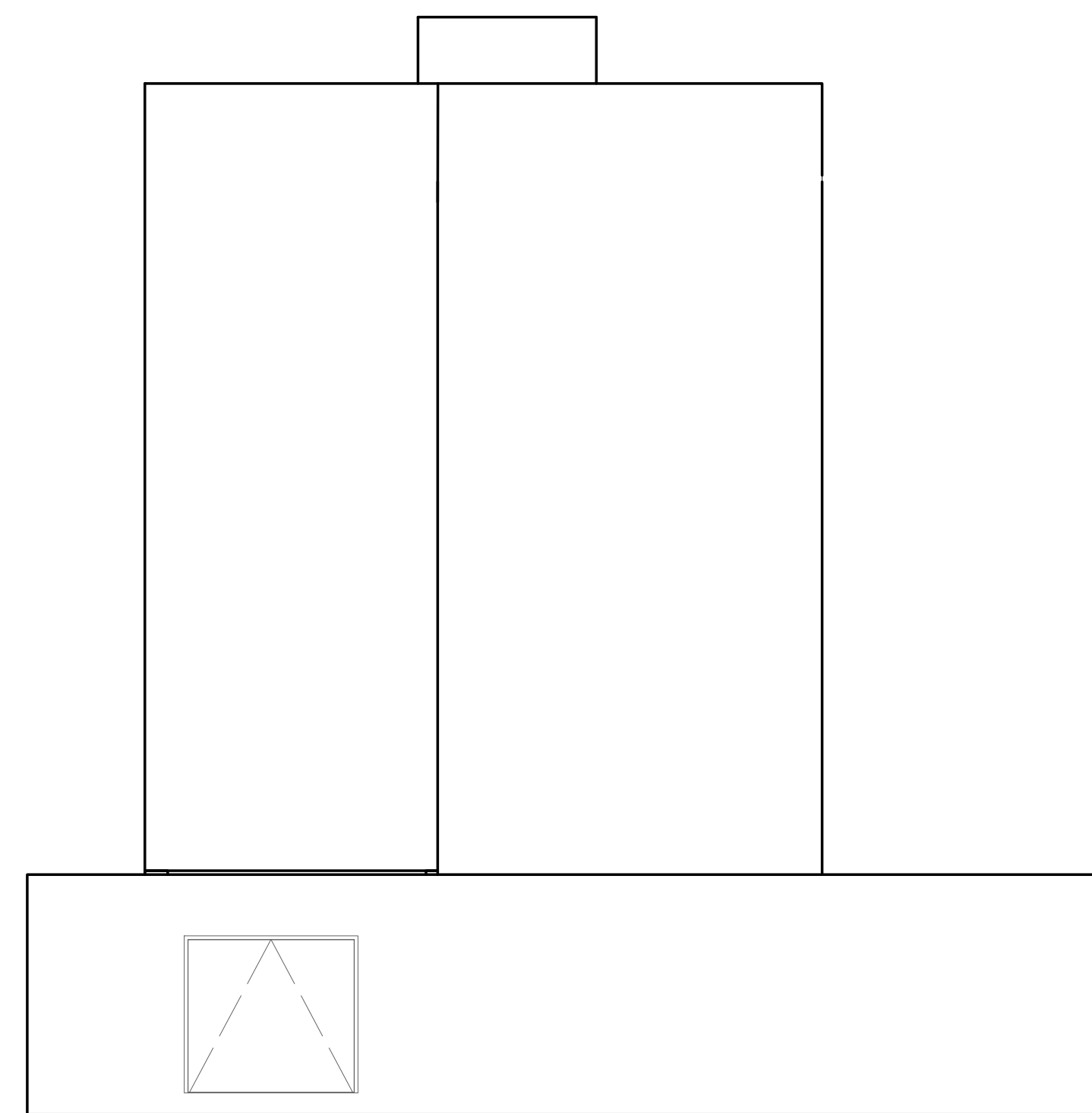
1 Corte AA
Escala 1 : 50



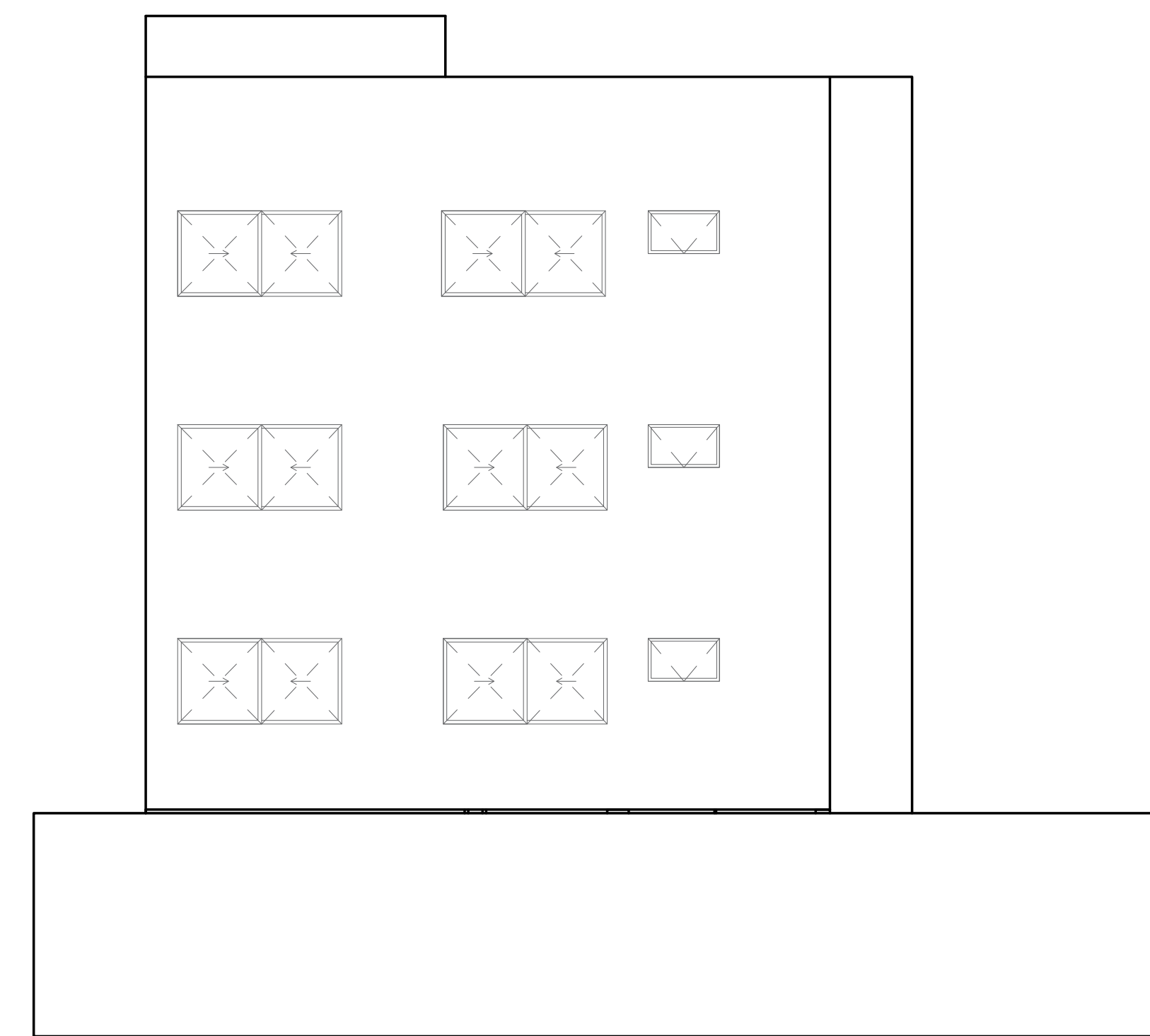
2 Corte BB
Escala 1 : 50



3 Fachada frontal
Escala 1 : 75



4 Fachada lateral esquerda
Escala 1 : 75

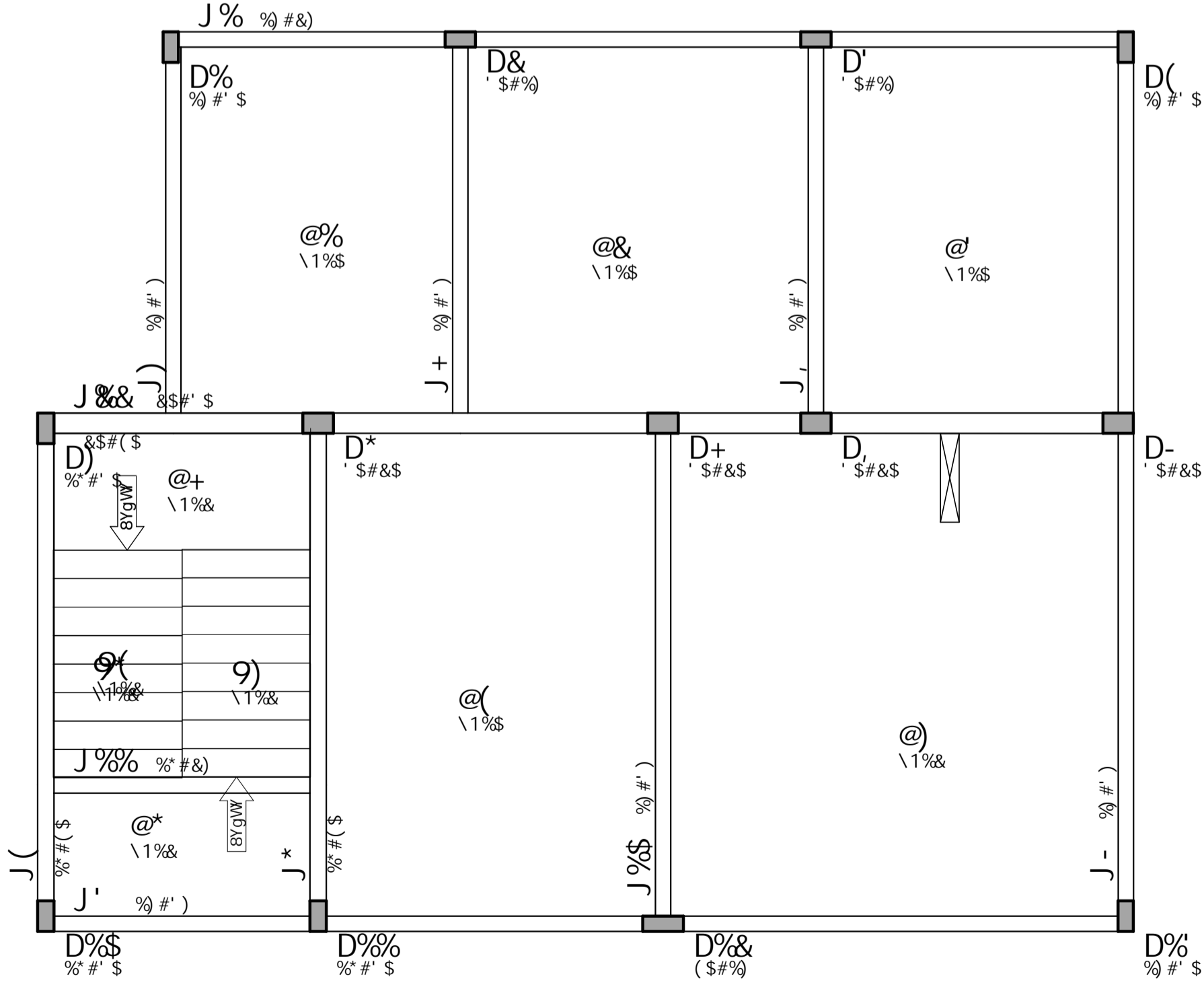


5 Fachada posterior
Escala 1 : 75

Projeto de Arquitetura:		
Projeto Arquitetônico		
Endereço: Rua Projetada, S/n, Bairro Itanguá, Cariacica/ES		
Proprietário:		
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Autor do Projeto:		
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Responsável Técnico:		
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Conteúdo desta prancha:		
Corte AA, Corte BB, Fachada frontal, Fachada lateral esquerda e Fachada posterior		
Data: 21/11/2021	Escala: Indicada	
Coordenação:	Prancha Nº	
Equipe Técnica:	02/02	
PROJETO DE TCC UFRGS		
Data	Descrição:	Responsável:

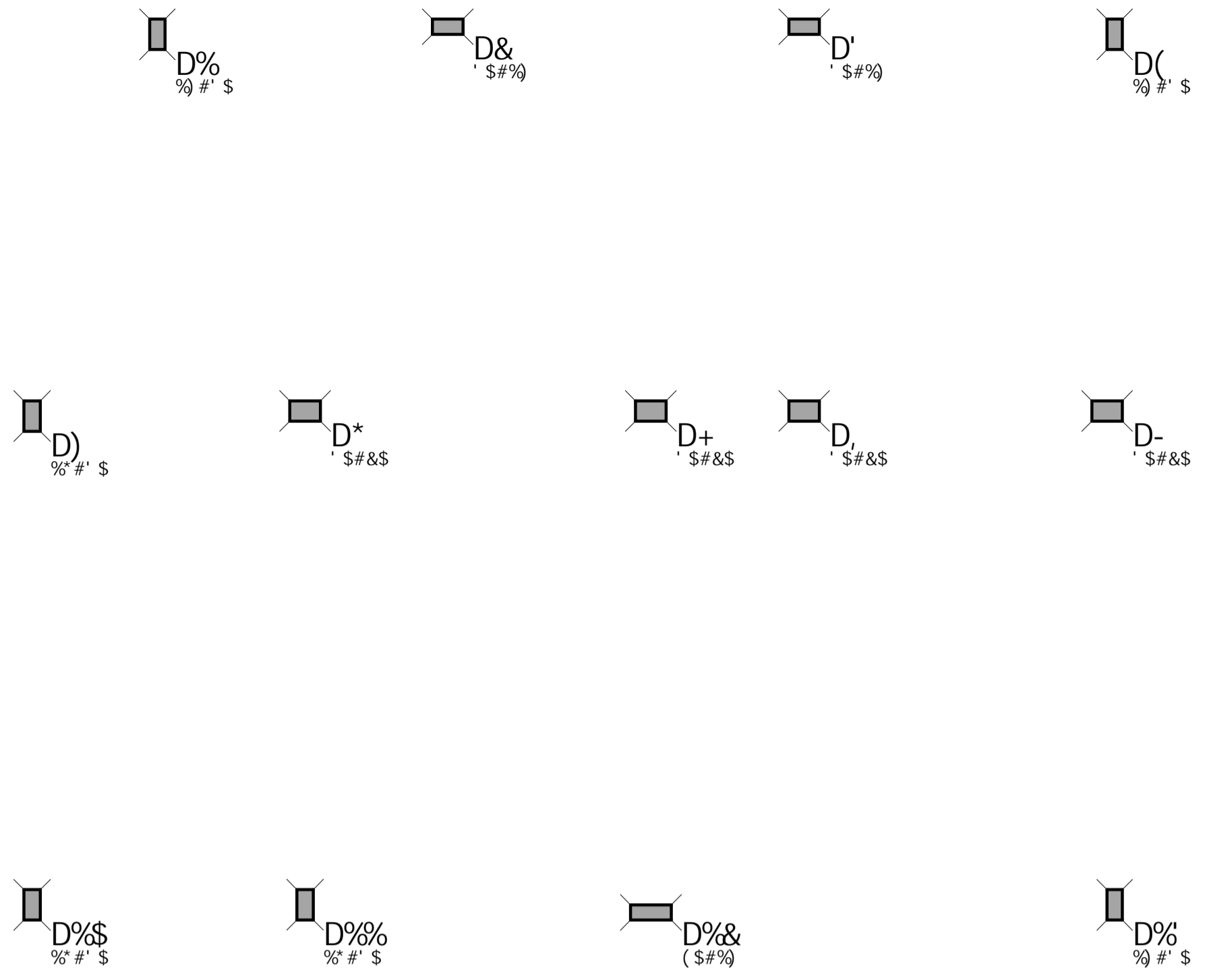
9GHI 8C i · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c: dfcXi n] Xc: dcf: j Yfg-c: UWUX..a] WUz: dfc] V] Xc: i gc: WèaYFw U



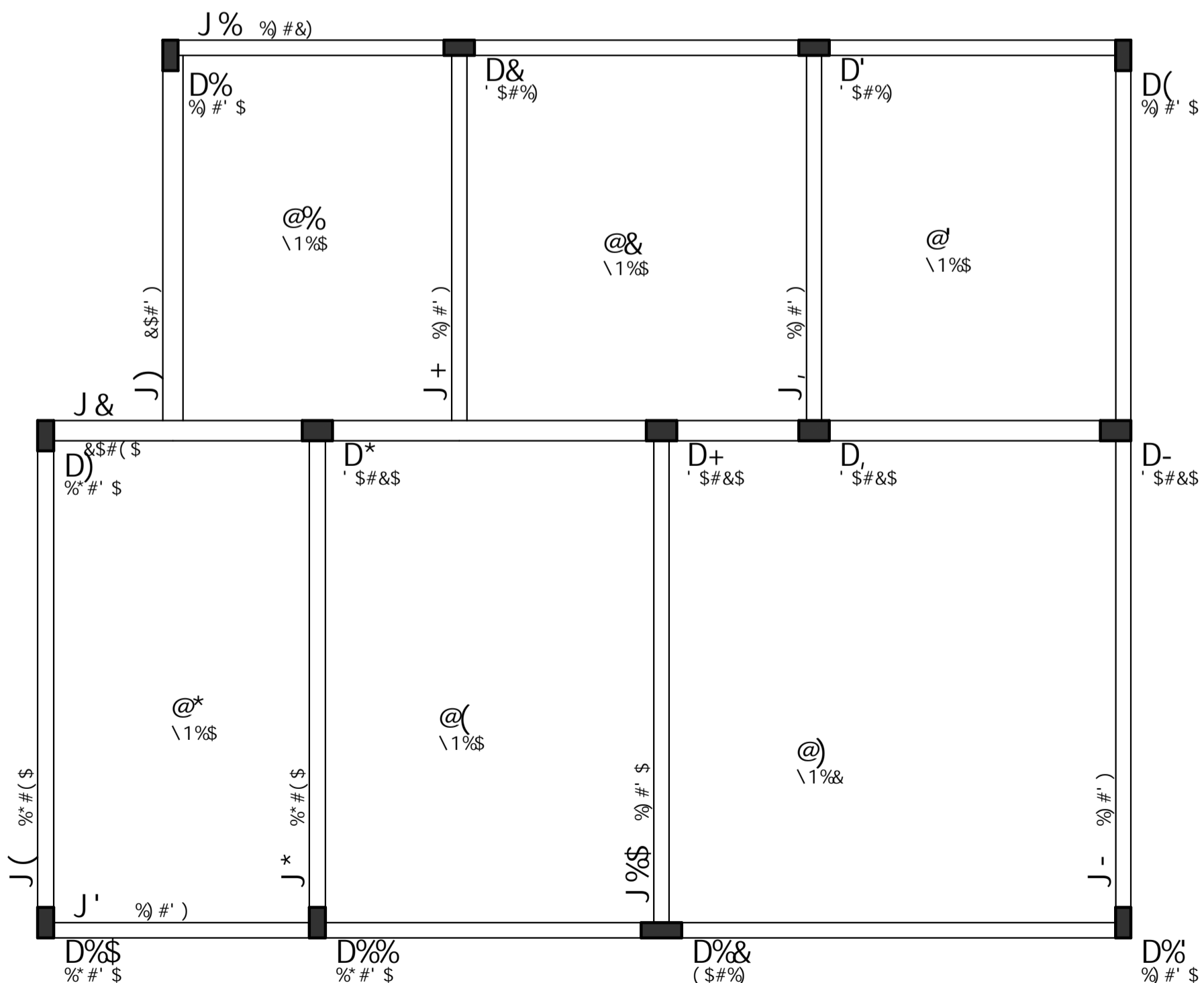
9GHI 8C i · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c: dfcXi n] Xc: dcf: j Yfg-c: UWUX..a] WUz: dfc] V] Xc: i gc: WèaYFw U



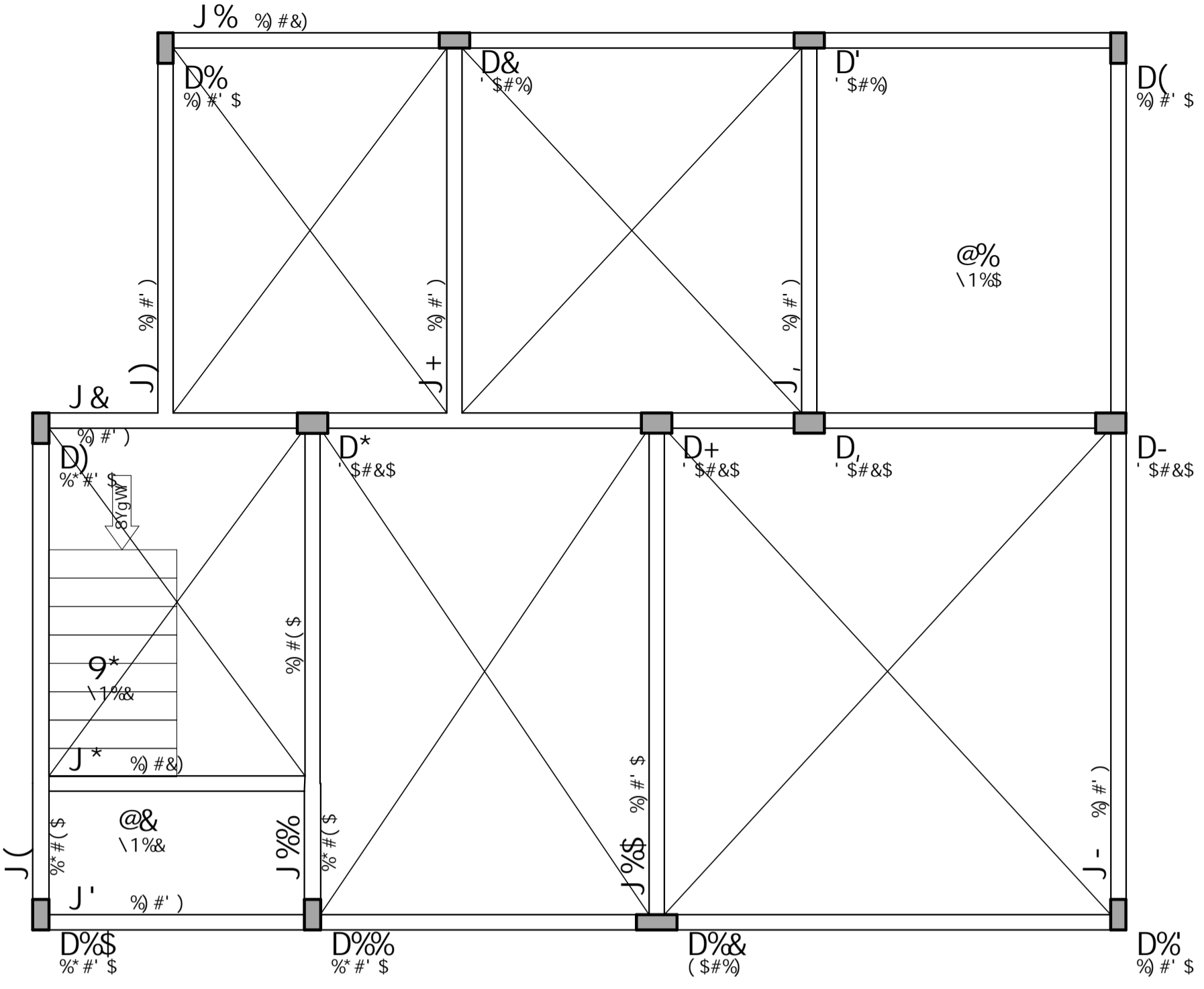
9GHI 8C i · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c: dfcXi n] Xc: dcf: j Yfg-c: UWUX..a] WUz: dfc] V] Xc: i gc: WèaYFw U



9GHI 8C i · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c: dfcXi n] Xc: dcf: j Yfg-c: UWUX..a] WUz: dfc] V] Xc: i gc: WèaYFw U

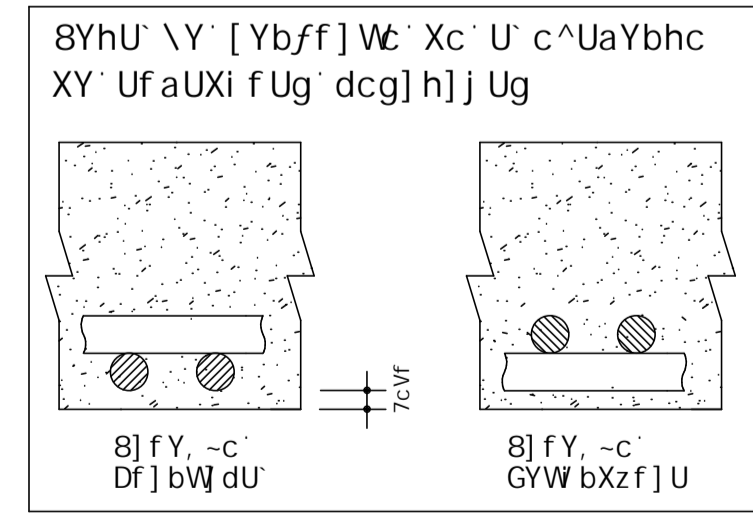
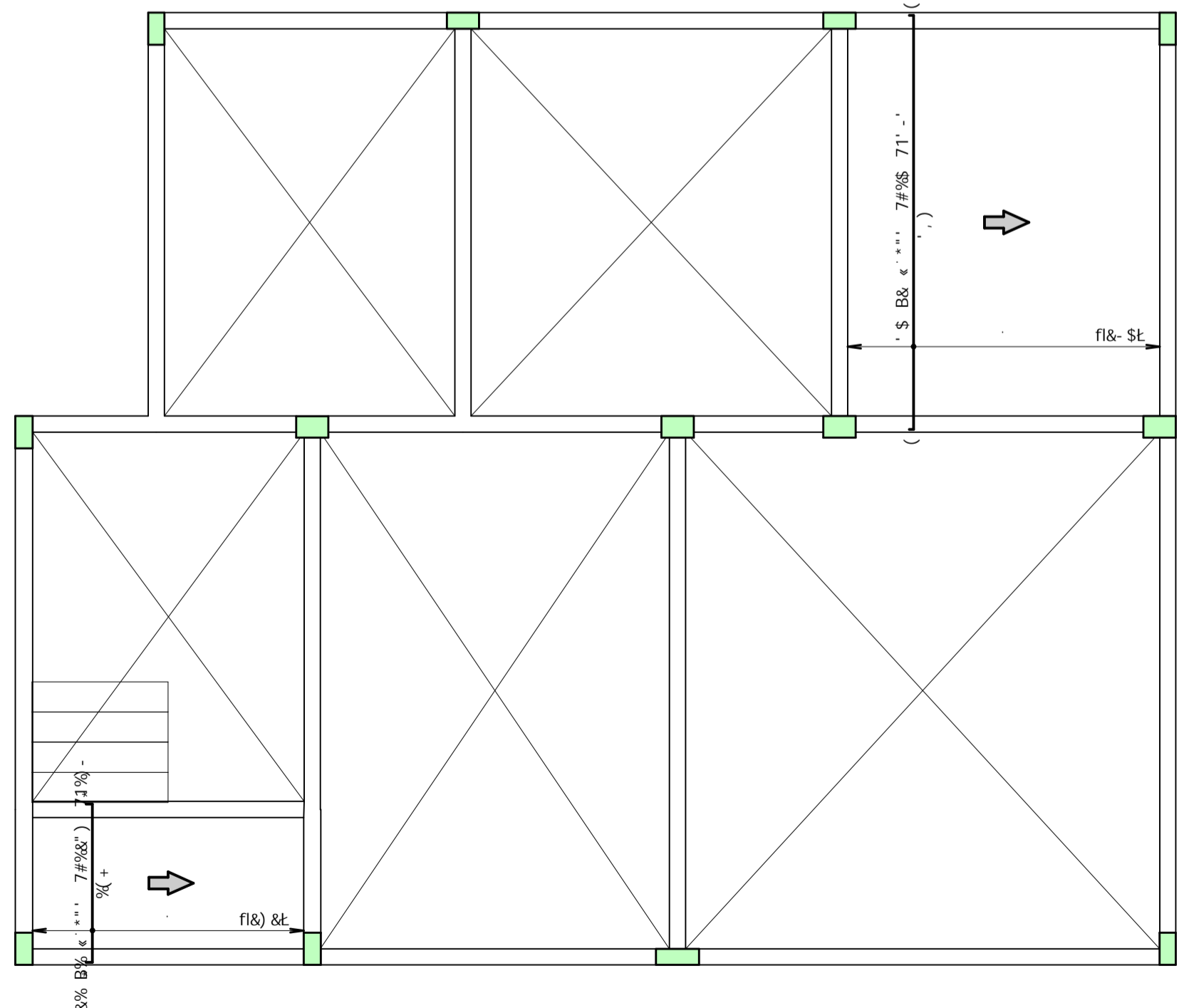


7CB7F9HC		CF5 B °
ZVL 1 ADU		\$\$\$°
97G 1 JYF bUAMUubhu		89G° B °
716-987F		
JERONIMO		
EDIFICIO MULTIFAMILIAR		\$\$°
PLANTA DE FÔRMAS		
F9J° B °		\$\$
854S	9C754S	98° °
%#S, #&S&S	%) \$	
89086-C	H771 H9F1 : CF1 S\$ (1 FSS	7C3F8°

9GHI 8C i BÈC 9L97I H5F

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWUX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfWU

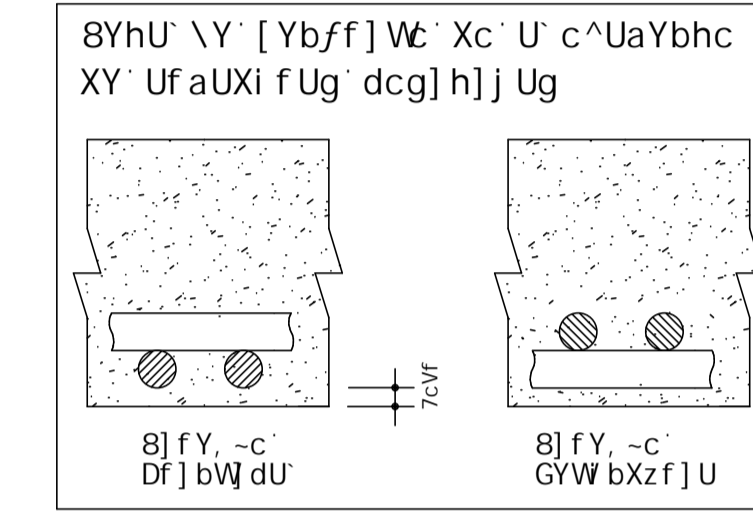
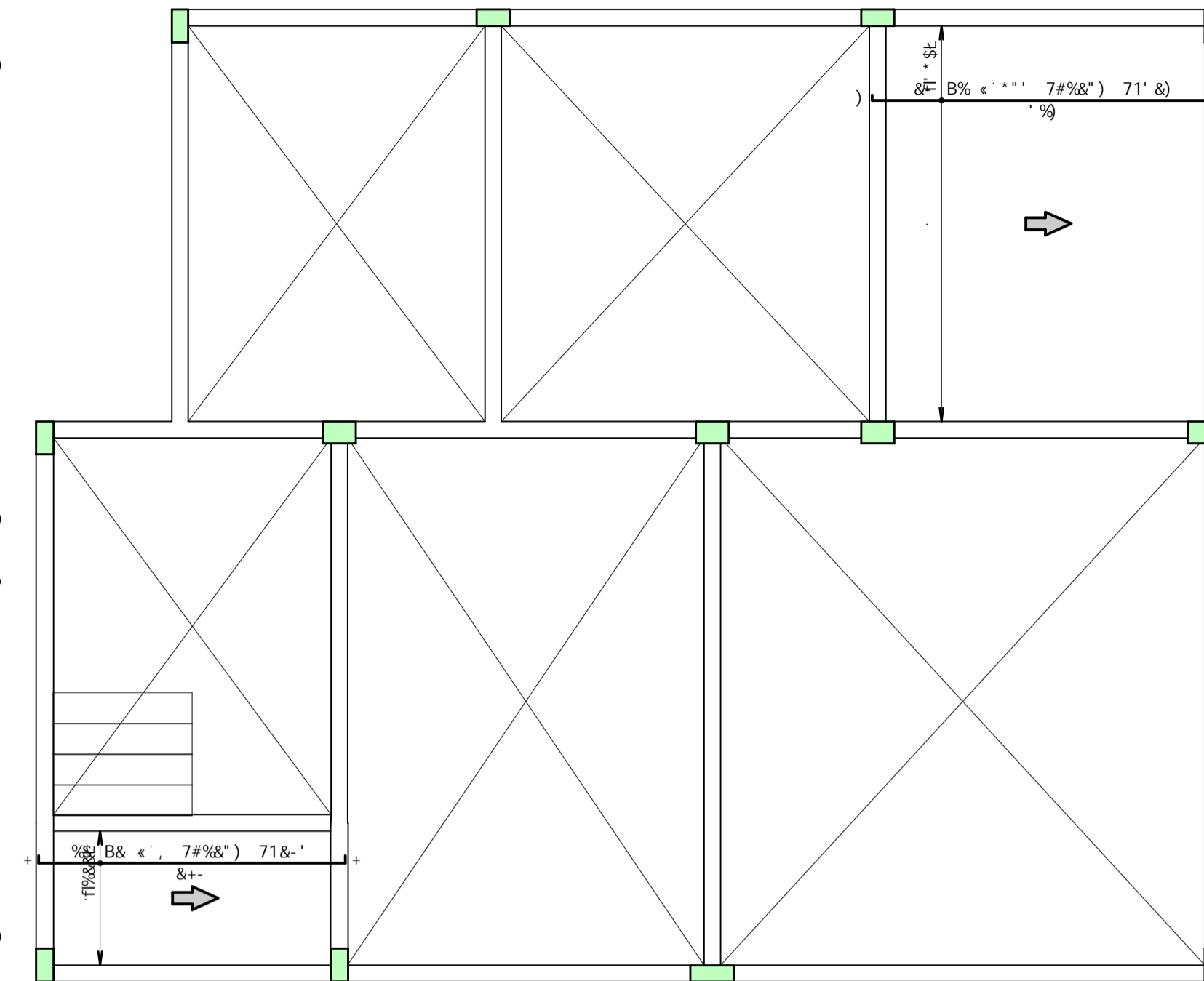
%L



9GHI 8C i BÈC 9L97I H5F

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg~c' UWUX..a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfWU

%L



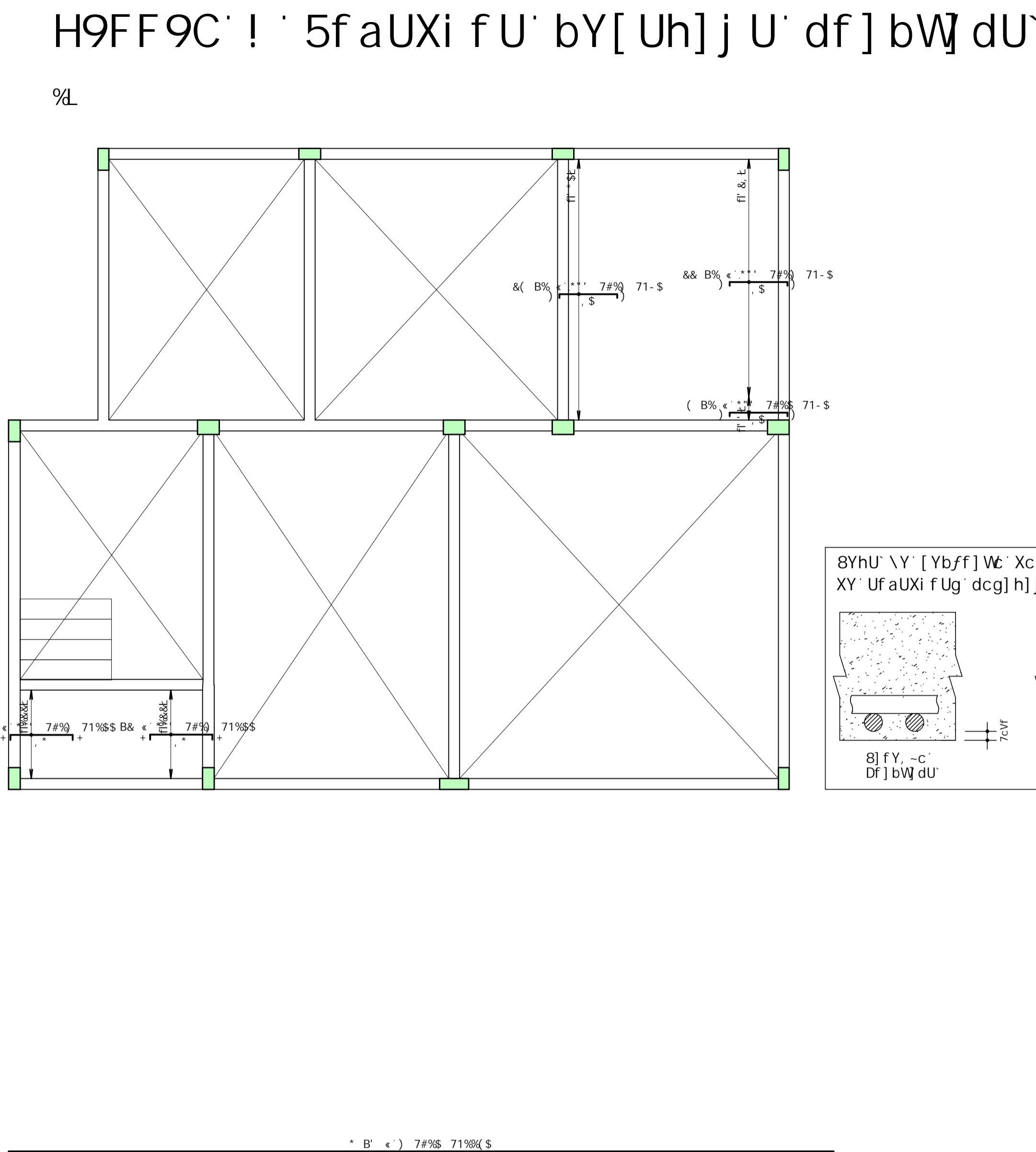
%L

H9FF9C ! 5faUXi f U' dcg] h] j U' gYW bxUf] U

7CB7F9HC ZVL 1") ADU 97G 1 &- (\$& ADU 71a-WBR)		CAF5 B^C \$\$\$\$ 89C' B^C
CAF5 JERONIMO EDIFICIO MULTIFAMILIAR		\$\$)
H-H IC ARMADURA POSITIVA TERREO		
H9FF9C ! 5faUXi f U' bY[Uh] j U' df] bW] dU' H9FF9C ! 5faUXi f U' dcg] h] j U' df] bW] dU'		F9J' B^C \$\$
BSUS %#S, #&S&C% %) \$	9C75M5 H77I H9FI (05>1 S\$) I FSS	7C3F8' 9B. <

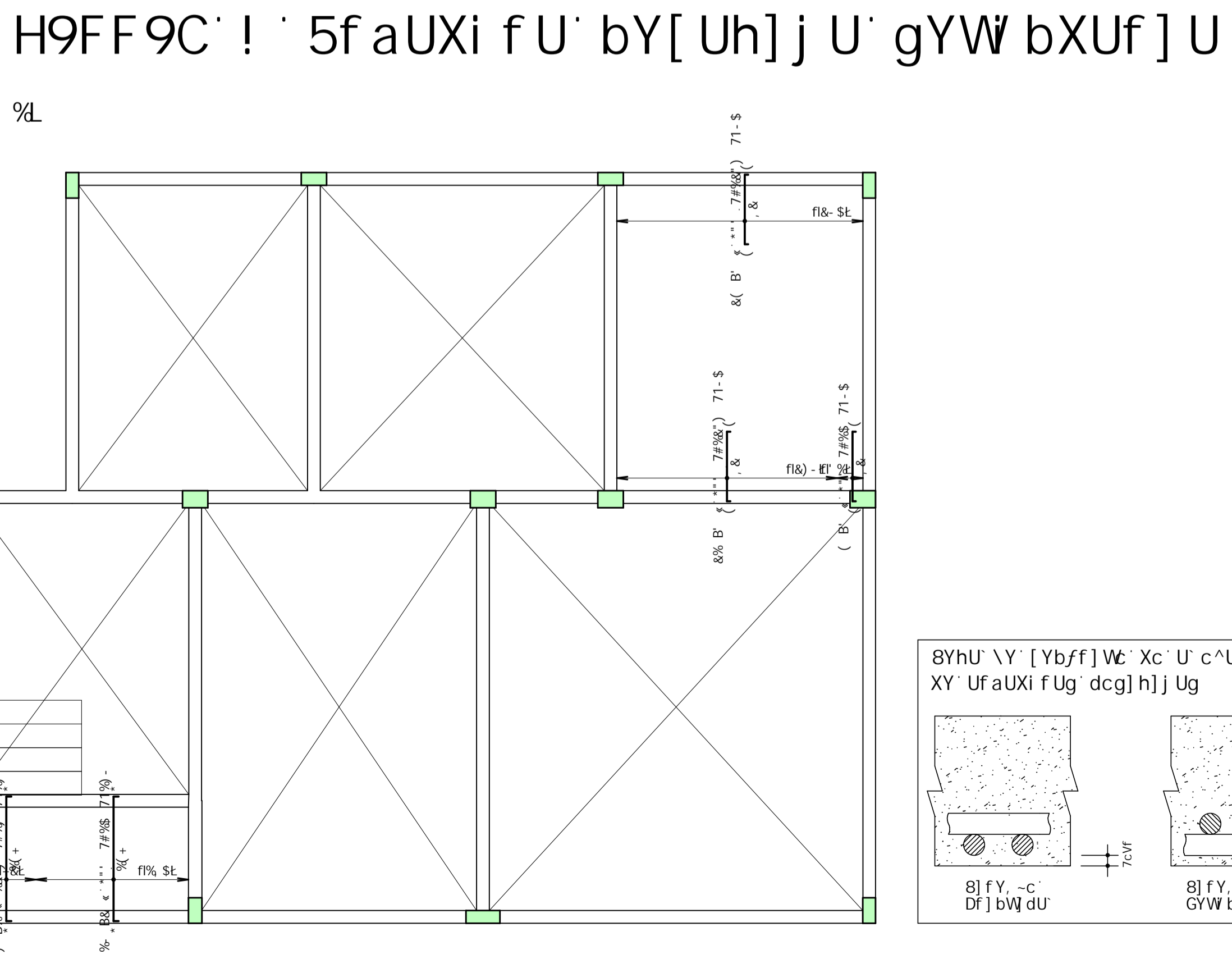
9GHI 8C ! · BÈC · 9L97I H5F

8YgYb\c·dfcXi n] Xc·dcf·j Yfg~c·UWUX..a] WUž·dfc] V] Xc·i gc·WcaYfW] U



9GHI 8C ! · BÈC · 9L97I H5F

8YgYb\c·dfcXi n] Xc·dcf·j Yfg~c·UWUX..a] WUž·dfc] V] Xc·i gc·WcaYfW] U

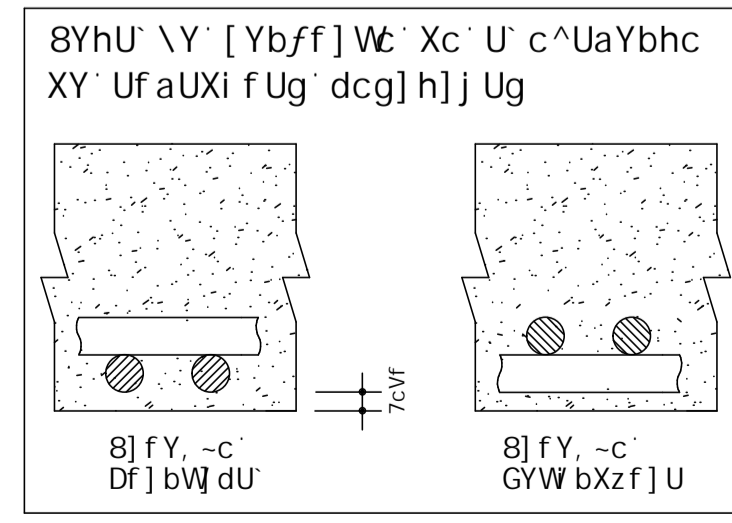
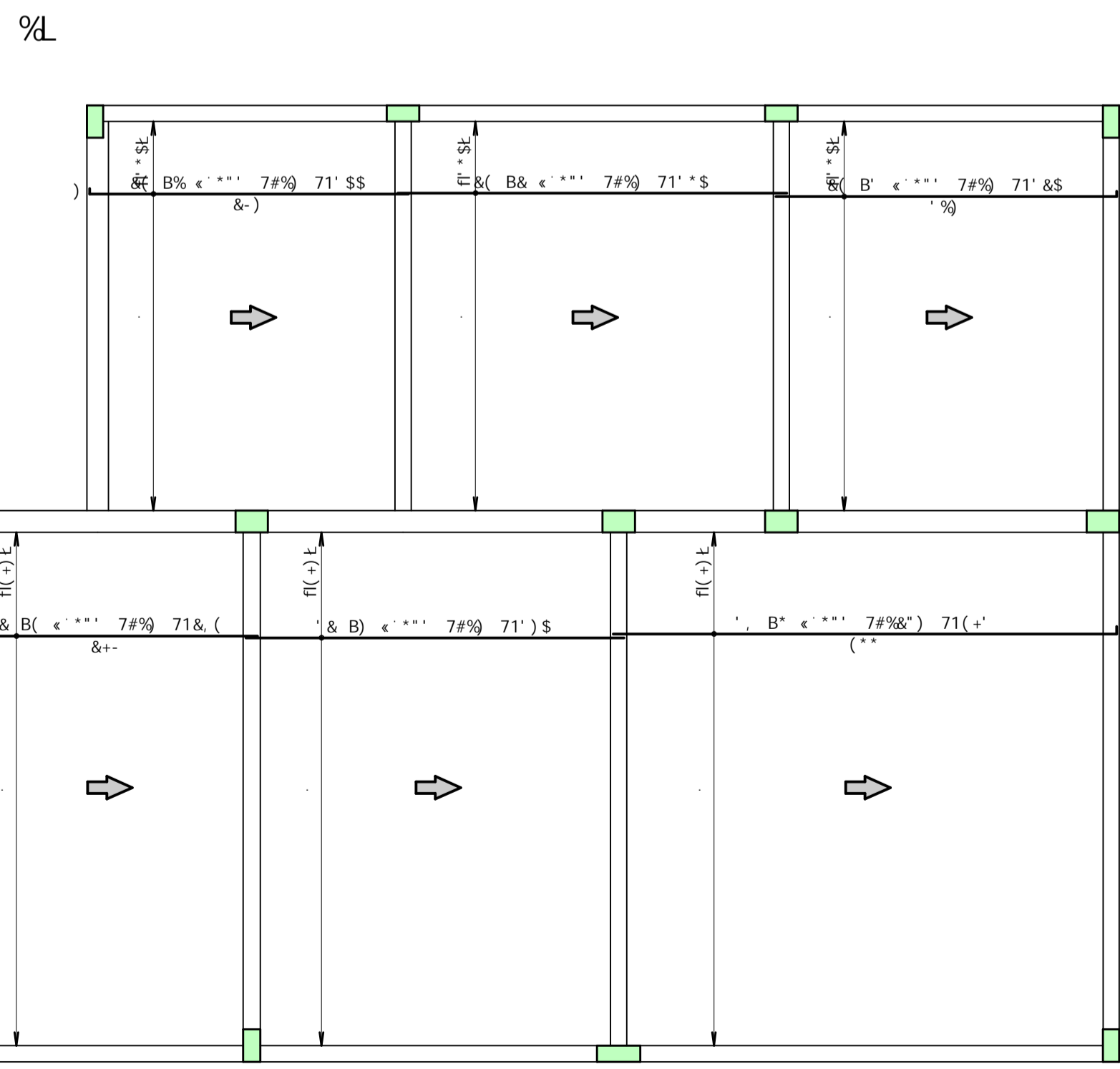


7CB7F9HC		CMS B <
ZVL 1") ADU		\$\$\$
97G 1 &-(S& ADU		89G B <
71b-9B9P		
JERONIMO		
CAF 5	EDIFICIO MULTIFAMILIAR	\$\$*
H-H 0C	ARMADURA NEGATIVA TERREO	
H9FF9C ! · 5faUXi f U' bY[Uh]j U' gYW bXUf] U		F9J' B <
H9FF9C ! · 5faUXi f U' dcg]h]j U' gYW bXUf] U		\$\$
BS16	9C75045	98 <
%#S, #&S&%	%) \$	
890904C	H77I H9FI 05>1 S\$*1 FSS	
70CF8*		

9GHI 8C i · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c UWX.a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U'

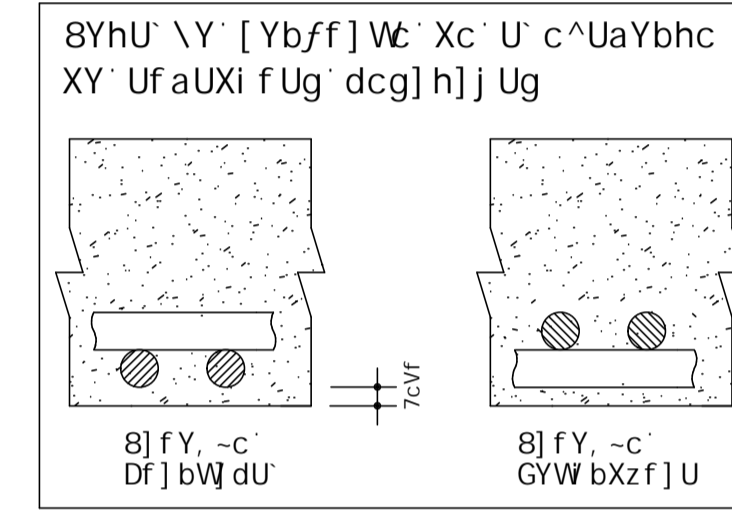
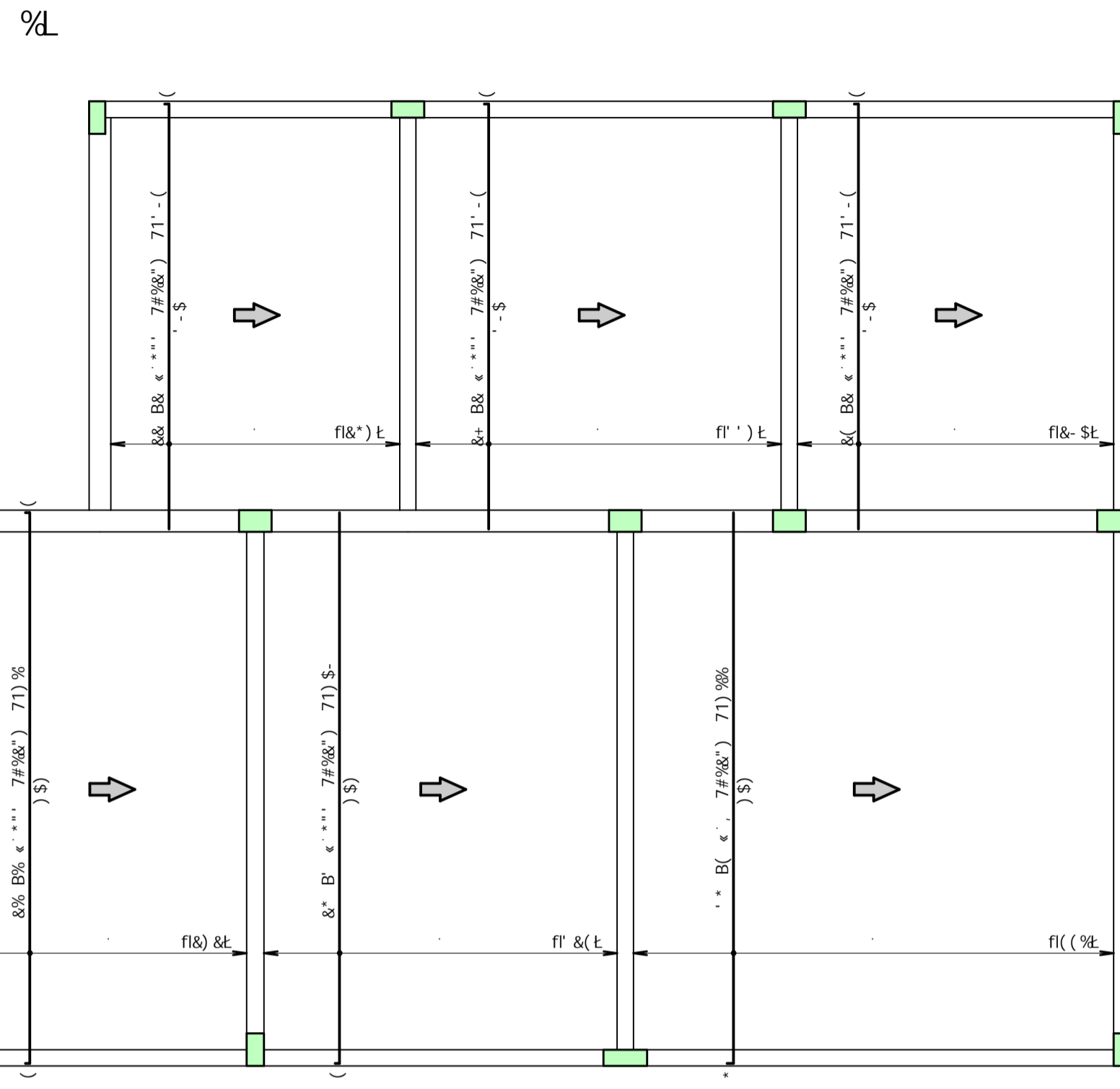
WcVYfhi fU' ! · 5faUXi fU' dcg] h] j U' df] bW] dU'



9GHI 8C i · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c' dfcXi n] Xc' dcf' j Yfg-c UWX.a] WUz' dfc] V] Xc' i gc' WcaYfW] U'

WcVYfhi fU' ! · 5faUXi fU' dcg] h] j U' gYW bXUf] U

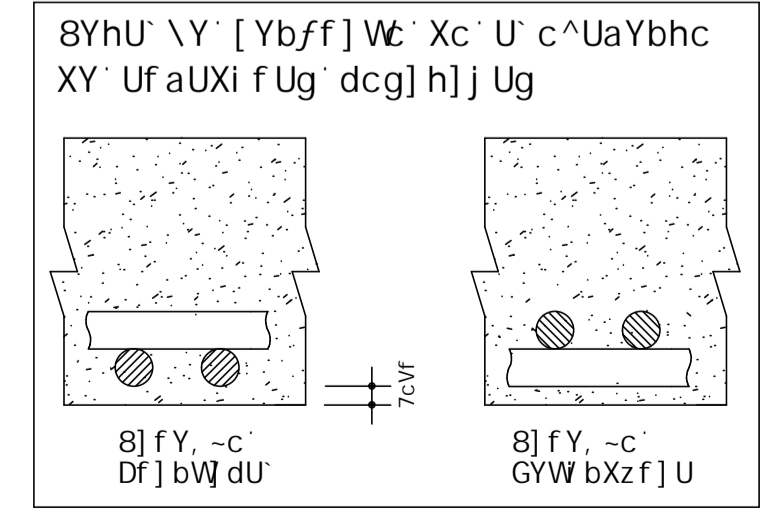
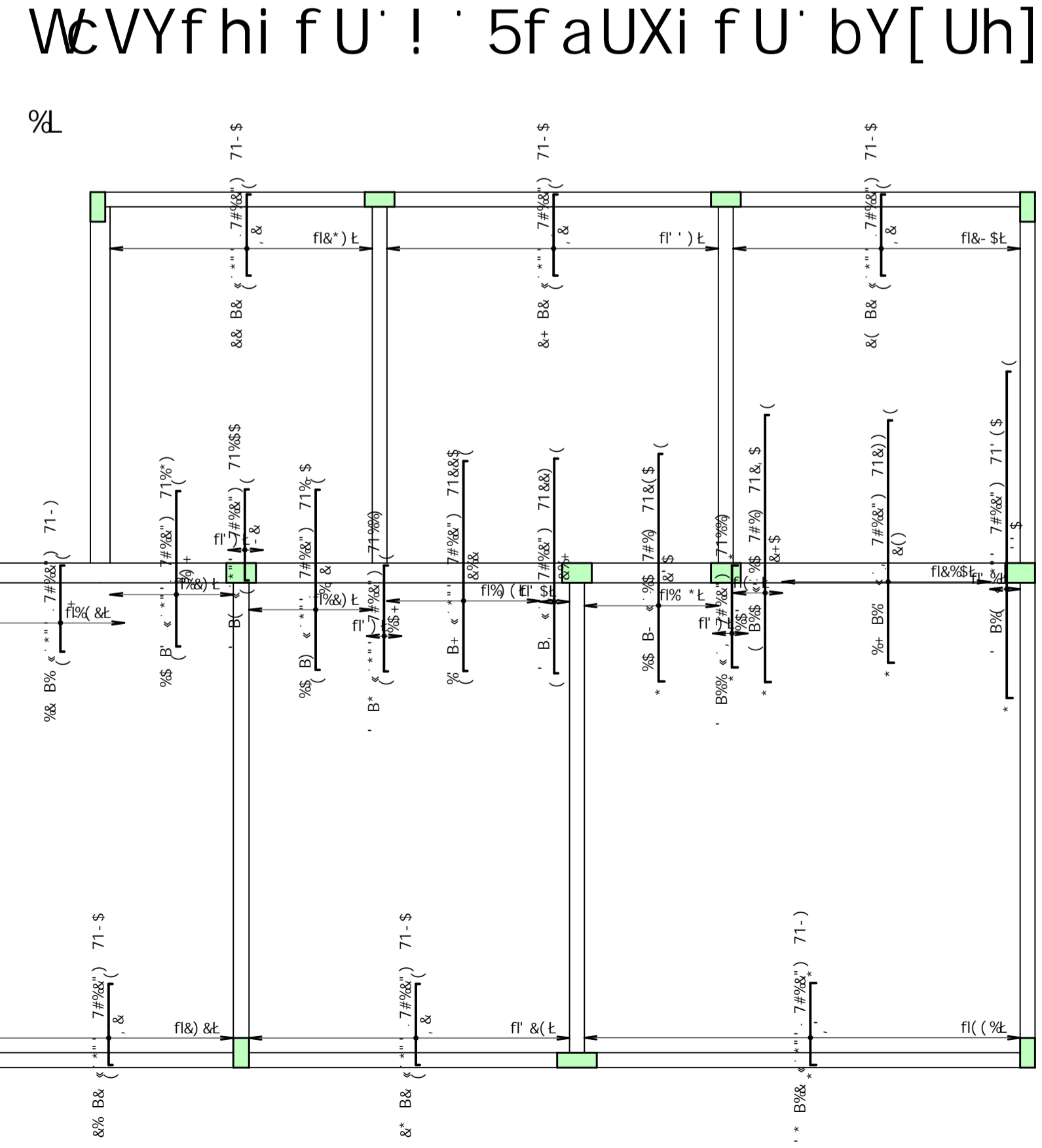


7CB7F9HC ZVL 1") ADU 97G 1 & (S& ADU 7a-9B9P		C6F5 B' C' \$\$\$\$ 89C' B' C'
CF5 EDIFICIO MULTIFAMILIAR		\$%\$
H-H IC ARMADURA SECUNDARIA COBERTURA		F9J' B' C' \$\$
BS4S %#S, #&S&%	9C759S %) \$	8V999C H771 7C6' @5>1 S9S1 FSS
	7C3F8'	9B' C'

HEC 19FCEC 981757-0250 BEC 70A9F7-59 D# 11717 7061 0651 \$S:1F\$S\$ D#H1 *9#S #A55% \$% &L &

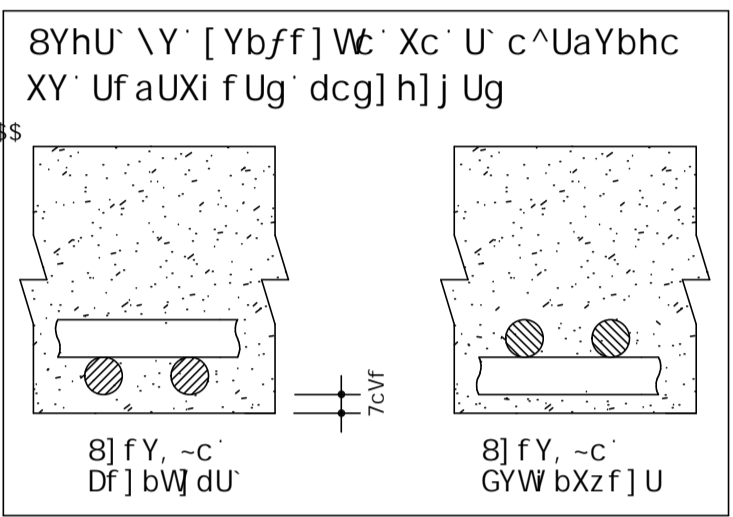
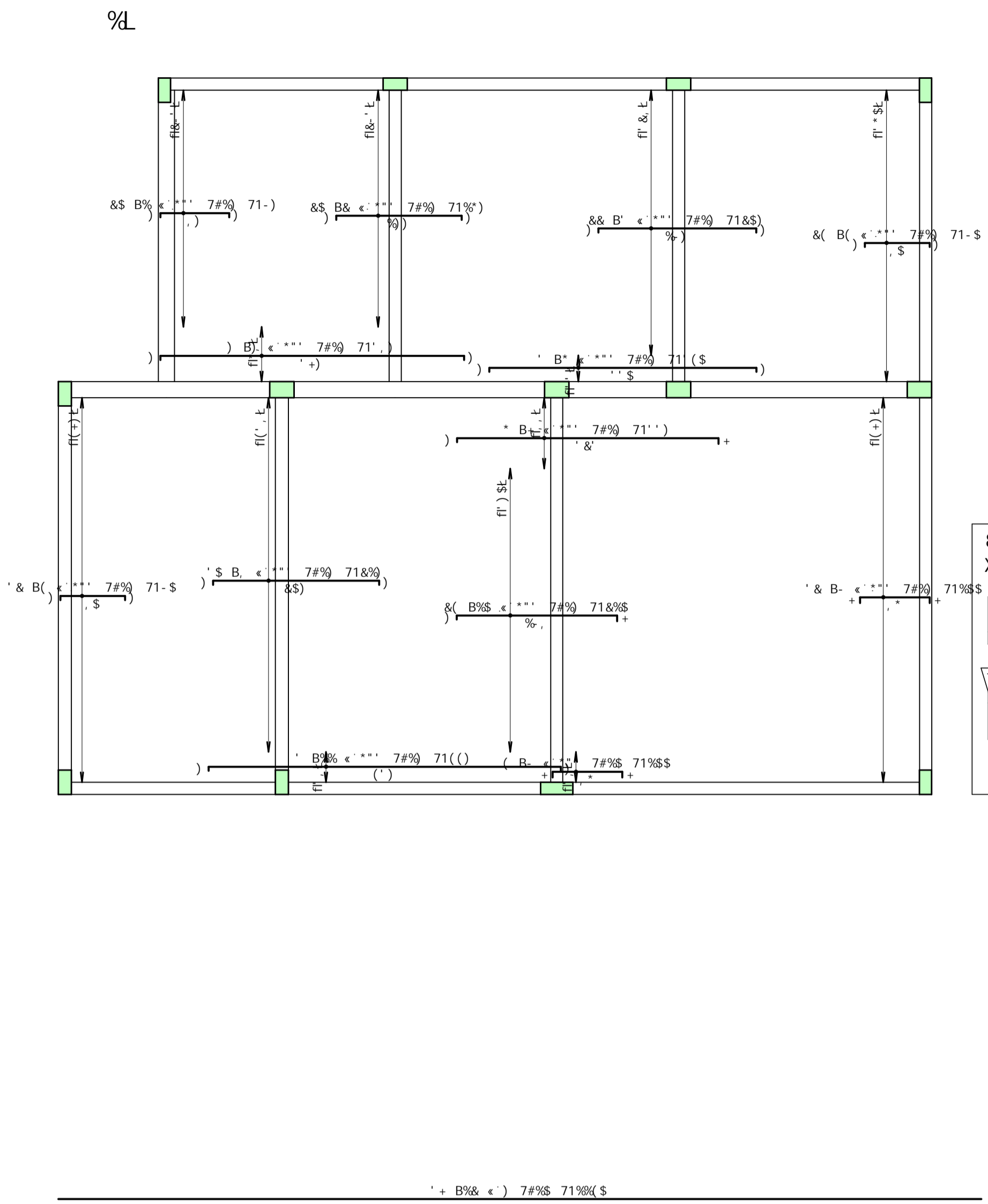
9GHI 8C ! · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c' dFcXi n] Xc' dcf j Yfg~c' UWUX.a] WUž · dFc] V] Xc' i gc' WcayFwU



9GHI 8C ! · BÈC · 9L971 H5F

8YgYb\c' dFcXi n] Xc' dcf j Yfg~c' UWUX.a] WUž · dFc] V] Xc' i gc' WcayFwU

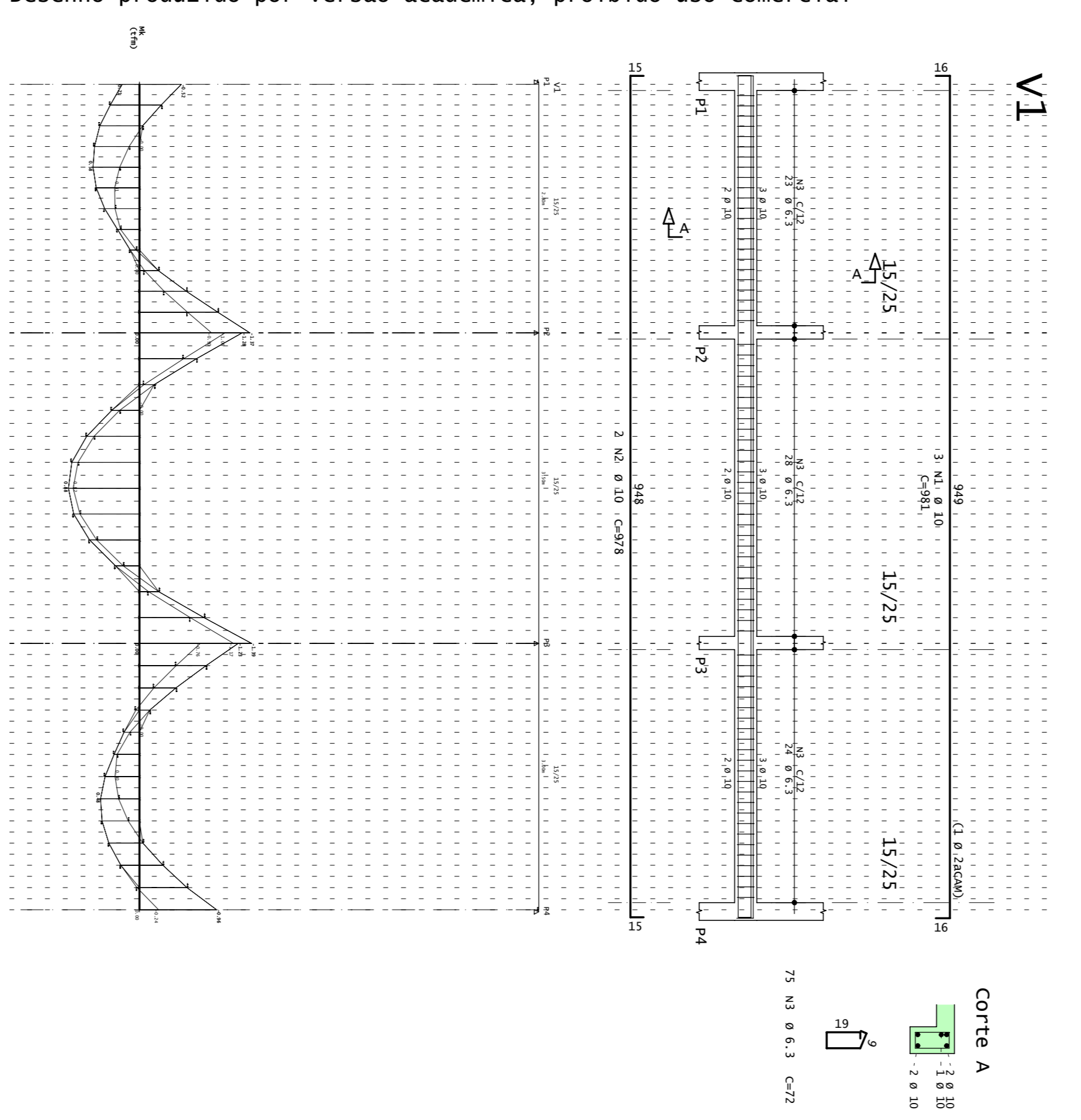


WcVYfhi fU' ! · 5faUXi fU' bY[Uh] j U' gYW bxUf] U

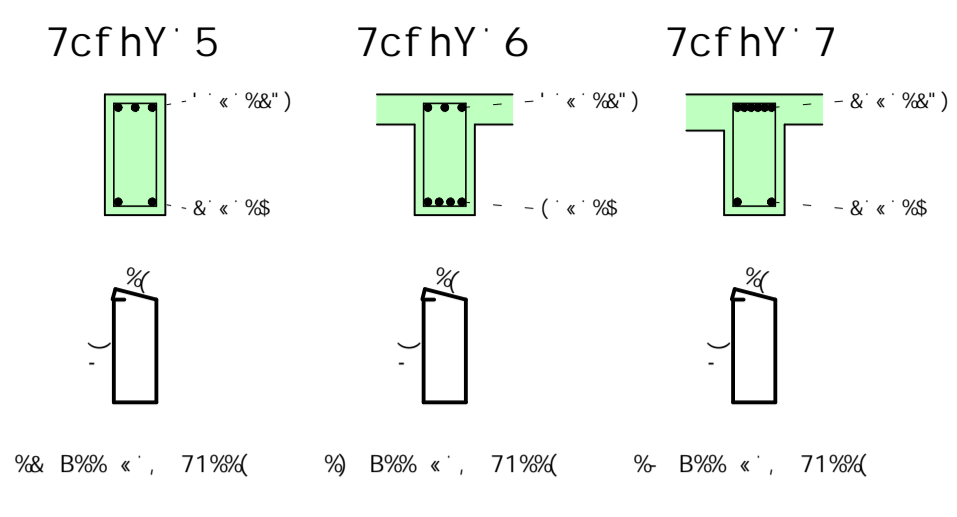
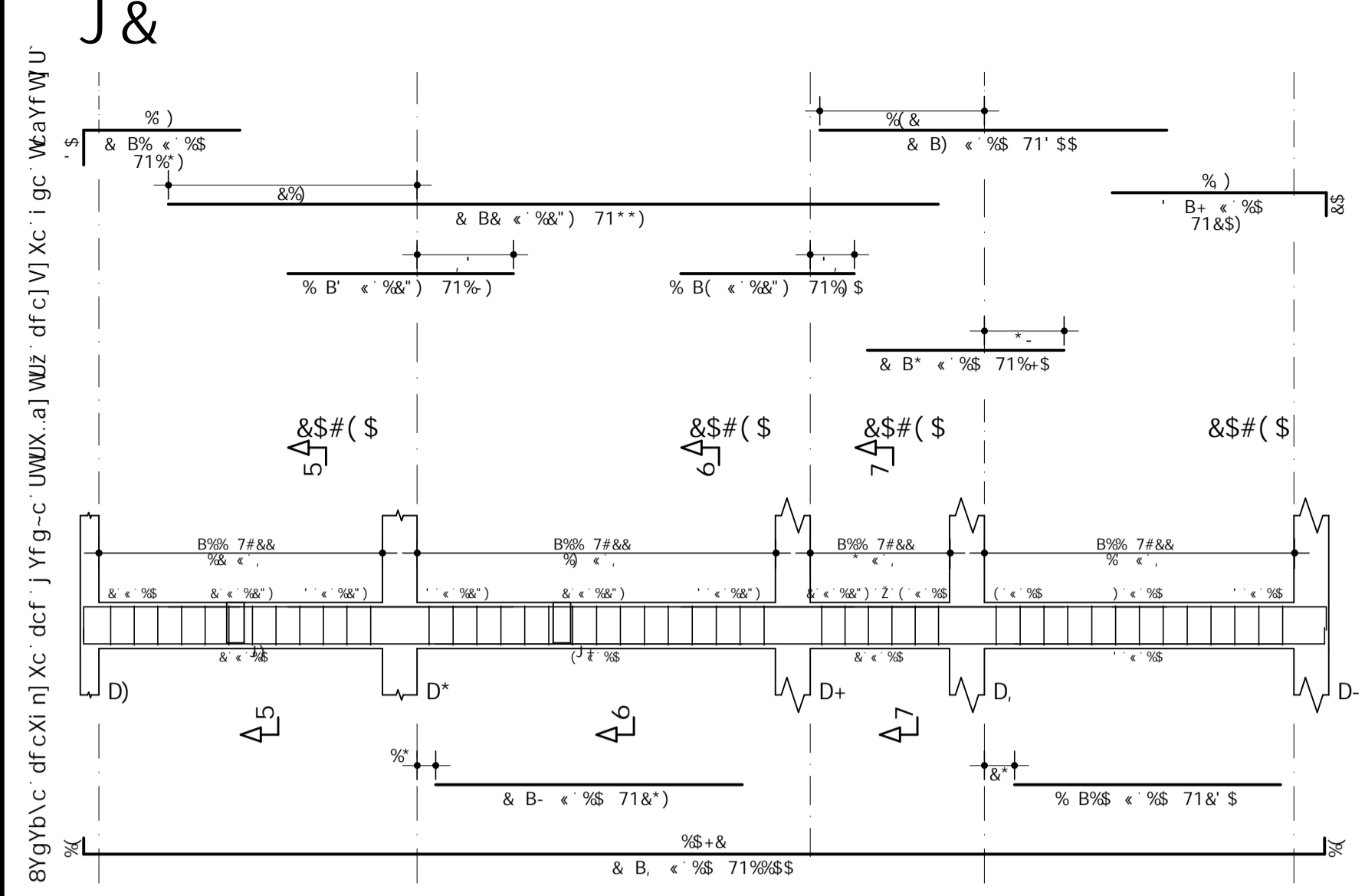
WcVYfhi fU' ! · 5faUXi fU' bY[Uh] j U' df] bW dU'

7CB7F9HC ZVL 1" ADU 97G 1 &- (\$& ADU 7#-9B#P		C&F5 B' C' \$\$\$\$ 89G' B' C'
JERONIMO EDIFICIO MULTIFAMILIAR		\$\$\$-
ARMADURA PRINCIPAL COBERTURA		F9J' B' C' \$\$
B&H& %#S, #&S&%	9C759&S %) \$	9B' C' %
8YK9H&C H771 7C61 0E5>1 \$S-1 F\$S	7C&F8'	

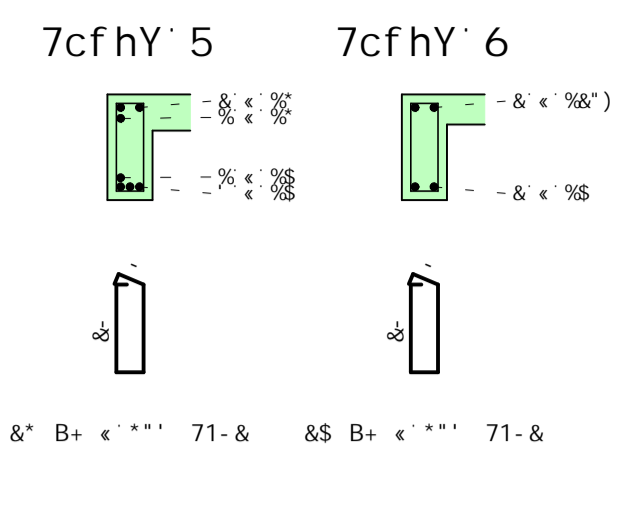
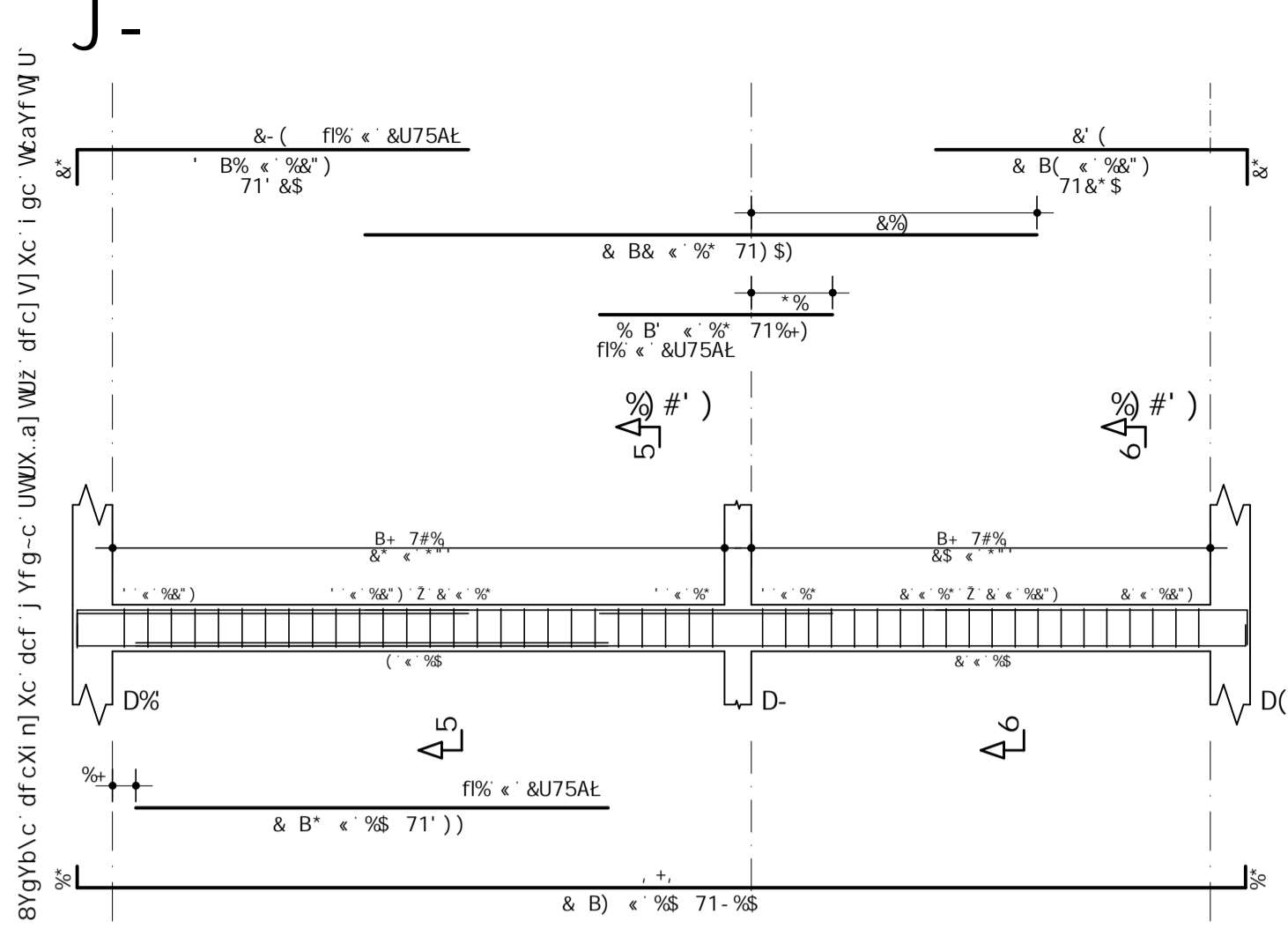
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



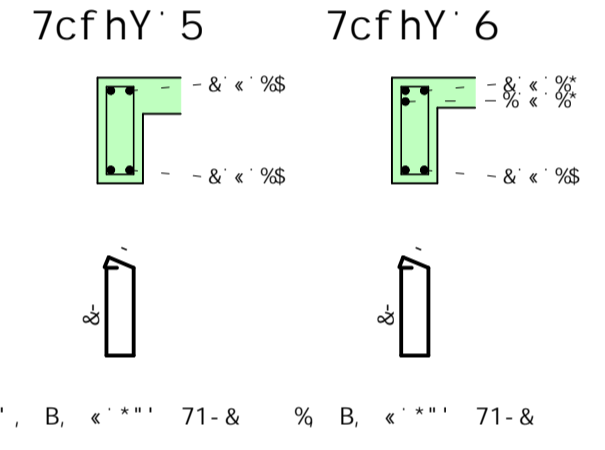
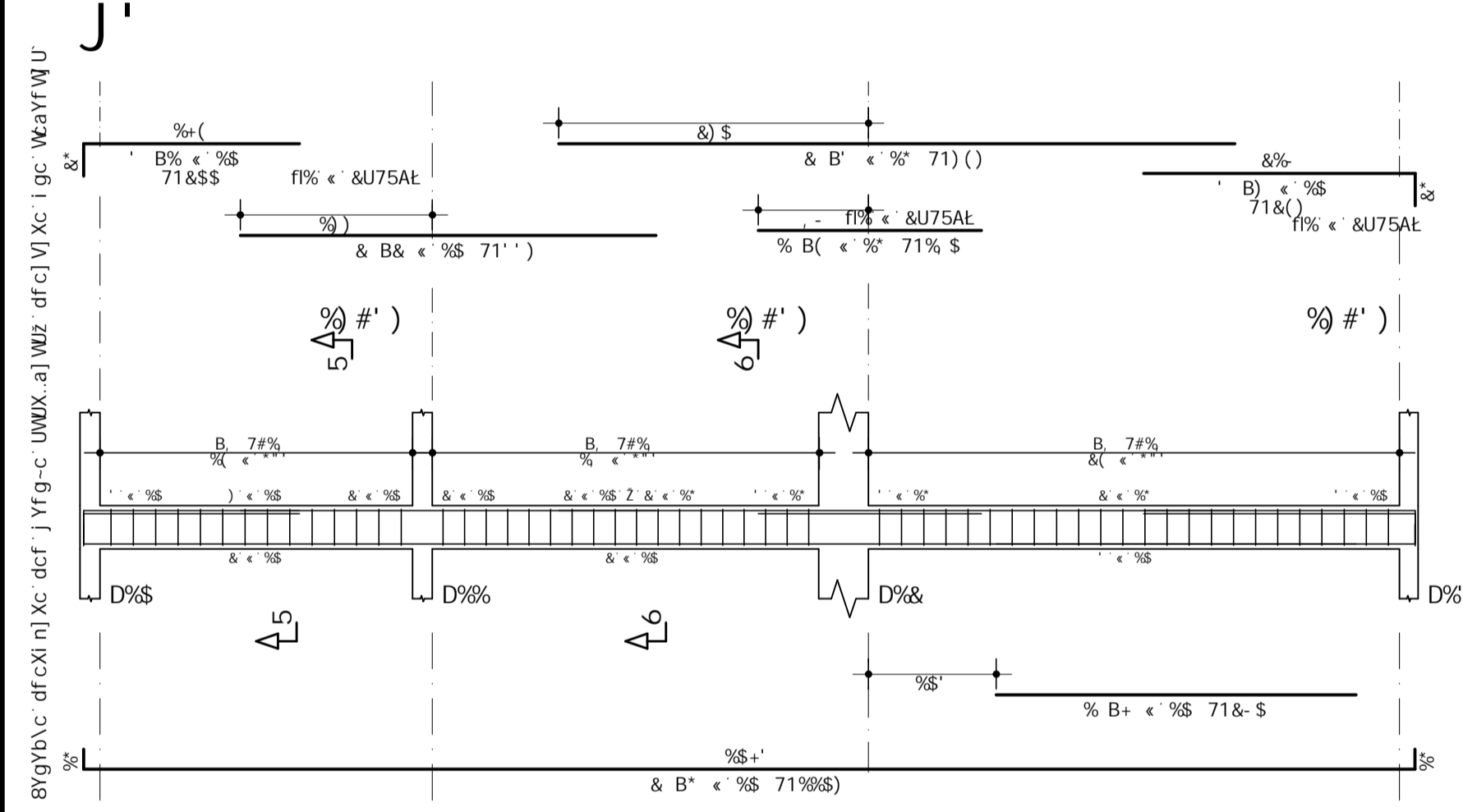
9GHI 8C ! BÈC 9L97I H5F



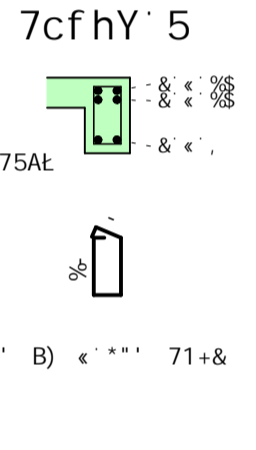
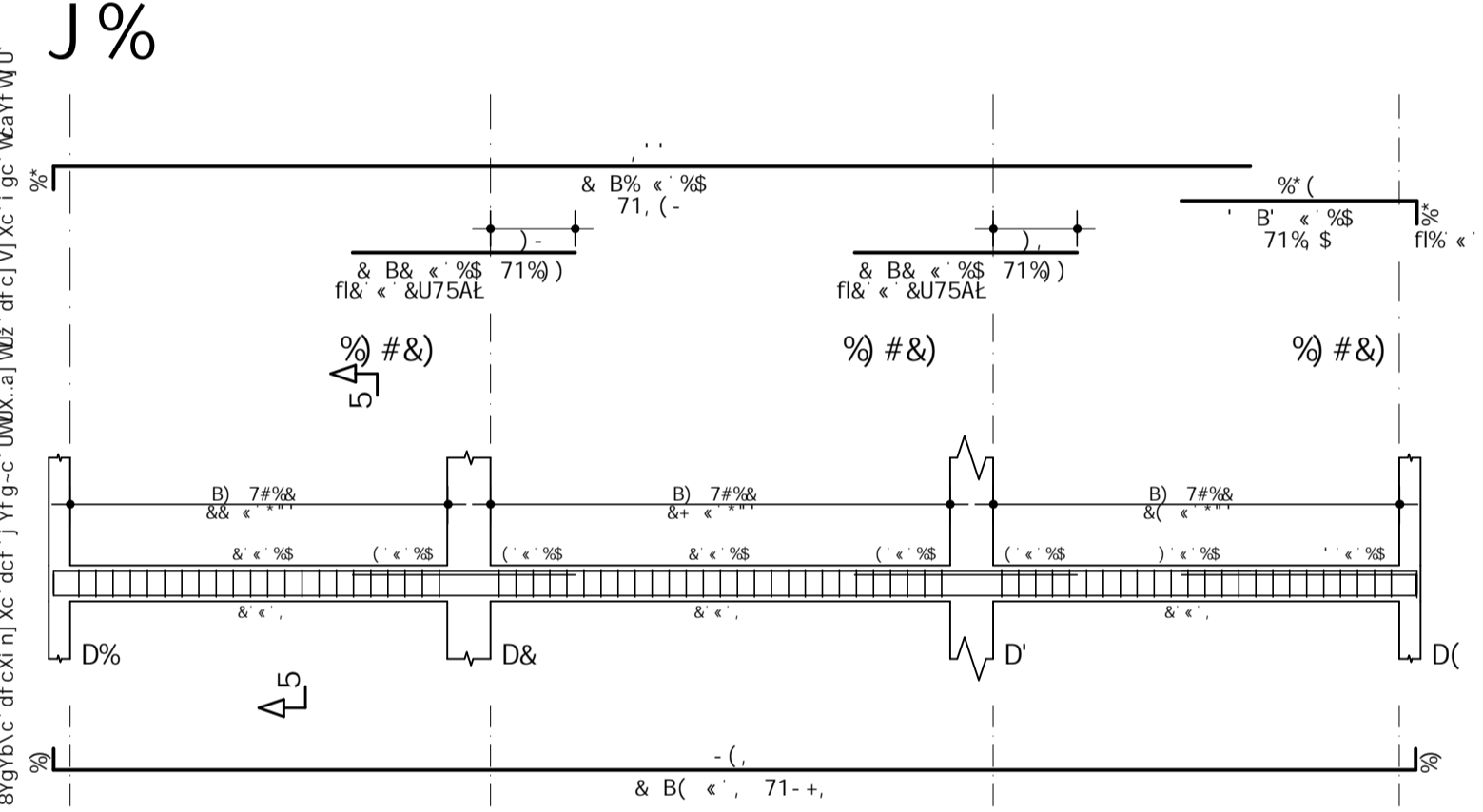
9GHI 8C ! BÈC 9L97I H5F



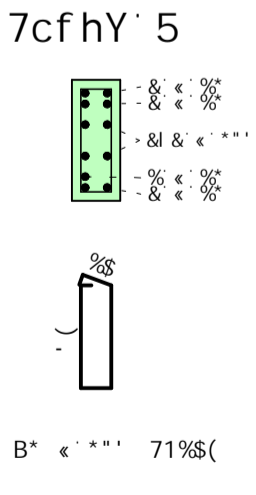
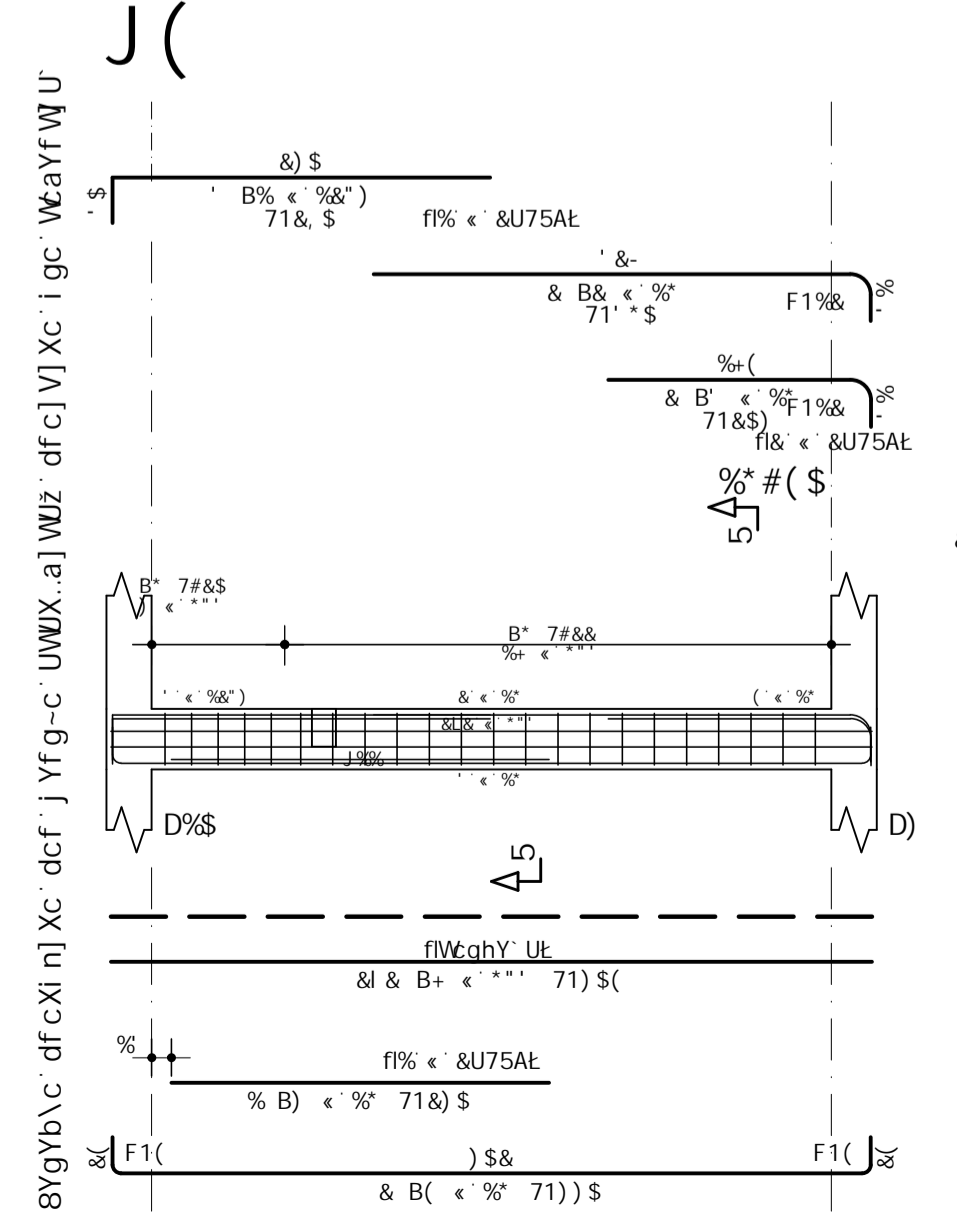
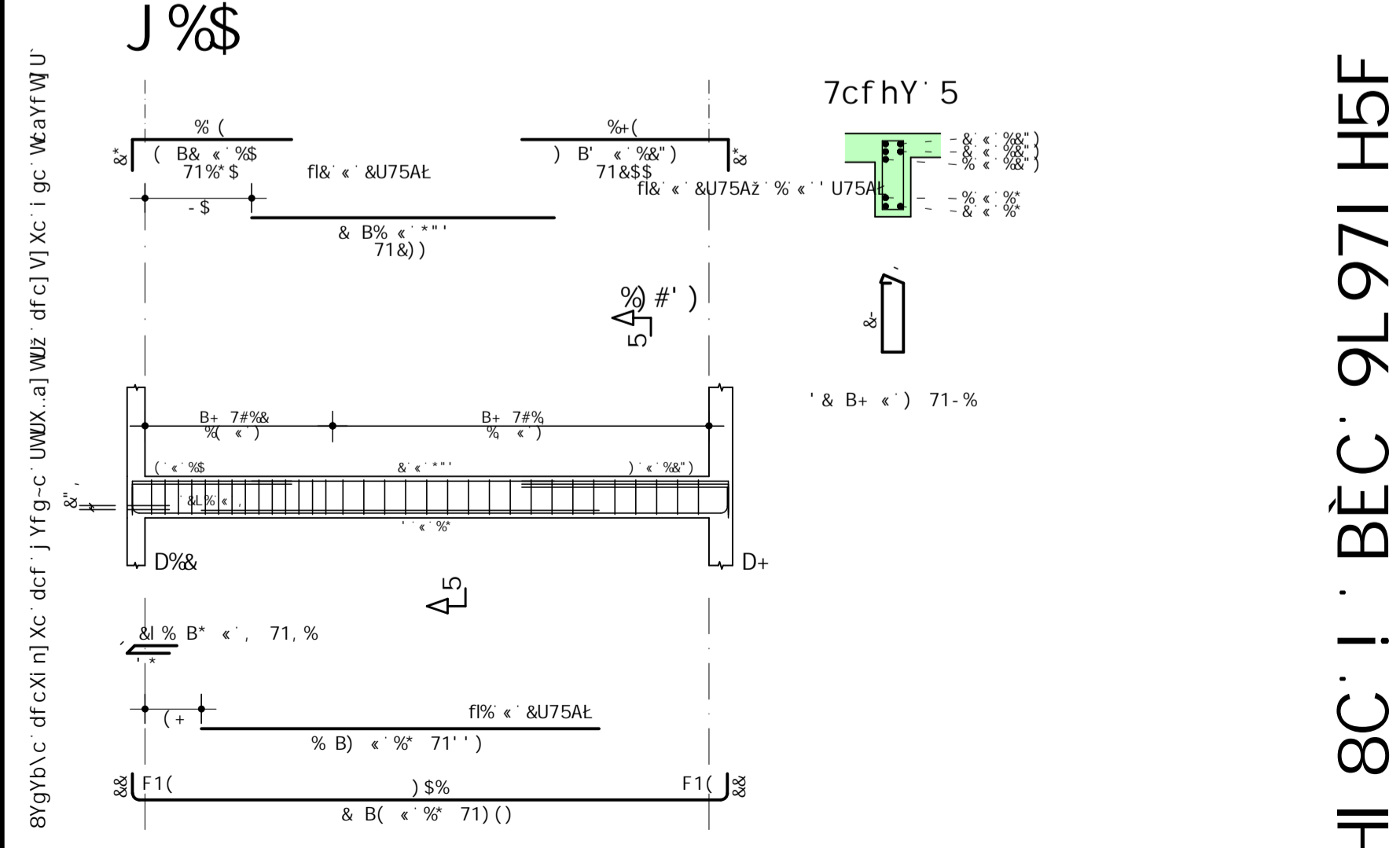
9GHI 8C ! BÈC 9L97I H5F



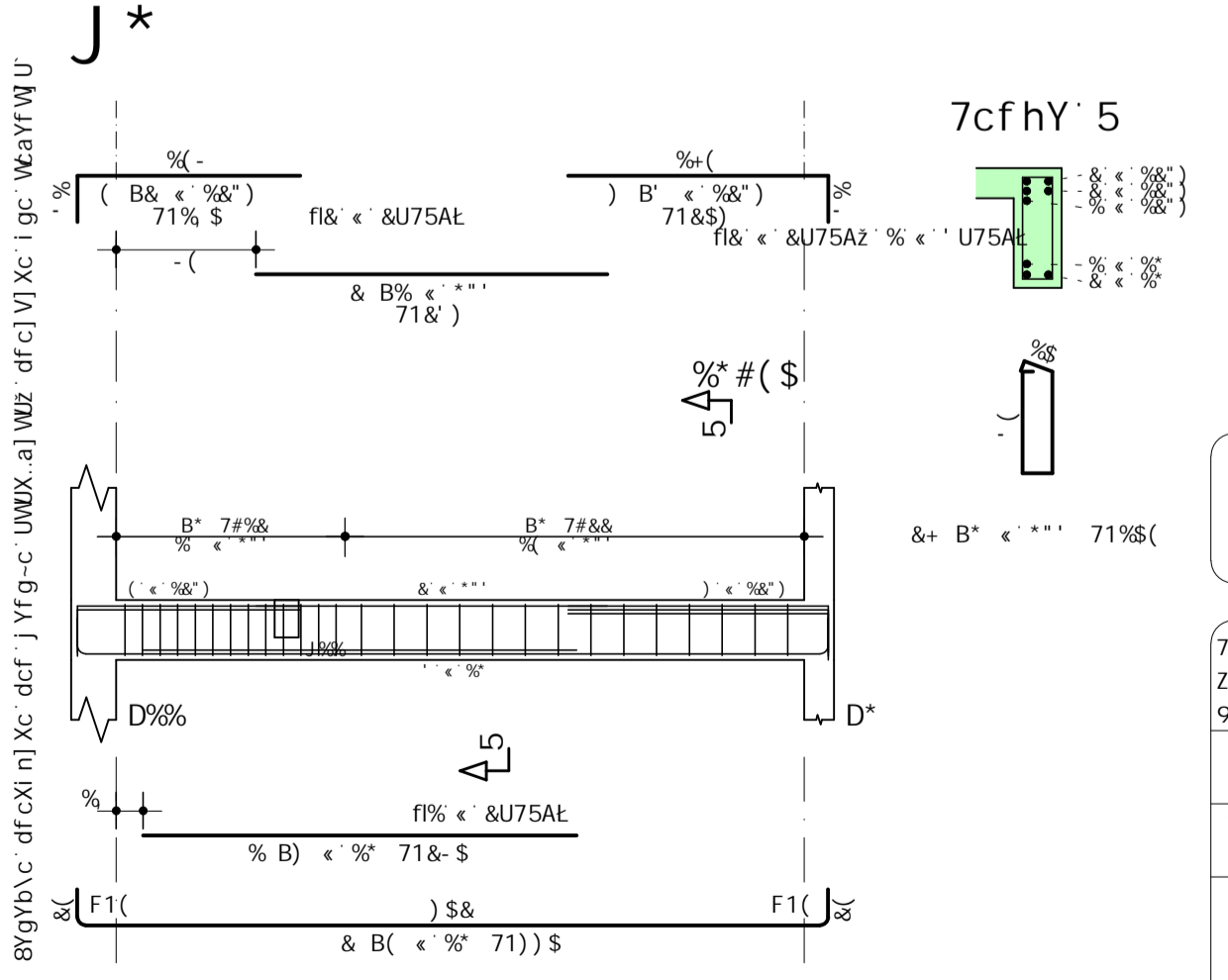
9GHI 8C ! BÈC 9L97I H5F



9GHI 8C ! BÈC 9L97I H5F

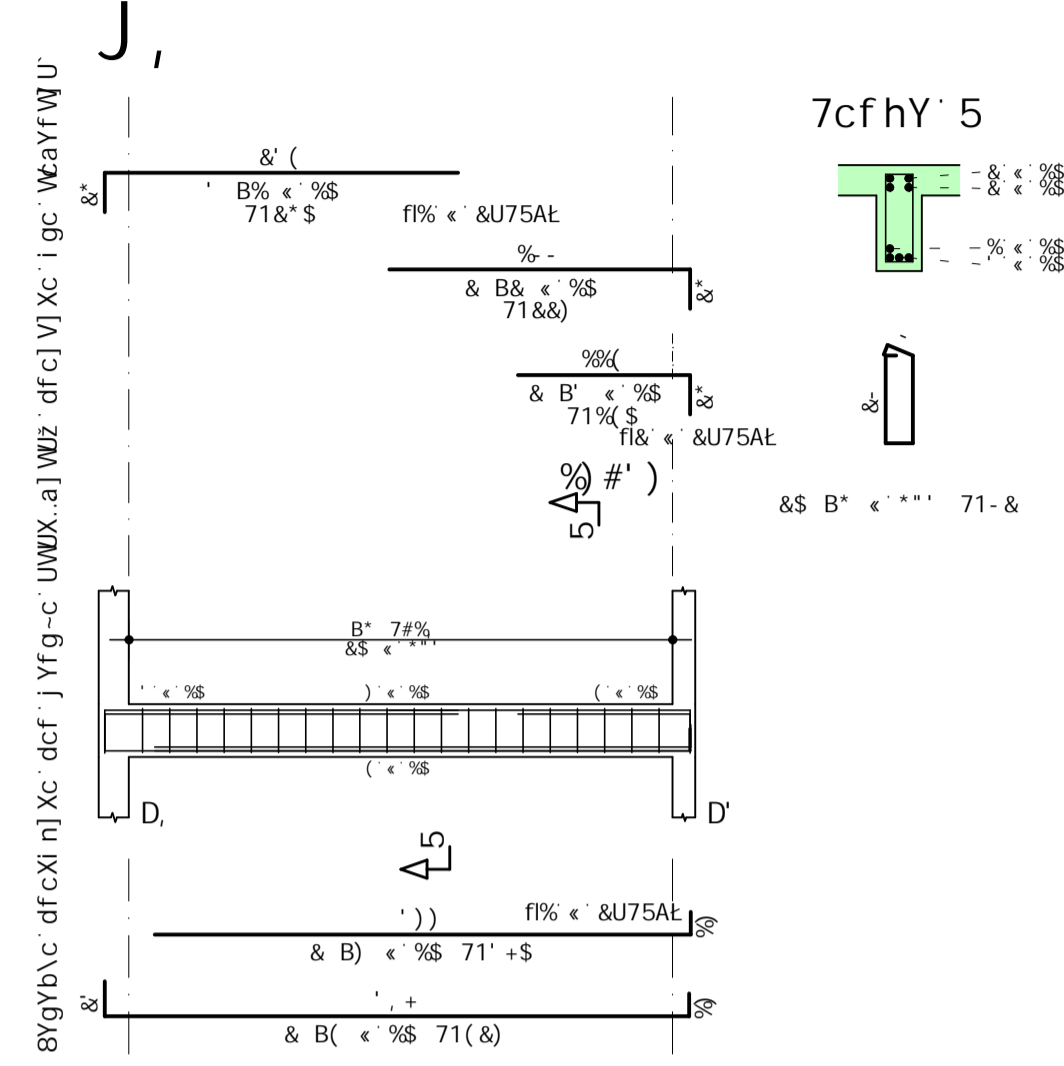


9GHI 8C ! BÈC 9L97I H5F

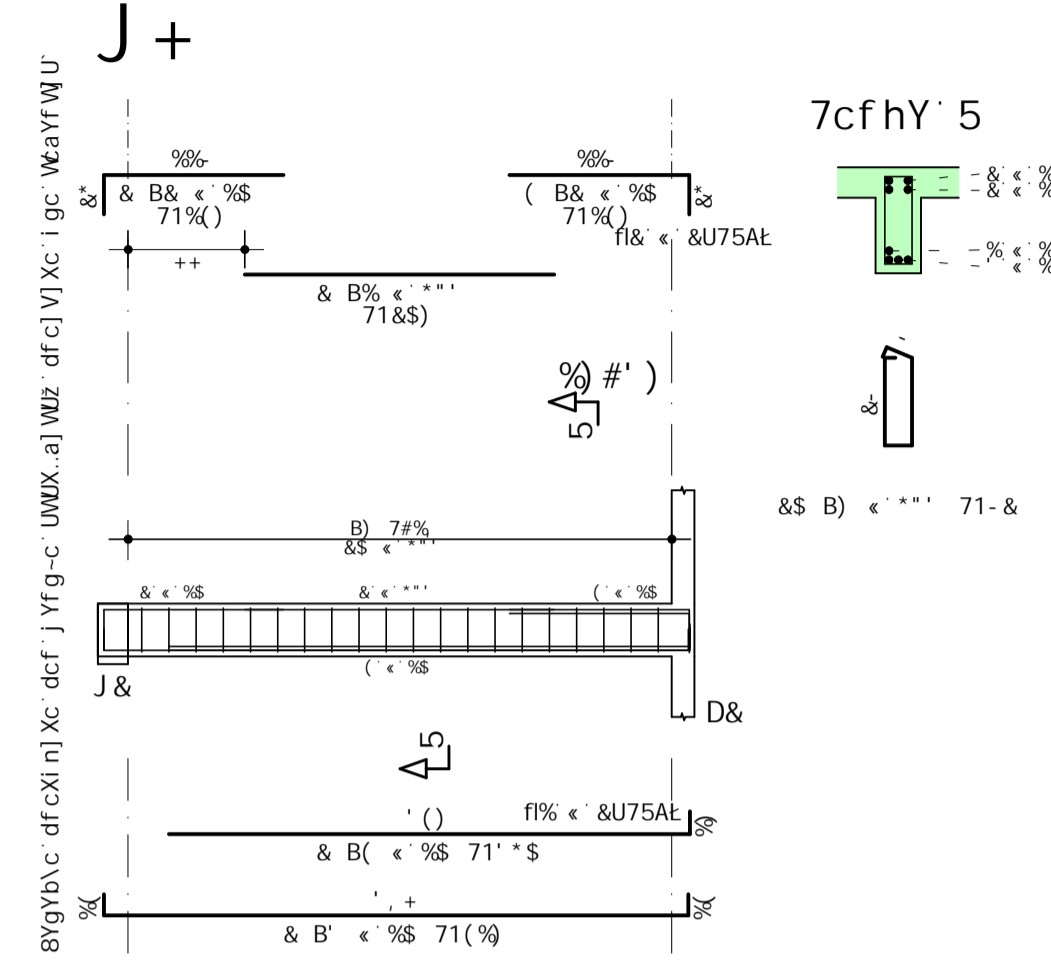


7CB7F9HC ZVL 1") ADU 97G 1 &- (\$& ADU 716-989P		C&F5 B C \$\$\$
CAF5 JERONIMO EDIFICIO MULTIFAMILIAR		89G B C \$%%
H-H 4C VIGAS PAVIMENTO TIPO		F9J B C \$\$
B&B %#S, #&S&%	9C75&S %) \$	890&B-C H771 D5J J-: I S98F FSS
7C&F8'		98 C

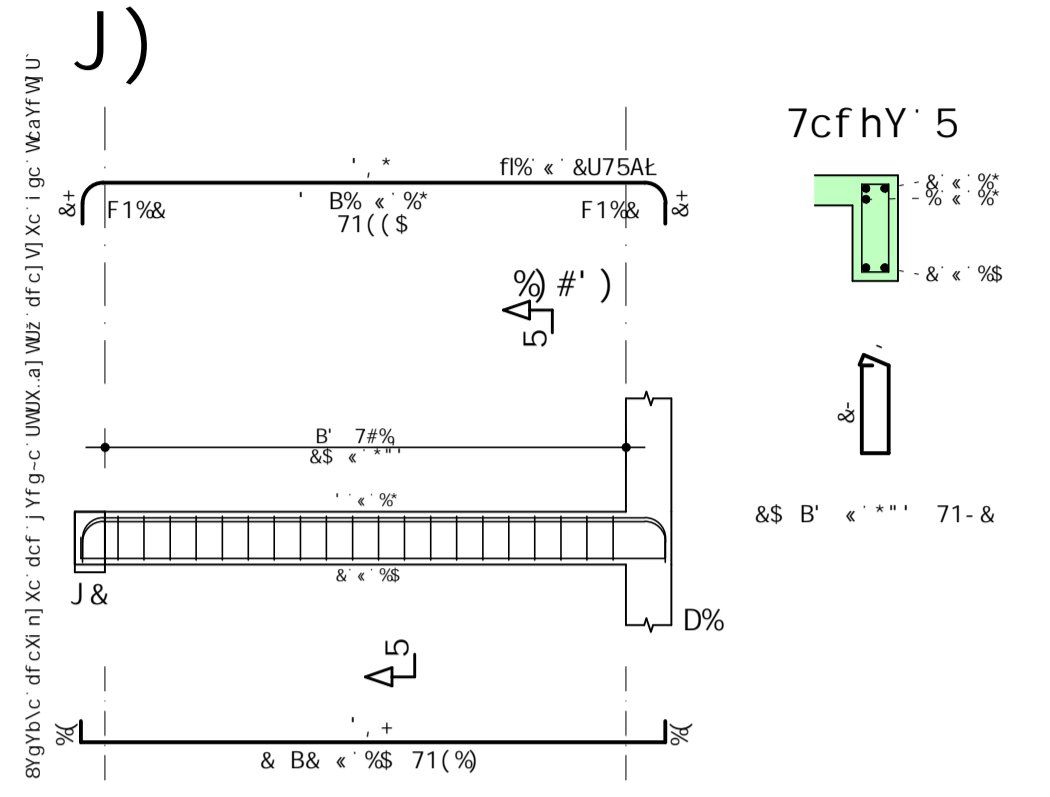
9GHI 8C' ! · BÈC' 9L971 H5F



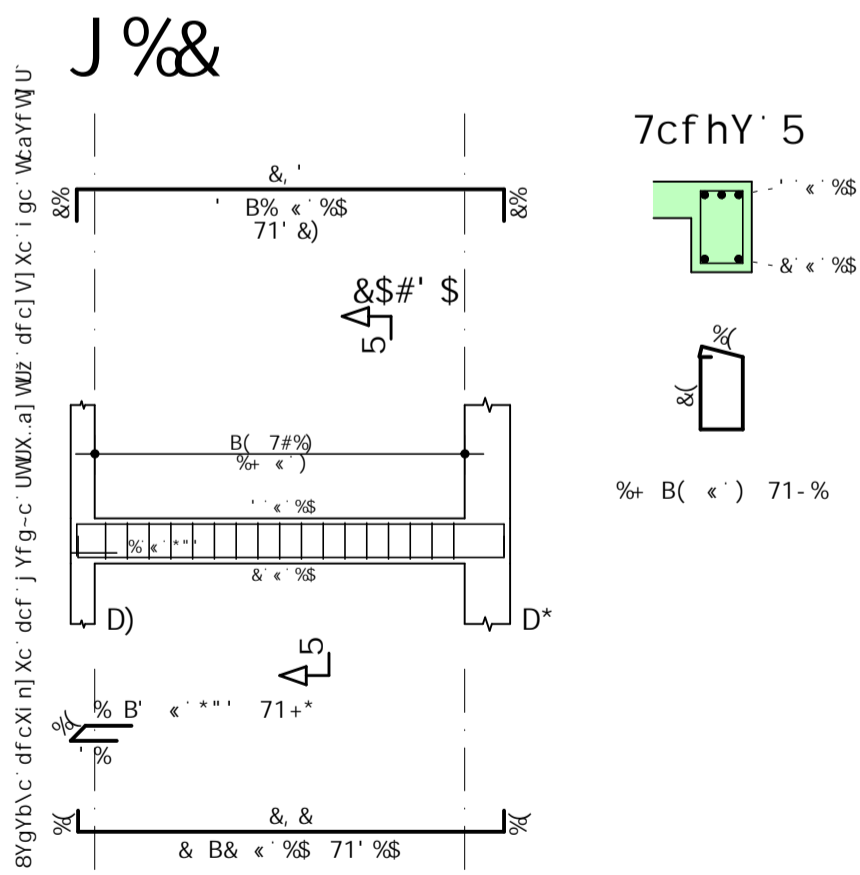
9GHI 8C' ! · BÈC' 9L971 H5F



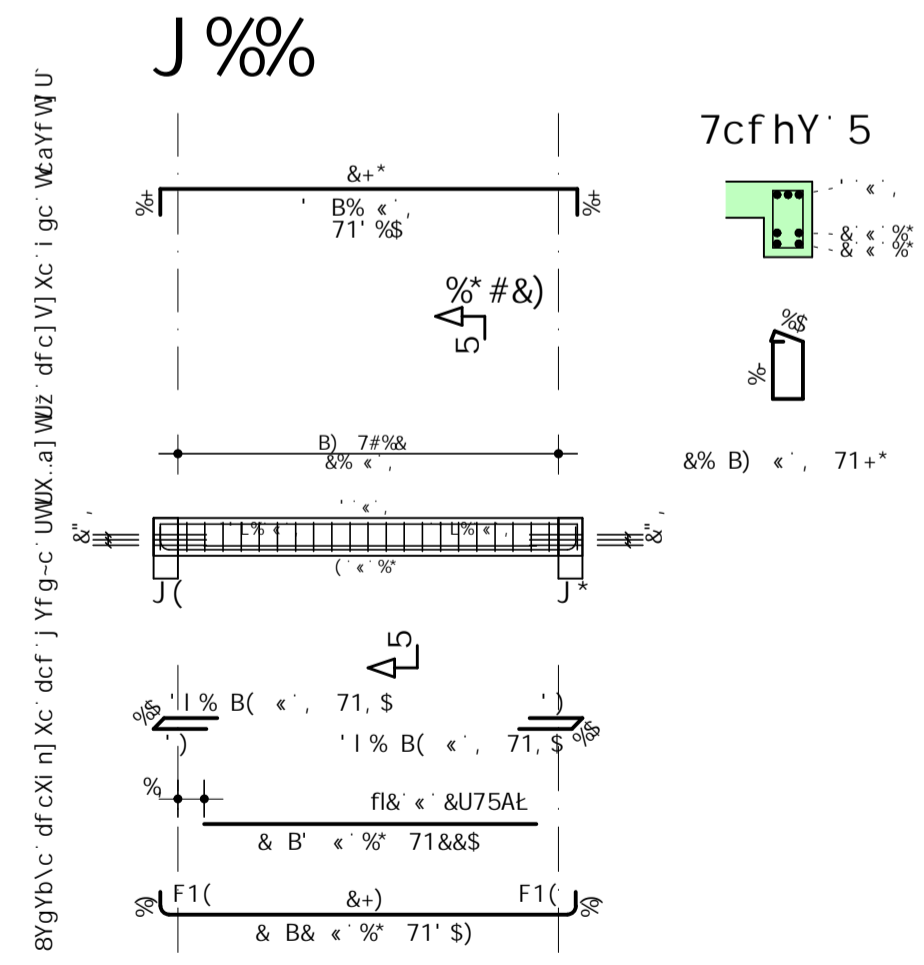
9GHI 8C' ! · BÈC' 9L971 H5F



9GHI 8C' ! · BÈC' 9L971 H5F



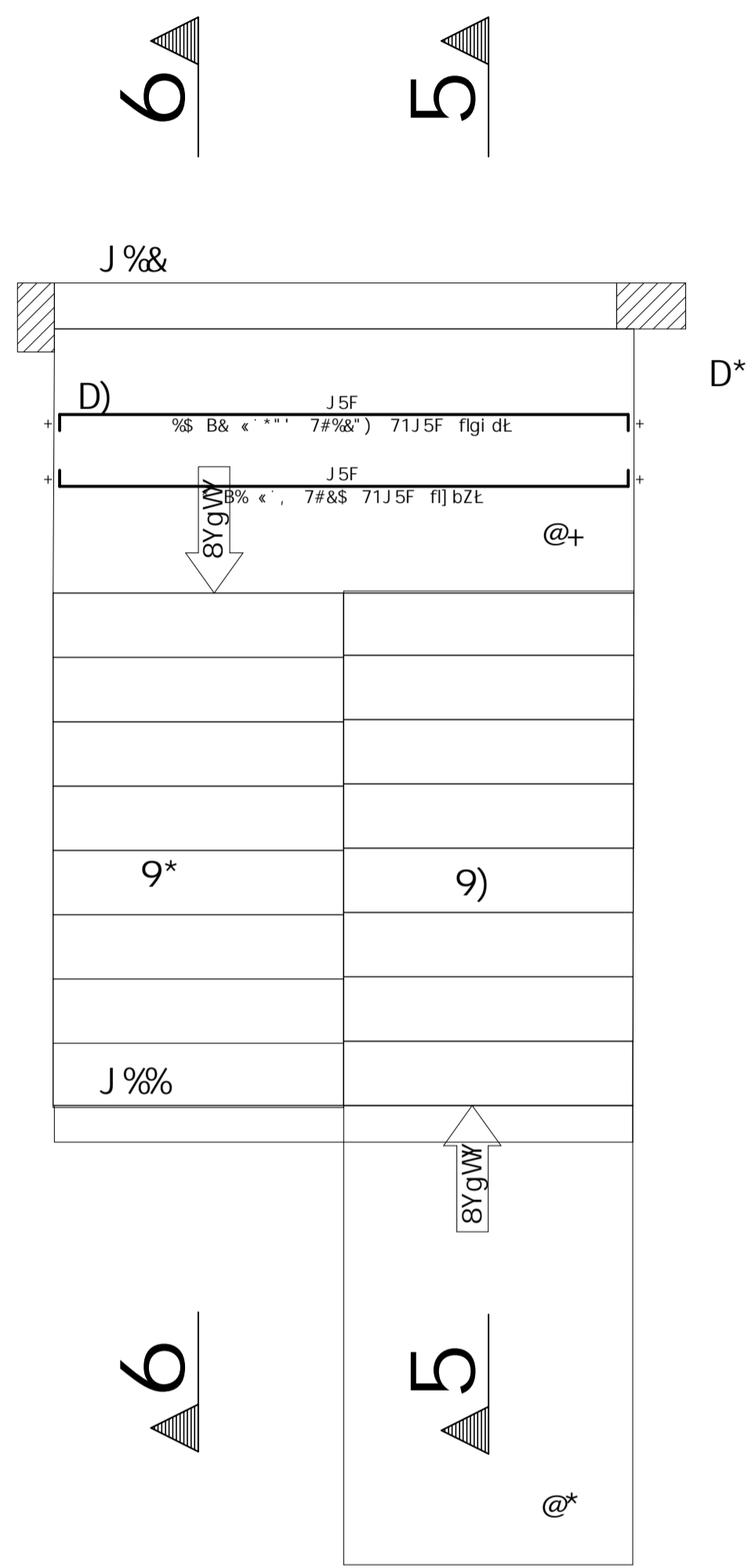
9GHI 8C' ! · BÈC' 9L971 H5F



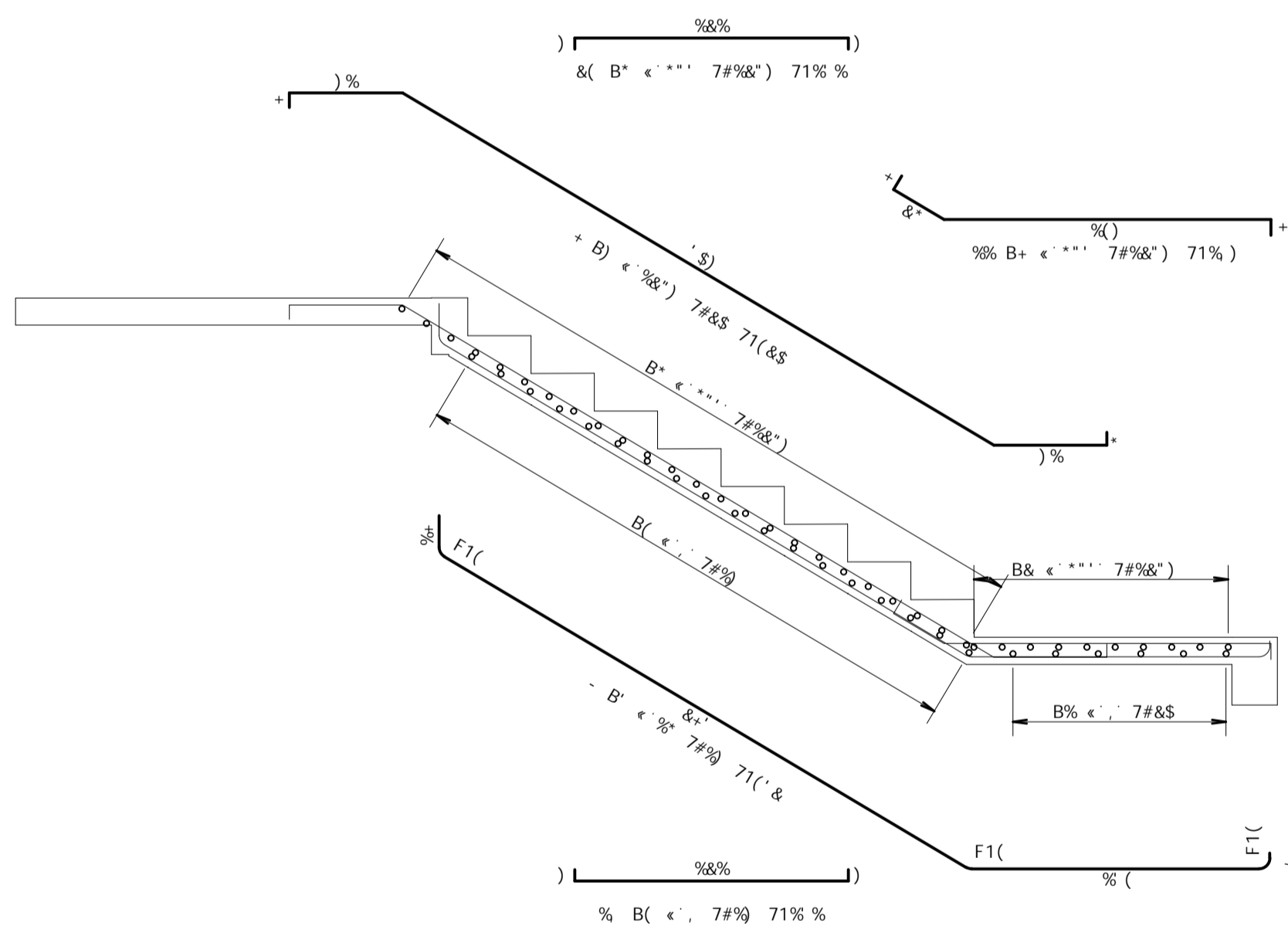
7CB7F9HC ZVL 1') ADU 97G' 1 &- (\$& ADU 710-989P		C&F5 B' < \$\$\$\$
CF5 JERONIMO EDIFICIO MULTIFAMILIAR		89G' B' < \$%&
H-H HC VIGAS PAVIMENTO TIPO		F9J' B' < \$\$
J) ' # ' J + ' # ' J , ' # ' J %& # ' J %&		
89G' B' < %#S, #&S&S%	9G75H5 %) \$	89G' B' < H771 D5J1 J = 1 \$%& FSS
		70CF8'

D` UbhU` 9gWUXU! % ! ` dUj ` %

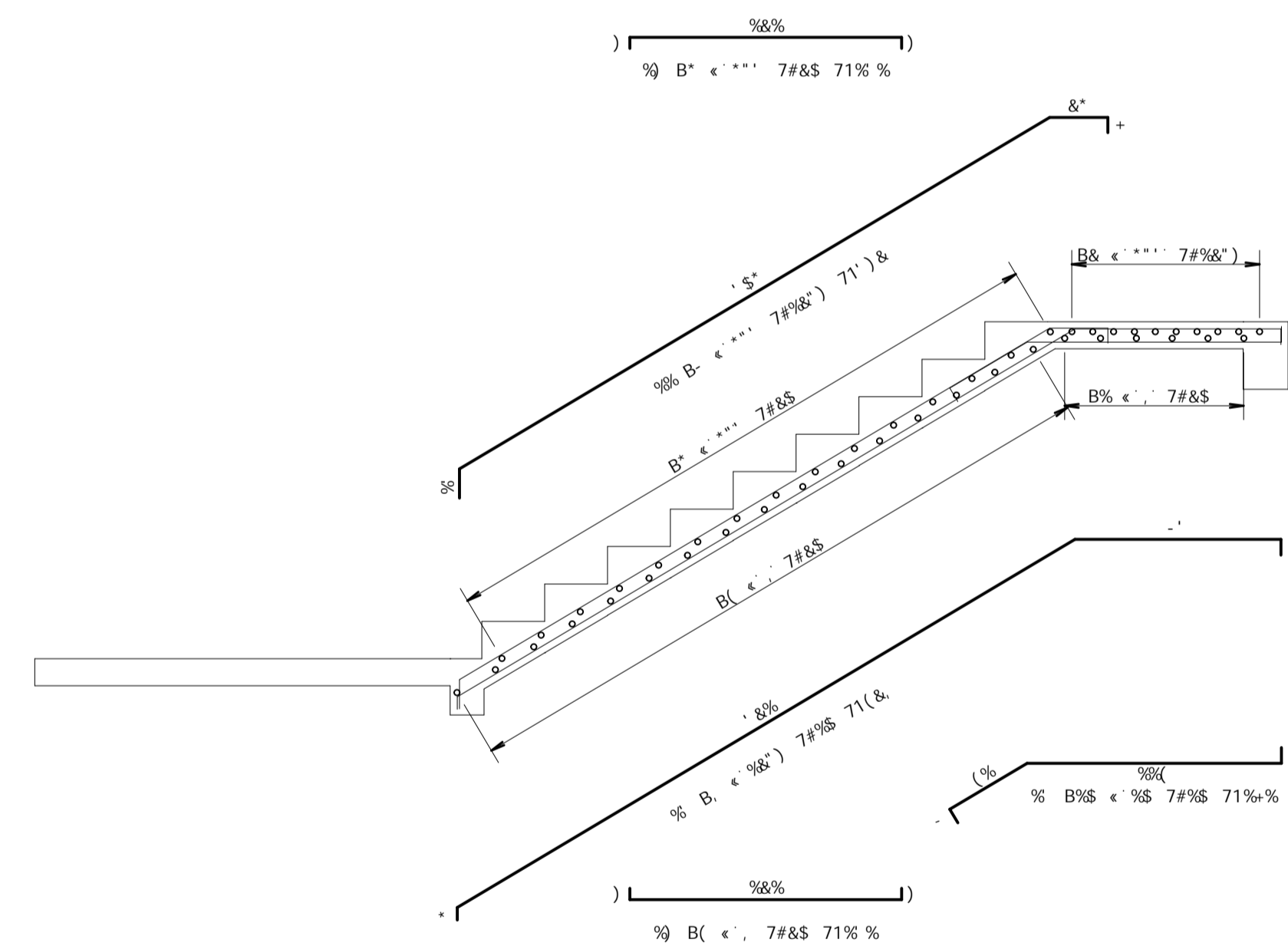
8YgYb\c` dFcXi\m]Xc` dcf` jYfg`-c` UWUX`..a]WUz`..dfc]V]Xc` i gc` W`aYfW]U`



7cf hY` 5! 5



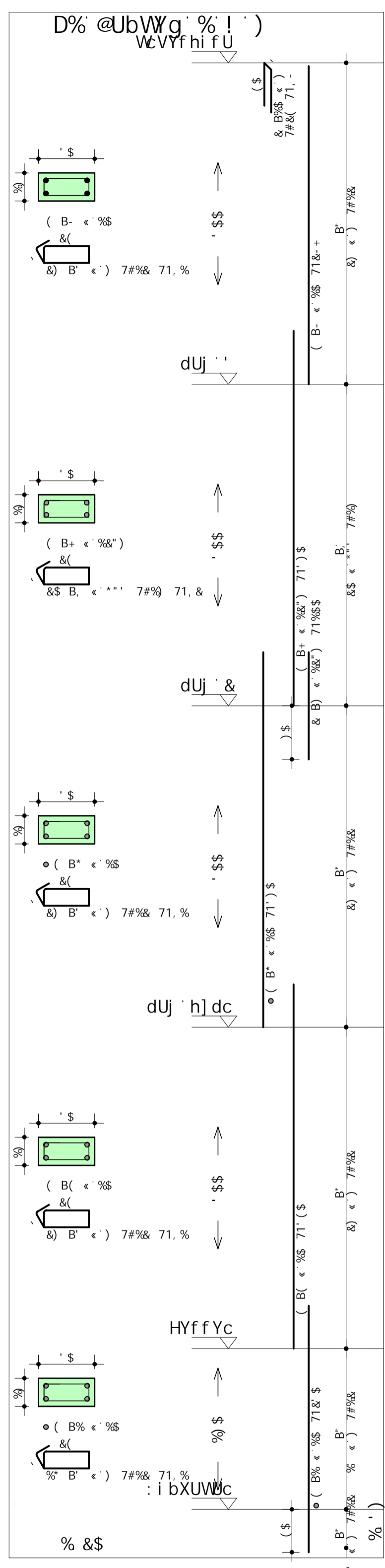
7cf hY` 6! 6



7CB7F9HC ZW` 1`)` ADU 97G 1 JYF` bUA8UbbHU	66F5 B` C` \$\$\$%
JERONIMO	89C` B` C`
EDIFICIO MULTIFAMILIAR	\$%
ESCADA PAVMENTO TIPO	F9I` B` C` \$\$
D` UbhU` 9gWUXU! % ! ` dUj ` %	9B` C`
8946` %F`S` #&S&%	9C7586` % &)
89C986`C` H77I7D5I7 9C7I` 5% I F55	70CF8F`

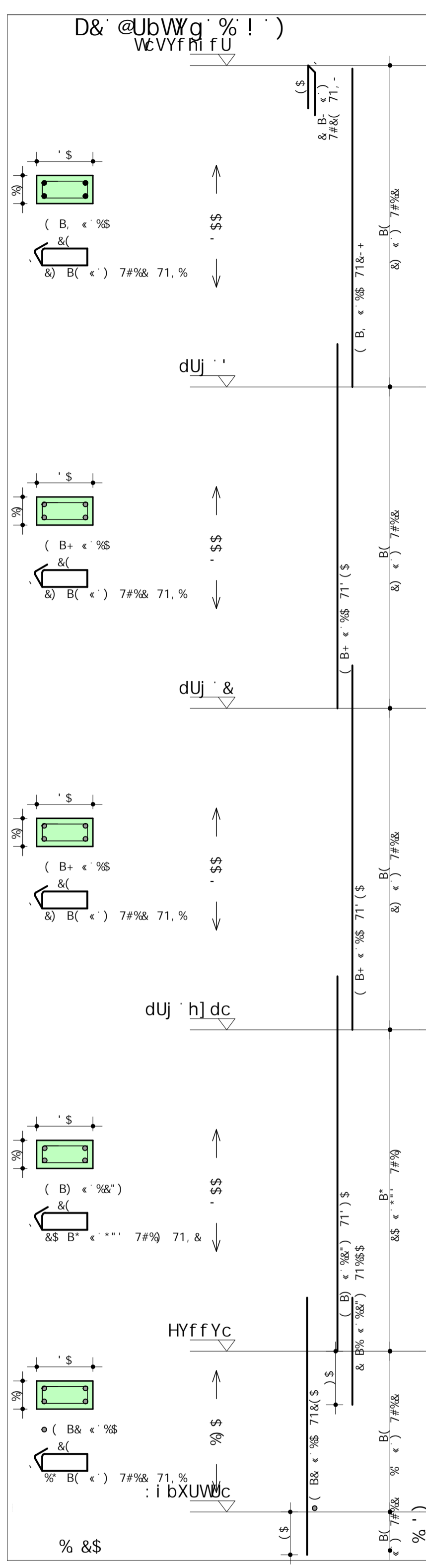
9GHI 8C ! · BÈC · 9L97I H5F

8YgYb\c·dfcXi n] Xc·dcf·j Yfg~c·UWUX..a] WUž·dfc] V] Xc·i gc·WcaYfW] U·



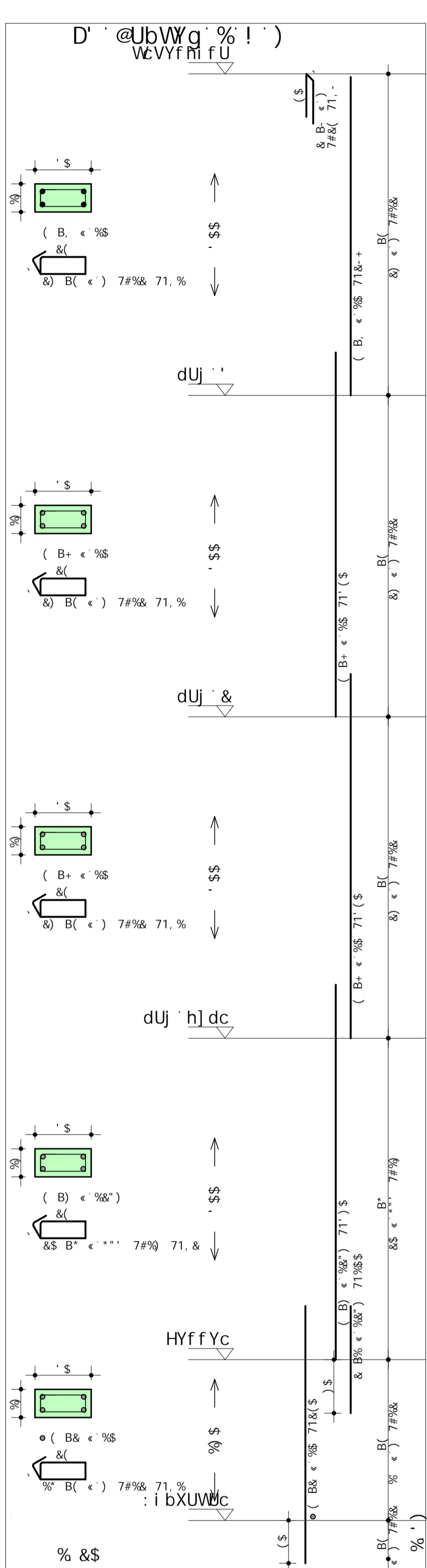
9GHI 8C ! · BÈC · 9L97I H5F

8YgYb\c·dfcXi n] Xc·dcf·j Yfg~c·UWUX..a] WUž·dfc] V] Xc·i gc·WcaYfW] U·

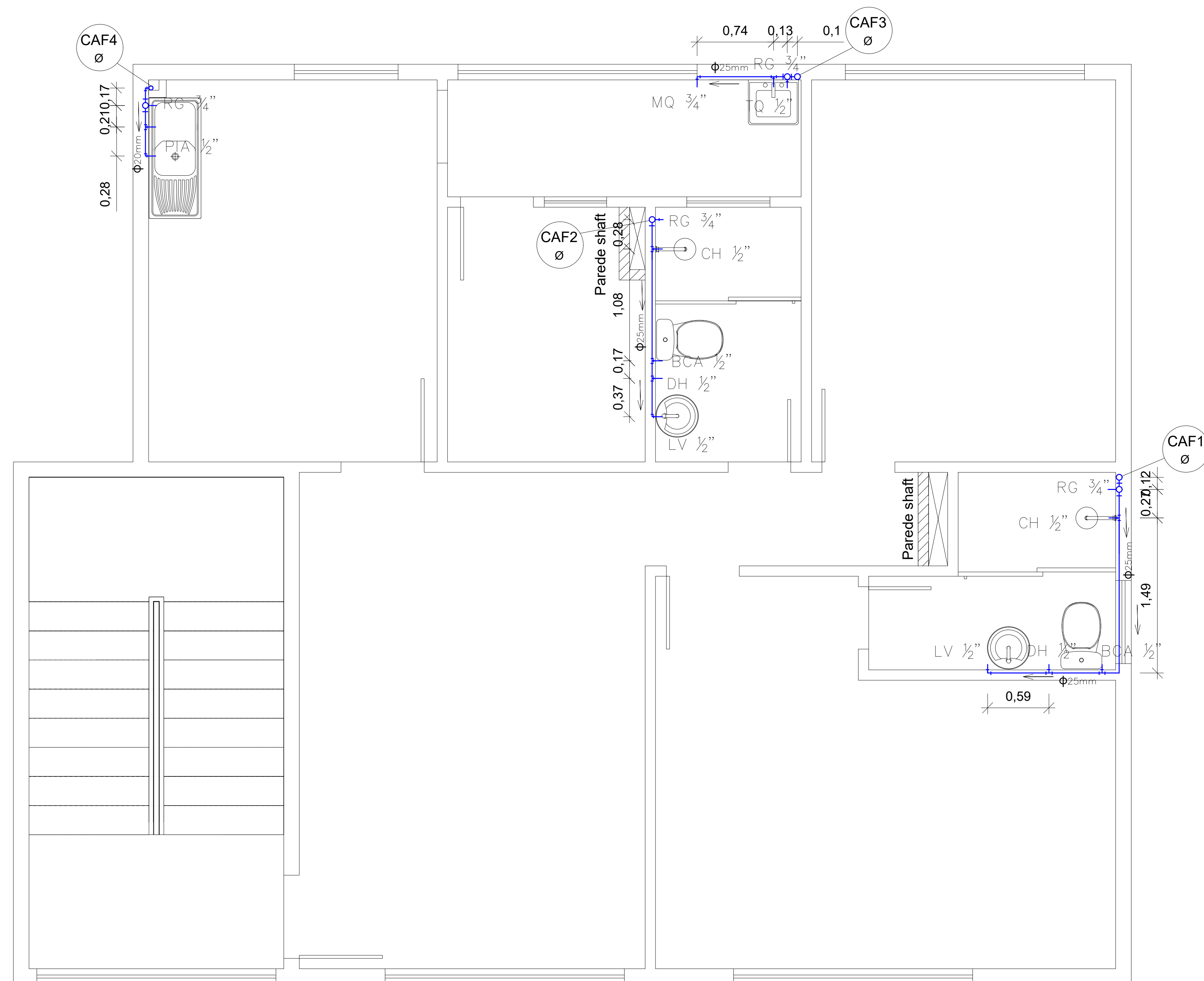


9GHI 8C ! · BÈC · 9L97I H5F

8YgYb\c·dfcXi n] Xc·dcf·j Yfg~c·UWUX..a] WUž·dfc] V] Xc·i gc·WcaYfW] U·



7CB7F9HC		Caf5 B·C	
ZVL 1	ADU	89C· B·C	
97G 1	ADU	F9J· B·C	
710-9899			
CAF 5			
H-H 4C			
85H5	9C75H5	8909B-C	7C3F8'
			98· C



SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
TQ	TUBO DE QUEDA
TQP	TUBO DE QUEDA PLUVIAL
TQE	TUBO DE QUEDA DO EXTRAVASOR
CI	CAIXA DE INSPEÇÃO
CA	CAIXA DE AREIA
LV	LAVATÓRIO
RP	REGISTRO DE PRESSÃO
RG	REGISTRO DE GAVETA
BS	BACIA SANITÁRIA (BCA)
PIA	PIA
DH	DUCHA HIGIÊNICA
CH	CHUVEIRO
TO	TORNEIRA
MQ	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA

1 Planta baixa de água fria - pavimento tipo
Escala 1 : 50

Projeto Hidrossanitário

Endereço: Rua Projetada, S/n, Bairro Itanguá, Cariacica/ES

Proprietário:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Autor do Projeto:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Responsável Técnico:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Conteúdo desta prancha:

Planta baixa hidráulica de água fria - pavimento tipo

Data: 21/11/2021

Escala: Indicada

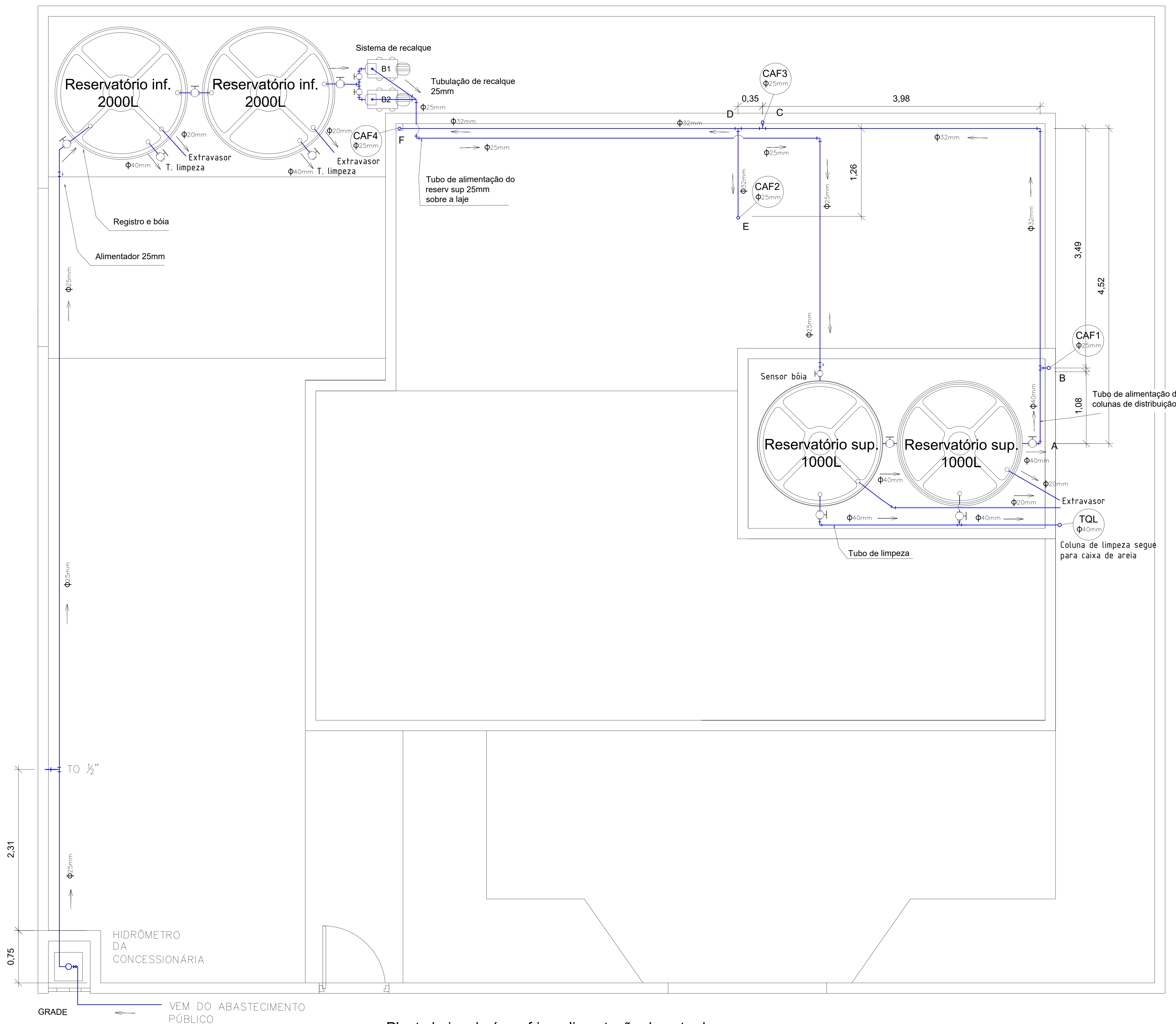
Coordenação:

Prancha Nº

Equipe Técnica:
PROJETO DE TCC UFRGS

01/05

Data	Descrição:	Responsável:



2 Planta baixa de água fria - alimentação de entrada
 Escala 1 : 50

Projeto de Arquitetura:
Projeto Hidrossanitário

Endereço: Rua Projetada, S/n, Bairro Itanguá, Cariacica/ES

Proprietário:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Autor do Projeto:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Responsável Técnico:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Conteúdo desta prancha:

Planta baixa hidráulica de água fria - alimentação de entrada

Data: 21/11/2021

Escala: Indicada

Coordenação:

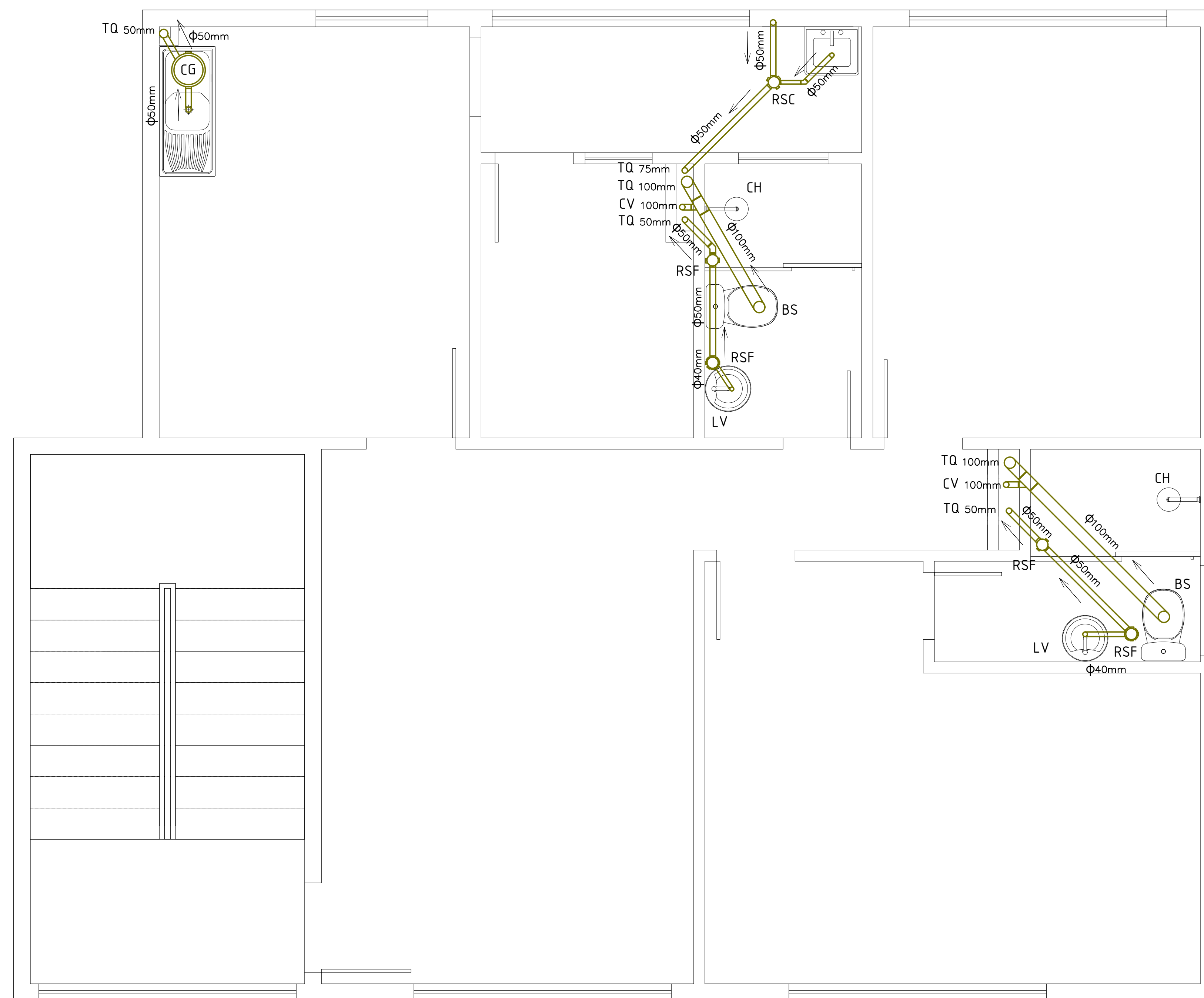
Prancha Nº

Equipe Técnica:

PROJETO DE TCC UFRGS

02/05

Data	Descrição:	Responsável:



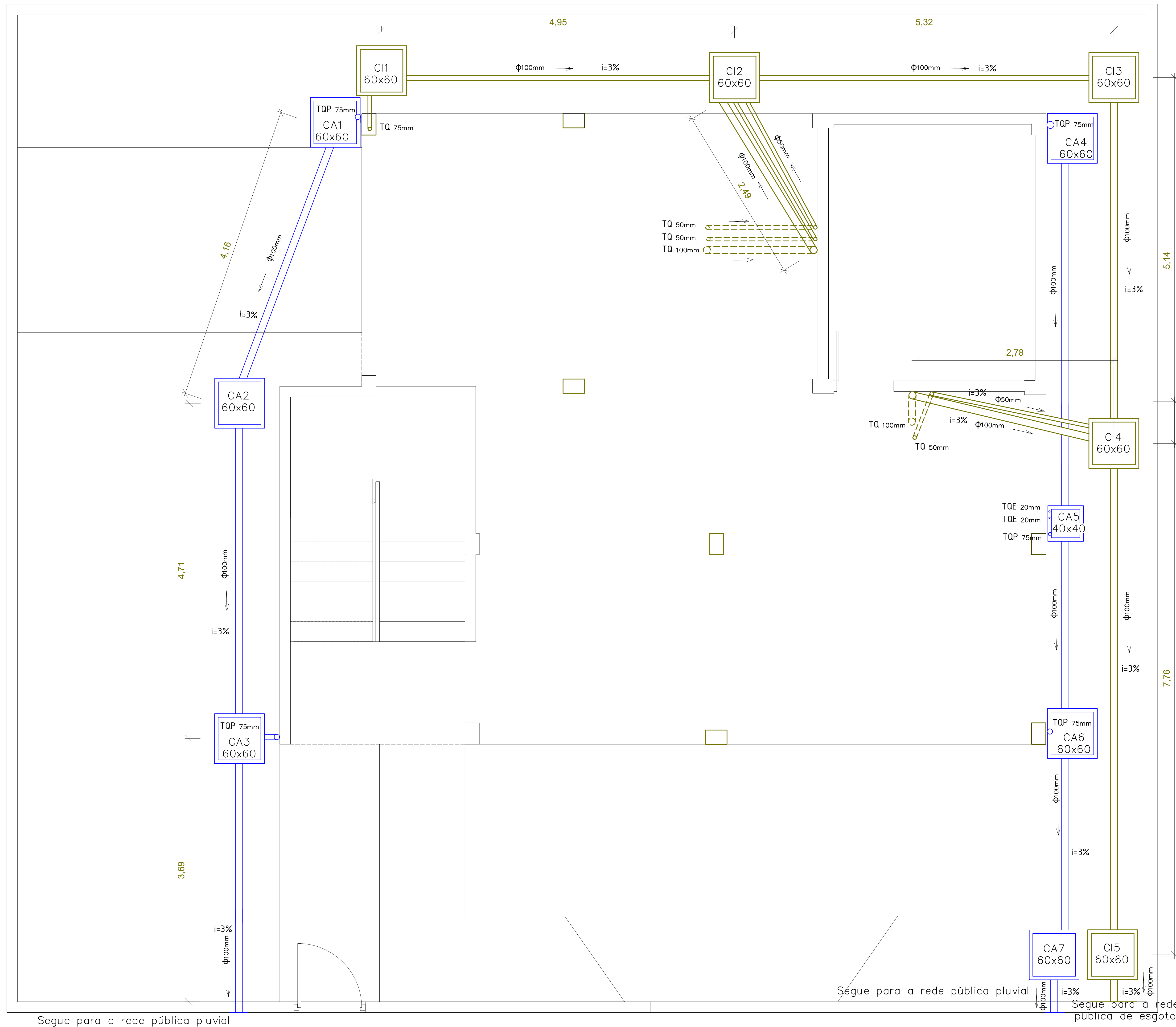
1 Planta baixa de esgoto - pavimento tipo
Escala 1 : 25

Projeto de Arquitetura:		
Projeto Hidrossanitário		
Endereço: Rua Projetada, S/n, Bairro Itaguá, Cariacica/ES		
Proprietário:		

Jerônimo Santanna de Aguiar		
Autor do Projeto:		

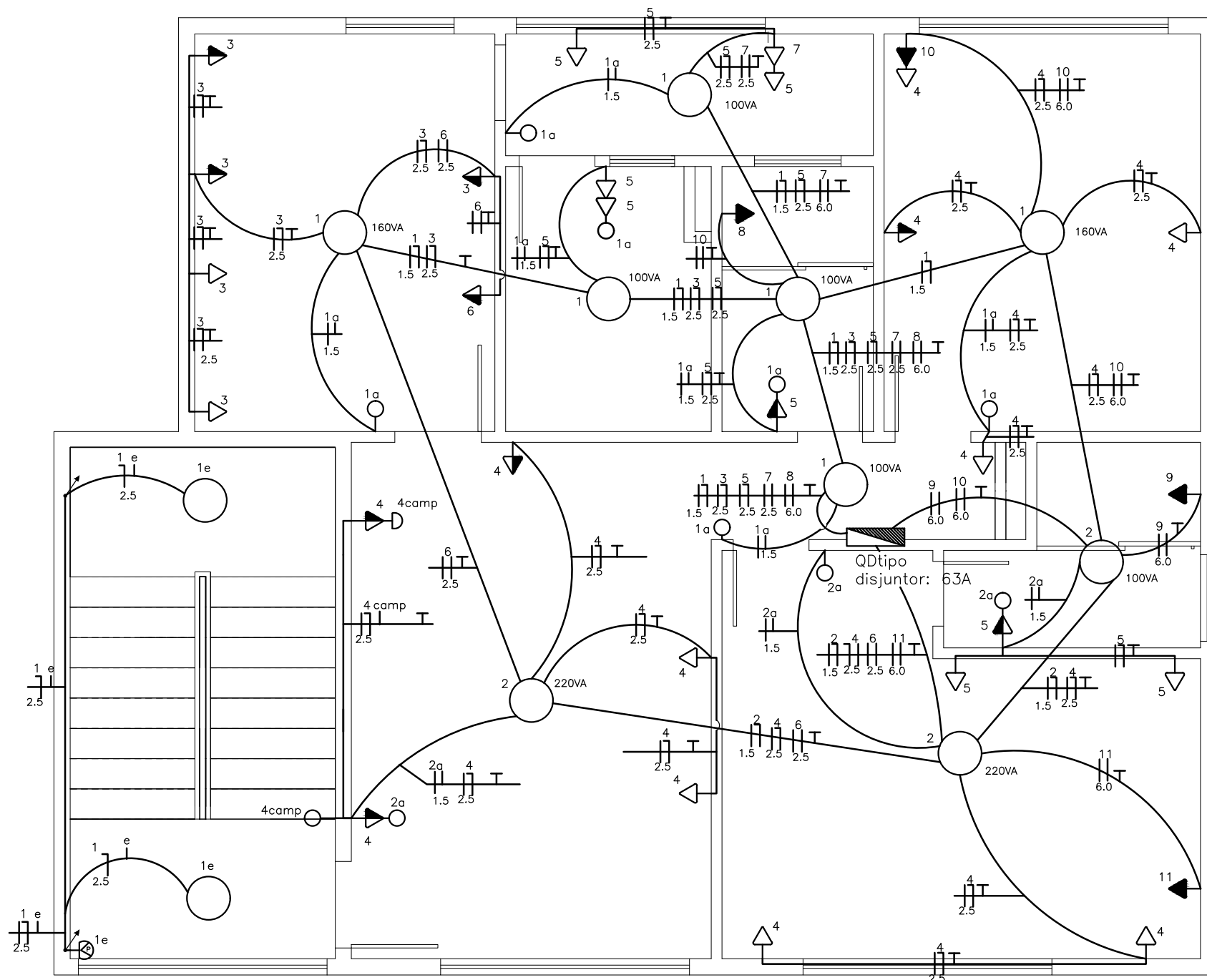
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Responsável Técnico:		

Jerônimo Santanna de Aguiar		
Conteúdo desta prancha:		
Planta baixa instalações de esgoto - pavimento tipo		
Data:	21/11/2021	Escala: Indicada
Coordenação:		Prancha Nº
Equipe Técnica:	04/05	
PROJETO DE TCC UFRGS		
Data	Descrição:	Responsável:

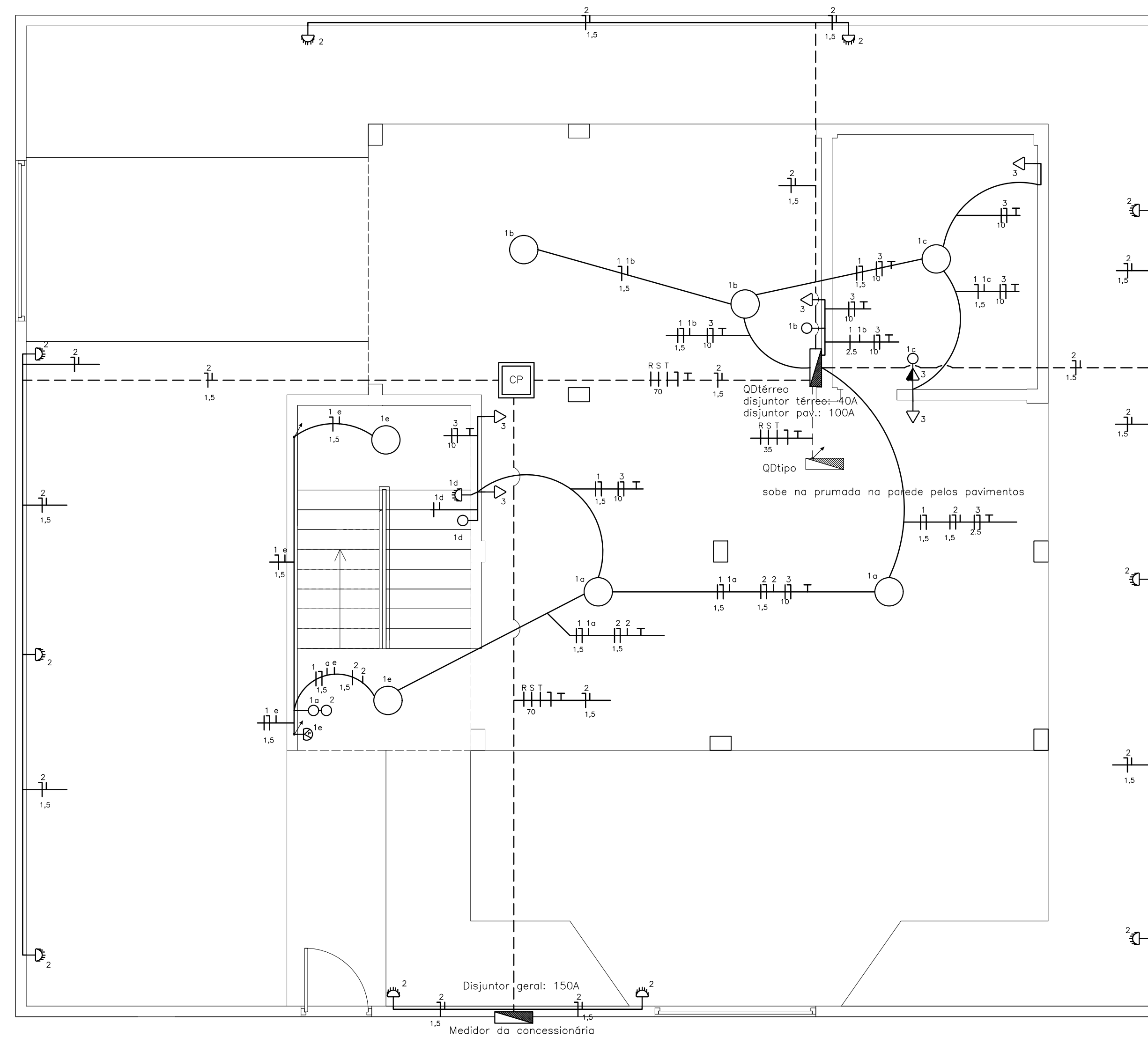


1 Planta baixa esgoto/pluvial - pátio
Escala 1 : 25

Projeto de Arquitetura:		
Projeto Hidrossanitário e Pluvial		
Endereço: Rua Projetada, S/n, Bairro Itanguá, Cariacica/ES		
Proprietário:		
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Autor do Projeto:		
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Responsável Técnico:		
Jerônimo Santanna de Aguiar		
Conteúdo desta prancha:		
Planta baixa instalações de esgoto e pluviais - pátio		
Data:	21/11/2021	Escala: Indicada
Coordenação:		Prancha Nº
Equipe Técnica:	05/05	
PROJETO DE TCC UFRGS		
Data	Descrição:	Responsável:



1 Diagrama unifilar do pavimento tipo
Escala 1 : 50



2 Diagrama unifilar do pavimento térreo
Escala 1 : 50

PAVIMENTO TIPO

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
1	Cozinha, St. serviço, banheiro, despensa, St. social e quarto	620	1,5mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
2	Sala e suíte	640	1,5mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
3	Cosete	2100	6mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
4	Sala, suíte e quarto	2600	6mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
5	Área de serviço, despensa e ban. social	3000	10mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
6	MICROONDAS	2000	2,5mm	220

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
7	MÁQUINA LV	1000	2,5mm	220

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
8	CHUVEIRO ELÉTRICO 1	5500	10mm	220

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
9	CHUVEIRO ELÉTRICO 2	5500	4,0mm	220

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
10	AR-CONDICIONADO 1	1500	2,5mm	220

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
11	AR-CONDICIONADO 2	1500	2,5mm	220

PAVIMENTO TÉRREO

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
1	Iluminação de garagem	1320	1,5mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
2	Iluminação de piso	600	1,5mm	127

CIRCUITO	QUADRO DE CARGAS	POTENCIA	FIAÇÃO	TENSÃO
3	Tomadas de garagem	3100	10mm	127

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
⊖	INTERRUPTOR SIMPLES - H=130cm
⊖⊖	INTERRUPTOR SIMPLES - H=130cm
⊖	CAMPANINHA - H=210cm
⊖	SENSOR DE PRESENÇA - H=210cm
⊖	TOMADA BAIXA 2P+T, NOVO PADRÃO BRASILEIRO - H=30cm
⊖	TOMADA MÉDIA 2P+T, NOVO PADRÃO BRASILEIRO - H=130cm
⊖	TOMADA ALTA 2P+T, NOVO PADRÃO BRASILEIRO - H=200cm
⊖	QUADRO GERAL DE LUZ E FORÇA EMBUTIDO NA PAREDE
⊖	PONTO DE LUZ FLUORESCENTE NO TETO ou: INTERRUPTOR DE COMANDO
⊖	ARANDELA
⊖	CONDUTOR RETORNO, FASE, NEUTRO E TERRA
⊖	ELETRODUTO QUE DESCE, SOBRE

Projeto de Arquitetura:

Projeto Elétrico

Endereço: Rua Projelada, S/n, Bairro Itanguá, Cariacica/ES

Proprietário:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Autor do Projeto:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Responsável Técnico:

Jerônimo Santanna de Aguiar

Conteúdo desta prancha:

Projeto elétrico - Quadro de disjuntores e planta baixa com os diagramas unifilares

Data: 21/11/2021 Escala: Indicada

Coordenação: Prancha Nº

Equipe Técnica:

01/01

PROJETO DE TCC UFRGS

Data	Descrição:	Responsável: