

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

Rodrigo Reis Santos

**PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO COM USO DO *SOFTWARE* TQS**

Porto Alegre
Novembro de 2021

RODRIGO REIS SANTOS

**PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO COM USO DO *SOFTWARE* TQS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Comissão de Graduação do curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como pré-requisito para
obtenção do Título de Engenheiro Civil.

Orientador: Alexandre Rodrigues Pacheco

Porto Alegre
Novembro de 2021

RODRIGO REIS SANTOS

**PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO COM USO DO *SOFTWARE* TQS**

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

Porto Alegre, 27 de novembro de 2021

Prof. Alexandre Rodrigues Pacheco

PhD pela The Pennsylvania State University, EUA

Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Alexandre Rodrigues Pacheco

PhD pela The Pennsylvania State University, EUA

Profa. Paula M. Lazzari

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Bruna M. Lazzari

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico esse trabalho aos meus pais, Gilberto Silva Santos e Cleusa Reis Santos por terem me dado a base do conhecimento de tudo e me incentivarem a buscar qualificação por meio da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a toda minha família, por todo incentivo e apoio sempre, me tornando um vencedor, em todas batalhas, superando meus limites e me ajudando nos momentos mais sensíveis da vida. Grato Pai Gilberto Silva Santos, mãe Cleusa Reis Santos, irmão Diego E. Reis Santos e irmã Bibiana E. Reis Santos, obrigado por todo apoio, todos os impulsos até aqui.

Agradeço aos meus amigos que sempre estiveram apoiando, nas vitórias e derrotas da vida, especialmente ao Leonardo Araújo Correa, meu amigo e parceiro de vida.

Agradeço ao meu amigo Hernandi Oliveira, por todo apoio dado, parceiro de estudos e vida.

Agradeço ao meu orientador, Alexandre Rodrigues Pacheco, pela oportunidade disposição para me ensinar, contribuindo grandemente para o meu amadurecimento acadêmico.

Por fim deixo uma singela homenagem a meu tio, Jorge Luiz Silva Santos (Jorjão), que faleceu no ano de 2021, em decorrência da COVID. Obrigado por todos os ensinamentos!

RESUMO

Em linhas gerais, o projeto estrutural de uma edificação em concreto armado compreende as etapas de Análise, onde se obtém as solicitações para um certo modelo; de Dimensionamento, onde se define todas as características físicas e geométricas dos elementos; e de Detalhamento, onde se registram graficamente os resultados para que o projeto possa ser executado. Modernamente, e cada vez mais, todas estas etapas têm sido realizadas com a ajuda de programas de computador altamente especializados para este propósito, tal como o TQS, fazendo com que o projetista precise ter um bom entendimento de tais ferramentas para que um projeto otimizado e seguro seja obtido. Com isto em mente, este estudo procura ilustrar didaticamente todas as etapas de projeto no TQS para uma edificação multifamiliar de vários pavimentos, comparando os resultados com aqueles já obtidos por profissionais experientes para a mesma edificação. Embora esta comparação tenha ficado prejudicada pela limitação do número de nós que a versão do TQS utilizada possuía, precisando-se alterar o número de pavimentos-tipo, foi possível se realizar a comparação entre projetos, corroborando-se os resultados encontrados, através dos consumos de materiais isoladamente para a estrutura do reservatório, para a cobertura, e para o pavimento-tipo. Ainda, a modificação realizada, alterando-se a altura da edificação, permitiu que fosse verificada a influência da rigidez global da edificação e suas consequências em termos de consumo de aço.

Palavras-chave: projeto estrutural; TQS; concreto armado; edificação multifamiliar.

ABSTRACT

In general terms, a structural design of a reinforced concrete building encompasses the phases of Analysis, where the internal forces for a certain model are obtained; of Dimensioning, where all the physical and geometrical characteristics of the elements are defined; and of Documentation, where the results are graphically represented, allowing the construction of the structure. Modernly, and getting more intense with time, all these steps have been carried out with the help of highly specialized computer softwares, such as TQS, but demanding professionals with a good understanding of these tools to obtain safe and optimized designs. With that in mind, this study tries to didactically illustrate all the design phases in TQS for a multistory building, comparing its results with those already obtained by professional designers for the same structure. Although this comparison had been jeopardized by the limitation on the number of nodes imposed by the TQS version used, which had forced a modification on the number of floors, it was still possible to make some comparisons, corroborating the results found for material consumption in the water tank structure, in the roof structure, and in the reference floor plan. Moreover, the imposed modification, which changed the building's height, allowed the verification of the global stiffness of the building and its consequences in terms of steel consumption.

Keywords: structural design; TQS; reinforced concrete; multifamily building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Classe de agressividade. (Fonte: Autor, 2021)	21
Figura 2- Cobrimentos de armadura. (Fonte: Autor, 2021).....	21
Figura 3- Ajuste de planta baixa. (Fonte: Autor, 2021).....	23
Figura 4- Edição de edifício. (Fonte: Autor, 2021)	24
Figura 5- Definição do edifício. (Fonte: Autor, 2021)	24
Figura 9- Layout do modelador estrutural. (Fonte: Autor, 2021).....	25
Figura 10- Modelador estrutural com planta baixa. (Fonte: Autor, 2021)	25
Figura 11- Barra de ações. Traz as leituras de distâncias. (Fonte: Autor, 2021).....	26
Figura 12- Ajuste de escala. (Fonte: Autor, 2021)	26
Figura 13- Escolha do arquivo para alteração de escala. (Fonte: Autor, 2021).....	27
Figura 14- Fator de escala 100. (Fonte: Autor, 2021)	27
Figura 15- Figura 15- Inserindo referência externa. (Fonte: Autor, 2021).....	28
Figura 16- Inserindo referência - Pasta mestra Gerais. (Fonte: Autor, 2021)	28
Figura 17- Inserindo pilares. (Fonte: Autor, 2021).....	29
Figura 18- Pilares lançados em planta. (Fonte: Autor, 2021).....	29
Figura 19 - Vigas lançadas. (Fonte: Autor, 2021)	30
Figura 20- vigas V3 e V10 lançadas. (Fonte: Autor, 2021).....	30
Figura 21- "X" identificando que o perímetro está fechado. (Fonte: Autor, 2021).....	31
Figura 22- Lançamento de laje. (Fonte: Autor, 2021).....	32
Figura 23- Modelo 3D, pavimento térreo. (Fonte: Autor, 2021).....	32
Figura 24- Esboço de corte pavimento-tipo. (Fonte: Autor, 2021)	33
Figura 25- Adicionando carregamentos em lajes. (Fonte: Autor, 2021).....	35
Figura 26- Atribuição de dados. (Fonte: Autor, 2021)	35
Figura 27Figura 27 - Atribuir dados de lajes. (Fonte: Autor, 2021).....	36

Figura 28- Parâmetros de visualização. (Fonte: Autor, 2021).....	36
Figura 29 Filtro para os parâmetros. (Fonte: Autor, 2021).....	36
Figura 30- Representação gráfica de laje carregada. (Fonte: Autor, 2021).....	37
Figura 31- Inserção de shaft. (Fonte: Autor, 2021)	37
Figura 32- Configuração de carga para paredes. (Fonte: Autor, 2021).....	38
Figura 33- Representação de cargas distribuídas linearmente. (Fonte: Autor, 2021) ..	38
Figura 34- Adição de carga permanente. (Fonte: Autor, 2021).....	39
Figura 35- Faixas cinza, cargas lineares sobre vigas. (Fonte: Autor, 2021).....	39
Figura 36- Criando piso auxiliar para escada. (Fonte: Autor, 2021).....	40
Figura 37- VE 19/50 viga intermediária para apoio. (Fonte: Autor, 2021).....	40
Figura 38- Fechamento de bordo para piso auxiliar. (Fonte: Autor, 2021).....	41
Figura 39- Dados de patamar. (Fonte: Autor, 2021)	41
Figura 40- Laje de escada criada E3. (Fonte: Autor, 2021).....	42
Figura 43- Pilares do reservatório. (Fonte: Autor, 2021)	43
Figura 44- Definindo a ação para os pilares. (Fonte: Autor, 2021).....	43
Figura 45- Definindo o nível para a ação. (Fonte: Autor, 2021).....	44
Figura 46- Pilares limitados até o pavimento cobertura. (Fonte: Autor, 2021).....	44
Figura 47- Dados do edifício - Vento. (Fonte: Autor, 2021).....	45
Figura 48- Localização da edificação no ábaco. (Fonte: Autor, 2021)	46
Figura 49- S2 - Fator de rugosidade. (Fonte: Autor, 2021).....	46
Figura 50- Classe da edificação. (Fonte: Autor, 2021).....	47
Figura 51- S3 faot estatístico. (Fonte: Autor, 2021).....	47
Figura 52- CA coeficiente de arrasto. (Fonte: Autor, 2021).....	48
Figura 53- Preenchimento de CA. (Fonte: Autor, 2021).....	48
Figura 54- Processamento global. (Fonte: Autor, 2021)	49
Figura 55- Botão para iniciar processamento global. (Fonte: Autor, 2021).....	50

Figura 56- Estabilidade global. (Fonte: Autor, 2021).....	50
Figura 57- Diagrama de momento fletor pavimento-tipo. (Fonte: Autor, 2021).....	51
Figura 58- Diagrama de momento fletor mais detalhado. (Fonte: Autor, 2021).....	51
Figura 59- ELS analise de flechas. (Fonte: Autor, 2021).....	52
Figura 60-Relatório de vigas pavimento-cobertura-reservatório. (Fonte:Autor, 2021)	52
Figura 61- Relatório de flexão V1. (Fonte: Autor, 2021).....	53
Figura 62- Relatório de cisalhamento para V1. (Fonte: Autor, 2021).....	53
Figura 63- Envoltória de momento fletor. (Fonte: Autor, 2021).....	54
Figura 64- Momentos fletores 1ª e 2ª ordem. (Fonte: Autor, 2021).....	56
Figura 65- Diagrama de momento fletor no eixo x. (Fonte: Autor, 2021).....	57
Figura 66- Diagrama de momento fletor no eixo y. (Fonte: Autor, 2021).....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Informações técnicas. (Fonte: Autor, 2021)	20
Tabela 2-Módulo de elasticidade para C40. (Fonte: Autor, 2021)	20
Tabela 3- Características do aço. (Fonte: Autor, 2021).....	20
Tabela 4- Memorial quantitativo projeto executado. (Fonte: Vantec)	58
Tabela 5-Memorial quantitativo projeto estudado. (Fonte: Autor, 2021)	59
Tabela 6-Resultado de soma para os pavimentos. (Fonte: Autor, 2021).....	59
Tabela 7- Resultados de média aritmética para pavimento-tipo. (Fonte: Autor, 2021)	59
Tabela 8- Razão dos projetos trabalhados. (Fonte: Autor, 2021)	59
Tabela 9- Resultados para pavimento cobertura. (Fonte: Autor, 2021)	60
Tabela 10- Razão dos projetos trabalhados. (Fonte: Autor, 2021)	60
Tabela 11- Resultados para pavimento reservatório. (Fonte: Autor, 2021)	60
Tabela 12- Razão dos projetos trabalhados. (Fonte: Autor, 2021)	60

LISTA DE ABREVIATURAS

TQS: *Software* para elaboração de estruturas e fundações de edificações.

f_{ck} : Resistência característica do concreto a compressão.

γ : Peso específico.

MPa: Megapascal, unidade padrão de pressão e tensão na engenharia.

GPa: Megapascal, unidade padrão de pressão e tensão na engenharia.

E_{cs} : Módulo de deformação secante do concreto.

E_{ci} : Módulo estático de elasticidade tangente inicial da curva tensão – deformação

G_c : Módulo de elasticidade transversal

E_s : Módulo de elasticidade do aço.

f_{yk} : Resistência de escoamento do aço.

ELU: Estado limite último. Trata-se do estado limite relacionado ao colapso.

ELS: Estado limite de serviço.

.dxf: Formato de arquivo gerado pelo *software Autocad*.

DWG-TQS: Formato de arquivo gerado pelo *software TQS*.

V_0 : Velocidade característica do vento.

L: Comprimento dos vãos das vigas.

H/L: Relação entre altura e comprimento dos vãos das vigas.

ρ_s : Taxa geométrica de armadura longitudinal. Obtida em diversas seções ao longo do vão, não considera a armadura lateral.

ρ_{sw} : Taxa geométrica de armadura transversal. Obtida nas faixas existentes no vão

Taxa de aço: Massa de aço por volume de concreto.

n: Quantidade de armaduras.

\emptyset : Diâmetro da armadura.

A_s : Indica a existência de armadura negativa.

$A_{s,lat}$: Indica a existência de armadura lateral.

L/Δ : Relação entre vão e deslocamento máximo.

\varnothing_e : Diâmetro do estribo externo.

\varnothing_i : Diâmetro do estribo interno.

c : Espaçamento entre estribos.

V_{sd} : Força cortante solicitante de cálculo.

V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo.

T_{sd} : Torção solicitante de cálculo.

T_{Rd} : Torção resistente de cálculo.

$A_{sw,sus}$: Armadura de suspensão.

$N_{sd,ini}$: Força normal solicitante de cálculo inicial.

$M_{sd,ini,x}$: Momento fletor solicitante de cálculo inicial em relação ao eixo x.

$M_{sd,ini,y}$: Momento fletor solicitante de cálculo inicial em relação ao eixo y.

N_{sd} : Força normal solicitante de cálculo.

$M_{sd,x}$: Momento fletor solicitante de cálculo em relação ao eixo x.

$M_{sd,y}$: Momento fletor solicitante de cálculo em relação ao eixo y.

$M_{1d,A}$: Valor de cálculo de primeira ordem do momento MA.

$M_{1d,B}$: Valor de cálculo de primeira ordem do momento MB.

α_b : Coeficiente ponderador.

λ_1 : Valor limite do índice de esbeltez.

$M_{1d,min}$: Momento fletor mínimo.

$M_{d,tot}$: Momento total máximo no meio do lance do pilar.

λ : Índice de esbeltez.

κ : Coeficiente ponderador.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	DIRETRIZES	18
2.1	OBJETIVOS	18
2.1.1	Pressupostos	18
2.1.2	Premissas	19
2.1.3	Delimitações	19
2.1.4	Limitações	19
2.2	DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	19
2.3	MATERIAIS	20
2.3.1	Concreto	20
2.3.2	Aço	20
2.4	PARAMETROS DE DURABILIDADE	20
2.4.1	Classe de agressividade	21
2.4.2	Cobrimentos gerais	21
3	MODELO ESTRUTURAL	22
3.1	CARACTERISTICAS GERAIS	22
3.2	CRITÉRIOS DE PROJETO	22
4	MODELAGEM TQS	23
4.1	PLANTA BAIXA	23
4.2	EDIÇÃO DO EDIFÍCIO	23
4.2.1	Modelo estrutural	23
4.2.2	Definição de pavimentos	24
4.2.3	Modelador estrutural	25
4.2.4	Referência externa	28
4.2.5	Inserção de pilares	29

4.2.6	Inserção de vigas.....	30
4.2.7	Inserção de lajes.....	31
4.2.8	Modelo tridimensional.....	32
5	CARGAS.....	33
5.1	CARGA DE LAJE.....	33
5.1.1	Lançamento de cargas de laje.....	34
5.2	CARGAS DE PAREDE.....	37
5.2.1	Carga sobre laje.....	37
5.3	Carga sobre viga externa.....	38
5.4	Escadas.....	39
5.4.1	Inserção do piso auxiliar/patamar da escada.....	41
5.5	AJUSTE DE PILARES.....	43
5.6	PISCINA.....	45
5.7	RESERVATÓRIO.....	45
5.8	CARGA DE VENTO.....	45
5.8.1	S1 – Fator de terreno.....	46
5.8.2	S2 – Rugosidade.....	46
5.8.3	S3 – Fator estatístico.....	47
5.8.4	CA – Coeficiente de arrasto.....	48
6	PROCESSAMENTO GLOBAL.....	49
6.1	Estabilidade global.....	50
7	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	50
7.1	GRELHA.....	50
8	DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	52
8.1	VIGA.....	52
8.2	Vigas / Viga V1 / Vão 1 (Flexão).....	53

8.2.1	Geometria.....	53
8.2.2	Envoltória de momento fletor (valores característicos) (tfm).....	54
8.2.3	Dimensionamento à esquerda do vão.....	54
8.2.4	Flechas	54
8.3	PILARES	55
8.4	Seção do meio	55
8.4.1	Esforços iniciais – eixo X	55
8.4.2	Efeitos de 2ª ordem	55
8.4.3	Esforços iniciais – eixo Y	56
8.4.4	Efeitos de 2ª ordem	56
8.4.5	Momentos fletores (1ª + 2ª) ordem (global e local) (tfm).....	56
8.5	LAJES	57
9	ANÁLISE COMPARATIVA DE VOLUMES	58
9.1	DADOS PARA ANÁLISE	58
9.1.1	Pavimento-tipo	59
9.1.2	Pavimento-cobertura	60
9.1.3	Pavimento-reservatório	60
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

A necessidade aliada a competitividade de mercado entre empresas, desafia o setor da construção civil, principalmente quando se trata da elaboração de projeto estrutural. Essa realidade faz-se criar um cenário competitivo, necessitando uma redução de custos e tempo, em toda “cadeia” serviços de construção civil.

Na elaboração de projetos, não é diferente, sendo de extrema importância uma viabilização para projetos estruturais, tendo os softwares de dimensionamento como o principal aliado nessa realidade. O software TQS entrega toda essa necessidade de mercado, facilitando e diminuindo os custos em projetos estruturais.

2 DIRETRIZES

2.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar o dimensionamento da estrutura de concreto armado para um edifício residencial multifamiliar com um *software* de dimensionamento estrutural denominado TQS. Também foi realizada uma análise comparativa do mesmo projeto já executado por profissionais com grande experiência em estruturas.

Definem-se como objetivos específicos:

Realizar o dimensionamento, análise e detalhamento dos elementos estruturais, utilizando-se as prescrições descritas nas seguintes normas:

- a) NBR – 6118:2014; Projeto de estruturas de concreto: procedimento;
- b) NBR – 6120:1980; Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- c) NBR – 6123:1988; Forças devidas ao vento em edificações

Analisar e comparar resultados com estrutura similar já executada, considerando como parâmetros de comparação a aplicar na metodologia, massa de aço e volume de concreto.

2.1.1 Pressupostos

Presume-se que finalizado o dimensionamento e análise do projeto estudado, o pavimento-tipo possua valores aproximados de volume de concreto e aço, comparado ao projeto executado.

2.1.2 Premissas

A escolha e utilização do *software* para dimensionamento de estrutura é de suma importância dadas as necessidades de alta produtividade na elaboração de projetos e o baixo custo que o mercado da construção civil tem como demanda.

2.1.3 Delimitações

O presente trabalho delimita-se a dimensionar estrutura em concreto armado com utilização do *software* TQS, para um edifício residencial multifamiliar de 12 pavimentos. O estudo visa, através de análise de projeto executado e projeto estudado, comparar uma relação de volumes de aço e concreto para ambos os projetos.

2.1.4 Limitações

Não será realizado o projeto de fundação para o edifício. Não será incluso no comparativo os valores de aço e concreto para as fundações.

Não será dimensionado estrutura idêntica ao projeto executado, devido às limitações da licença estudantil do *software* TQS.

A arquitetura a ser utilizada como base para o dimensionamento será de um edifício já executado, na cidade de Porto Alegre – RS, na Av. João Pessoa, número 731.

2.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício é composto somente por estrutura em concreto armado, localizado na avenida João pessoa, em Porto Alegre – RS. Constituído por 12 pavimentos; 1 pavimento térreo, sendo 50% estacionamento e 50% lojas comerciais; 9 pavimentos intermediários/tipo; 1 pavimento de cobertura e um pavimento para o ático (reservatório).

A seguir é apresentado na tabela 1, com detalhamento de cada um destes pavimentos:

Pavimentos	Pé-direito (m)	Cota (m)	Área (m²)
Reservatório	6	36,84	73,4
Cobertura	3,15	30,84	746,5
Pav.Tipo	2,88		746,5
Térreo	3,15	0,00	746,5
TOTAL			7538,4

Tabela 1- Informações técnicas. (Fonte: Autor, 2021)

Altura total da edificação: 36,84 m.

2.3 MATERIAIS

2.3.1 Concreto

O concreto utilizado para os elementos estruturais apresenta valor de f_{ck} 40 Mpa, para lajes, vigas e pilares. O módulo de elasticidade, em tf/m^2 , utilizado para o concreto C40 é apresentado na Tabela 2, a seguir:

	AlfaE	Ecs(GPa)	Eci	Gc
C40		42076	2501	5938

Tabela 2-Módulo de elasticidade para C40. (Fonte: Autor, 2021)

2.3.2 Aço

Características para o aço estrutural utilizado no projeto:

Tipo de barra	Es(GPa)	fyk(MPa)	Massa específica(kg/m³)
CA-50	210	500	7.850
CA-60	210	600	7.850

Tabela 3- Características do aço. (Fonte: Autor, 2021)

2.4 PARAMETROS DE DURABILIDADE

A NBR 6118 estabelece que o tempo mínimo de durabilidade de uma estrutura de concreto armado seja de 50 anos. Entretanto, é comum a ocorrência de problemas estruturais com o passar dos anos, devido a diversos motivos, sendo um dos principais o cobrimento da armadura, ligado diretamente a classe de agressividade do ambiente.

2.4.1 Classe de agressividade

Foi considerado para o dimensionamento dos elementos estruturais a classe de agressividade II – Moderada Urbana, considerada de baixo risco, como indica a figura 1.

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Figura 1- Classe de agressividade. (Fonte: Autor, 2021)

2.4.2 Cobrimentos gerais

Os cobrimentos reais são definidos de acordo com a classe de agressividade ambiental no tópico anterior. A seguir tabela com os cobrimentos para cada elemento estrutural:

Elemento Estrutural	Cobrimento (cm)
Lajes convencionais (superior / inferior)	2,0/ 2,0
Vigas	2,5
Pilares	2,5

Figura 2- Cobrimentos de armadura. (Fonte: Autor, 2021)

3 MODELO ESTRUTURAL

3.1 CARACTERISTICAS GERAIS

A análise estrutural no TQS utilizou o modelo VI, consistindo de dois modelos de cálculo:

- a) Modelo de grelha para os pavimentos;
- b) Modelo de pórtico espacial para análise global.

O edifício é modelado por um único pórtico espacial e os modelos dos pavimentos. O pórtico é composto apenas por barras que simulam as vigas, pilares e lajes da estrutura. Os efeitos gerados pela aplicação das ações verticais e horizontais foram calculados com esse modelo. Dessa forma, além das vigas e pilares, as lajes passaram a resistir parte dos esforços gerados pelo vento, situação essa não flagrada pelo modelo IV.

Foi utilizada a técnica de subestruturação, que consiste na divisão e análise do modelo estrutural completo, dividindo o domínio em subestruturas, gerando uma maior eficiência nos cálculos. A flexibilização das ligações viga-pilar, a separação de modelos específicos para avaliações ELU e ELS, bem como seus respectivos coeficientes de não-linearidade física, são controlados por critérios gerais do pórtico TQS.

3.2 CRITÉRIOS DE PROJETO

Considerações utilizadas em projeto para definir análise estrutural do edifício:

- a) Flexibilização das ligações viga/pilar: sim;
- b) Modelo enrijecido para viga de transição: sim;
- c) Método para análise de 2ª ordem global: GamaZ;
- d) Análise por efeito incremental: sim.

Modelo ELU: Foi utilizado para obtenção dos esforços necessários para o dimensionamento e detalhamento de elementos estruturais.

Modelo ELS: Foi utilizado para análise dos deslocamentos do edifício.

4 MODELAGEM TQS

No *software TQS*, após ter todos os critérios e parâmetros de projetos estabelecidos, pode-se iniciar a modelagem do edifício. A modelagem é o “desenho” da estrutura a ser dimensionada, dentro do *software*, com a utilização de uma planta baixa de referência.

O processo de modelagem inicia com ajustes de planta baixa, feitos no *software Autodesk Autocad*, removendo tudo que não precisa ser exportado junto ao arquivo para o *TQS*. Tornando necessário menor desempenho computacional para processamento dos arquivos.

4.1 PLANTA BAIXA

No ajuste de planta baixa, foi considerada a remoção de blocos que não agregavam valor de informação, considerando a estrutura da edificação, configuração de pena e ajustes de escala.

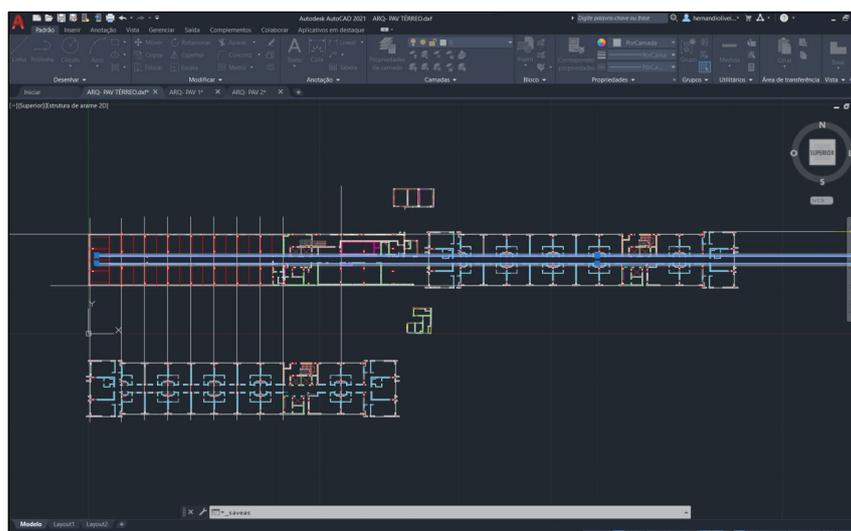


Figura 3- Ajuste de planta baixa. (Fonte: Autor, 2021)

4.2 EDIÇÃO DO EDIFÍCIO

Nesta etapa é feita a criação do edifício, com seus parâmetros, critérios e características, definidas no capítulo 1.

4.2.1 Modelo estrutural

Para criar o edifício foi utilizada a aba “novo edifício”, onde foram preenchidas as características gerais da edificação, como modelo de análise estrutural (VI), criação dos pavimentos, fck (40 Mpa) do concreto, cobrimentos de vigas, lajes e pilares e classe de agressividade ambiental (II) a qual a edificação está exposta. Outro parâmetro a definir nessa

aba é o “modelos independentes”, e optou-se pela utilização do modelo onde a estrutura se comporta como um corpo único, sem juntas ou torre separadas.

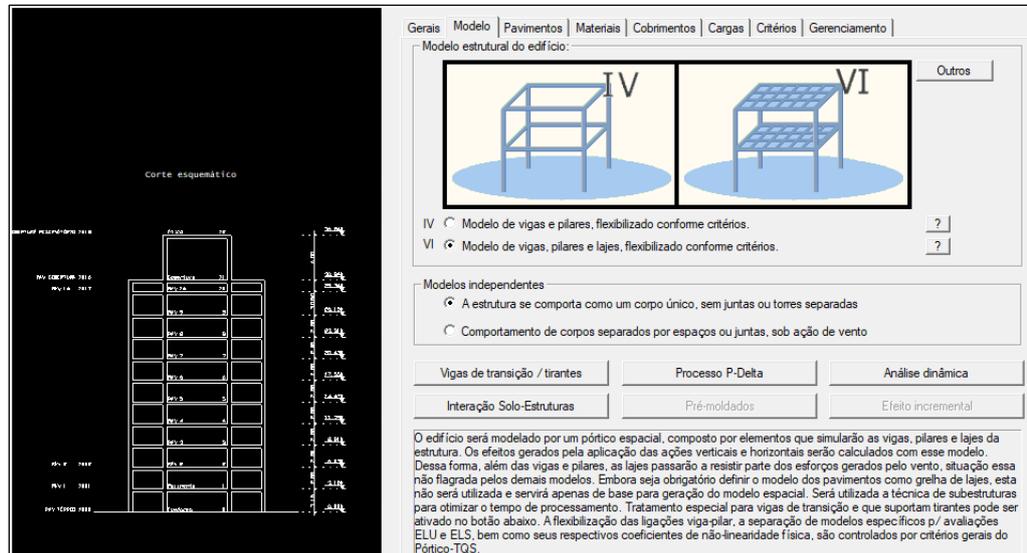


Figura 4- Edição de edifício. (Fonte: Autor, 2021)

4.2.2 Definição de pavimentos

Na etapa de definição de pavimentos, dentro da ferramenta “Novo edifício”, na aba “pavimentos” faz-se a edição do edifício, seus pavimentos, pisos auxiliares, cobrimentos, pé-direito e classe de agressividade.

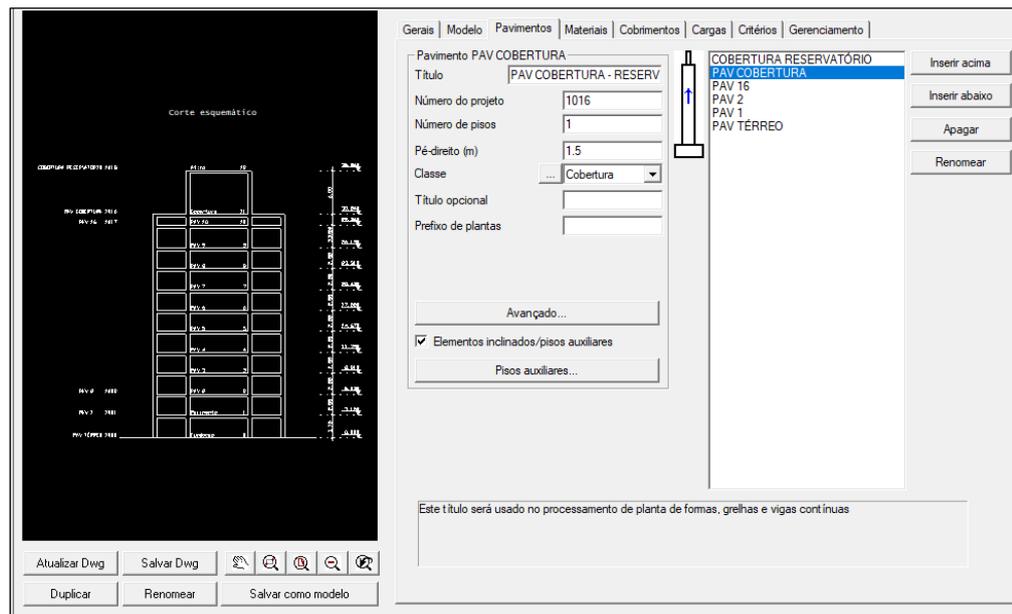


Figura 5- Definição do edifício. (Fonte: Autor, 2021)

4.2.3 Modelador estrutural

No modelador estrutural, tem-se o ambiente do *TQS* para modelagem de toda a estrutura, pavimentos por pavimento. Para acessá-lo, pode-se utilizar o menu principal, no *dropdown*, e marcar a opção “Modelador estrutural” ou dar um duplo clique na janela “Modelo estrutural.DWG” ao lado da árvore do edifício.

Nesse modelador estrutural, é feita a inserção de pilares, vigas, lajes e escadas. Também são inseridos no modelador os carregamentos da estrutura.

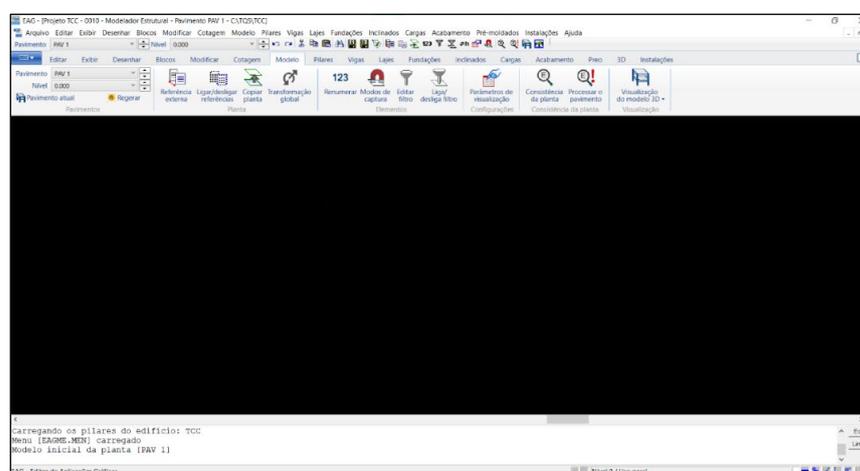


Figura 6- Layout do modelador estrutural. (Fonte: Autor, 2021)

Após concluída a conversão, o layout do *software* é demonstrado na Figura 9:



Figura 7- Modelador estrutural com planta baixa. (Fonte: Autor, 2021)

Nesta figura pode-se verificar a planta baixa já vinculada ao *TQS*, gerando um pré-resumo do *.dxf* no modelador estrutural. Após convertido, é necessário comparar as escalas de

projeto, lembrando-se que o *TQS* utiliza a unidade centímetro como padrão de trabalho, e geralmente projetos são dados na unidade metros. Neste caso não é diferente, havendo a necessidade de conversão de escala.

No projeto de estudo, a planta baixa utilizada como referência externa estava em metros, fazendo-se necessário a conversão para centímetros. Pode-se verificar os valores de dimensão com auxílio do atalho *shift+F9*, acessando a ferramenta de medição de distâncias no *TQS*.

Segundo ponto							
x1	9.5200	y1	7.9746	x2	11.8200	y2	7.9746
Dx	2.3000	Dy	0.0000	Dist	2.3000	Ang	0.0000 / 0° 0' 0.0"

Figura 8- Barra de ações. Traz as leituras de distâncias. (Fonte: Autor, 2021)

Verifica-se na barra de ações que a distância *Dy* consta como 2,3 cm, devendo ser 230 cm. Para a conversão da medida trabalha-se na área inicial do *TQS*, acessando a opção “Alterar escala do desenho”, escolhendo arquivo para fazer a alteração de escala.

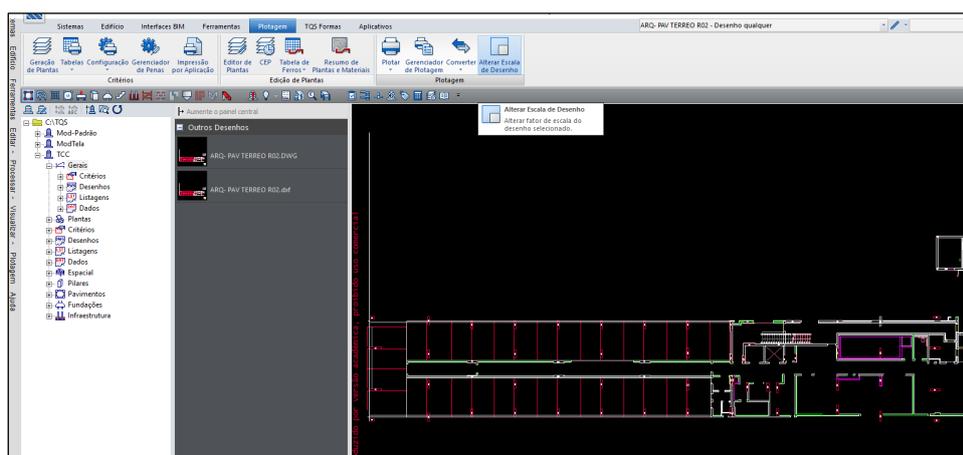


Figura 9- Ajuste de escala. (Fonte: Autor, 2021)

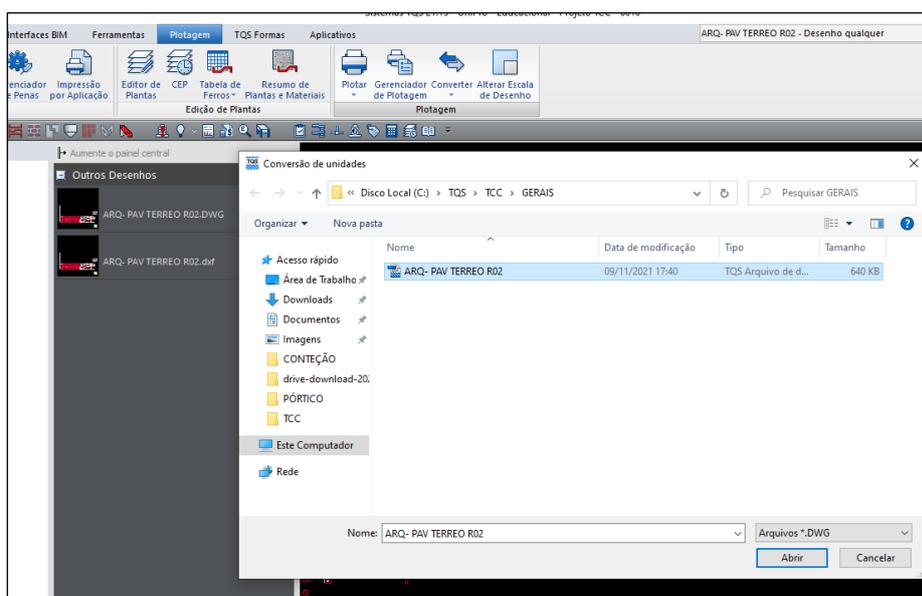


Figura 10- Escolha do arquivo para alteração de escala. (Fonte: Autor, 2021)

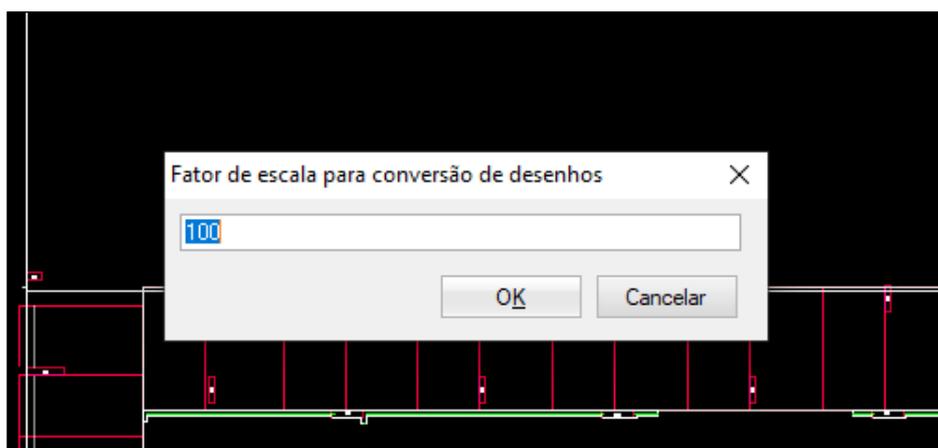


Figura 11- Fator de escala 100. (Fonte: Autor, 2021)

Após a conversão, deve-se verificar o resultado no modelo estrutural, seguindo os mesmos passos para se medição, com o atalho *shift+F9*. Neste caso fixou-se o fator de escala em 100, para realização deste projeto, valor este que varia de acordo com a necessidade de cada projeto.

4.2.4 Referência externa

A seguir acessa-se o modelador estrutural, pela aba “Referência Externa”, conforme Figura 14.

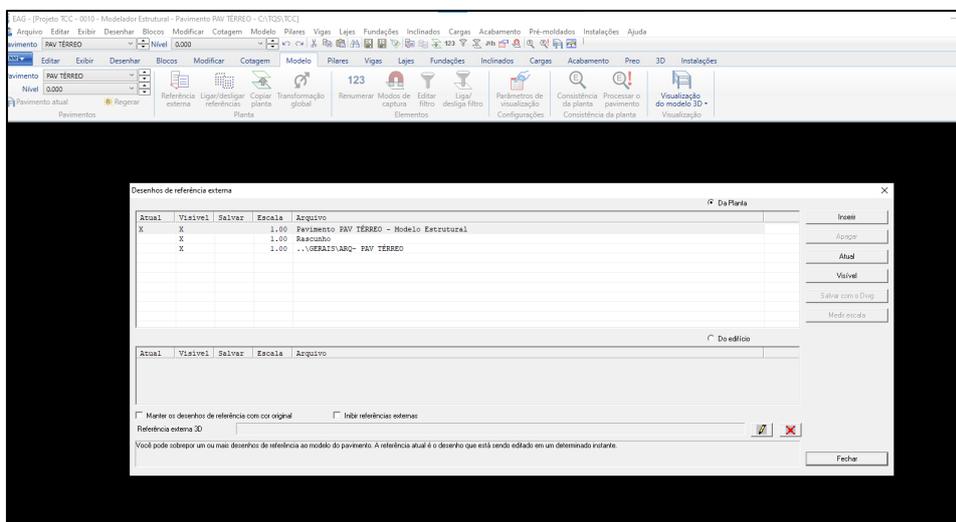


Figura 12- Figura 15- Inserindo referência externa. (Fonte: Autor, 2021)

Na aba “inserir”, procura-se o arquivo que se precisa, sabendo-se que ele está na pasta “Gerais”, dentro da pasta do projeto. (Figura 15).

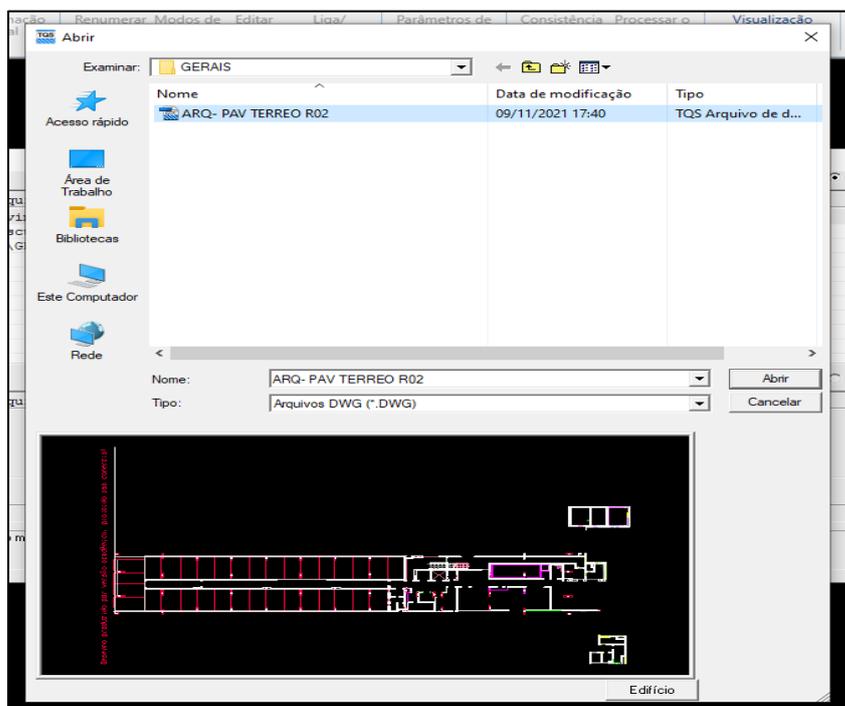


Figura 13- Inserindo referência - Pasta mestra Gerais. (Fonte: Autor, 2021)

Concluído esta etapa, passa a existir uma vinculação externa com o modelo estrutural, facilitando a modelagem do edifício a ser projetado.

4.2.5 Inserção de pilares

Já com a planta referenciada, na aba “Modelo estrutural”, trabalha-se a edição de pilares, assim como, mais tarde, vigas e lajes.

Com o uso da ferramenta “Pilar” este são inseridos um a um, com sua seção definida previamente.

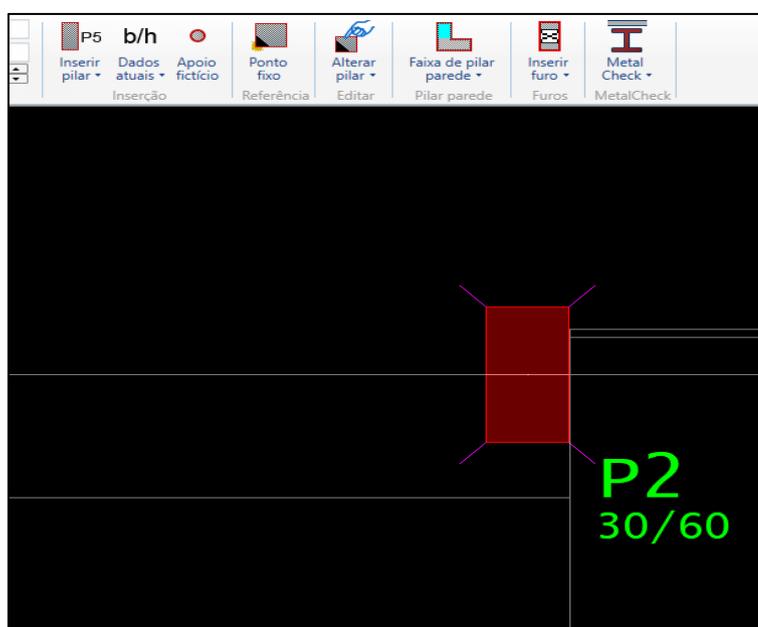


Figura 14- Inserindo pilares. (Fonte: Autor, 2021)

Na inserção dos pilares, pode-se utilizar da tecla F2, alterando o ponto de inserção do pilar, podendo utilizar como referência algum dos 4 cantos ou o centro do pilar. Utiliza-se o comando Ctrl+F4 para se copiar os elementos, e a tecla “F” para se selecionar o ponto de cópia de cada pilar.

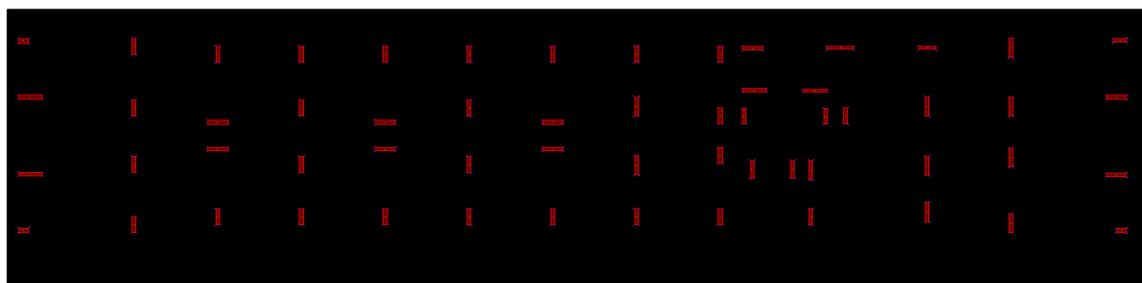


Figura 15- Pilares lançados em planta. (Fonte: Autor, 2021)

4.2.6 Inserção de vigas

O processo de inserção das vigas funciona como o feito para os pilares, definindo-se a seção e seu comprimento através do modelador, no lançamento de viga, passando de pilar a pilar ou de viga a viga. Deve-se ter atenção nos nós gerados nessas uniões, sempre dando preferência a nós de viga com viga, criando uma grelha.

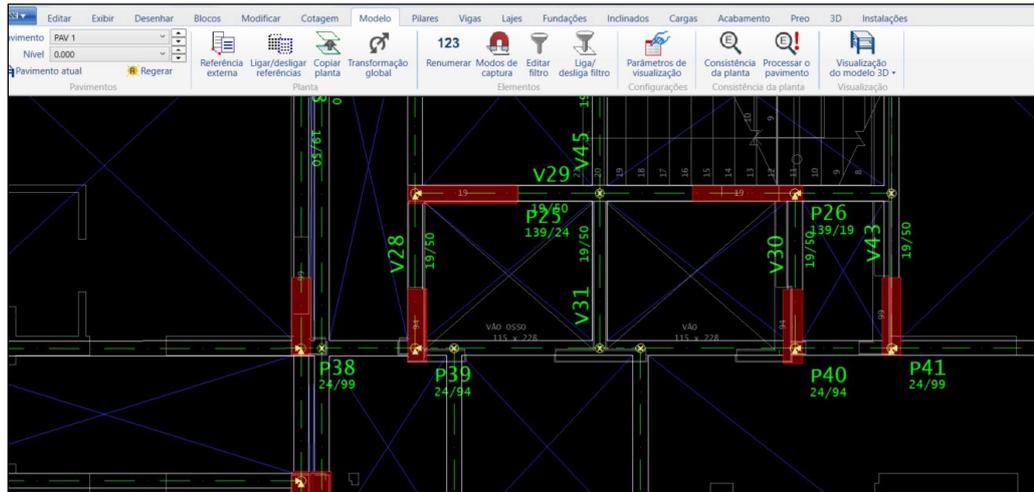


Figura 16 - Vigas lançadas. (Fonte: Autor, 2021)

O nó representado pela simbologia “círculo + triângulo” significa que as vigas estão se conectando na região da seção do pilar. Quando se tem um nó com o símbolo “X”, significa que é um cruzamento de vigas, sem seção de pilar neste ponto, sendo necessário se definir esse cruzamento, indicando-se o sentido de descarga da viga.

Feita a definição de descarga para as vigas de cruzamento, altera-se o símbolo, passando a ser um “círculo dentro de um retângulo”, representando, no sentido de maior lado do retângulo, a viga que recebe a carga. A seguir imagem desse detalhe de nó:

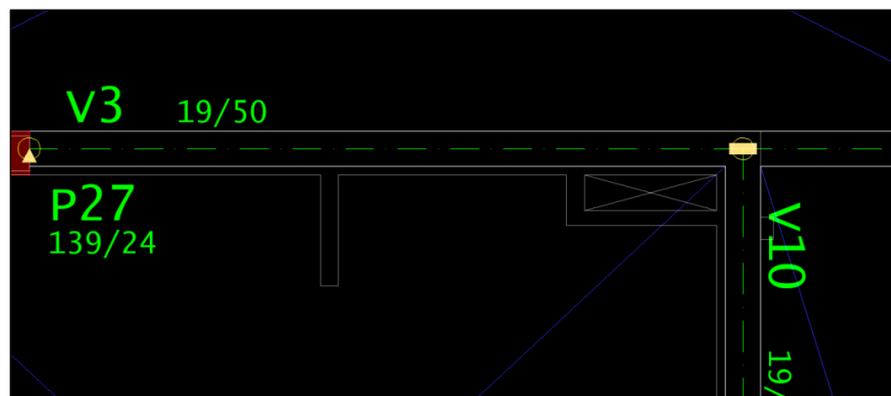


Figura 17- vigas V3 e V10 lançadas. (Fonte: Autor, 2021)

Nota-se que a viga V3 recebe a carga da V10, pela representação do nó, mostrado pelo lado maior do retângulo na direção da viga que recebe a carga. Após todas as definições estarem ajustadas, pode-se salvar o modelo e iniciar-se a modelagem das lajes.

4.2.7 Inserção de lajes

Igualmente a pilares e vigas, as lajes seguem o mesmo padrão de lançamento, sendo até mais simplificado pelo *software*, já que o mesmo delimita as lajes, indicando com um “X” azul, após a conclusão de lançamento de vigas em cada ambiente. Na figura a seguir, nota-se o “X” indicando o fechamento da laje, faltando apenas o lançamento.

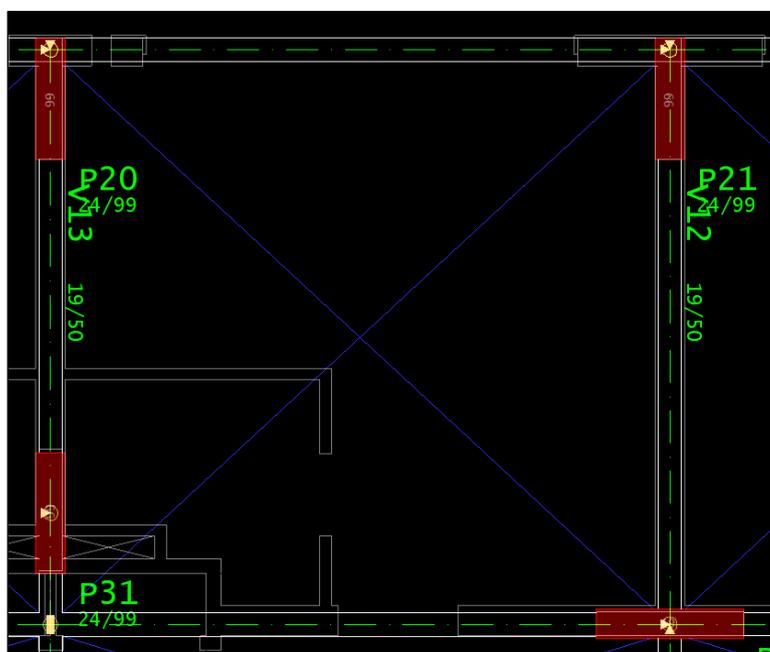


Figura 18- "X" identificando que o perímetro está fechado. (Fonte: Autor, 2021)

Estando nessa situação, pode-se lançar as lajes:

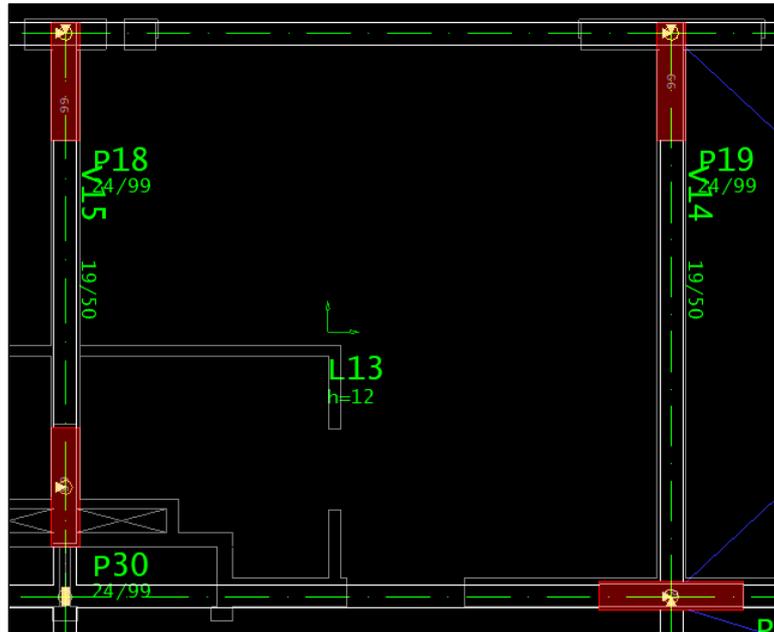


Figura 19- Lançamento de laje. (Fonte: Autor, 2021)

Depois de lançada, cada laje é nomeada de acordo com a ordem de lançamento (podendo ser renumerada caso necessário) e abaixo do nome fica indicado sua espessura, neste projeto usou-se $h=12$ cm, devido ser a mesma espessura das lajes do projeto executado, podendo ainda sofrer alterações futuras de acordo com as verificações.

4.2.8 Modelo tridimensional

Para melhor observar a estrutura, tem-se a opção de visualizar o modelo estrutural em 3D. Faz-se outras observações no decorrer do projeto, para que se possa sempre manter um olhar mais “realista” da estrutura.

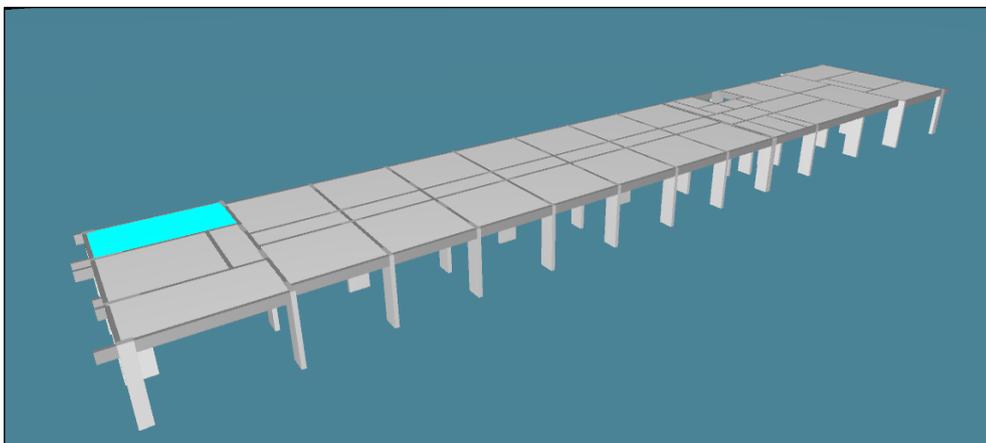


Figura 20- Modelo 3D, pavimento térreo. (Fonte: Autor, 2021)

Com os pilares lançados em todos os pavimentos, no entanto, limitou-se a visualização de todos para melhor a observação das lajes e vigas do pavimento 1.

5 CARGAS

5.1 CARGA DE LAJE

Considerando ser um edifício residencial utilizou-se para as cargas da laje a seguinte composição de carregamento:

- Peso próprio da laje: o próprio *software* calcula automaticamente, considerando $0,25 \text{ tf/m}^2$ ($2,5 \text{ tf/m}^2$) de concreto. Pavimentação + revestimento: $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$) de laje.
- Carga acidental (sobrecarga): $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$), decorrente do uso de laje para ambiente residencial.

Nas cargas de parede, tem-se basicamente 3 tipos de cargas:

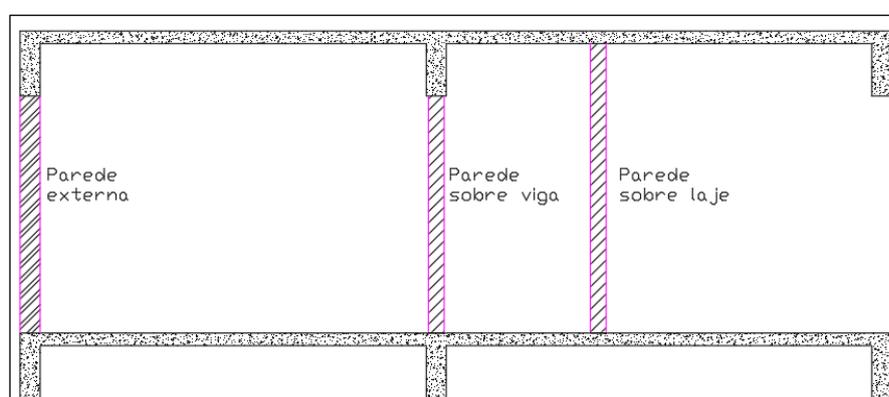


Figura 21- Esboço de corte pavimento-tipo. (Fonte: Autor, 2021)

- Cargas de parede sobre laje:

Considera-se o pé-direito de $2,88 \text{ m}$ para o pavimento-tipo e um peso específico de parede interna de alvenaria. Composta por acabamento em reboco, de $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$).

Assim, tem-se $\gamma: 0,15 * 2,88 = 0,432 \text{ tf/m}^2$ ($4,32 \text{ kN/m}$).

b) Cargas de parede sobre viga:

Considera-se o pé-direito de 2,88 m, menos a altura da viga pré-dimensionada de 50 cm para o pavimento-tipo, tem-se uma altura de parede de 2,38 m e um peso específico de parede interna de alvenaria, composta por acabamento em reboco, de $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$).

Assim, tem-se $\gamma: 0,15 * 2,35 = 0,357 \text{ tf/m}$ ($3,57 \text{ kN/m}$).

c) Cargas de parede externa:

Considera-se o pé-direito de 2,88 m, menos a altura de viga pré-dimensionada de 50 cm para o pavimento-tipo, tem-se uma altura de parede de 2,38 m e um peso específico de parede externa de alvenaria, considerando revestimento cerâmicos, tem-se $0,25 \text{ tf/m}^2$ ($2,5 \text{ kN/m}^2$).

Assim, tem-se $\gamma: 0,25 * 2,35 = 0,587 \text{ tf/m}$ ($5,87 \text{ kN/m}$).

d) Carga de parede para reservatório de água:

Considera-se o pé-direito de 6 m, menos a altura de viga pré dimensionada de 30 cm para o pavimento-reservatório, tem-se uma altura de parede de 5,7 m, que é dividida em duas etapas por uma viga intermediária, ficando com altura de carga de 2,7 m já descontando os 30 cm da viga intermediária. Para um peso específico de parede externa de alvenaria, composta por acabamento cerâmico de $0,25 \text{ tf/m}^2$ ($2,5 \text{ kN/m}^2$).

Assim, tem-se $\gamma: 0,25 * 2,7 = 0,675 \text{ tf/m}^2$ ($6,75 \text{ kN/m}^2$), para as cargas de parede que cercam o reservatório.

Com todos esses valores disponíveis, tanto para cargas de laje, como para cargas de parede. Pode-se completar a entrada de dados no *TQS*.

5.1.1 Lançamento de cargas de laje

Seguindo-se as indicações da NBR 6120 (ABNT, 2019).

e) Carga permanente: $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$);

f) Carga acidental: $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$).

Na caixa de texto p/q, preenche-se as cargas de laje.

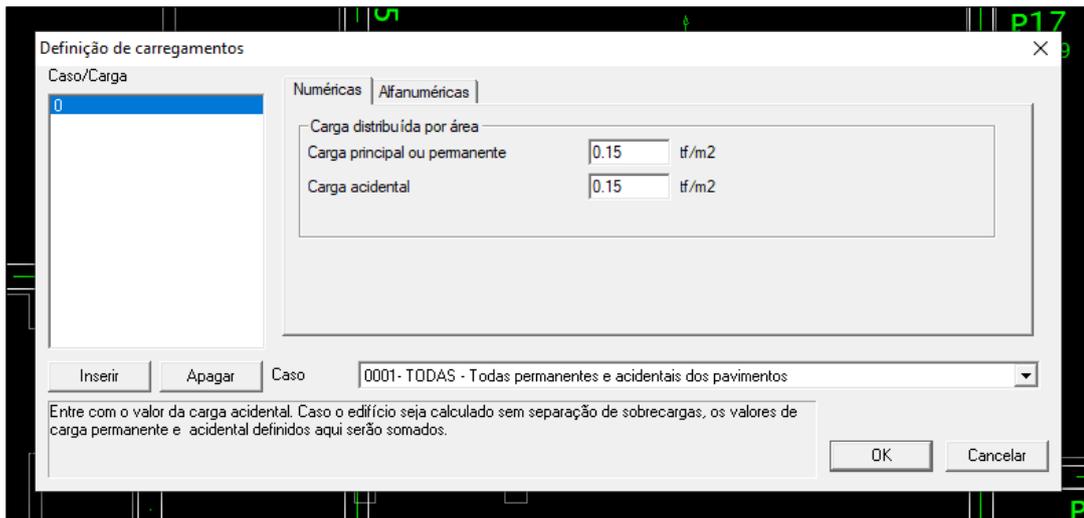


Figura 22- Adicionando carregamentos em lajes. (Fonte: Autor, 2021)

Nota-se que o peso próprio não está incluído nessa composição. No entanto, o *software* faz a consideração dele automática.

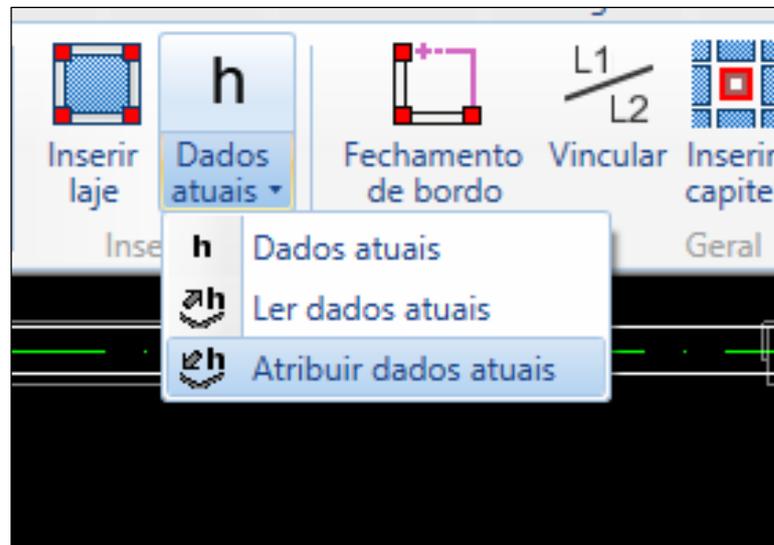


Figura 23- Atribuição de dados. (Fonte: Autor, 2021)

Com essa ferramenta, atribui-se a cada laje as cargas consideradas anteriormente.

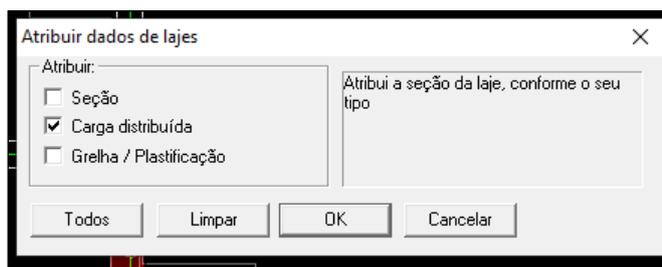


Figura 24 Figura 27 - Atribuir dados de lajes. (Fonte: Autor, 2021)

Como se quer apenas atribuir carga as lajes, mantém-se somente essa alternativa selecionada. Após a inserção da carga na laje, não se verifica graficamente nenhum tipo de alteração no modelo estrutural. Para que as alterações sejam visualmente possíveis, utiliza-se a ferramenta “Parâmetros de visualização” e, na aba “Cargas” marca-se a opção “Ligar todas”, tornando assim visível todas as cargas adicionadas a elementos estruturais.

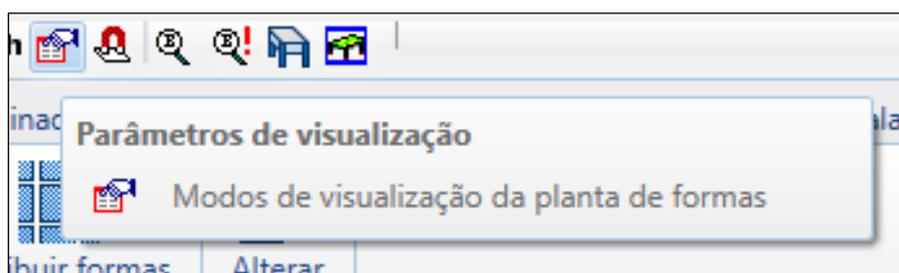


Figura 25- Parâmetros de visualização. (Fonte: Autor, 2021)

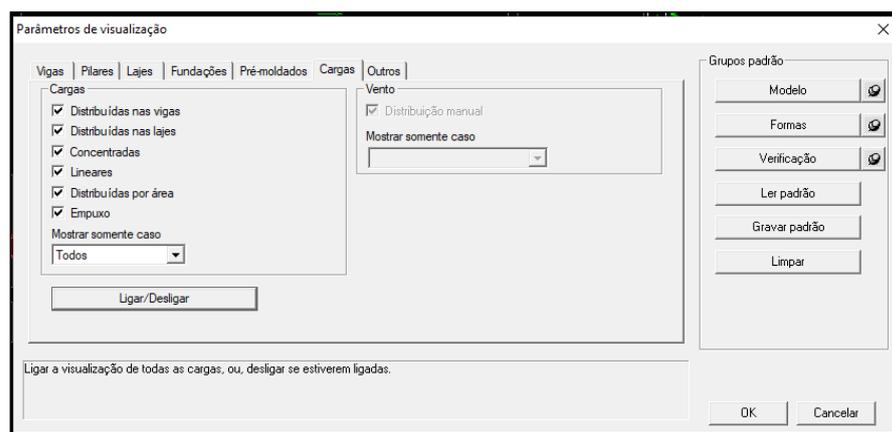


Figura 26 Filtro para os parâmetros. (Fonte: Autor, 2021)

Neste passo, é possível se notar um preenchimento de verde da laje carregada, indicando que foi corretamente carregada. Também apresenta em legenda, a carga nela presente, como mostra a Figura 29.

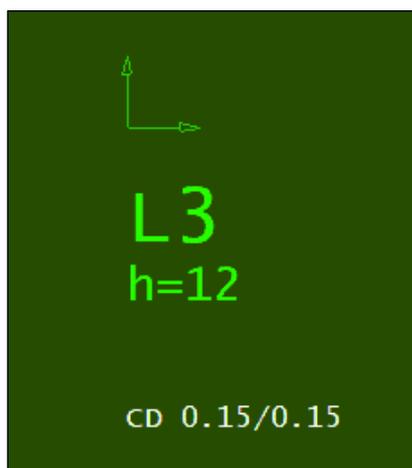


Figura 27- Representação gráfica de laje carregada. (Fonte: Autor, 2021)

Depois de se lançar as cargas de laje, pode-se trabalhar nos recortes das mesmas, utilizando-se a ferramenta “Recorte de laje” ou “Inserir shaft”.

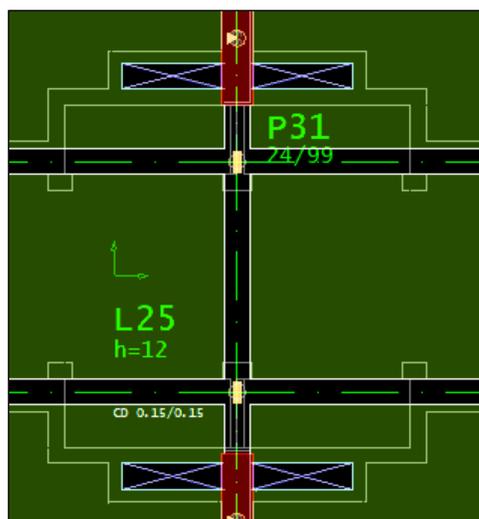


Figura 28- Inserção de shaft. (Fonte: Autor, 2021)

5.2 CARGAS DE PAREDE

5.2.1 Carga sobre laje

Como calculado no capítulo 5.1, se utiliza para cargas de parede sobre laje o valor de 0,432 tf/m. Fazendo-se sua aplicação no *TQS* através da aba “Cargas distribuídas linearmente”, preenchendo-se em “Carga permanente” o valor de 0,432 tf/m e clicando-se no modelador estrutural.

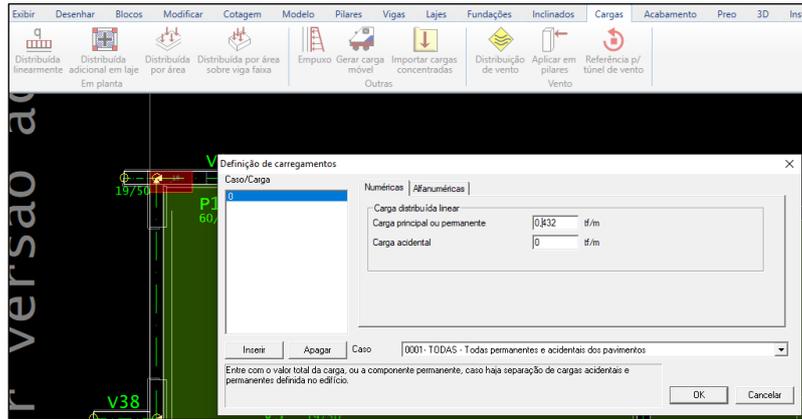


Figura 29- Configuração de carga para paredes. (Fonte: Autor, 2021)

Pode-se notar a indicação de carga distribuída linearmente CL 0,432, já que nos parâmetros de visualização foi ativado as cargas distribuídas.

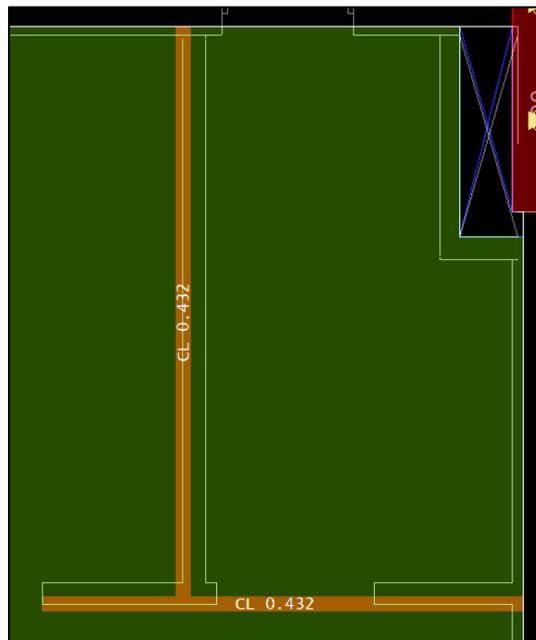


Figura 30- Representação de cargas distribuídas linearmente. (Fonte: Autor, 2021)

5.3 CARGA SOBRE VIGA EXTERNA

O processo de inserção de cargas sobre viga externar se mantém idêntico ao realizado anteriormente para cargas sobre laje. No entanto, utiliza-se as vigas como referência de lançamento, editando-se o P/q na aba “Vigas” e adicionando-se as cargas. A carga ficou com 0,587 tf/m.

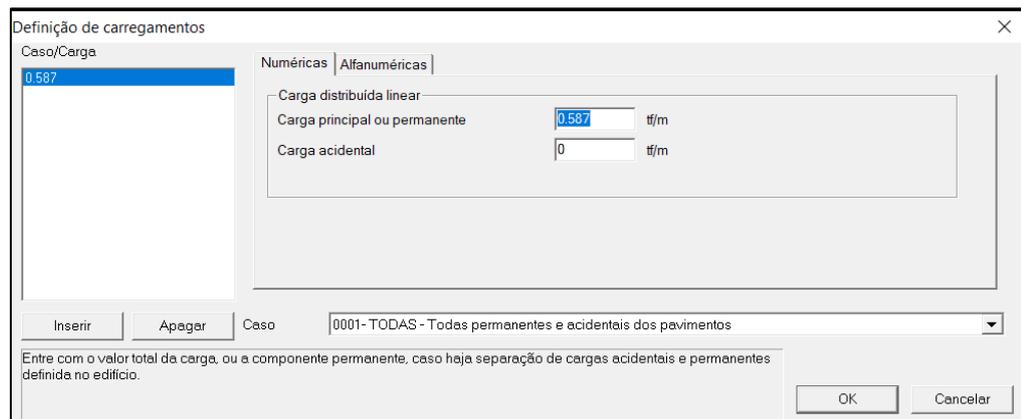


Figura 31- Adição de carga permanente. (Fonte: Autor, 2021)

As cargas na cor cinza representam cargas sobre vigas externas, com $0,587 \text{ tf/m}^2$.

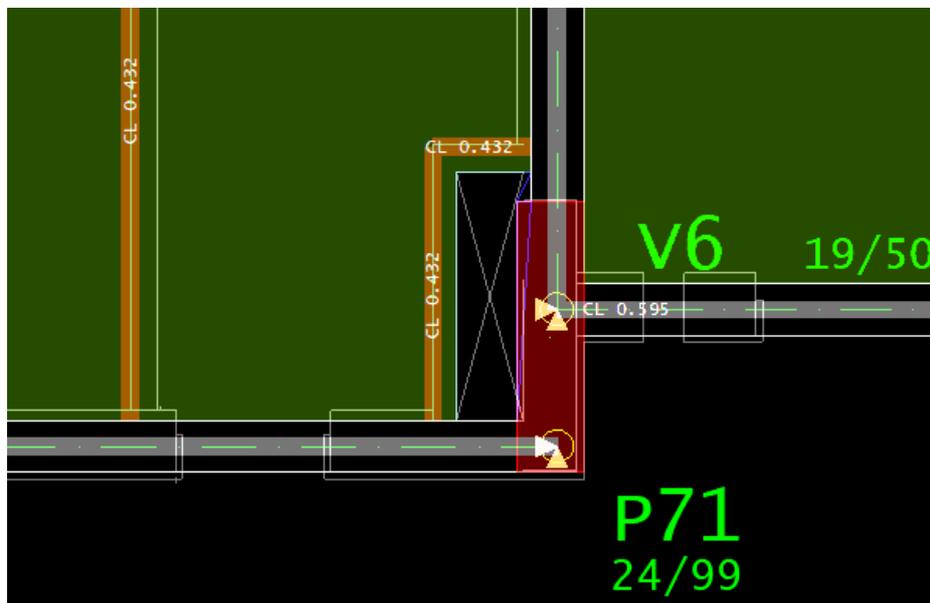


Figura 32- Faixas cinza, cargas lineares sobre vigas. (Fonte: Autor, 2021)

5.4 ESCADAS

Para a edição das escadas precisa-se retornar à edição do edifício, como se fez no início do projeto. Na aba “Pavimentos”, marca-se a opção “Elementos inclinados/pisos auxiliares”.

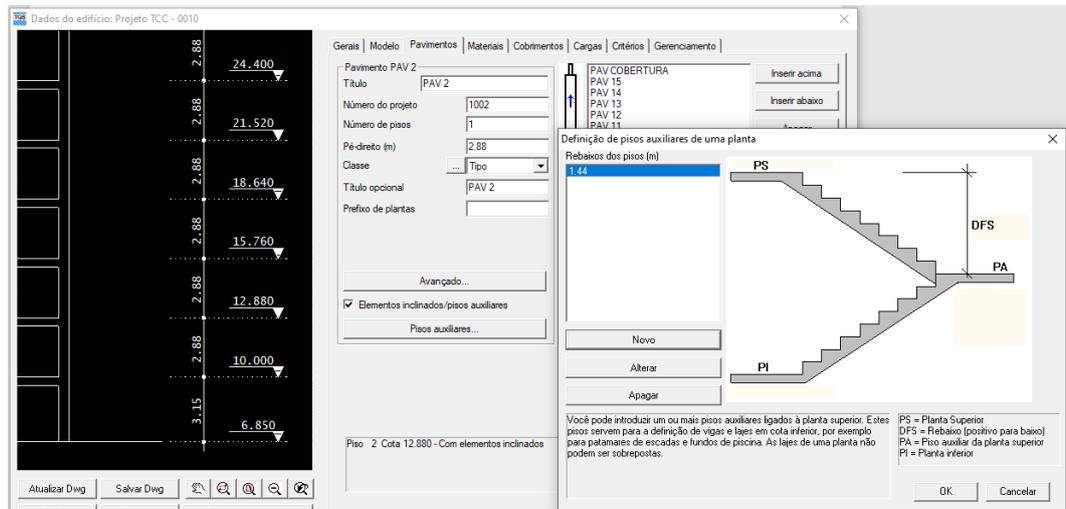


Figura 33- Criando piso auxiliar para escada. (Fonte: Autor, 2021)

Marca-se a opção “elementos inclinados/pisos auxiliares” na opção “pisos auxiliares”, já que se quer criar um piso intermediário aos existentes. Então, em “Novo”, precisa-se editar a altura do piso auxiliar em relação ao piso anterior, sendo essa altura a metade do pé-direito (2,88 m), ou seja, 1,44 m.

Assim cria-se um piso/nível auxiliar na altura de 1,44 m. Para criar um piso auxiliar, precisa antes criar uma viga intermediária, para apoio do patamar da escada/piso auxiliar. Na Figura 36, apresenta-se a viga intermediária VE 19/50, engastada nos pilares.

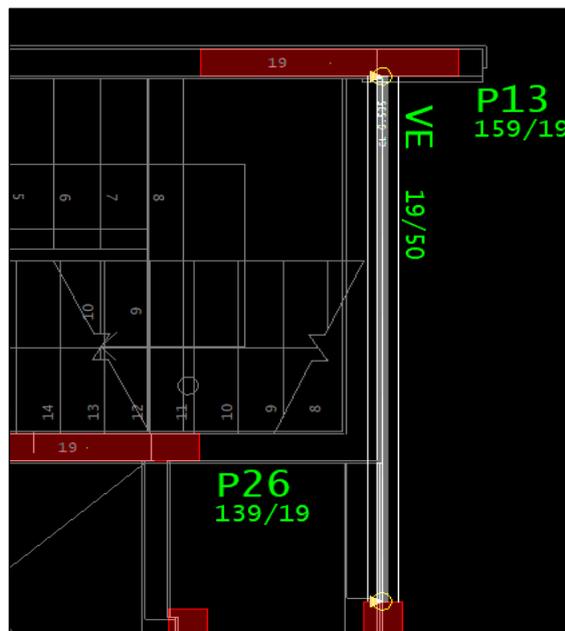


Figura 34- VE 19/50 viga intermediária para apoio. (Fonte: Autor, 2021)

5.4.1 Inserção do piso auxiliar/patamar da escada

Com a viga VE inserida, utiliza-se ela como apoio para o patamar da escada. Na aba “Lajes”, utiliza-se a ferramenta “fechamento de bordo” para se limitar as bordas do patamar, tornando possível, logo a inserção de um patamar nessa limitação de área.

Na Figura 37, apresenta-se o piso auxiliar já limitado, com a simbologia “X” tratada no capítulo 4.2.8.



Figura 35- Fechamento de bordo para piso auxiliar. (Fonte: Autor, 2021)

Para a criação do patamar, na região já pronta, indicada pelo “X” azul, pode-se utilizar a ferramenta “Dados de patamar”, na aba “Inclinados”.

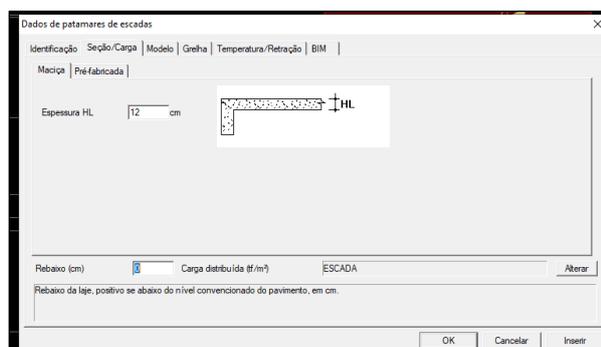


Figura 36- Dados de patamar. (Fonte: Autor, 2021)

Com a ferramenta de dados aberta, pode-se escolher por se enumerar ou não as lajes de patamar (no caso deste projeto, preferiu não as enumerar). Opta-se por sua espessura e também as cargas a receber. Pode-se também, se necessário no projeto, criar-se um rebaixo de laje.

É importante sempre lembrar que o TQS cria lajes no sentido de “descida”, ou seja, sempre do nível de maior cota para o de menor cota, para ambos os lances.

Com o patamar já criado, inicia-se a criação dos lances, que é representado pela legenda “E” e um número representando a posição da laje/escada em cada pavimento. O fechamento de bordo do lance da escada, limita o início, laterais e final do lance. Logo utiliza-se a ferramenta “Inserir lance”, criando-se uma laje na área antes limitada. Com o lance de escada inserido, pode-se a partir desse ponto, configurarem-se degraus (piso e espelho e cargas).

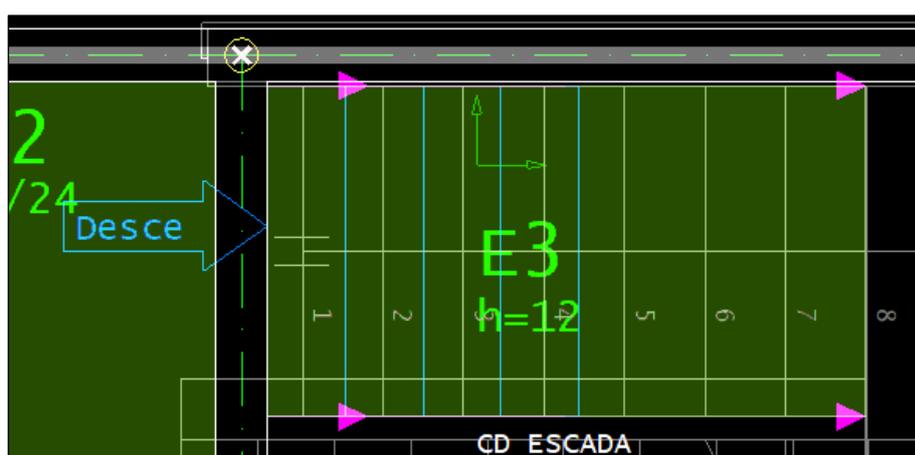


Figura 37- Laje de escada criada E3. (Fonte: Autor, 2021)

5.5 AJUSTE DE PILARES

Para os pilares que não foram utilizados nos apoios à reservatórios de água, precisou-se eliminá-los terminando-os no pavimento cobertura.

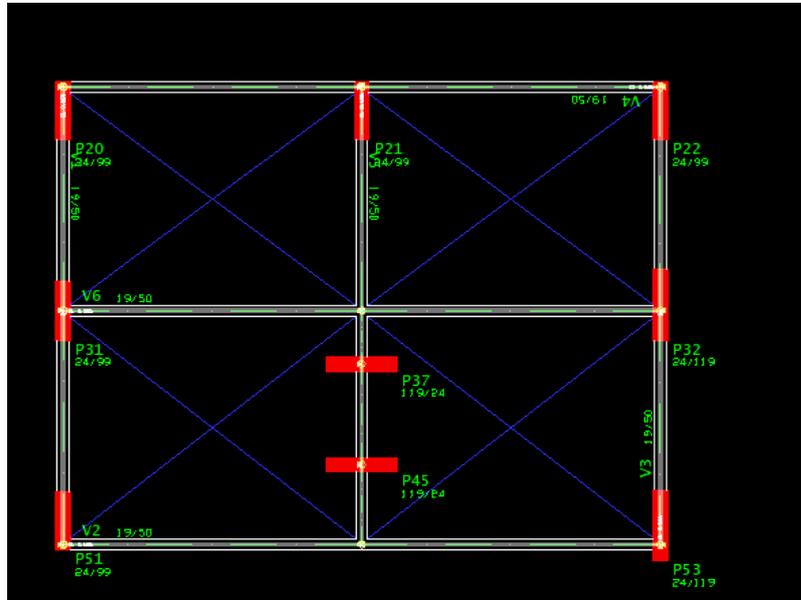


Figura 38- Pilares do reservatório. (Fonte: Autor, 2021)

Neste projeto, os únicos pilares que ainda foram prolongados por mais 1,5 m para apoio dos reservatórios de água, foram: P20, P21, P22, P31, P32, P37, P45, P51 e P53. Para fazer essa alteração, usou-se de um clique duplo no pilar desejado eliminar, evitando que suba para o reservatório, abrindo-se uma janela de dados dos pilares, acessando a aba “Plantas/seções”. Marcou-se a opção “Morre”, foi-se em “Editar” e por fim, definem-se o ultimo nível que o pilar estaria.

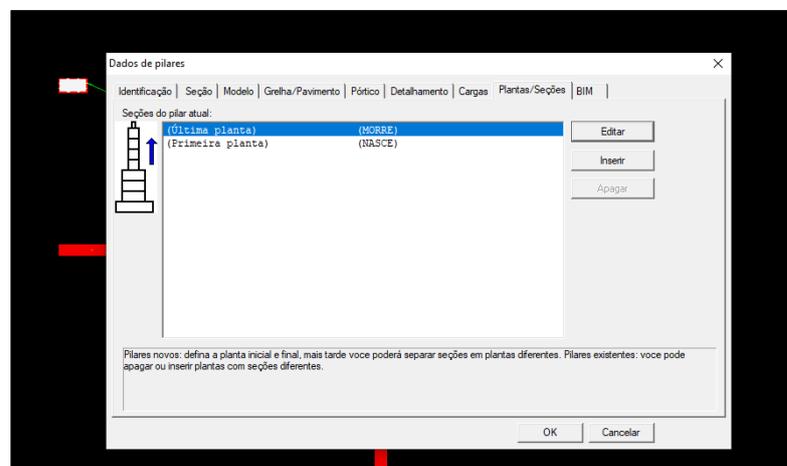


Figura 39- Definindo a ação para os pilares. (Fonte: Autor, 2021)

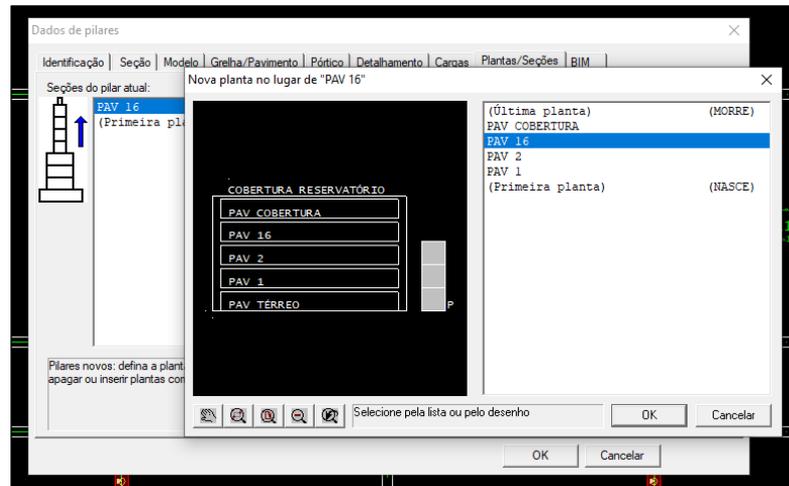


Figura 40- Definindo o nível para a ação. (Fonte: Autor, 2021)

Assim, limita-se a altura do pilar, escolhendo-se o pavimento que se deseja que ele “morra”. Pode-se observar esse detalhe abaixo.

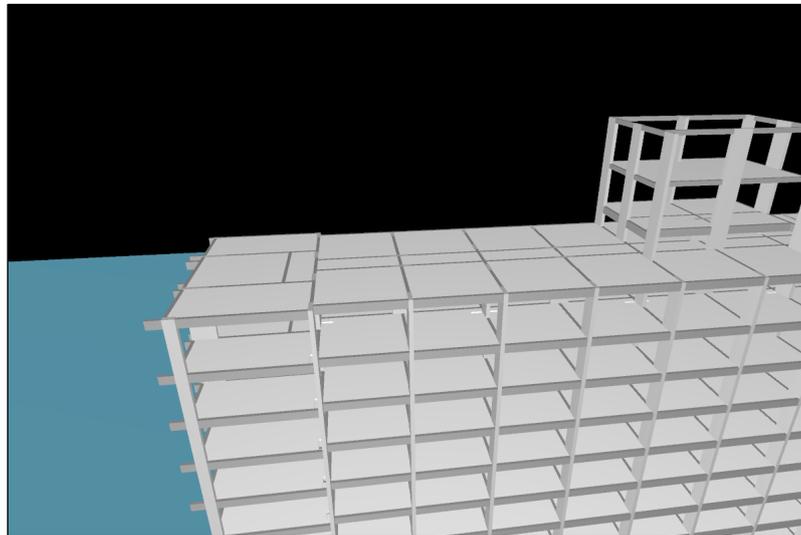


Figura 41- Pilares limitados até o pavimento cobertura. (Fonte: Autor, 2021)

Os pilares foram somente até o pavimento desejado. No entanto, os pilares que possui o reservatório sobre eles, manteve-se igual.

5.6 PISCINA

Para a piscina na cobertura foi considerada uma carga permanente de $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$), considerando-se que a piscina teria $1,5 \text{ m}$ de altura de água, e uma carga acidental de $0,3 \text{ tf/m}^2$ (3 kN/m^2). Também foi considerado para as bordas da piscina uma carga linear permanente de $0,15 \text{ tf/m}$ ($1,5 \text{ kN/m}$) e acidental de $0,3 \text{ tf/m}^2$ (3 kN/m^2).

5.7 RESERVATÓRIO

Para os reservatórios, que constavam no projeto arquitetônico igual a 31 mil litros de água cada, então foi considerado como carga permanente $4,38 \text{ tf/m}^2$ ($43,8 \text{ kN/m}^2$) + $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$), chegando-se a $4,53 \text{ tf/m}^2$ ($45,3 \text{ kN/m}^2$) e carga acidental de $0,15 \text{ tf/m}^2$ ($1,5 \text{ kN/m}^2$).

5.8 CARGA DE VENTO

Carga de vento não é um problema para construções baixas, no entanto tem-se $36,84 \text{ m}$ de altura. As considerações para determinação das forças devidas ao vento são regidas e calculadas de acordo com a NBR 6123/1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

Na aba “Edição do prédio”, menu “Vento”, executa-se o 1º passo, que é configurar a velocidade básica, utilizando a localização de Porto Alegre.

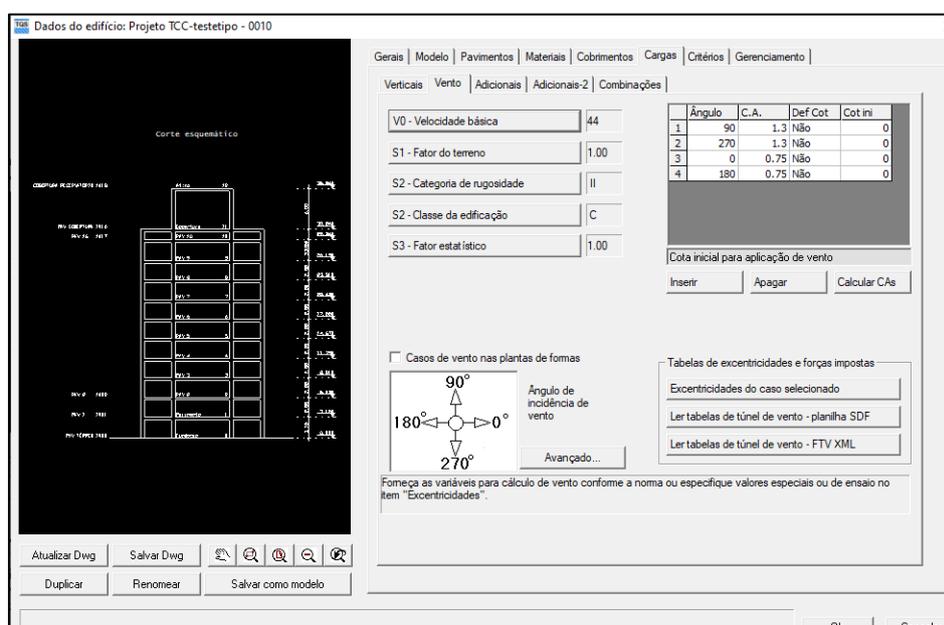


Figura 42- Dados do edifício - Vento. (Fonte: Autor, 2021)



Figura 43- Localização da edificação no ábaco. (Fonte: Autor, 2021)

Velocidade básica do vento ficou em 44 m/s.

5.8.1 S1 – Fator de terreno

Para o fator de terreno, considera-se $S1=1$, considerando-se terreno plano.

5.8.2 S2 – Rugosidade

Fator de rugosidade indica os obstáculos que minimizam os efeitos da carga de vento. Fatores de rugosidade altos tendem a reduzir a força de vento na edificação.

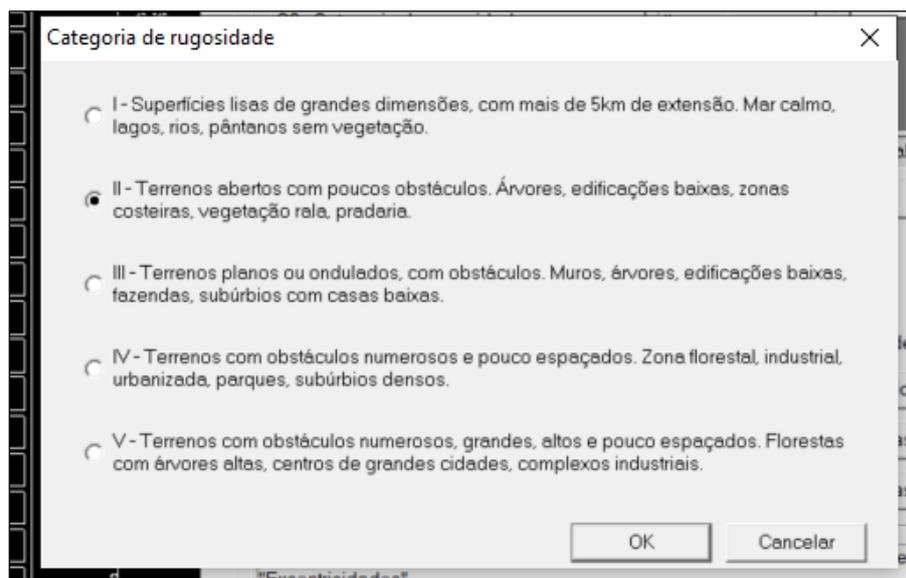


Figura 44- S2 - Fator de rugosidade. (Fonte: Autor, 2021)

Para essa localização de projeto, caracteriza-se a classe II, terrenos planos, com poucos obstáculos.

Na classe da edificação, é as dimensões que definem, sendo assim, como a edificação tem largura 12,24 m, comprimento 66,15 m e altura 36,84 m, fica definida como de classe C – Maior dimensão horizontal ou vertical > 50 m.

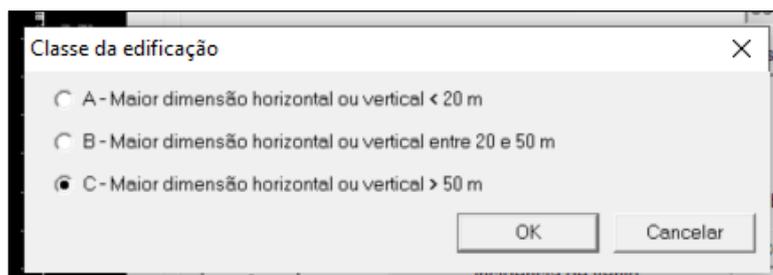


Figura 45- Classe da edificação. (Fonte: Autor, 2021)

5.8.3 S3 – Fator estatístico

Esse fator deriva de acordo com o modo de utilização do edifício, sua maior segurança ou não.

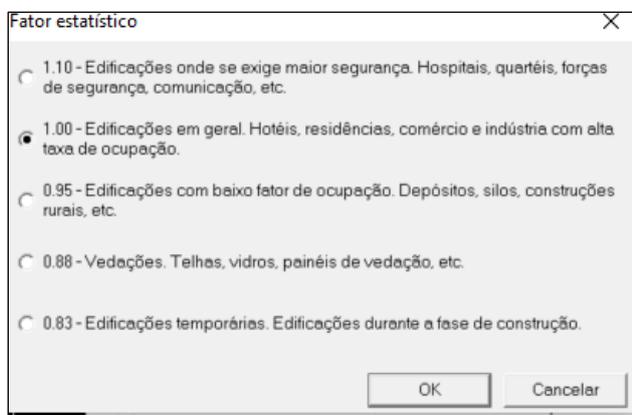


Figura 46- S3 faot estatístico. (Fonte: Autor, 2021)

Para iniciar o processamento, basta clicar no ícone de processamento global, ativando-se a janela da Figura 54, onde se mantem as opções padrão do *software* para o processamento



Figura 50- Botão para iniciar processamento global. (Fonte: Autor, 2021)

6.1 ESTABILIDADE GLOBAL

Os resultados de avaliação e classificação da estrutura indicam bons parâmetros, resultando abaixo do valor limite de referencia (1,1), isso para GamaZ.

Estabilidade Global	
Parâmetros de instabilidade	
Parâmetro	Valor máximo
GamaZ	1.07
FAVt	1.08
Alfa	0.77
<p>- Nessa tabela, são apresentados somente os valores máximos dos coeficientes. Para uma avaliação mais detalhada, consulte o relatório de parâmetros de estabilidade global.</p> <p>- GamaZ é o parâmetro de estabilidade que NÃO considera os deslocamentos horizontais provocados pelas cargas verticais (calculado p/ casos de vento).</p> <p>- FAVt é o fator de amplificação de esforços horizontais que pode considerar os deslocamentos horizontais gerados pelas cargas verticais (calculado p/ combinações ELU com a mesma formulação do GamaZ).</p>	
Avaliação e classificação da estrutura	
Parâmetro adotado na análise do edifício	1.08 (OK)
Valor limite de referência	1.20
Tipo da estrutura	Nós fixos

Figura 51- Estabilidade global. (Fonte: Autor, 2021)

Não houve necessidade de fazer-se enrijecimento de seções para pilares.

7 ANÁLISE DE RESULTADOS

7.1 GRELHA

Após o processamento global do edifício, foram analisados os resultados obtidos na grelha do pavimento-tipo. Para a análise dos resultados, o *TQS* permite a análise por meio de 38 casos de carregamentos.

O *TQS* permite a visualização de esforços em diagramas de momento fletor e de esforços cortantes. Na Figura 56 é representado os resultados obtidos dos esforços de momento fletor para o caso 1 (todas permanentes e acidentais dos pavimentos) do pavimento-tipo, bem como na Figura 57 é mostrado, de maneira mais detalhada os momentos fletores.

O *TQS* permite análise dos esforços tanto para o Estado Limite Último (ELU) quanto para o Estado Limite de Serviço (ELS). Todos elementos usualmente são dimensionados no estado limite último ELU e depois verificados em cada um dos ELS.

O ELU se caracteriza pelo esgotamento da capacidade resistente última, ou seja, uma situação inesperada que a estrutura nunca deve atingir. Já o ELS retrata o dia-a-dia da estrutura, considerando seu comportamento perante sua utilização, considerando problemas estruturais mais suscetíveis, como fissuras, flechas e vibrações.

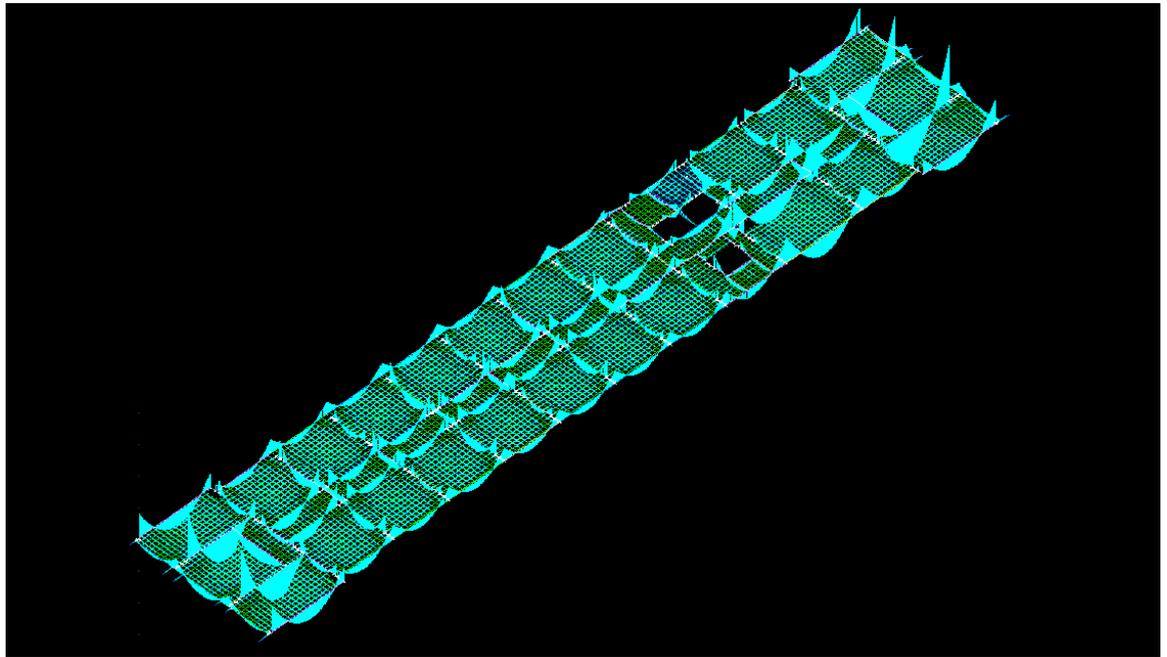


Figura 52- Diagrama de momento fletor pavimento-tipo. (Fonte: Autor, 2021)

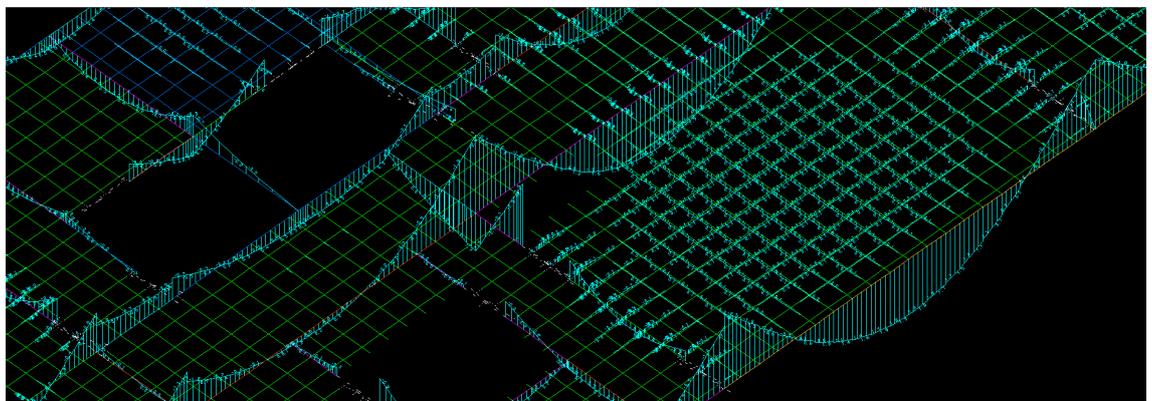


Figura 53- Diagrama de momento fletor mais detalhado. (Fonte: Autor, 2021)

Utiliza-se a combinação do caso 1 – todas permanentes e acidentais dos pavimentos para a análise das flechas, utilizou-se a verificação no ELS, como mostra a Figura 58.

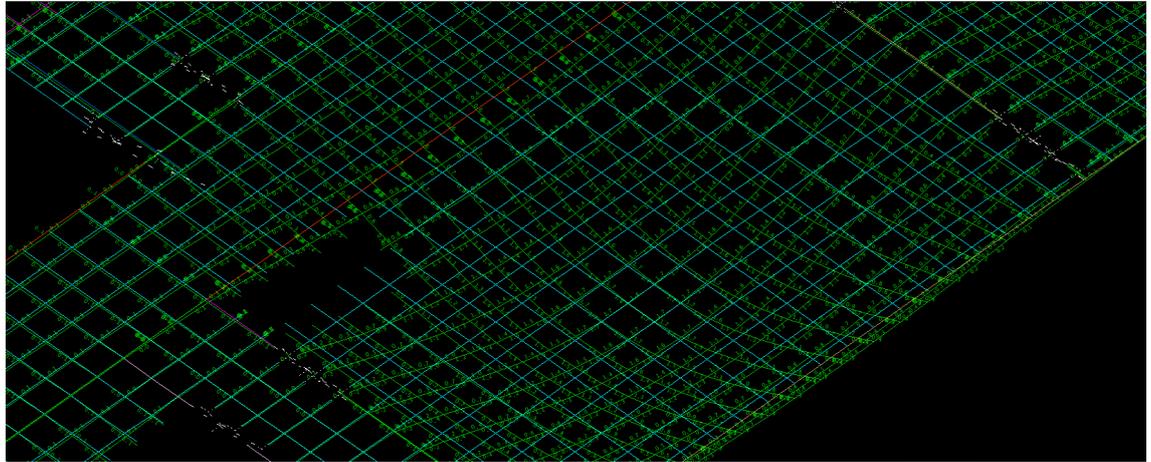


Figura 54- ELS analise de flechas. (Fonte: Autor, 2021)

8 DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Ao se realizar os resultados obtidos na etapa anterior, o próximo passo do desenvolvimento do projeto estrutural foi o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais. Nos itens a seguir, é mostrada essa etapa para cada elemento estrutural.

8.1 VIGA

Ao se realizar o dimensionamento, detalhamento das vigas no *TQS*, faz -se a análise do relatório das vigas, onde é mostrada a taxa de armadura longitudinal (ρ_s), taxa de armadura transversal (ρ_{sw}) e taxa de aço da viga. O relatório das vigas é mostrado na Figura 59, a seguir.

Deve ser observado que foi analisado as vigas de todos os pavimentos da edificação.

Relatório de vigas do pavimento-reservatório

Viga	L (m)	Vãos	Seção (cm)	H/L	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kg/m ³)
V1	2,7 a 2,9	2	19 x 50	0,17 a 0,19	0,51 a 1,27 <input type="checkbox"/>	0,30 a 0,30 <input type="checkbox"/>	071 <input type="checkbox"/>
V2	4,6 a 4,6	2	19 x 50	0,11 a 0,11	0,23 a 0,58 <input type="checkbox"/>	0,30 a 0,30 <input type="checkbox"/>	058 <input type="checkbox"/>
V3	2,5 a 2,8	2	19 x 50	0,18 a 0,20	0,72 a 1,14 <input type="checkbox"/>	0,30 a 0,30 <input type="checkbox"/>	073 <input type="checkbox"/>
V4	5,0 a 5,0	2	19 x 50	0,10 a 0,10	0,85 a 2,17 <input type="checkbox"/>	0,30 a 0,47 <input type="checkbox"/>	145 <input type="checkbox"/>

Figura 55- Relatório de vigas pavimento-cobertura-reservatório. (Fonte: Autor, 2021)

Ao analisar de modo geral todas as vigas, é feito o detalhamento de cada viga do pavimento através da opção “Edição rápida de armadura”. Nessa etapa, é analisado como as barras estão dispostas nas vigas e se é possível melhorar o detalhamento pensando-se no comportamento.

Pode-se verificar os valores de taxa de armadura longitudinal, transversal e taxa de aço. Pode-se também detalhar mais as informações, escolhendo uma das vigas e um vão para observar. Neste trabalho utiliza-se a V1 e o vão 1.

Flexão												
Vão	L (m)	Seção (cm)	H/L	ρ_s (%)	$A_{s,max}$ (M+)			$A_{s,max}$ (M-)			Flecha (L/ Δ)	
					n	\emptyset (mm)	$A_{s'}$	n	\emptyset (mm)	$A_{s'}$		
1	2,7	19 x 50	0,19	0,75 a 1,27 <input type="checkbox"/>	3	10,0	-	4	12,5	-	629 <input type="checkbox"/>	
2	2,9	19 x 50	0,17	0,51 a 0,89 <input type="checkbox"/>	3	10,0	-	3	12,5	-	680 <input type="checkbox"/>	

Figura 56- Relatório de flexão V1. (Fonte: Autor, 2021)

Cisalhamento									
Vão	Faixa	L (m)	ρ_{sw} (%)	Armadura			V_{sd}/V_{Rd2}	$A_{sw,susp}$ (cm ² /m)	
				\emptyset_e (mm)	c/ (cm)	Ramos			
1	1	2,39	0,30 <input type="checkbox"/>	5,0	12,0	2	0,22 <input type="checkbox"/>	-	
2	1	2,56	0,30 <input type="checkbox"/>	5,0	12,0	2	0,14 <input type="checkbox"/>	1,0	

Figura 57- Relatório de cisalhamento para V1. (Fonte: Autor, 2021)

8.2 VIGAS / VIGA V1 / VÃO 1 (FLEXÃO)

8.2.1 Geometria

$$L = 2,69 \text{ m}$$

$$b_w = 19,0 \text{ cm}$$

$$h = 50,0 \text{ cm}$$

$$b_{cs} = 39,1 \text{ cm}$$

$$h_{fs} = 20,0 \text{ cm}$$

Materiais

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

Cobrimentos

$$c = 2,50 \text{ cm}$$

8.2.2 Envoltória de momento fletor (valores característicos) (tfm)

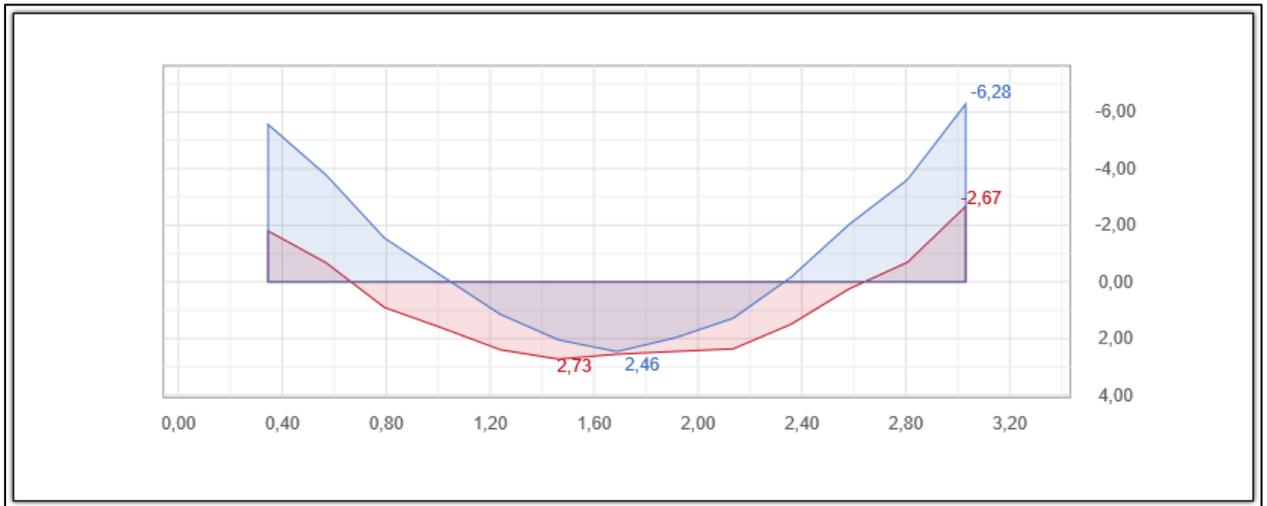


Figura 58- Envoltória de momento fletor. (Fonte: Autor, 2021)

8.2.3 Dimensionamento à esquerda do vão

$$M_{sk-} = 5,57 \text{ tfm}$$

$$M_{1k,min-} = 3,52 \text{ tfm}$$

$$A_s = 4,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s'} = 0,00 \text{ cm}^2$$

$$x/d = 0,10$$

$$x/d \text{ (max)} = 0,45$$

$$\text{Armadura} = 2 \text{ } \varnothing 16,0 \text{ mm}$$

$$A_{sapo} \text{ (Armadura que chega no extremo)} = 2,61 \text{ cm}^2$$

8.2.4 Flechas

$$\Delta_{lim} = 1,07 \text{ cm (L/250)}$$

$$\Delta = 0,43 \text{ cm (L/\Delta = 629) - Flecha obtida da grelha linear}$$

8.3 PILARES

Nessa etapa faz-se o dimensionamento e detalhamento dos pilares.

Pilar	Lances	Seção (cm)	Parede	σ (kgf/cm ²)	ν	λ	ρ	Taxa de aço (kg/m ³)
P1	1 a 10	30.x 60.	-	8 a 70	0,03 a 0,24	17 a 36	0,41 a 0,41	060
P2	1 a 10	24.x 79.	-	16 a 76	0,06 a 0,27	13 a 45	0,65 a 0,65	090
P3	1 a 10	24.x 119.	-	3 a 32	0,01 a 0,11	8 a 45	0,43 a 0,43	065
P4	1 a 10	19.x 159.	Sim	10 a 66	0,03 a 0,23	6 a 57	0,42 a 0,42	062
P5	1 a 10	19.x 100.	Sim	19 a 90	0,07 a 0,31	10 a 57	0,41 a 0,41	061
P6	1 a 10	24.x 99.	-	8 a 84	0,03 a 0,29	10 a 45	0,40 a 0,62	065
P7	1 a 10	24.x 119.	-	16 a 78	0,05 a 0,27	8 a 45	0,43 a 0,43	065
P8	1 a 10	24.x 99.	-	10 a 94	0,03 a 0,33	10 a 45	0,40 a 0,62	065
P9	1 a 10	24.x 99.	-	8 a 77	0,03 a 0,27	10 a 45	0,40 a 0,62	065
P10	1 a 10	24.x 99.	-	9 a 91	0,03 a 0,32	10 a 45	0,40 a 0,62	065

Ao se analisar-se de modo geral todos os pilares, é feito o detalhamento de cada pilar do edifício através da opção “Edição rápida de armadura”.

Pode-se verificar os valores de força normal, momento fletor solicitante em relação ao eixo x, índice de esbeltez. Pode-se também detalhar mais as informações, escolhendo um dos pilares e um lance para observar. Neste trabalho utiliza-se a P25 e o lance 1.

8.4 SEÇÃO DO MEIO

8.4.1 Esforços iniciais – eixo X

$$N_{Sd} = 280,0 \text{ tf}$$

$$M_{1d,A} = 2,44 \text{ tfm}$$

$$M_{1d,B} = -1,08 \text{ tfm}$$

$$\alpha_b = 1,00$$

$$\lambda_1 = 35$$

8.4.2 Efeitos de 2ª ordem

$$l_e = 2,90 \text{ m}$$

$$\lambda = 41,86$$

$$\kappa_{\text{aprox}} = 14,077$$

$$M_{d,tot} = 3,79 \text{ tfm}$$

8.4.3 Esforços iniciais – eixo Y

$$N_{Sd} = 280,0 \text{ tf}$$

$$M_{1d,A} = 0,64 \text{ tfm}$$

$$M_{1d,B} = 0,41 \text{ tfm}$$

$$\alpha_b = 1,00$$

$$\lambda_1 = 35$$

8.4.4 Efeitos de 2ª ordem

$$l_e = 3,05 \text{ m}$$

$$\lambda = 8,88$$

$$M_{d,tot} = 0,64 \text{ tfm}$$

8.4.5 Momentos fletores (1ª + 2ª) ordem (global e local) (tfm)

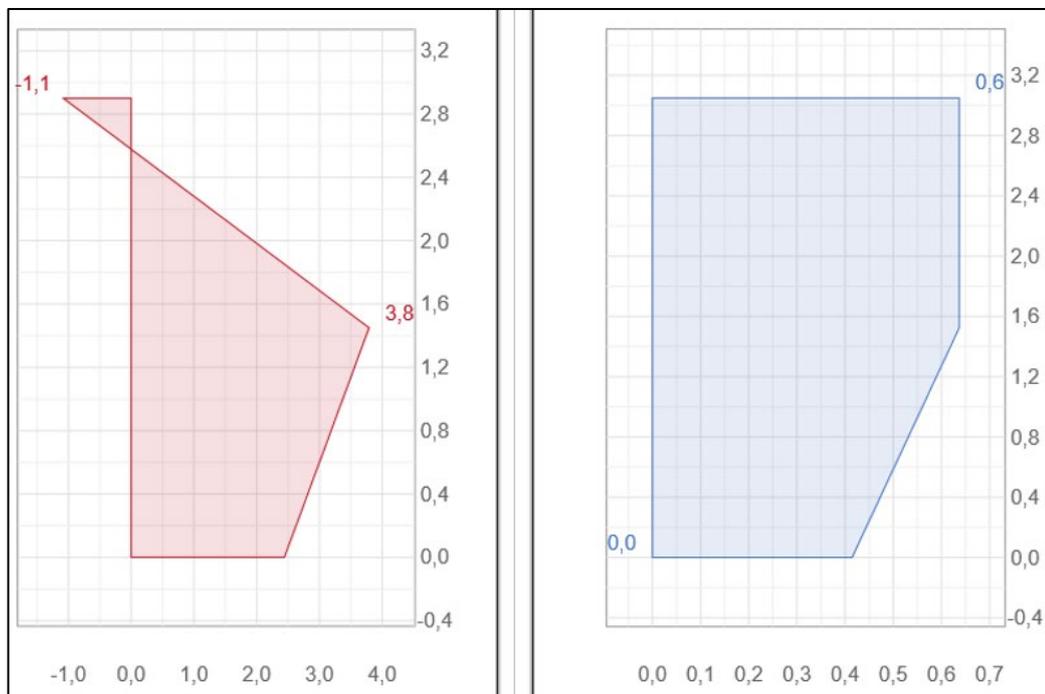


Figura 59- Momentos fletores 1ª e 2ª ordem. (Fonte: Autor, 2021)

8.5 LAJES

O processo de geração de lajes se assemelha se a geração de pilares e vigas. Neste processo temos a geração de dois tipos de armadura para as lajes – armadura positiva e armadura negativa.

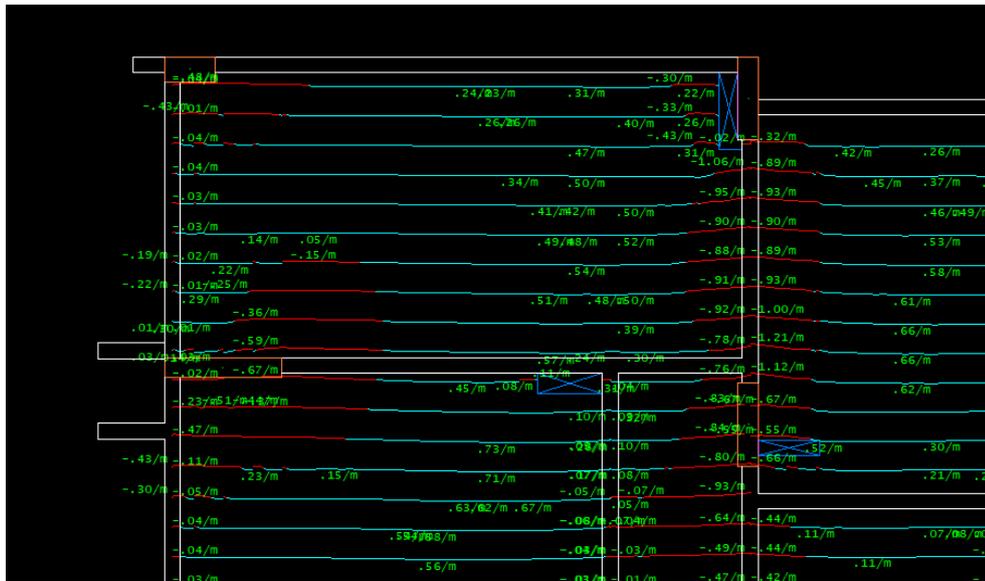


Figura 60- Diagrama de momento fletor no eixo x. (Fonte: Autor, 2021)

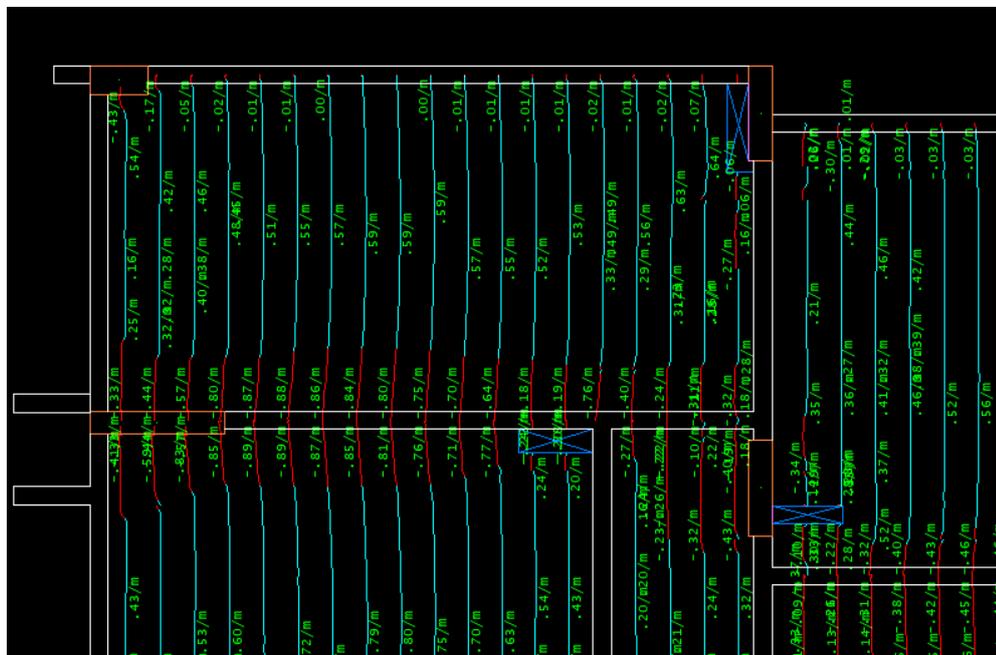


Figura 61- Diagrama de momento fletor no eixo y. (Fonte: Autor, 2021)

9 ANÁLISE COMPARATIVA DE VOLUMES

Neste capítulo faz-se uma análise comparativa dos elementos estruturais do edifício executado (17 pavimentos) e edifício estudado neste trabalho (12 pavimentos). Levou-se em consideração os seguintes elementos estruturais: vigas, lajes e pilares.

9.1 DADOS PARA ANÁLISE

Os dados utilizados neste estudo analítico foram extraídos do relatório de materiais do *software* TQS para o projeto estudado. No entanto para o projeto executado, foi-se utilizado os dados disponíveis em plantas *.pdf*, mais especificamente as pranchas resumo dos elementos estruturais, processo feito todo de forma manual.

Segue abaixo planilha com os resultados encontrados, para o projeto executado e projeto estudado, Tabela 4, Tabela 5, respectivamente.

PROJETO EXECUTADO						
Pavimentos	Concreto (m ³)	Aço (kg)			Total Aço (kg)	Taxa de aço (kg/m ³)
		Laje	Viga	Pilar		
Reservatório	48,3	2181	1387	1132	4700	97,30848861
15º	179,8	5831	5161	2512	13504	75,10567297
Tipo-14º	159,0	5184	5756	2353	13293	83,60377358
Tipo-13º	159,0	5184	5756	2310	13250	83,33333333
Tipo-12º	159,0	5184	5756	2042	12982	81,64779874
Tipo-11º	159,0	5184	5756	1970	12910	81,19496855
Tipo-10º	159,0	5184	5756	1981	12921	81,26415094
Tipo-9º	159,0	5184	5756	2030	12970	81,57232704
Tipo-8º	159,0	5184	5756	1869	12809	80,55974843
Tipo-7º	159,0	5184	5756	2088	13028	81,93710692
Tipo-6º	159,0	5184	5756	2180	13120	82,51572327
Tipo-5º	159,0	5184	5756	2273	13213	83,10062893
Tipo-4º	159,0	5184	5756	2691	13631	85,72955975
Tipo-3º	159,0	5184	5756	4195	15135	95,18867925
Tipo-2º	159,0	5184	5756	6685	17625	110,8490566
Pav. 1	159,0	6161	5835	12536	24532	154,2893082
Térreo	22,0	0	2085	0	2085	94,77272727

Tabela 4- Memorial quantitativo projeto executado. (Fonte: Vantec)

PROJETO ESTUDADO						
Pavimentos	Concreto (m ³)	Aço (kg)			Total Aço (kg)	Taxa de aço (kg/m ³)
		Laje	Viga	Pilar		
Reservatório	39,6	2139	898	715	3752	94,74747475
Pav. 10º	168,6	6284	2141	2697	11122	65,96678529
Tipo-9º	159,1	5637	2553	2653	10843	68,15210559
Tipo-8º	159,1	5637	2553	2653	10843	68,15210559
Tipo-6º	159,1	5637	2553	2653	10843	68,15210559
Tipo-5º	159,1	5637	2553	2653	10843	68,15210559
Tipo-4º	159,1	5637	2553	2653	10843	68,15210559
Tipo-3º	159,1	5637	2553	2657	10847	68,17724701
Tipo-2º	159,1	5637	2553	2658	10848	68,18353237
Tipo-1º	160,1	5637	2553	3130	11320	70,70580887
Pav. 1º	163,1	5556	2553	4587	12696	77,84181484
Térreo	18,7	0	1920	0	1920	102,6737968

Tabela 5-Memorial quantitativo projeto estudado. (Fonte: Autor, 2021)

9.1.1 Pavimento-tipo

Resultado obtidos no processo de análise comparativa para o pavimento tipo, considerando uma média dos valores em relação ao número de pavimentos que cada projeto possui. Segue abaixo nas Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8.

TOTAL DE MATERIAL - PAVIMENTO-TIPO								
PROJETO EXECUTADO - 13 pavimentos				PROJETO ESTUDADO - 8 pavimentos				
		Aço (kg)					Aço (kg)	
Concreto (m ³)	Laje	Viga	Pilar	Concreto (m ³)	Laje	Viga	Pilar	
2.067,0	67392	74828	34667	1273,8	45096	20424	21710	

Tabela 6-Resultado de soma para os pavimentos. (Fonte: Autor, 2021)

MÉDIA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS PARA PAVIMENTO-TIPO								
PROJETO EXECUTADO - 13 pavimentos				PROJETO ESTUDADO - 8 pavimentos				
		Aço (kg)					Aço (kg)	
Concreto (m ³)	Laje	Viga	Pilar	Concreto (m ³)	Laje	Viga	Pilar	
159,0		5.184,0	5.756,0	2.666,7	159,225	5637	2553	2713,75

Tabela 7- - Resultados de média aritmética para pavimento-tipo. (Fonte: Autor, 2021)

Valores obtidos para lajes, vigas e pilares através da razão do pavimento estudado, utilizando os valores de projeto executado e projeto estudado.

	(P. executado/P. estudado)
Lajes	0,9
Vigas	2,3
Pilares	0,98

Tabela 8- Razão dos projetos trabalhados. (Fonte: Autor, 2021)

9.1.2 Pavimento-cobertura

Resultado obtidos no processo de análise comparativa para o pavimento cobertura, considerando uma análise direta do pavimento do projeto executado e o mesmo pavimento no projeto estudado. Segue abaixo nas Tabela 9 e Tabela 10. O

TOTAL DE MATERIAL - PAVIMENTO-COBERTURA							
PROJETO EXECUTADO - COBERTURA				PROJETO ESTUDADO - COBERTURA			
Concreto (m ³)	Aço (kg)			Concreto (m ³)	Aço (kg)		
	Laje	Viga	Pilar		Laje	Viga	Pilar
159,0	5831	5161	2512	168,6	6284	2141	2697

Tabela 9- Resultados para pavimento cobertura. (Fonte: Autor, 2021)

Valores obtidos para lajes, vigas e pilares através da razão do pavimento cobertura, utilizando os valores de projeto executado e projeto estudado.

	(P. executado/P. estudado)
Lajes	0,9
Vigas	2,4
Pilares	0,93

Tabela 10- Razão dos projetos trabalhados. (Fonte: Autor, 2021)

9.1.3 Pavimento-reservatório

Resultado obtidos no processo de análise comparativa para o pavimento reservatório, considerando uma análise direta do pavimento do projeto executado e o mesmo pavimento no projeto estudado. Segue abaixo nas Tabela 11 e Tabela 12.

TOTAL DE MATERIAL - PAVIMENTO-RESERVATÓRIO							
PROJETO EXECUTADO - RESERVATÓRIO				PROJETO ESTUDADO - RESERVATÓRIO			
Concreto (m ³)	Aço (kg)			Concreto (m ³)	Aço (kg)		
	Laje	Viga	Pilar		Laje	Viga	Pilar
48,3	2181	1387	1132	39,6	2139	898	715

Tabela 11- Resultados para pavimento reservatório. (Fonte: Autor, 2021)

Valores obtidos para lajes, vigas e pilares através da razão do pavimento estudado, utilizando os valores de projeto executado e projeto estudado.

	(P. executado/P. estudado)
Lajes	1,0
Vigas	1,5
Pilares	1,58

Tabela 12- Razão dos projetos trabalhados. (Fonte: Autor, 2021)

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou apresentar processo de modelagem e dimensionamento no software *TQS*, utilizando um projeto uq já está em execução. No entanto afim de aprimorar o estudo considerou-se uma comparação de dados para os elementos estruturais, dos pavimentos tipo, cobertura e reservatório, mesmo sabendo que as diferenças são significantes entre os resultados já que o projeto executado, no qual, possui 5 pavimentos a mais, necessita de uma demanda maior na sua rigidez. É observado claramente essa discrepância nos resultados obtidos nas Tabela 8, Tabela 10 e Tabela 12.

Sugere-se novos estudos similares a este trabalho, considerando comparações entre projetos estruturais, afim de verificar se as diferenças constatadas no presente comparativo se mantêm para outros estudos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rio de Janeiro: ABNT, 1992b. 2p. **AutoCAD® autodesk®** 2004.

TQS INFORMÁTICA. *Software* no Projeto Estrutural. Disponível em: <http://www.tqs.com.br/conheca-os-sistemas-cadtqs/visao-geral/software-no-projeto-estrutural>. Acesso em: Set. 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988) – **ABNT. NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações**, Rio de Janeiro.

_____. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

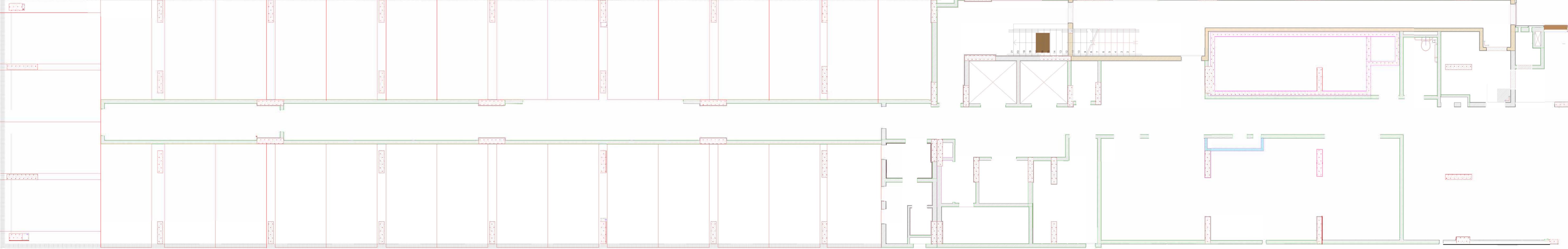
_____. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

OLIVEIRA, D. M. de. (2002). **Parâmetros de instabilidade global das estruturas de concreto armado segundo a nova NBR-6118**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

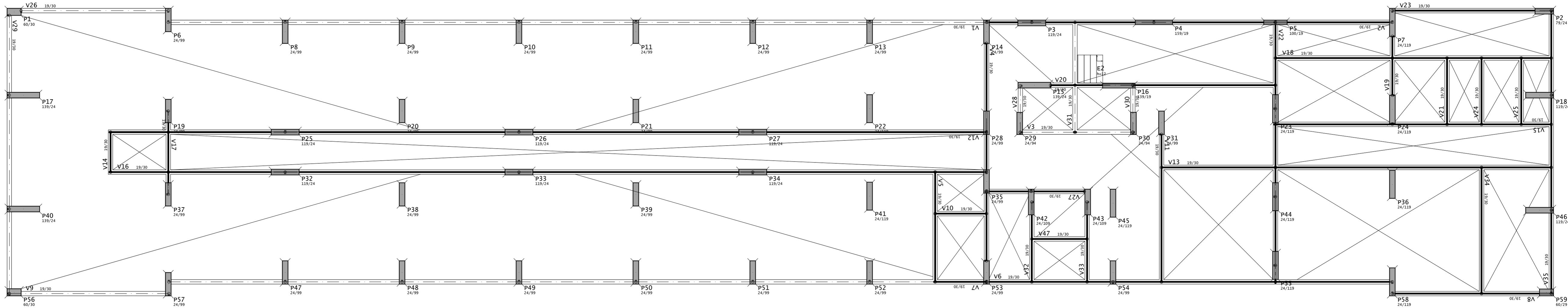
BASTOS. Paulo Sérgio dos Santos. *Estruturas de Concreto Armado*. UNESP. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Disponível em: . Acesso em 17 mai. 2017.

Dos SANTOS, J. S.. **Escola de estruturas**, 1. ed. Desconstruindo o Projeto Estrutural de Edifício.

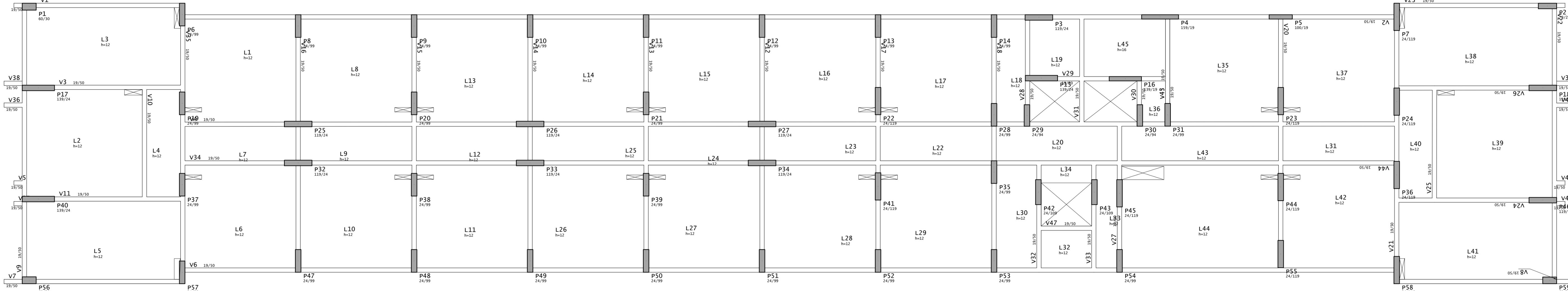
PROJETO ESTUDADO PLANTA BAIXA TÉRREO



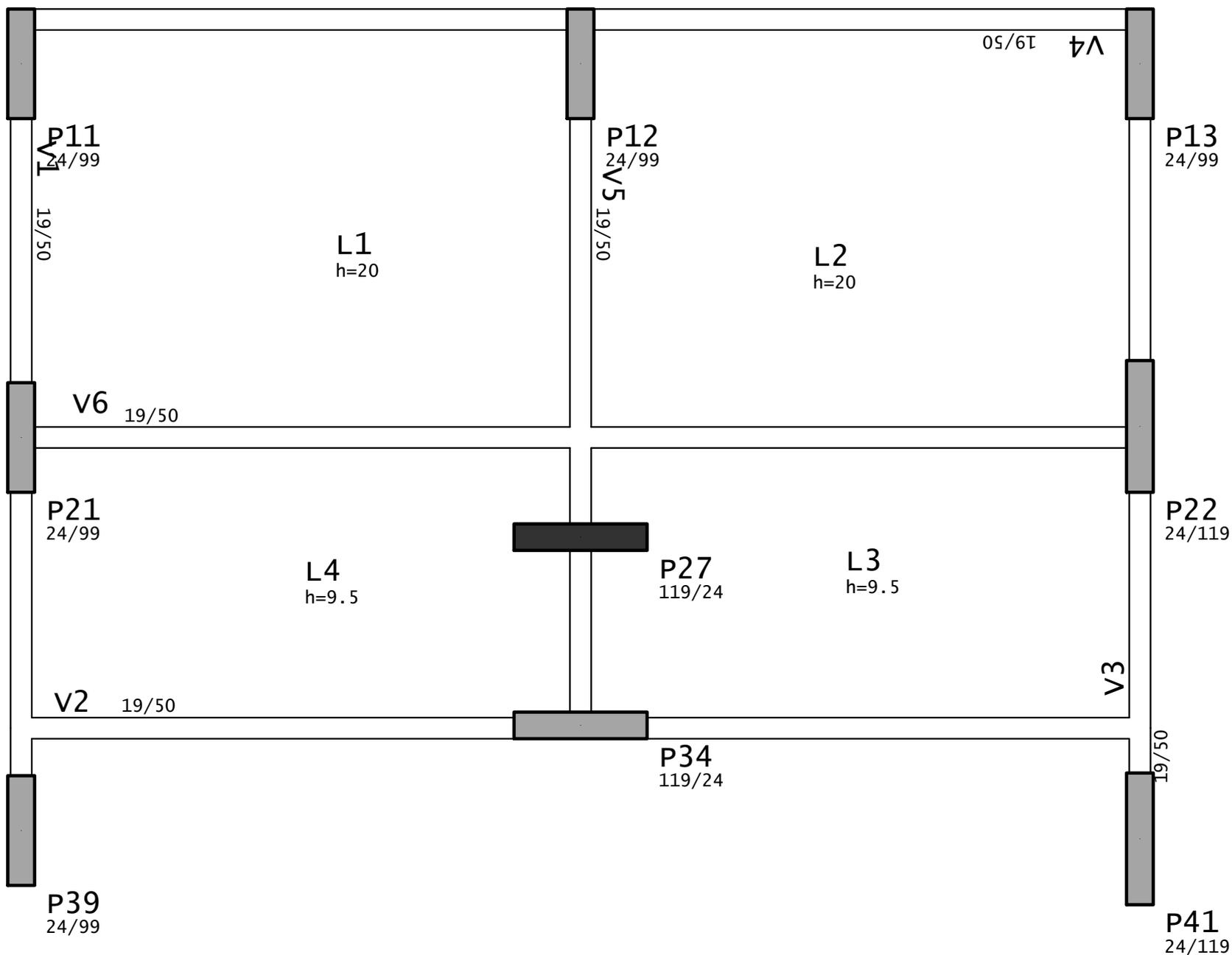
PROJETO ESTUDADO PLANTA DE FÔRMA PAVIMENTO-TÉRREO



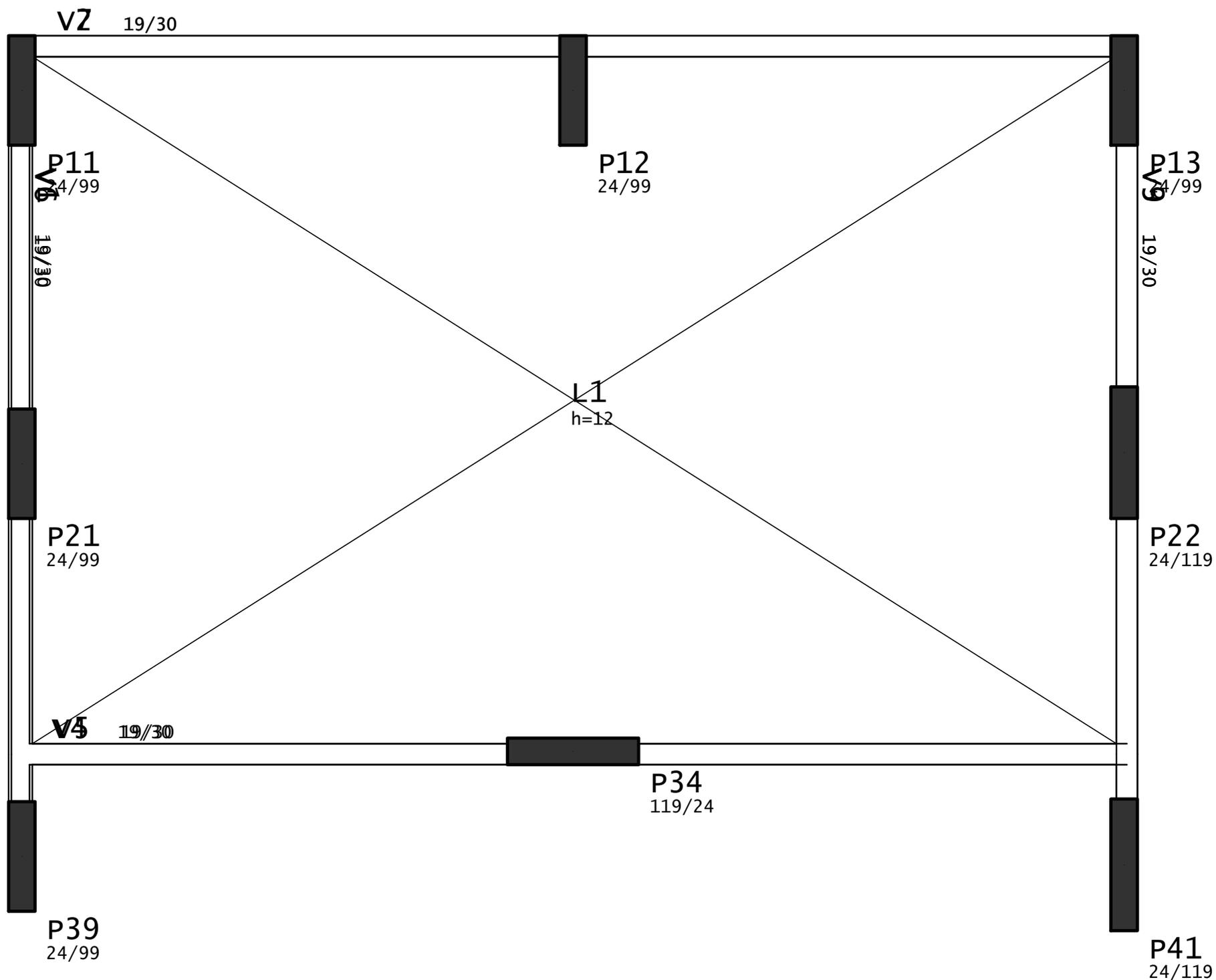
PROJETO ESTUDADO PLANTA DE FÔRMA PAVIMENTO-TIPO



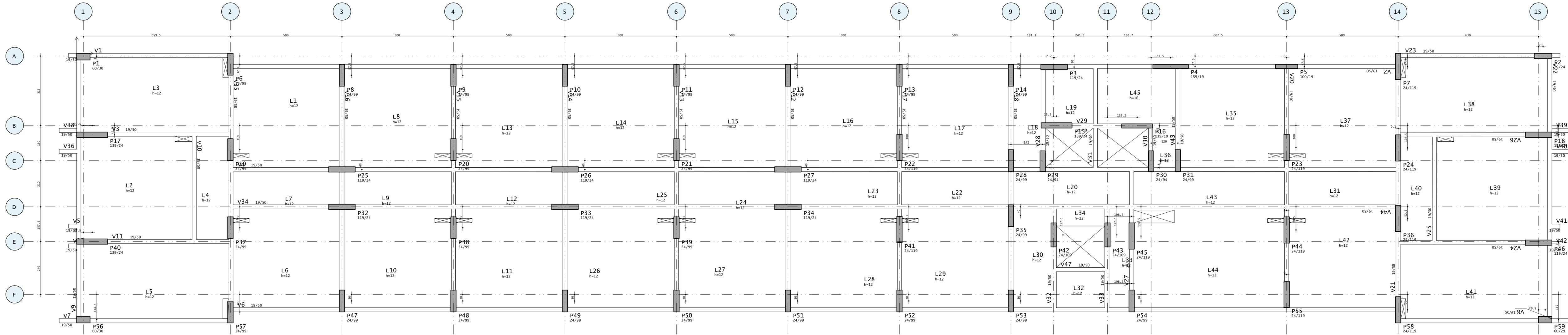
PROJETO ESTUDADO PLANTA DE FÔRMA RESERVATÓRIO



PROJETO ESTUDADO PLANTA DE FÔRMA RESERVATÓRIO-FORRO



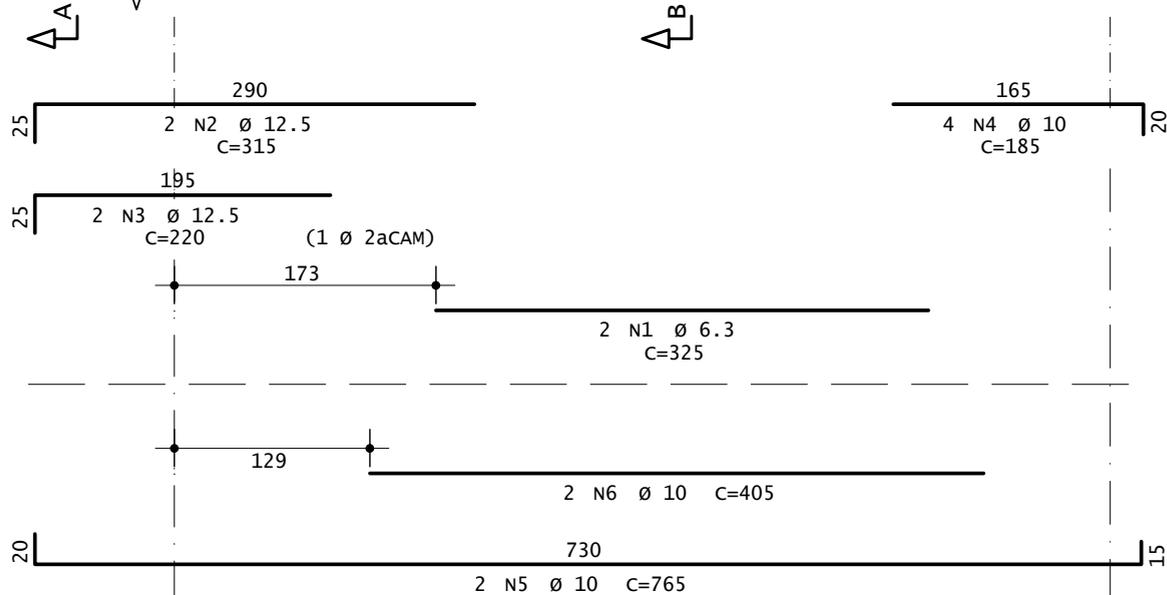
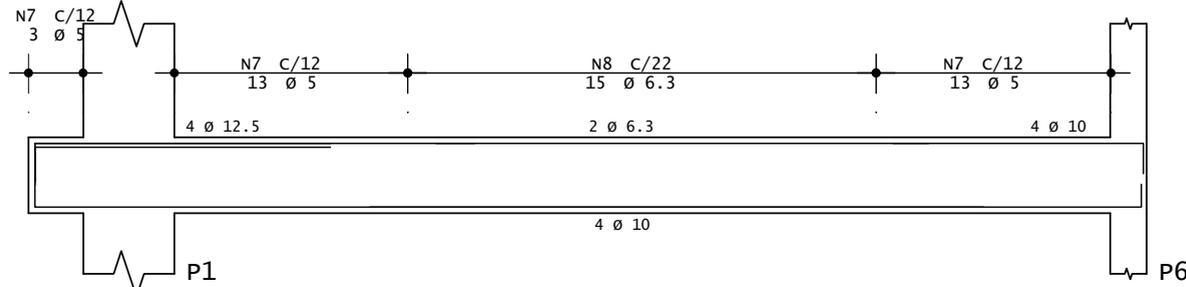
PROJETO ESTUDADO PLANTA DE LOCAÇÃO



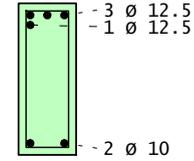
PROJETO ESTUDADO VIGA PAVIMENTO-TIPO V2

19/50

19/50

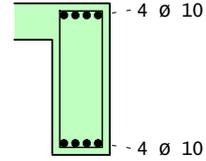


Corte A



3 N7 Ø 5 C=133

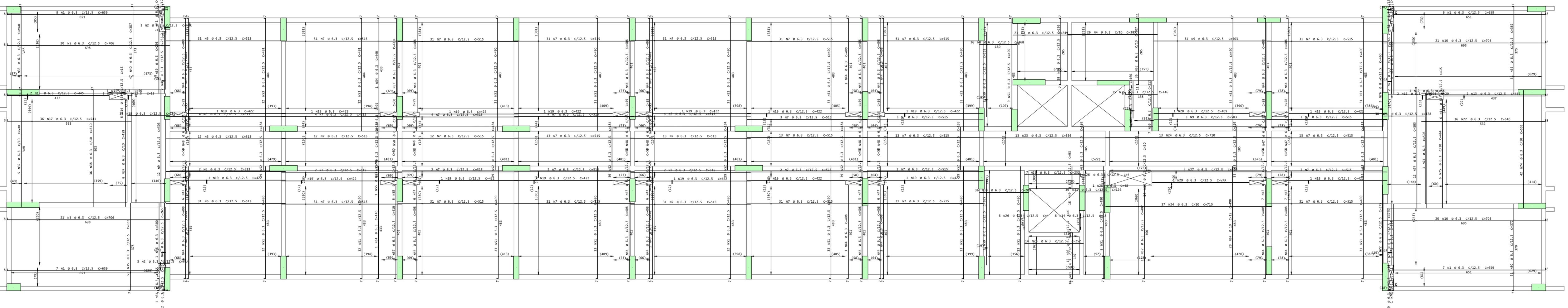
Corte B



26 N7 Ø 5 C=133
15 N8 Ø 6.3 C=134

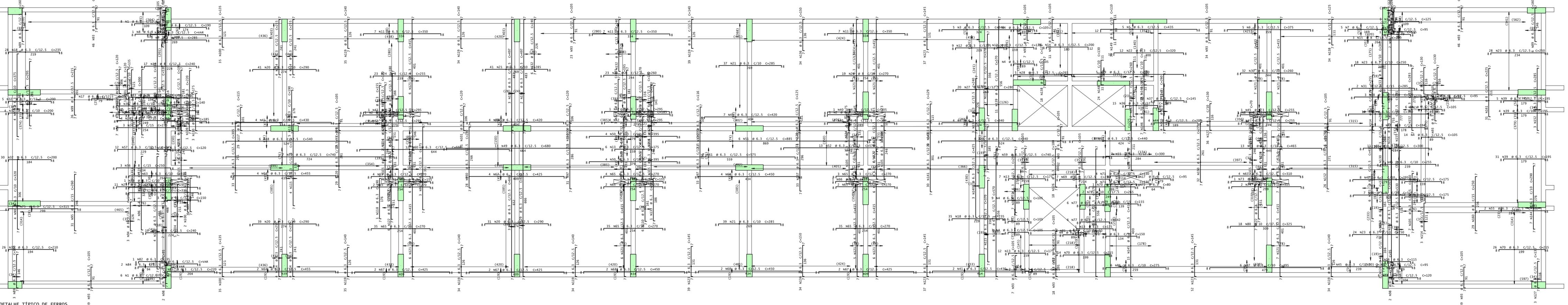
PROJETO ESTUDADO PAVIMENTO TIPO - ARMADURA POSITIVA

8X

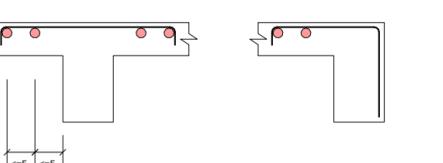


PROJETO ESTUDADO PAVIMENTO TIPO - ARMADURA NEGATIVA

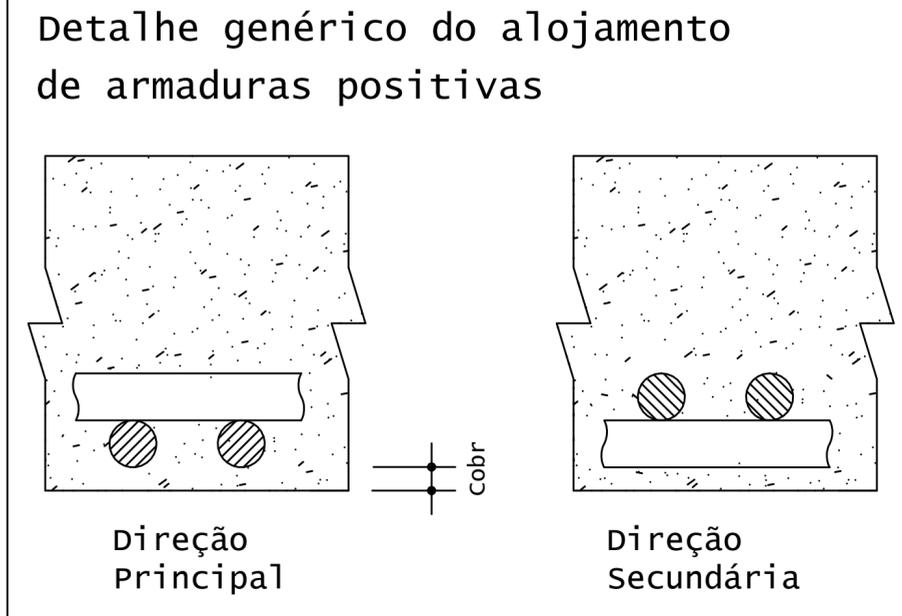
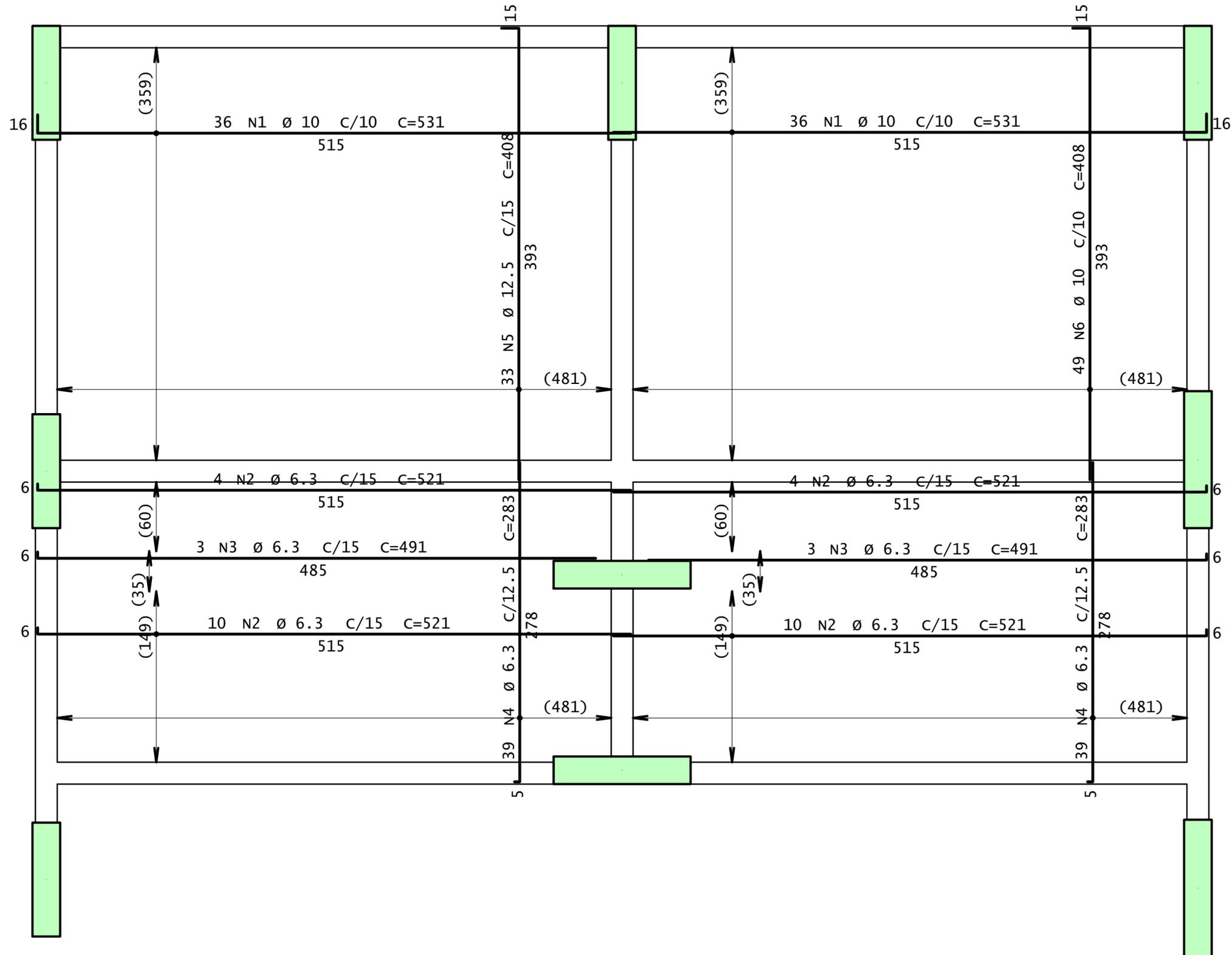
8X



DETALHE TÍPICO DE FERROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ARMADURA NEGATIVA

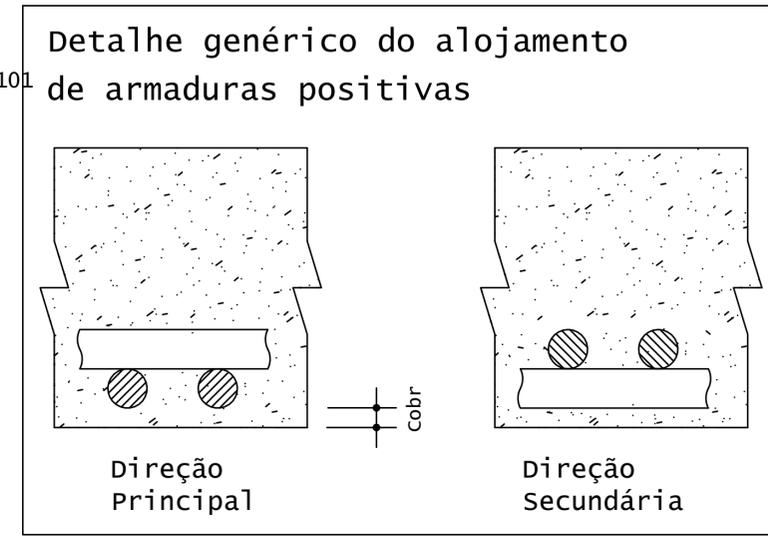
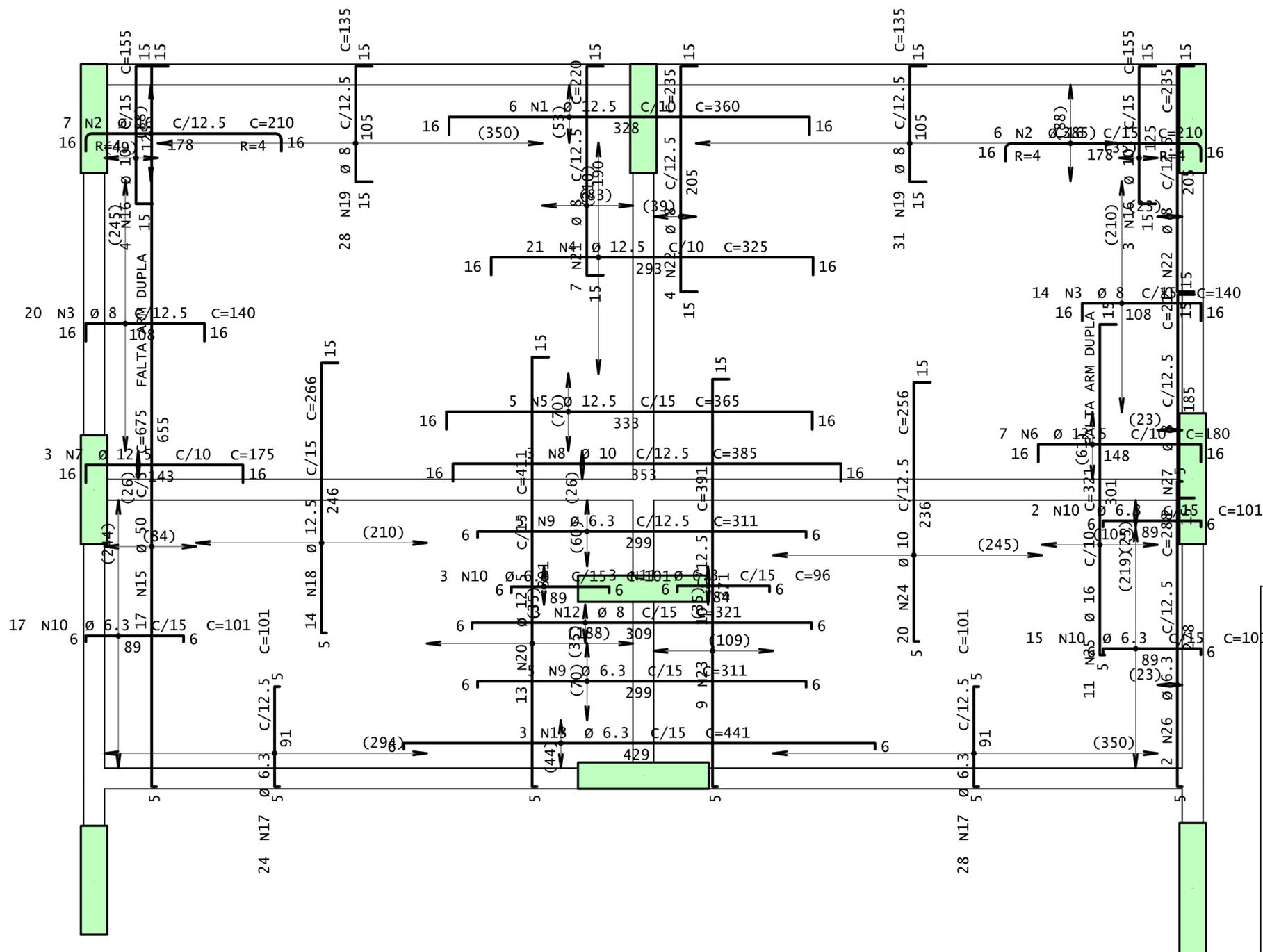


1X

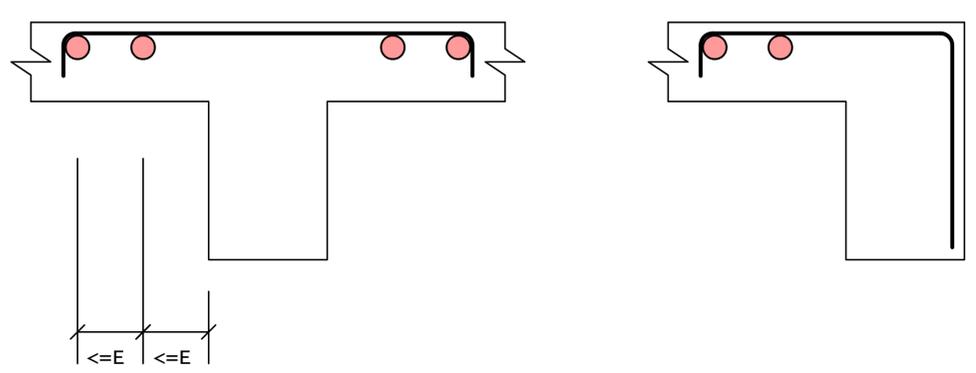


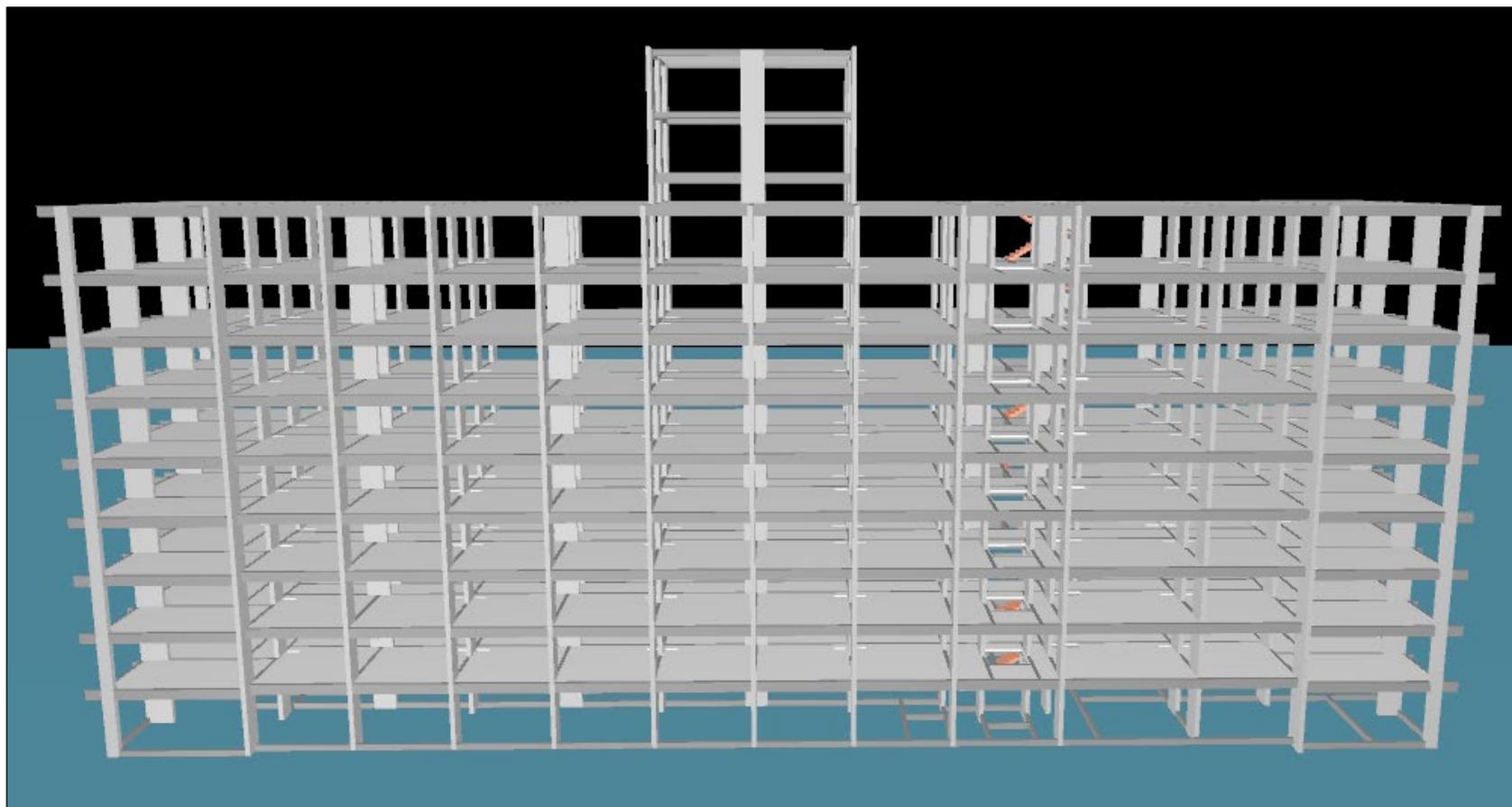
PROJETO ESTUDADO PAVIMENTO-COBERTURA - ARMADURA NEGATIVA

1X

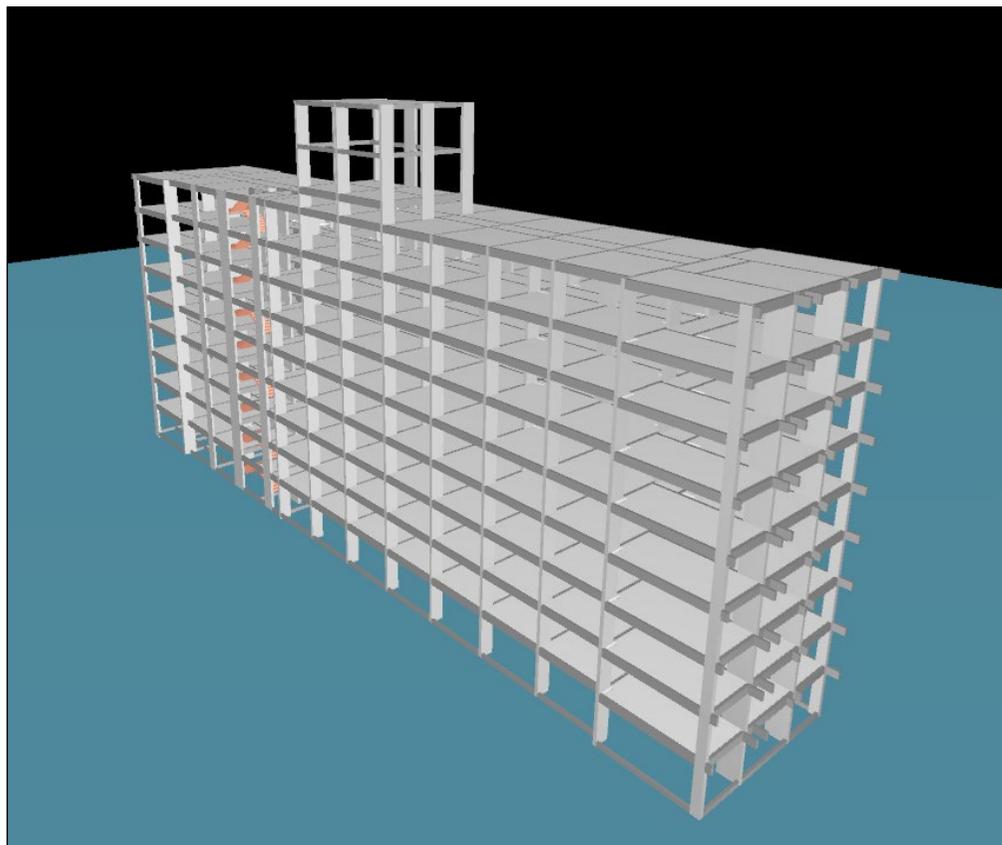


DETALHE TÍPICO DE FERROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ARMADURA NEGATIVA

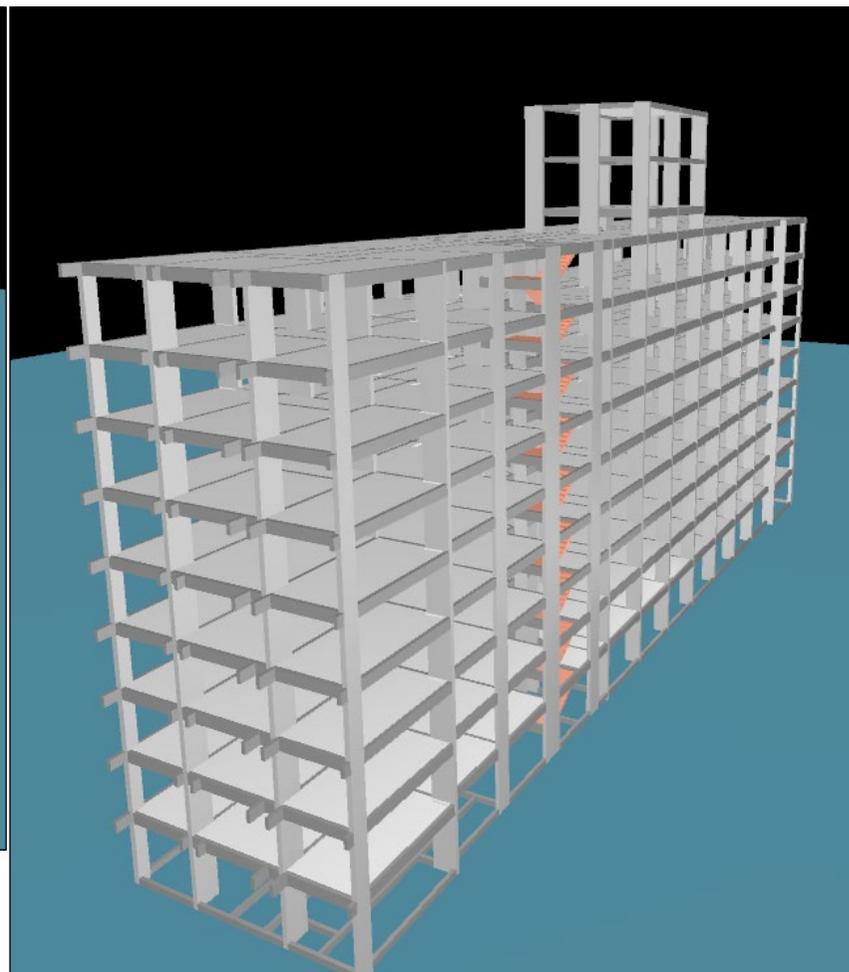




APÊNDICE N- Projeto estrutural 3D. (Fonte: Autor)



APÊNDICE O- Projeto estrutural 3D. (Fonte: Autor)



APÊNDICE P- Projeto estrutural 3D. (Fonte: Autor)

PLANTA DE CARGA - PROJETO EXECUTADO

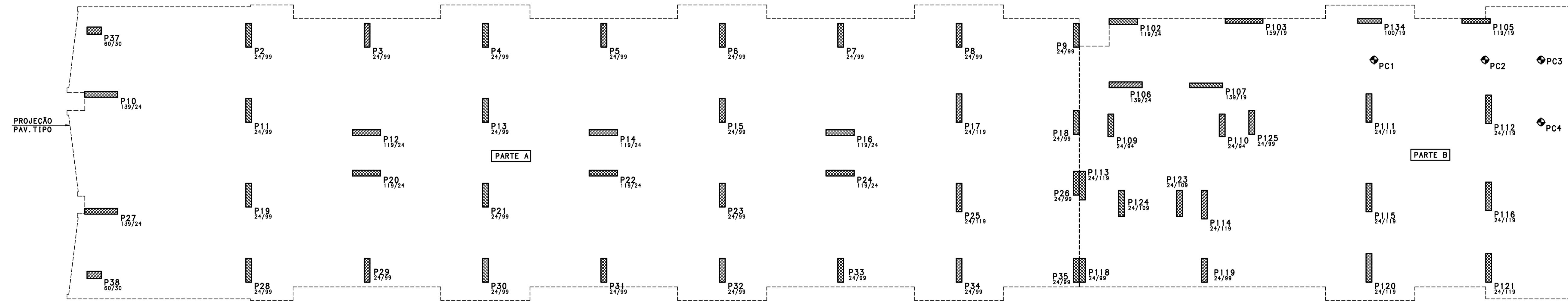
PARTE B

PILAR	CASO 1			VENTO 90°			VENTO 270°			VENTO 0°			VENTO 180°			VENTO 45°					VENTO 135°					VENTO 225°					VENTO 315°					
	Fz	Mx	My	Fz	Fy	Mx	Fz	Fy	Mx	Fz	Fx	My	Fz	Fx	My	Fz	Fx	Fy	Mx	My	Fz	Fx	Fy	Mx	My	Fz	Fx	Fy	Mx	My	Fz	Fx	Fy	Mx	My	
P102	242	1	-4	20	1	-2	-20	-1	2	-50	4	23	50	-4	-23	-63	6	1	-1	35	93	-6	0	-2	-37	63	-6	-1	1	-35	-93	6	0	2	37	
P103	313	0	7	46	3	-2	-46	-3	2	16	5	48	-16	-5	-48	52	9	1	-1	74	7	-8	2	-1	-75	-52	-9	-1	1	-74	-7	8	-2	1	75	
* P105	215	0	-10	50	2	-1	-50	-2	1	7	4	20	-7	-4	-20	44	6	2	-1	30	23	-7	1	-1	-34	-44	-6	-2	1	-30	-23	7	-1	1	34	
* P106	345	-1	-1	32	3	-3	-32	-3	3	-32	2	34	32	-2	-34	-38	4	2	-1	61	77	-5	1	-3	-59	38	-4	-2	1	-61	-77	5	-1	3	59	
P107	147	0	-20	44	3	-1	-44	-3	1	31	3	35	-31	-3	-35	74	4	0	0	53	-18	-5	3	-1	-57	-74	-4	0	0	-53	18	5	-3	1	57	
* P108	304	0	4	-4	2	-4	4	-2	4	8	1	23	-8	-1	-23	8	2	2	-4	37	-14	-1	1	-1	-35	-8	-2	-2	4	-37	14	1	-1	1	35	
* P109	220	6	-1	-52	3	-20	52	-3	20	-31	2	1	31	-2	-1	-81	3	2	-5	2	23	-4	1	-17	-2	81	-3	-2	5	-2	-23	4	-1	17	2	
P110	114	7	0	-47	3	-23	47	-3	23	49	2	1	-49	-2	-1	46	3	0	-10	2	-110	-4	4	-19	-3	-46	-3	0	10	-2	110	4	-4	19	3	
* P111	371	11	-1	-88	7	-51	88	-7	51	2	0	1	-2	0	-1	-54	0	5	-34	3	-62	-1	4	-32	-2	54	0	-5	34	-3	62	1	-4	32	2	
* P112	297	18	2	69	3	-44	-69	-3	44	5	0	1	-5	0	-1	55	0	2	-37	2	38	-1	2	-23	-1	-55	0	-2	37	-2	-38	1	-2	23	1	
** P113	133	1	1	61	5	-30	-61	-5	30	-14	0	1	14	-0	-1	7	0	1	-2	2	66	0	5	-32	-1	-7	-0	-1	2	-2	-66	-0	-5	32	1	
P114	250	0	-2	88	7	-36	-88	-7	36	-10	0	1	10	0	-1	38	0	3	-15	2	76	-1	6	-30	-2	-38	0	-3	15	-2	-76	1	-6	30	2	
P115	294	3	-3	99	8	-38	-99	-8	38	5	0	1	-5	0	-1	72	0	5	-26	1	59	-1	5	-24	-2	-72	0	-5	26	-1	-59	1	-5	24	2	
P116	209	2	1	14	9	-42	-14	-9	42	-7	0	1	7	0	-1	-1	1	7	-35	2	20	-1	5	-21	-2	1	-1	-7	35	-2	-20	1	-5	21	2	
P117	275	0	2	8	2	-4	-8	-2	4	11	1	26	-11	-1	-26	22	1	2	-3	42	-11	-2	1	-1	-40	-22	-1	-2	3	-42	11	2	-1	1	40	
P118	162	-6	2	-67	6	-20	67	-6	20	10	0	1	-10	0	-1	-23	0	2	-4	2	-64	0	5	-20	-2	23	0	-2	4	-2	64	0	-5	20	2	
** P119	279	5	-1	-96	6	-22	96	-6	22	11	0	1	-11	-0	-1	-35	1	3	-8	2	-80	-0	5	-18	-1	35	-1	-3	8	-2	80	0	-5	18	1	
P120	291	1	-5	-103	8	-38	103	-8	38	-4	0	1	4	0	-1	-74	1	5	-26	3	-62	0	5	-24	-2	74	-1	-5	26	-3	62	0	-5	24	2	
P121	242	1	4	-131	9	-39	131	-9	39	-28	1	1	28	-1	-1	-133	1	7	-33	1	-43	-1	5	-19	-2	133	-1	-7	33	-1	43	1	-5	19	2	
** P123	156	12	0	10	5	-26	-10	-5	26	8	0	1	-8	-0	-1	19	1	2	-8	3	-8	-1	4	-22	-2	-19	-1	-2	8	-3	8	1	-4	22	2	
** P124	222	11	-1	1	4	-24	-1	-4	24	-10	0	1	10	-0	-1	-17	1	1	-5	3	19	-1	3	-23	-2	17	-1	-1	5	-3	-19	1	-3	23	2	
P125	253	-1	2	-45	4	-23	45	-4	23	4	0	1	-4	0	-1	-23	0	2	-12	2	-36	-1	3	-18	-2	23	0	-2	12	-2	36	1	-3	18	2	
P126	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	
P127	16	1	-1	0	1	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	
P128	4	0	0	0	1	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	
* P129	10	0	0	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	1	-1	0	-1	2	0	1	-1	1	0	0	0	0	-1	-2	0	-1	1	-1	0	0	0	0	1	
P130	20	-1	1	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P131	36	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	
P132	5	1	0	0	1	-1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	
* P133	30	-1	0	-1	1	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	-2	1	0	0	0	0	0	1	0	-1	2	-1	0	0	0	0	0	
* P134	202	0	-6	86	5	-1	-86	-5	1	6	5	17	-6	-5	-17	65	8	3	-1	27	48	-8	3	-1	-27	-65	-8	-3	1	-27	-48	8	-3	1	27	
P135	189	1	-1	14	1	-2	-14	-1	2	11	3	7	-11	-3	-7	26	4	1	-2	12	-8	-4	0	-1	-12	-26	-4	-1	2	-12	8	4	0	1	12	
P136	49	1	-4	0	0	-1	0	0	1	3	1	2	-3	-1	-2	5	1	0	-1	2	-4	-1	0	0	-2	-5	-1	0	1	-2	4	1	0	0	2	
P137	55	0	-17	0	0	-1	0	0	1	0	7	18	0	-7	-18	0	11	1	-2	28	0	-11	0	0	-27	0	-11	-1	2	-28	0	11	0	0	27	
P138	202	0	-3	-16	2	-3	16	-2	3	3	2	7	-3	-2	-7	-8	2	2	-4	12	-14	-2	1	-1	-11	8	-2	-2	4	-12	14	2	-1	1	11	
P139	51	-2	-2	1	0	-1	-1	0	1	4	1	2	-4	-1	-2	7	2	0	-1	3	-7	-2	0	0	-3	-7	-2	0	1	-3	7	2	0	0	3	
P140	26	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
* P141	38	2	-1	0	1	-1	0	-1	1	0	0	1	0	0	-1	0	0	1	-2	1	0	0	0	0	-1	0	0	-1	2	-1	0	0	0	0	1	
P142	7	0	0	0	0	-1	0	0	1	-1	0	0	1	0	0	-1	1	0	-1	0	2	0	0	0	0	1	-1	0	1	0	-2	0	0	0	0	
P143	16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	-1	0	-1	2	1	0	0	2	-2	-1	0	0	-1	-2	-1	0	0	-2	2	1	0	0	1	
P144	11	0	1	-1	0	0	1	0	0	-1	1	1	1	-1	-1	-2	1	0	0	2	1	-1	0	0	-1	2	-1	0	0	-2	-1	1	0	0	1	
* P145	20	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-1	-1	0	1	0	0	2	-1	-1	0	0	-1	0	-1	0	-2	1	1	0	0	1		
PC1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PC2	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PC3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PC4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

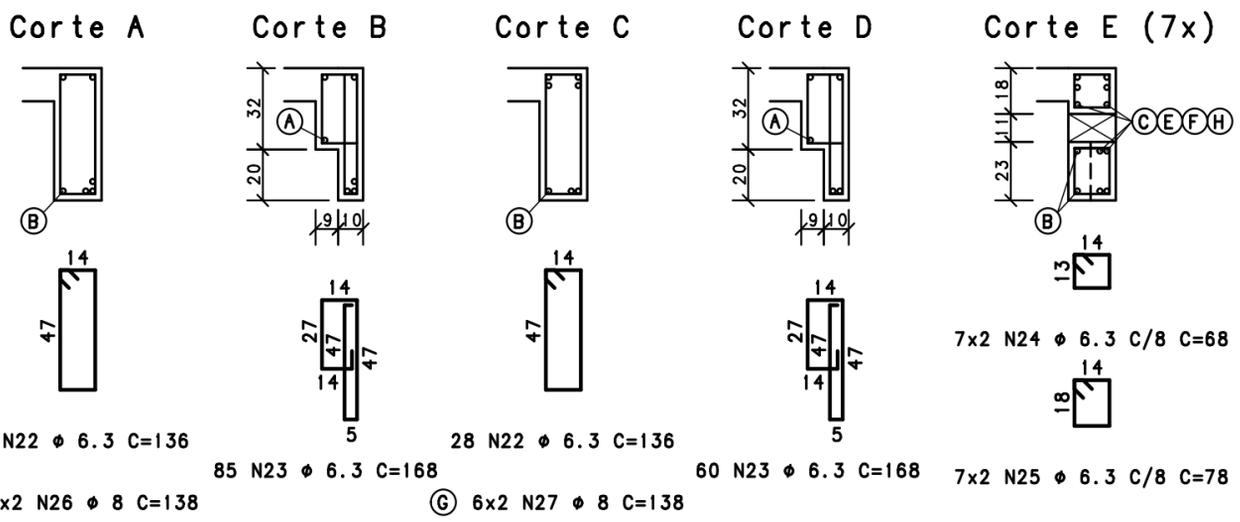
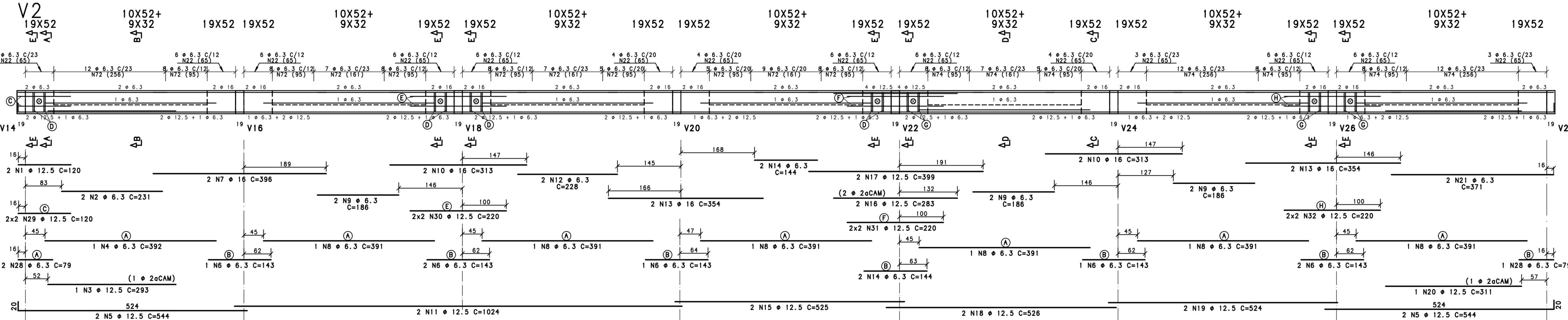
* PILARES QUE TIVERAM MODIFICAÇÕES NOS CARREGAMENTOS NA REVISÃO AP-R01 - 01/02/2019

** PILARES QUE TIVERAM MODIFICAÇÕES NOS CARREGAMENTOS NA REVISÃO EX-R01 - 09/12/2019

PLANTA DE LOCAÇÃO- PROJETO EXECUTADO



VIGA PROJETO EXECUTADO - PAV. TIPO



PROJETO EXECUTADO - ARMADURA NEGATIVA H PAVIMENTO-TIPO

