

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

JULIANO MORAES DA SILVA

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS:
estudo comparativo entre o modelo convencional de pórticos com
vigas e o sistema de lajes lisas**

FLORIANÓPOLIS, 2023.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

JULIANO MORAES DA SILVA

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS:
estudo comparativo entre o modelo convencional de pórticos com
vigas e o sistema de lajes lisas**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:
Prof. Fernando Toppan Rabello, Dr.

FLORIANÓPOLIS, 2023.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silva, Juliano Moraes da
ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS:
estudo comparativo entre o modelo convencional de pórticos
com vigas e o sistema de lajes lisas / Juliano Moraes
da Silva; orientação de Fernando Toppan Rabello.
- Florianópolis, SC, 2023.

97 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Comparativo. 2. Lajes lisas. 3. Lajes convencionais.
4. Concreto armado. 5. Estabilidade global. I.
Rabello, Fernando Toppan. II. Instituto Federal de Santa
Catarina. III. ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM
EDIFÍCIOS ALTOS.

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS:
estudo comparativo entre o modelo convencional de pórticos com
vigas e o sistema de lajes lisas**

JULIANO MORAES DA SILVA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de Julho, 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Fernando Toppan Rabello, Dr.

Prof. André Puel, Dr.

João Lucas Kerber
RKS Engenharia de estruturas

RESUMO

O presente trabalho possui natureza de pesquisa experimental e descritiva realizada com a utilização do programa AltoQi Eberick. As estruturas analisadas constituem-se em edifícios altos com a variação no sistema estrutural utilizado. O primeiro modelo elaborado considera o sistema construtivo convencional com utilização de vigas enquanto o segundo utiliza lajes lisas. O modelo de lajes lisas apresentou valores elevados de instabilidade global, por isso, foram propostas quatro alternativas com alterações nos principais elementos estruturais para redução da instabilidade. A partir de todos os modelos elaborados foram registrados os valores de deslocamento horizontal, coeficiente gama-z e resultados da análise de 2ª ordem pelo processo P-Delta para comparação entre as alternativas apresentadas. O Modelo 1 – Modelo Convencional – apresentou um coeficiente gama-z máximo de 1,08. O Modelo 2 – Lajes Lisas – apresentou gama-z máximo de 1,22. As alternativas apresentadas para redução da instabilidade foram: Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado com aumento da espessura de todas as lajes em 5 cm – que obteve gama-z máximo de 1,15; Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado com aumento da seção de todos os pilares em 5 cm – que obteve gama-z máximo de 1,19; Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado com aumento da classe do concreto de todos os elementos estruturais de C-30 para C-50 – que obteve gama-z máximo de 1,15; Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado com a utilização de pilares tipo “U” na região central do edifício – que obteve gama-z máximo de 1,08. A partir dos resultados apresentados percebe-se que a criação de núcleos rígidos com pilares em “U” no centro da edificação foi a alternativa mais eficiente para redução da instabilidade do edifício. Já as alternativas de aumento da espessura das lajes e aumento da classe do concreto apresentaram valores intermediários de redução da instabilidade. O modelo que apresentou a menor eficácia foi o de aumento nas seções dos pilares, com pequena redução no valor do coeficiente gama-z.

Palavras-chave: Comparativo. Lajes lisas. Lajes convencionais. Concreto armado. Estabilidade global.

ABSTRACT

The present work has the nature of an experimental and descriptive research carried out using the AltoQi Eberick program. The structures analyzed are tall buildings with variations in the structural system used. The first elaborated model considers the conventional construction system using beams while the second uses flat slabs. The flat slab model showed high values of global instability, therefore, four alternatives were proposed with changes in the main structural elements to reduce instability. From all the elaborated models, the values of horizontal displacement, gamma-z coefficient and results of the 2nd order analysis by the P-Delta process were recorded for comparison between the presented alternatives. Model 1 – Conventional Model – presented a maximum z-gamma coefficient of 1.08. Model 2 – Flat Slabs – presented a maximum z-gamma of 1.22. The alternatives presented to reduce instability were: Model 3 – Flat Slabs adapted by increasing the thickness of all slabs by 5 cm – which obtained a maximum z-gamma of 1.15; Model 4 – Flat Slabs adapted with an increase in the section of all columns by 5 cm – which obtained a maximum z-gamma of 1.19; Model 5 – Flat Slabs adapted with an increase in the concrete class of all structural elements from C-30 to C-50 – which obtained a maximum z-gamma of 1.15; Model 6 – Flat Slabs adapted with the use of “U” type pillars in the central region of the building – which obtained a maximum z-gamma of 1.08. From the results presented, it can be seen that the creation of rigid cores with “U” shaped pillars in the center of the building was the most efficient alternative to reduce the instability of the building. On the other hand, the alternatives of increasing the thickness of the slabs and increasing the concrete class showed intermediate values of instability reduction. The model that presented the lowest efficiency was the increase in the sections of the columns, with a small reduction in the value of the gamma-z coefficient.

Keywords: Comparative. Flat slabs. Conventional slabs. Reinforced concrete. Stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo	24
Figura 2 – Planta de formas do pavimento tipo	25
Figura 3 – Elevação do edifício	26
Figura 4 – Menu de configurações de projeto do programa Eberick	29
Figura 5 – Configurações de Ações no programa Eberick	30
Figura 6 – Configurações de Análise do programa Eberick para o modelo 1	31
Figura 7 – configurações de Materiais e Durabilidade no programa Eberick	33
Figura 8 – Dados de umidade relativa do ar extraídos do <i>site</i> do INMET	34
Figura 9 – Configurações de Fluência do concreto no programa Eberick	34
Figura 10 – Gráfico das isopletras da velocidade básica do vento no Brasil	35
Figura 11 – Janela de configurações de Vento	36
Figura 12 – Janela de configurações de nova edificação	37
Figura 13 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo Convencional	38
Figura 14 – Janela de propriedades de lajes	39
Figura 15 – Menu de configurações de Sistema no programa Eberick	40
Figura 16 – Janela de Cargas típicas do programa Eberick	42
Figura 17 – Janela de propriedades de vigas no Eberick	43
Figura 18 – Janela de adição de cargas de paredes no Eberick	44
Figura 19 – Lançamento de cargas de parede sobre laje	44
Figura 20 – Janela de adição de cargas de paredes sobre laje no Eberick	45
Figura 21 – Processamento da estrutura	45
Figura 22 – Janela de configurações de processamento no Eberick	46
Figura 23 – Dimensionamento de elementos estruturais no Eberick	47
Figura 24 – Dimensionamento de Lajes	48
Figura 25 – Visualização de lajes em grelha no Eberick	48
Figura 26 – Visualização dos deslocamentos em lajes no Eberick	49
Figura 27 – Dimensionamento de Vigas	50
Figura 28 – Dimensionamento de Pilares	50
Figura 29 – Menu Resultados da análise no Eberick	51
Figura 30 – Menu de geração de planta de cargas no Eberick	51
Figura 31 – Alterações no menu “Análise” para o modelo 2 no programa Eberick ...	53

Figura 32 – Alterações na janela “Painéis de lajes” para o modelo 2 no programa Eberick	54
Figura 33 – Alterações na janela de dimensionamento de lajes no programa Eberick	55
Figura 34 – Alterações na janela de configurações de punção no programa Eberick	56
Figura 35 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas.....	57
Figura 36 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas	57
Figura 37 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm	59
Figura 38 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm.....	59
Figura 39 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm	60
Figura 40 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm.....	60
Figura 41 – Alterações nas configurações Materiais e durabilidade para o modelo 5 no programa Eberick.....	61
Figura 42 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50	62
Figura 43 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50.....	62
Figura 44 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”.....	63
Figura 45 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”	63
Figura 46 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo convencional.....	65
Figura 47 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas.....	66
Figura 48 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm	67
Figura 49 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm	68
Figura 50 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50	69

Figura 51 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores de deslocamento horizontal e coeficiente gama z do trabalho de Garcia et al.....	21
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação de coeficientes gama z do trabalho de Gritti e Gotardo	20
Tabela 2 – Resultados de gama z obtidos para o modelo de 16 pavimentos do trabalho de Henriques et al.	21
Tabela 3 – Valores característicos nominais de cargas variáveis da norma NBR 6120 de 2019	41
Tabela 4 – Valores relativos à estabilidade global da estrutura em todos os modelos elaborados.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Definição do Problema	15
1.3	Objetivo Geral	15
1.4	Objetivos Específicos	15
1.5	Estrutura do Trabalho	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Avaliação da estabilidade global	17
2.1.1	Coeficiente gama-z	18
2.2	Diafragma rígido	18
2.3	Estudos sobre o tema	19
2.3.1	Análises voltadas para a estabilidade global.....	19
2.3.2	Análises voltadas para a contribuição das lajes na rigidez das estruturas.	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	Apresentação da edificação modelo	24
3.2	Apresentação do programa de análise estrutural utilizado	27
3.3	Modelos elaborados	27
3.3.1	Modelo 1 – Modelo Convencional de pórticos com vigas	28
3.3.1.1	<i>Configurações de projeto</i>	28
3.3.1.1.1	<i>Menu “Ações”</i>	29
3.3.1.1.2	<i>Menu “Análise”</i>	30
3.3.1.1.3	<i>Menu “Materiais e Durabilidade”</i>	32
3.3.1.1.4	<i>Menu “Vento”</i>	34
3.3.1.2	<i>Lançamento da estrutura</i>	36
3.3.1.3	<i>Lançamento de cargas de lajes</i>	38
3.3.1.4	<i>Lançamento de cargas de parede</i>	42
3.3.1.5	<i>Cópia do croqui para os demais pavimentos</i>	45
3.3.1.6	<i>Processamento da estrutura</i>	45
3.3.1.7	<i>Verificações de dimensionamento em ELU e ELS</i>	47
3.3.1.8	<i>Emissão dos resultados e planta de cargas</i>	51
3.3.2	Modelo 2 – Lajes Lisas	52
3.3.2.1	<i>Alterações nas configurações de projeto</i>	52
3.3.2.1.1	<i>Alterações no Menu “Análise”</i>	52
3.3.2.1.2	<i>Alterações no Menu “Dimensionamento”</i>	54
3.3.2.2	<i>Alterações na estrutura</i>	56
3.3.2.3	<i>Alterações nas cargas de parede</i>	58
3.3.2.4	<i>Cópia do croqui para os demais pavimentos</i>	58
3.3.3	Modelos 3 a 8 – Alternativas apresentadas	58
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	64
4.1	Modelo 1 – Modelo Convencional de pórticos com vigas	64
4.2	Modelo 2 – Lajes Lisas	66
4.3	Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm	67
4.4	Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm	68
4.5	Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50	69
4.6	Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em ”U”	70
4.7	Análise e discussão dos resultados	71

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	74
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICES	77
	APÊNDICE A – Elevação estrutural.....	78
	APÊNDICE B – Planta de formas do pavimento tipo gerada pelo Eberick	79
	APÊNDICE C – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas	80
	APÊNDICE D – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm.....	81
	APÊNDICE E – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm	82
	APÊNDICE F – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50.....	83
	APÊNDICE G – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 8 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”	84
	APÊNDICE H – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo Convencional.....	85
	APÊNDICE I – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas	86
	APÊNDICE J – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm..	87
	APÊNDICE K – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm.....	88
	APÊNDICE L – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50.....	89
	APÊNDICE M – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 8 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U” ...	90
	APÊNDICE N – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo Convencional	91
	APÊNDICE O – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas	92
	APÊNDICE P – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm.....	93
	APÊNDICE Q – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm	94
	APÊNDICE R – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50.....	95
	APÊNDICE S – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 8 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”	96

1 INTRODUÇÃO

O termo “lajes lisas” também chamado de “lajes planas” indica um tipo de sistema estrutural de construção civil onde não há, de modo geral, a existência de vigas. Nesse sistema, as lajes da edificação são apoiadas diretamente sobre os pilares. Esse modelo de laje é semelhante ao de lajes-cogumelo, onde também não ocorre a existência de vigas, porém, nesse último as lajes possuem regiões mais espessas nos apoios dos pilares denominadas “capitéis”.

A norma brasileira NBR 6118 (2014) define esses tipos de lajes da seguinte forma: “Lajes-cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem capitéis.” (ABNT, 2014, p. 97).

O modelo de lajes lisas vem se tornando mais comumente utilizado no Brasil devido a algumas vantagens em relação ao modelo convencional de pórticos de laje-viga-pilar. Sua utilização pode se tornar viável economicamente por permitir maior agilidade ao processo construtivo devido à simplificação das formas e armaduras do pavimento e por atribuírem maior flexibilidade ao layout dos pavimentos (SACRAMENTO et al, 2012).

Os principais cuidados a serem tomados durante o dimensionamento de lajes lisas são: a verificação de ruptura por puncionamento na ligação da laje com o pilar e o colapso progressivo de toda estrutura que pode ocorrer em consequência à ruptura por puncionamento (FELICIANO, 2011). Desde o estudo pioneiro sobre punção de Talbot em 1913, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos em relação a este tema (RABELLO, 2016),

Além da verificação de ruptura por punção e colapso progressivo, deve-se levar em consideração que a inexistência de vigas altera a forma de distribuição das cargas e conseqüentemente pode diminuir a estabilidade global da edificação.

Segundo Albuquerque (2015, p. 2), quando se utiliza o sistema estrutural de lajes lisas, “A estabilidade global da estrutura pode diminuir devido à ausência de vigas, sendo necessário vincular a laje a núcleos rígidos ou paredes estruturais para reduzir os deslocamentos horizontais.” Em consonância com esta afirmação, Ferreira (2010, p. 2) aponta que “Este sistema também apresenta algumas desvantagens,

como a redução na rigidez do edifício quanto aos esforços horizontais, o que dificulta seu uso em prédios altos.”

Rabello (2016) aponta que a estabilidade global de um edifício em lajes lisas deve ser solucionada através da utilização de núcleos rígidos, pois a ausência de vigas não permite a formação de pórticos de contraventamento.

A partir das afirmações acima, percebe-se que a verificação da estabilidade global de uma edificação é um passo muito importante durante a concepção da estrutura, principalmente em edificações com grande quantidade de pavimentos e quando se trata de uma edificação de lajes lisas esse cuidado deve ser ainda maior.

Para analisar a estabilidade global de edifícios altos em lajes lisas, este trabalho apresenta uma análise comparativa entre o modelo convencional de pórticos com vigas contra o sistema de lajes lisas. Esta análise consiste na elaboração de modelos de projetos estruturais no programa AltoQi Eberick com base num edifício de referência. A partir de cada modelo elaborado apresenta-se os valores de deslocamentos horizontais, coeficiente de instabilidade gama-z e resultados da análise de 2ª ordem pelo processo P-Delta. Com esses dados, é possível avaliar o impacto na estabilidade global causado por cada variação na estrutura.

1.1 Justificativa

Este trabalho visa apresentar as dificuldades de se projetar um edifício alto com a utilização de lajes lisas. Através dos resultados, busca-se demonstrar que a utilização desse sistema afeta consideravelmente a estabilidade global da estrutura. Além de identificar a variação na estabilidade global, são apresentadas algumas alternativas para sua correção. O objetivo é que os resultados finais contribuam para uma análise preliminar de qual sistema construtivo utilizar e, caso a opção adotada seja o sistema de lajes lisas, os demais modelos sirvam como sugestões de possíveis soluções para redução da instabilidade na estrutura.

1.2 Definição do Problema

Quais são os efeitos na estabilidade global de um edifício alto quando se altera o sistema estrutural convencional de pórticos com vigas pelo sistema de lajes lisas? Quais são as alternativas para correção da instabilidade e qual é a mais eficiente?

1.3 Objetivo Geral

Constatar os efeitos na estabilidade global de um edifício alto ao substituir o sistema estrutural convencional de pórticos com vigas pelo sistema de lajes lisas e apresentar alternativas para diminuição da instabilidade.

1.4 Objetivos Específicos

De forma a alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) modelar e dimensionar dois modelos de um edifício alto utilizando o programa AltoQi Eberick, sendo o primeiro modelo em estrutura convencional de pórticos com vigas e o segundo em lajes lisas;
- b) registrar os valores obtidos para a estabilidade global da estrutura em ambos os modelos, utilizando os valores de deslocamento horizontal máximo, coeficiente de instabilidade gama-z e coeficiente P-Delta;
- c) se o modelo de lajes lisas apresentar valores muito elevados de instabilidade, propor adaptações nos elementos estruturais para diminuir a instabilidade e os deslocamentos da estrutura;
- d) apresentar e comparar os dados de estabilidade global dos modelos estudados.

1.5 Estrutura do Trabalho

No segundo capítulo são expostos os principais conceitos relacionados as lajes lisas e à avaliação de estabilidade global em estruturas. Além dos conhecimentos teóricos também são apresentados alguns trabalhos acadêmicos relacionados ao tema.

Posteriormente é indicada a metodologia utilizada na pesquisa, contendo a descrição de todos os modelos elaborados e os processos de análise das estruturas.

O quarto capítulo apresenta os dados obtidos em cada modelo e faz a comparação e discussão dos resultados.

Por fim, as considerações finais trazem a conclusão da pesquisa acerca dos objetivos traçados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para realização desse estudo é necessário ter conhecimento sobre a análise de estabilidade global de edificações e os componentes que afetam esse cálculo.

A seguir serão tratados alguns conceitos teóricos relacionados ao tema, assim como históricos de trabalhos acadêmicos que abordaram o mesmo assunto e os resultados obtidos em suas análises.

2.1 Avaliação da estabilidade global

O primeiro passo na análise de estabilidade global de estruturas é classificar a estrutura como sendo de nós fixos ou nós móveis.

O item 15.4.2 da norma NBR6118 de 2014 permite classificar as estruturas da seguinte forma:

As estruturas são consideradas, para efeito de cálculo, de nós fixos, quando os deslocamentos horizontais dos nós são pequenos e, por decorrência, os efeitos globais de 2ª ordem são desprezíveis (inferiores a 10 % dos respectivos esforços de 1ª ordem). Nessas estruturas, basta considerar os efeitos locais e localizados de 2ª ordem.

As estruturas de nós móveis são aquelas onde os deslocamentos horizontais não são pequenos e, em decorrência, os efeitos globais de 2ª ordem são importantes (superiores a 10 % dos respectivos esforços de 1ª ordem). Nessas estruturas devem ser considerados tanto os esforços de 2ª ordem globais como os locais e localizados. (ABNT, 2014, p. 103).

Para realizar esta verificação dos efeitos de segunda ordem a norma NBR6118 de 2014 apresenta duas possibilidades: o parâmetro alfa e o coeficiente gama-z.

O parâmetro de instabilidade alfa é indicado na norma NBR6118 de 2014 para estruturas reticuladas simétricas. Como é comum que estruturas sejam assimétricas, na maioria dos casos esse parâmetro não é adequado para analisar os efeitos de segunda ordem global em estruturas. (ALTOQI, 2023a)

Já em relação ao coeficiente gama-z, a norma NBR6118 de 2014 estabelece que “O coeficiente γ_z de avaliação da importância dos esforços de segunda ordem globais é válido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares.” (ABNT, 2014, p. 105)

Caso a estrutura seja classificada de nós móveis, é necessária uma análise de todo o conjunto levando em conta a não linearidade física e geométrica. Esta análise pode ser realizada através do método chamado Processo P-Delta, que é utilizado pelo programa AltoQi Eberick. (ALTOQI, 2023a)

2.1.1 Coeficiente gama-z

A norma NBR6118 de 2014 aponta que o coeficiente gama-z “pode ser determinado a partir dos resultados de uma análise linear de primeira ordem, para cada caso de carregamento”. (ABNT, 2014, p. 105)

Ainda segundo a ABNT (2014), o valor de gama-z para cada combinação de carregamento pode ser calculado pela equação 1.

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

Onde:

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

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

2.2 Diafragma rígido

Durante a análise numérica de estruturas é considerado o efeito de diafragma rígido nas lajes da edificação. Gutierre (2016) trata do efeito de diafragma rígido da seguinte forma:

É prática usual considerar as lajes dos pavimentos como diafragma rígido, isto é, um elemento com rigidez axial infinita, tendo como função distribuir as cargas horizontais para os elementos de contraventamento. Em pórticos planos associados a modelagem é feita simulando as lajes como barras com rigidez axial muito grande e bi-rotuladas nas extremidades ligando os pórticos. Além disso, as vigas do pórtico deverão ter sua rigidez axial aumentada, assim, com estes procedimentos garante-se que todos os pontos

situados em um mesmo pavimento transladem conjuntamente. (GUTIERRE, 2016, p. 31).

Entretanto é importante frisar que a rigidez axial das lajes não é infinita. Esta é apenas uma consideração utilizada para distribuição das cargas horizontais entre os elementos de contraventamento.

2.3 Estudos sobre o tema

Quando se trata de lajes lisas há diversos estudos focados na análise da região laje-pilar com ênfase na verificação de ruptura por puncionamento e colapso progressivo.

Entretanto, como o foco desse trabalho é analisar a variação da estabilidade global em edifícios altos com lajes lisas, buscou-se trabalhos relacionados ao tema com enfoque na estabilidade global.

A seguir serão tratados alguns estudos relacionados e divididos em categorias de acordo com o tipo de análise verificada em cada um.

2.3.1 Análises voltadas para a estabilidade global

Rosa (2016) realizou um estudo de caso considerando uma edificação em lajes lisas e pilares com seções limitadas de modo que não fossem considerados pilares-parede. Em sua análise Rosa verificou a variação no coeficiente gama z e deslocamentos da estrutura ao passo que aumentava a quantidade de pavimentos da edificação. Inicialmente foi projetada uma estrutura de 4 pavimentos que, após primeira análise, foi constatada como sendo uma estrutura de nós fixos. A cada verificação o autor aumentava a quantidade de pavimentos até chegar na situação limite de 7 pavimentos onde constatou-se deslocamentos máximos acima do permitido em norma. Para esse caso, observa-se que a não consideração de pilares-parede limita consideravelmente a quantidade de pavimentos que uma estrutura de lajes lisas pode ter, portanto, para edifícios altos constata-se a necessidade de utilização de elementos de contraventamento como pilares-parede e núcleos rígidos.

Gritti e Gotardo (2017) realizaram uma análise comparativa considerando um edifício de 20 pavimentos e variando os tipos de lajes, dentre elas: convencional

maciça e lisa maciça. O trabalho comparou em cada versão analisada: valores de quantitativo de concreto, aço e formas, valores de estabilidade global e deslocamento de topo. O modelo de lajes lisas foi elaborado considerando vigas de borda, por esse motivo os resultados de estabilidade global, representados através do coeficiente gama z, não apresentaram grandes variações, conforme indicado na tabela 1.

Tabela 1 – Comparação de coeficientes gama z do trabalho de Gritti e Gotardo

DIR.	EXC.	Coeficiente gama z	
		Laje convencional maciça	Laje lisa maciça
90°	0	1,129	1,19
90°	0,075	1,128	1,19
90°	-0,075	1,130	1,19
180°	0	1,122	1,118
180°	0,075	1,122	1,119
180°	-0,075	1,122	1,118
0°	0	1,122	1,118
0°	0,075	1,122	1,118
0°	-0,075	1,122	1,119
270°	0	1,129	1,19
270°	0,075	1,130	1,19
270°	-0,075	1,128	1,19

Fonte: Adaptado de Gritti e Gotardo (2017).

Tavares (2018) avalia a variação da estabilidade global de uma edificação modelo de 28 pavimentos em lajes lisas por meio de alterações em algumas características da estrutura como a resistência característica do concreto nos pilares e lajes, alterações nas tipologias estruturais como implantação de faixas com maciços, mudança na direção dos pilares, implantação de núcleo rígido e aumento na espessura das lajes. Dentre todas as alterações realizadas, concluiu-se que as de maior eficiência para redução do coeficiente gama z foram as de aumento da resistência característica do concreto nos pilares e nas lajes, assim como a implantação de núcleo rígido.

Garcia et al. (2018) realizam uma análise comparativa entre sistemas estruturais de lajes convencionais e lajes lisas com vigas de borda a partir de um modelo de edifício com 20 pavimentos. No estudo realizado, foram verificados a estabilidade global por meio do coeficiente gama z e deslocamentos horizontais, quantitativo de materiais para concreto, aço e formas e custos baseados na planilha

SINAPI do mês de janeiro de 2017 para a cidade de Tucuruí-Pa. Os valores relativos à estabilidade estão apresentados no Quadro 1, mostrando que o sistema de lajes lisas apresentou valores do coeficiente gama z próximos em relação do sistema de lajes convencionais maciças, enquanto que os deslocamentos apresentaram valores menores na direção X.

Quadro 1 – Valores de deslocamento horizontal e coeficiente gama z do trabalho de Garcia et al.

	LAJE LISA C/ VIGA BORDA		LAJE MAC. CONVENCIONAL	
	DIREÇÃO X	DIREÇÃO Y	DIREÇÃO X	DIREÇÃO Y
DESLOCAMENTO (cm)	2,23	2,12	3,86	2,14
γ_z	1,15	1,24	1,19	1,21

Fonte: GARCIA et al. (2018).

Henriques et al. (2021) realizam uma análise comparativa entre sistemas estruturais de lajes convencionais e lajes lisas a partir de modelos genéricos de edifícios com 7, 16 e 25 pavimentos. No estudo realizado, foram verificadas a estabilidade global por meio do coeficiente gama z e quantitativo de materiais para concreto, aço e formas. Entre as análises realizadas, destaca-se a aplicada ao edifício genérico de 16 pavimentos. Nesta análise os valores do coeficiente gama-z obtidos para o sistema de lajes lisas apresentou valor acima de 1,3 e por esse motivo foi proposta uma adequação à modelagem das lajes considerando vigas de bordo. Após a consideração de vigas de bordo, obtiveram-se os valores de gama z expressos conforme representado na Tabela 2. Verifica-se que o coeficiente gama z para lajes lisas com vigas de bordo apresentou um aumento de 11,93% em relação ao sistema convencional.

Tabela 2 – Resultados de gama z obtidos para o modelo de 16 pavimentos do trabalho de Henriques et al.

tipo de laje	espessura da laje (cm)	gama z
convencional maciça	10	1,09
lisa maciça com vigas de bordo	16	1,22

Fonte: Adaptado de Henriques et al. (2021).

2.3.2 Análises voltadas para a contribuição das lajes na rigidez das estruturas

Feitosa e Alves (2015) em seu artigo, tiveram como objetivo avaliar a variação da estabilidade global em estruturas de lajes lisas sob a influência da variação de parâmetros de modelagem como geometria dos pilares, espessura das lajes, coeficiente redutor de inércia, e rigidez das ligações entre lajes e pilares. A partir das análises realizadas, observou-se que o aumento da espessura das lajes protendidas gerou contribuição no enrijecimento das ligações laje-pilar e na rigidez transversal à flexão, contribuindo significativamente para a estabilidade global da edificação. Segundo Feitosa e Alves (2015, p. 223), “a região de ligação laje-pilar assume mais este papel, de influenciar na estabilidade global da estrutura, além de ser um limitador para os vãos de lajes protendidas devido aos esforços de cisalhamento (punção).”

Gutierre (2016) apresenta em seu estudo a importância de consideração das lajes na rigidez das estruturas. Para suas análises, Gutierre elaborou cinco modelos numéricos variando os modelos de edifícios, quantidade de pavimentos e tipos de lajes. Como conclusão, verificou-se que “as lajes têm papel importante no desempenho estrutural frente ao carregamento horizontal, tendo efeito significativo na estabilidade de edifícios que não são aporricados [...]” (GUTIERRE, 2016, p. 177). Esse estudo mostra a importância de utilizar o modelo de pórtico espacial completo (vigas, pilares e lajes) durante a análise estrutural, pois dessa forma a contribuição das lajes será incorporada à rigidez da estrutura como um todo.

Feitosa (2016) analisa a influência de critérios e parâmetros de cálculo na estabilidade global de estruturas altas construídas com lajes lisas, como espessura das lajes, pilares-parede e núcleos rígidos, a contribuição da rigidez dos elementos estruturais e a consideração da rigidez à flexão transversal das lajes. Para realização dessas análises, Feitosa utilizou o coeficiente de instabilidade gama z e os deslocamentos da estrutura. Como conclusão, verificou-se que “a consideração da rigidez à flexão transversal das lajes influencia significativamente na estabilidade de edifícios de concreto, particularmente no caso de edifícios com sistema de lajes lisas [...]” (FEITOSA, 2016, p. 168). Dessa forma, nota-se a importância de considerar a rigidez à flexão transversal das lajes ao realizar a análise estrutural.

Silva (2017) desenvolve seu trabalho com o objetivo de avaliar a influência da espessura da laje no comportamento global do edifício. Para a análise foi considerado um edifício de múltiplos pavimentos em lajes lisas e o parâmetro de instabilidade utilizado foi o FAVt. Segundo Silva (2017, p. 69), “foi observado que o aumento da espessura das lajes pouco contribuiu para o aumento da rigidez global da estrutura frente às ações horizontais.” Ou seja, diferente dos autores citados anteriormente, Silva afirma que a variação da espessura das lajes influencia pouco na estabilidade global da estrutura.

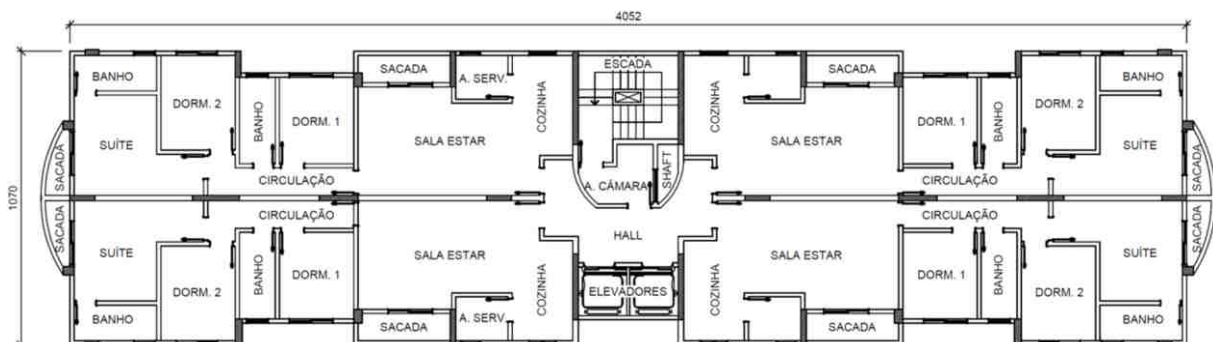
3 METODOLOGIA

Este trabalho propõe uma pesquisa experimental e descritiva, através da realização de dimensionamentos estruturais de um modelo de edificação e da variação do tipo de laje da estrutura. Os dimensionamentos foram feitos pelo método numérico utilizando o programa AltoQi Eberick. A partir dos dados obtidos foram feitas comparações e apresentação das consequências na estabilidade global devidas à alteração do tipo de laje.

3.1 Apresentação da edificação modelo

O edifício será modelado e dimensionado utilizando como referência a planta baixa representada na figura 1 que foi adaptada do trabalho de Pereira e Costa (2017). Este leiaute visa representar um pavimento tipo de um edifício residencial comum.

Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo



Fonte: Adaptado de Pereira e Costa (2017).

Para elaboração do primeiro modelo, considerando o sistema convencional de pórticos e lajes maciças em concreto armado, será utilizada a planta de formas também adaptada do trabalho de Pereira e Costa (2017), onde as seções dos pilares, vigas e lajes já estão definidas para este edifício considerando o sistema convencional de pórticos de vigas e lajes maciças. A planta de formas com as identificações dos elementos estruturais pode ser visualizada na figura 2 e no Apêndice B.

Figura 2 – Planta de formas do pavimento tipo

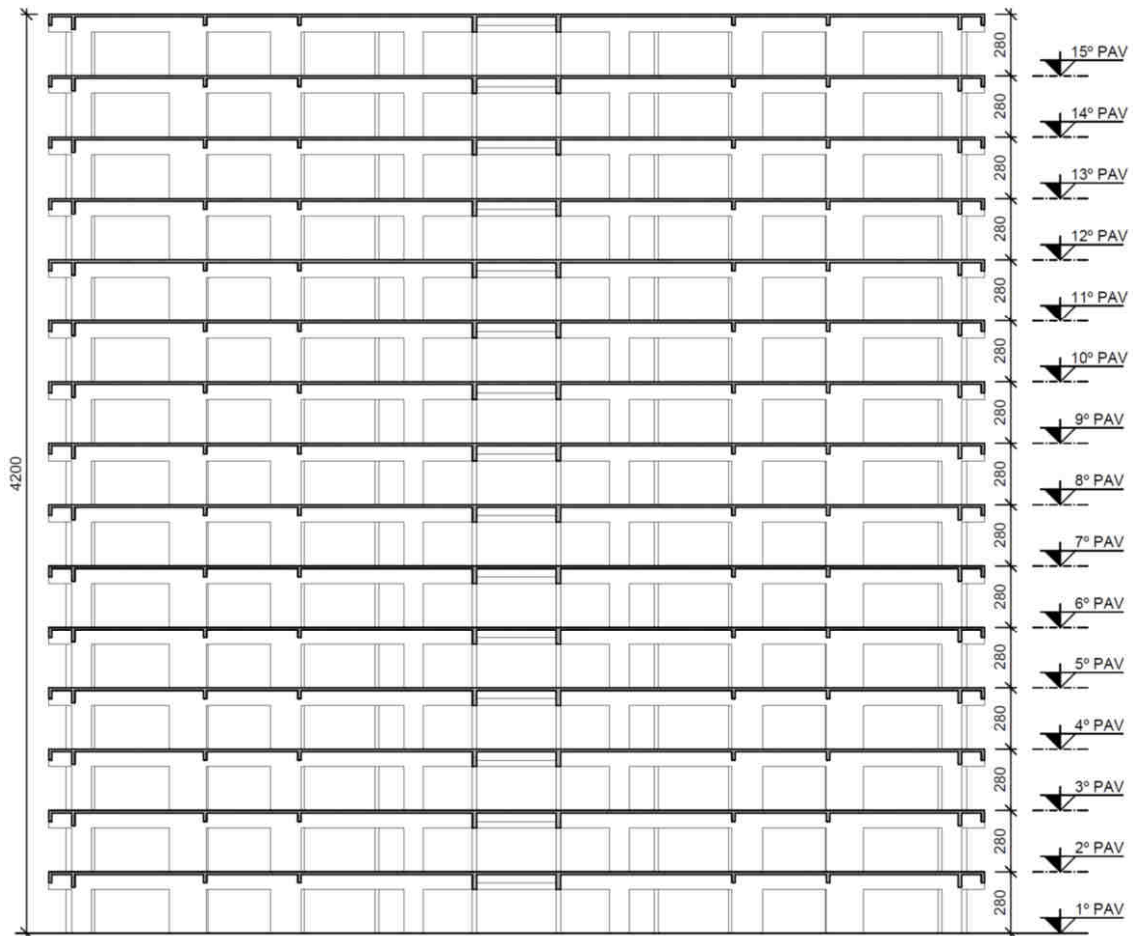


Fonte: Adaptado de Pereira e Costa (2017).

A elevação do edifício é composta por 15 pavimentos tipo e altura total de 42 m, conforme apresentado na figura 3. Esta quantidade de pavimentos foi adotada com base no projeto original utilizado como referência e que está de acordo com os edifícios mais altos da região da Grande Florianópolis, onde destacam-se edifícios entre 12 e 15 pavimentos.

Não serão considerados os níveis que normalmente compõem uma edificação usual como garagens, ático, casa de máquinas e reservatório, pois o propósito do estudo é analisar o comportamento da estabilidade global em edifícios altos, valorizando principalmente a altura total do edifício em detrimento das características de pavimentos isolados.

Figura 3 – Elevação do edifício



Fonte: Adaptado de Pereira e Costa (2017).

O desenho da elevação estrutural com mais informações e características dos elementos encontra-se no Apêndice A.

O segundo modelo de edifício é modelado e dimensionado a partir do mesmo layout do edifício convencional, porém, com a remoção das vigas para que as lajes se apoiem diretamente nos pilares. Apenas na região central da edificação, incorporando escada e elevadores, é necessário manter a existência das vigas devido às aberturas verticais entre pavimentos.

Já os demais modelos do edifício foram elaborados a partir do segundo, em lajes lisas, acrescidos de adaptações nos elementos estruturais para correção da estabilidade global, como alterações na espessura das lajes, aumento das seções dos pilares, aumento da resistência característica do concreto, e criação de núcleos rígidos na região central da edificação.

Não foram abordados o lançamento e dimensionamento das fundações desses projetos, visto que o projeto de fundações depende especificamente do solo no qual o edifício será construído. Para todos os modelos foi considerado um mesmo modelo de fundações genérico constituído de blocos e estacas, apenas para que a estrutura pudesse ser processada pelo programa. Ao final dos processamentos foram geradas plantas de cargas para cada modelo a fim de representar os esforços atuantes nas fundações.

3.2 Apresentação do programa de análise estrutural utilizado

Para a modelagem e análise estrutural dos projetos foi utilizado o programa AltoQi Eberick 2023 Enterprise. A escolha do programa foi definida pelo fato de que a empresa AltoQi apresenta em seu próprio *website* diversos artigos com informações relacionadas ao funcionamento do programa e conhecimentos técnicos sobre projeto de estruturas em concreto armado.

O programa possui uma interface interativa e várias opções de configurações de parâmetros técnicos. Muitas configurações já vêm predefinidas de acordo com os limites normatizados além de que cada menu de configuração disponibiliza um link de “Ajuda” que redireciona o usuário ao *website* da AltoQi onde encontram-se todas as informações técnicas e normativas relacionadas às configurações do menu acessado.

Durante o processamento dos projetos estruturais é comum a ocorrência de erros e avisos do programa relacionados a inconsistências do modelo estrutural criado. Cada erro ou aviso gerado pelo programa possui a opção de “Ajuda” onde o usuário será redirecionado para o *website* e encontrará a descrição completa do erro ou aviso, causas e possíveis soluções. Cabe então ao projetista decidir, de acordo com seus conhecimentos técnicos, quais soluções adotar para correção dos erros e avisos gerados pelo programa.

3.3 Modelos elaborados

Todos os processos e características aplicados durante a modelagem, dimensionamento e análise estrutural dos projetos são tratados nesta seção, como

dimensões dos elementos estruturais, cargas, critérios e parâmetros adotados. As informações estão dispostas na ordem que os processos foram executados durante a elaboração dos projetos.

3.3.1 Modelo 1 – Modelo Convencional de pórticos com vigas

A elaboração do projeto consiste basicamente nos passos de adequação das configurações de projeto, lançamento dos elementos estruturais e lançamento das cargas de lajes e de paredes. Nesta seção são tratadas cada uma dessas etapas para elaboração do projeto do modelo 1 – Modelo Convencional de pórticos com vigas.

3.3.1.1 Configurações de projeto

O programa AltoQi Eberick possui três campos de configurações gerais, encontrados na aba Estrutura – Configurações, identificados como “Projeto”, “Desenho” e “Sistema”.

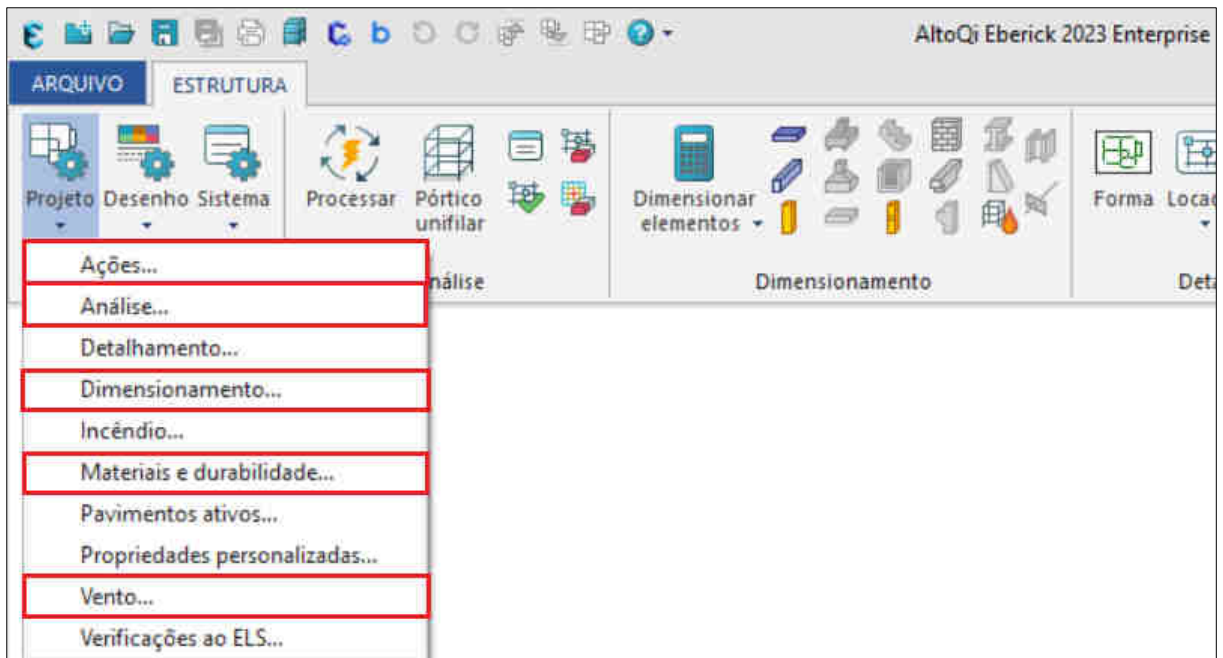
Os campos “Desenho” e “Sistema” possuem configurações relacionadas ao programa e ficam gravadas no computador em que ele está sendo utilizado. Essas configurações estão mais relacionadas a elementos gráficos e configurações de grupos padrões que poderão ser utilizados na etapa de dimensionamento de qualquer projeto.

Já o campo “Projeto” apresenta opções de configurações específicas para cada projeto que será elaborado no programa. É neste campo que se deve configurar as características dos elementos estruturais e critérios de dimensionamento.

A seguir estão apresentadas as configurações utilizadas em cada menu das configurações de projeto. Os itens que não estão sendo citados foram mantidos conforme a configuração predefinida do programa.

Os menus que devem ser editados dentro da configuração de projeto no momento da modelagem são alguns dos menus apresentados na Figura 4. São eles: Ações; Análise; Dimensionamento; Materiais e durabilidade; Vento;

Figura 4 – Menu de configurações de projeto do programa Eberick



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.1.1.1 Menu “Ações”

No menu “Ações” são apresentados os campos de fatores de combinação. Esses fatores são definidos para as ações acidentais e devem ser preenchidos de acordo com a tabela 11 da norma NBR6118 de 2014. Para edificações residenciais onde não há concentrações de pessoas devem-se adotar os valores de $\Psi_1=0,5$; $\Psi_2=0,4$; e $\Psi_3=0,3$. Os demais dados permanecem na configuração padrão do programa, conforme indicado na Figura 5.

Figura 5 – Configurações de Ações no programa Eberick

The screenshot shows the 'Ações' configuration window. On the left, a tree view under 'Tipo' lists various action types, with 'Acidental' selected. The main configuration area includes:

- Ação:** Nome: Acidental; Indicação: Q; Considerar para as lajes.
- Variabilidade:** Permanente; Acidental direta; Acidental indireta.
- Coef. de ponderação:**

Combinações	Concreto	Aço	Alvenaria
Normais (desfavorável)	1.40	1.50	1.40
Normais (favorável)	0.00	0.00	0.00
Fundações	1.00		
Construção	1.20		
Incêndio	1.00		
- Fatores de combinação:** Psi₀ = 0.50; Psi₁ = 0.40; Psi₂ = 0.30.

Buttons for 'OK', 'Cancelar', and 'Ajuda' are located at the bottom right.

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.1.1.2 Menu “Análise”

No menu “Análise” os principais campos a serem verificados são: “Geral”, “Não linearidade física”, “Imperfeições globais” e “Processo”

Para o modelo 1 de pórticos com vigas serão ajustados os valores apenas nos campos “Geral”, “Não linearidade física” e “Processo”.

O campo “Geral” contém o item “Redução no engaste para nós semirrígidos”. Os valores limites para redução de engastes em nós semirrígidos é descrito no item 14.7.3.2 da norma NBR 6118 de 2014. Para estruturas de nós fixos (coeficiente de instabilidade gama-z menor que 1,10) o limite é de 25% e para

estruturas de nós móveis o valor limite é de 10%. Para todos os modelos desse trabalho foi considerado o valor limite de 10%.

O campo “Não linearidade física” contém os itens de rigidez dos elementos estruturais. Esses valores foram ajustados conforme o item 15.7.3 da norma NBR6118 de 2014.

No campo “Processo” é possível definir o tipo de processamento que será realizado na estrutura entre as opções de “Grelhas + pórtico espacial” ou “Modelo integrado”. Para todos os modelos elaborados neste trabalho foi considerado o processamento pelo “Modelo integrado”.

Os demais campos permanecem na configuração padrão do programa. Dessa forma, as configurações do menu “Análise” ficam definidas conforme indicado na Figura 6.

Figura 6 – Configurações de Análise do programa Eberick para o modelo 1

The image shows the 'Análise' (Analysis) settings dialog box. The 'Geral' (General) section includes: 'Redução no engaste para nós semirrígidos' (10%), 'Redução na torção para os pilares' (0%), 'Redução na torção para as vigas' (85%), 'Aumento na rigidez axial dos pilares' (1), and a checkbox for 'Salvar automaticamente o projeto após o processamento'. The 'Ligação viga-pilar' (Beam-column connection) section has a checked checkbox for 'Flexibilizar ligação com pilar equivalente' and 'Aplicar para relação h/b maior que' (5). The 'Não linearidade física' (Physical non-linearity) section lists: 'Rigidez das vigas' (0.4), 'Rigidez dos pilares' (0.8), 'Rigidez das lajes' (0.3), 'Rigidez das estacas' (0.8), and 'Rigidez alvenaria estrutural' (0.8). The 'Não linearidade geométrica' (Geometric non-linearity) section includes: 'Utilizar o processo P-Delta' (checked), 'Número máximo de iterações' (10), 'Precisão mínima' (1), and 'Combinação vertical de cálculo' (1.4G1+1.4G2+1.4Q+1.1A). The 'Imperfeições globais' (Global imperfections) section shows 'Tipo de estrutura' (Estruturas usuais) and 'Combinação vertical característica' (G1+G2+Q+A). The 'Processo' (Process) section has 'Modelo integrado' selected. At the bottom are 'OK', 'Cancelar', and 'Ajuda' buttons.

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.1.1.3 Menu “Materiais e Durabilidade”

Neste menu são definidas as características de todos os componentes dos elementos estruturais.

A classe de agressividade considerada para os projetos foi a classe II (Urbana), considerando que os edifícios serão construídos em área urbana.

A resistência característica do concreto adotada foi de 30Mpa, classe de concreto C-30, para a estrutura inteira. Como a classe mínima indicada pela norma para estruturas com classe de agressividade II é C-25 e foi adotado uma classe acima, é possível considerar redução nos cobrimentos conforme o capítulo 7.4.7.6 da norma NBR6118 de 2014. Para o programa permitir a edição dos cobrimentos dessa forma, basta marcar a opção “considerar redução no cobrimento”.

Os cobrimentos de todos os elementos foram ajustados de acordo com o mínimo admissível, como indicado na Figura 7.

Figura 7 – configurações de Materiais e Durabilidade no programa Eberick

Materials e durabilidade

Aplicação
 Projeto inteiro
 Por pavimento

Pavimento
 Cobertura
 Pavimento tipo 10
 Pavimento tipo 14
 Pavimento tipo 12
 Pavimento tipo 17
 Pavimento tipo 11
 Pavimento tipo 10
 Pavimento tipo 3
 Pavimento tipo 6
 Pavimento tipo 7
 Pavimento tipo 8
 Pavimento tipo 9
 Pavimento tipo 4
 Pavimento tipo 2
 Pavimento tipo 5

Avisos
 Todas as informações estão definidas corretamente
 Detalhes...

Fluência... Barras... Classes... Protensão... OK Cancelar Ajuda

Geral

Classe de agressividade II (moderada) ...

Dimensão do agregado 19 mm

Controle rigoroso nas dimensões dos elementos

Considerar redução no cobrimento para peças com fck acima do requerido para a classe de agressividade

Abertura máxima das fissuras

Contato com o solo 0.2 mm

Contato com a água 0.1 mm

Demais peças 0.3 mm

Combinações: Frequentes

Elementos

	Concreto	Cobrimento (peças externas)	Cobrimento (peças internas)	Cobrimento (contato com o solo)	Bitolas...
Vigas	C-30	2.5 cm	2 cm	2.5 cm	Bitolas...
Pilares	C-30	2.5 cm	2 cm	4 cm	Bitolas...
Lajes	C-30	2 cm		2.5 cm	Bitolas...
Reservatórios	C-30	2 cm			Bitolas...
Blocos	C-30			4 cm	Bitolas...
Sapatas	C-30			4 cm	Bitolas...
Tubulões	C-30			4 cm	Bitolas...
Muros	C-30			2.5 cm	Bitolas...
Radier	C-30			2.5 cm	Bitolas...

Elementos pré-moldados

Concreto

Vigas C-25

Pilares C-25

Cobrimento (peças externas)

Vigas 3 cm

Pilares 3 cm

Etapas... Tipo Pré-moldado

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Ainda na janela de Materiais e Durabilidade há um menu denominado “Fluência” onde é possível ajustar o percentual de umidade média de acordo com os dados da região onde a edificação será construída. Para este trabalho considerou-se a umidade relativa média da cidade de Florianópolis-SC. Esta informação pode ser obtida no *site* do INMET que apresenta valores de umidade relativa do ar para várias cidades utilizando dados do período de 1991 a 2020, conforme indicado na Figura 8.

Figura 8 – Dados de umidade relativa do ar extraídos do *site* do INMET

Normal Climatológica do Brasil 1991-2020		Umidade Relativa do Ar Compensada Mensal e Anual (%)													
Código	Nome da Estação	UF	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
83897	FLORIANOPOLIS	SC	79,0	79,4	79,2	79,7	80,7	81,9	82,4	80,7	80,0	80,0	77,4	77,9	79,9

Fonte: Adaptado de INMET (2023).

O valor médio anual de umidade para a cidade de Florianópolis é de aproximadamente 80%. Dessa forma, as configurações de fluência ficaram definidas conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Configurações de Fluência do concreto no programa Eberick

Fluência do concreto

Umidade relativa do ar: 80 %

Vida útil prevista: 50 anos

Início do carregamento: 28 dias

Início do carregamento das paredes: 28 dias

Início da retração: 3 dias

OK Cancelar Ajuda

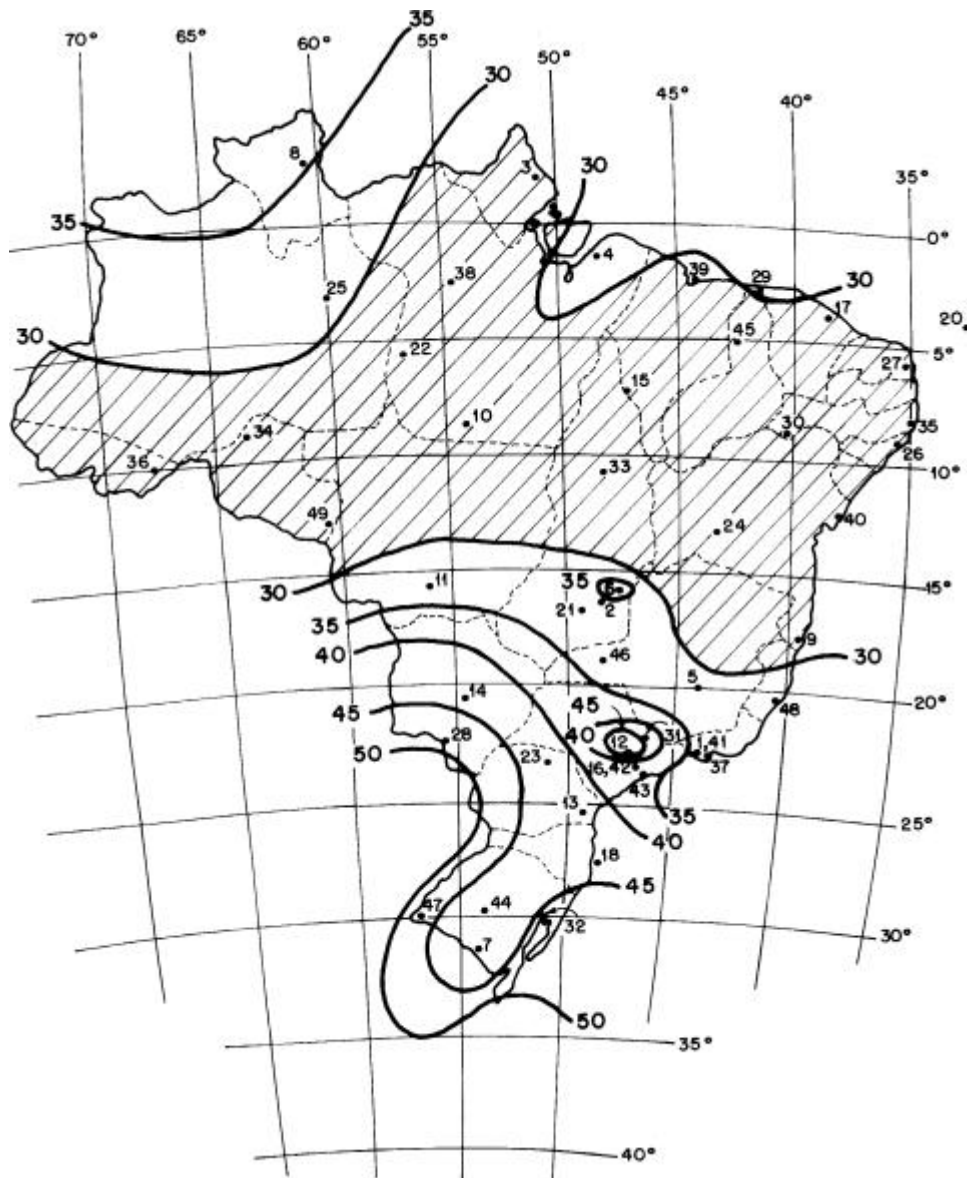
Fonte: AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.1.1.4 Menu “Vento”

No menu “Vento” devem ser ajustados os valores da velocidade básica do vento e fatores de ponderação.

Para a velocidade básica do vento, pode-se consultar o diagrama de isopletras de vento disponibilizado na norma NBR6123 de 1988 e representado na Figura 10.

Figura 10 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento no Brasil



Fonte: AltoQi (2023b).

Para as edificações estudadas neste trabalho está sendo considerada a região da Grande Florianópolis em Santa Catarina. Esta região está entre as isopletas de 40 m/s e 45 m/s. Com base nisso, definiu-se que a velocidade básica do vento para os projetos é de 42 m/s.

Para os fatores de ponderação, devem ser ajustados os parâmetros do fator S_2 que corresponde à rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno. No campo “Edificação” o valor para “Maior dimensão horizontal ou vertical” deve ser ajustado para “Entre 20 e 50 m” dadas as características da

edificação. O item “Rugosidade do terreno” deve ser ajustado para “Categoria IV”, considerando uma região urbanizada.

Os demais campos permanecem na configuração padrão do programa, conforme indicado na Figura 11.

Figura 11 – Janela de configurações de Vento

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

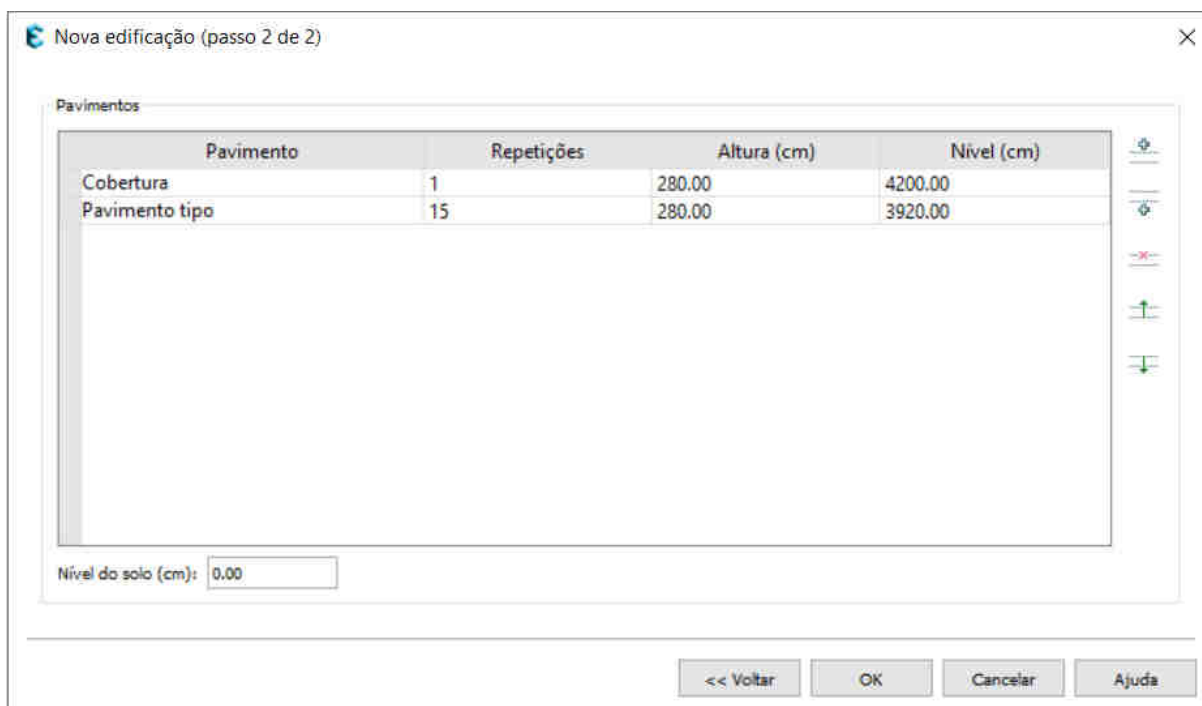
3.3.1.2 Lançamento da estrutura

Após realizadas as configurações de projeto, pode-se dar início ao lançamento dos elementos estruturais do edifício.

Na criação do projeto novo no Eberick é necessário configurar a quantidade e altura dos pavimentos do edifício de acordo com a Figura 3 que apresenta a elevação do edifício com 15 pavimentos de 2,80 m. A configuração dos pavimentos

no programa pode ser realizada conforme indicado na Figura 12, sendo considerado um pavimento intitulado “Pavimento tipo” com altura de 280 cm e 15 repetições mais um pavimento intitulado “Cobertura” com altura de 280cm.

Figura 12 – Janela de configurações de nova edificação



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Após a etapa inicial de criação do edifício, já se pode iniciar o lançamento dos elementos estruturais como pilares, vigas, lajes e fundações. As seções e posicionamento dos pilares, vigas e lajes podem ser verificadas na figura 2 já apresentada anteriormente e no Apêndice B, que corresponde à planta de formas do pavimento tipo da estrutura no modelo convencional.

Este trabalho considera a análise da superestrutura, somente, e por esse motivo as configurações de lançamento das fundações não serão discutidas.

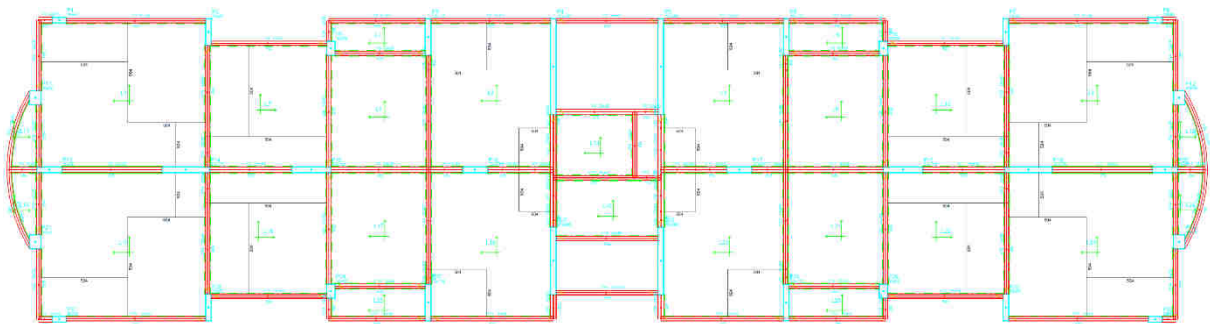
Ainda na etapa de lançamento da estrutura é importante definir as vinculações entre vigas-pilares, vigas-vigas, e o engastamento entre algumas lajes.

Para este projeto, foi definido o critério de que vinculações entre vigas-pilares são semirrígidas, exceto nos apoios de vigas em balanço onde deve ser aplicada vinculação engastada. A vinculação de vigas-vigas foi estabelecida como nós rotulados, sendo necessário verificar em cada caso qual é a viga de apoio e qual é a viga apoiada para definir a direção da rótula.

Durante a etapa de verificação dos deslocamentos verificou-se que as lajes L1, L6, L15 e L23 apresentavam deslocamentos excessivos. Uma solução encontrada foi engastar as lajes L1 com L6 e as lajes L15 com L23. Dessa forma, os deslocamentos das quatro lajes foram reduzidos ao ponto de tender os limites normativos.

As indicações de vinculações utilizando nós semirrígidos e rotulados, assim como o engastamento entre lajes pode ser verificado no desenho do croqui do pavimento tipo do modelo convencional, conforme figura 13 e no Apêndice H.

Figura 13 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo Convencional



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.3.1.3 Lançamento de cargas de lajes

Para o lançamento de cargas nas lajes da edificação é possível configurar o grupo de cargas no menu de propriedades de cada laje, individualmente.

Dentro do menu de propriedades há um grupo de configurações relacionadas as cargas acidentais e de revestimento, conforme representado na Figura 14.

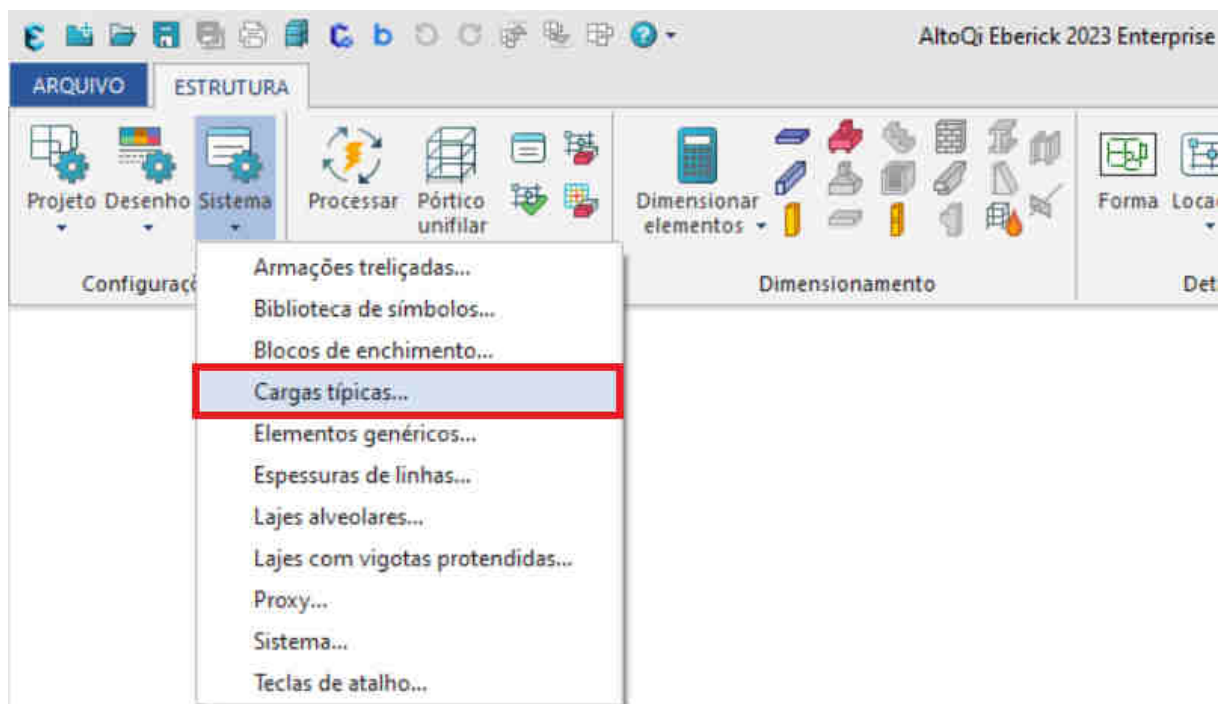
Figura 14 – Janela de propriedades de lajes

The image shows a software window titled "Laje" (Slab) with the following configuration options:

- Nome:** L1
- Tipo:** Maciça
- Grelha:** Grelha...
- Ambiente:** Externo
- Cargas (highlighted in red):**
 - Grupo:** Residencial - TCC
 - Acidental:** 150 kgf/m²
 - Revestimento:** 154.5 kgf/m²
 - Extra:** 0 kgf/m² (Buttons: Editar..., Remover)
 - Temperatura e retração:** 0 °C (Buttons: Editar..., Remover)
- Vigota protendida:**
 - Tipo:** Vigota protendida com bloco cerâmico
 - Arranjo:** Simple
 - Altura:** dropdown
- Enchimento:**
 - Tipo:** dropdown
 - Dimensão:** dropdown
- Seção:**
 - Espessura:** 12 cm
 - Elevação:** 0 cm
 - ec:** 5 cm
 - ee:** 7 cm
 - enx:** 6 cm
 - eny:** 6 cm
 - espesura:** [input field]
- Buttons:** OK, Cancelar, Desenho..., Ajuda

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Para facilitar a configuração de cargas das lajes o programa disponibiliza a opção de selecionar um “grupo”, o qual pode ser cadastrado no menu Estrutura-Configurações-Sistema-Cargas típicas indicado na Figura 15.

Figura 15 – Menu de configurações de Sistema no programa Eberick

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

O próprio Eberick possui vários grupos de cargas configurados de acordo com a norma NBR6120 de 2019 e valores típicos de revestimento.

A norma NBR6120 de 2019 apresenta alguns valores de cargas uniformemente distribuídas de acordo com o tipo de edifício e ambientes.

Nota-se que para os principais ambientes de áreas autônomas em edifícios residenciais os valores das cargas são de $1,5 \text{ kN/m}^2$ ou 150 kgf/m^2 , conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores característicos nominais de cargas variáveis da norma NBR 6120 de 2019

Local	Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN	
Cozinhas não residenciais ^a	3	–	
Câmara fria	5	–	
Depósitos de uso geral ^a As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	q	
Locais sujeitos ao acúmulo de mercadorias, incluindo zonas de acesso Materiais de armazenagem (ver 6.9) Supermercados (ver item nesta Tabela)	7,5	q	
Edifícios residenciais	Dormitórios	1,5	–
	Sala, copa, cozinha	1,5	–
	Sanitários	1,5	–
	Dispensa, área de serviço e lavanderia	2	–
	Quadras esportivas	5 ^a	–
	Salão de festas, salão de jogos	3 ^a	–
	Áreas de uso comum	3 ^a	–
	Academia	3 ^a	–
	Forro acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,r}	–
	Sótão	2 ^a	–
	Corredores dentro de unidades autônomas	1,5	–
Corredores de uso comum	3	–	
Depósitos	3	–	
Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)			
Jardins (ver item nesta Tabela)			

Fonte: Adaptado de ABNT (2019).

Como no edifício que está sendo analisado, 95% da área do pavimento é constituída por ambientes de unidades autônomas, e de forma a simplificar o modelo numérico do trabalho, considerou-se 150 kgf/m² para todas as lajes do projeto.

Além das cargas variáveis é necessário configurar a carga do revestimento das lajes. Para a definição desse valor, utilizou-se a configuração predefinida do programa para ambientes residenciais como sala e dormitórios, itens “008 –

Residencial – Dormitório” e “012 – Residencial – Sala”, conforme indicado na Figura 16.

Figura 16 – Janela de Cargas típicas do programa Eberick

Revestimento	Espessura (cm)	Peso específico (kgf/m³)
Pavimento	1	1800
Contra-piso	5	2100
Impermeabilização	0	1200
Regularização	0	2100
Reboco	1,5	2100
Forro suspenso	0	1250

Diagrama de corte de piso: Pavimento, Contra-piso, Impermeabilização, Regularização, Laje, Reboco, Forro suspenso.

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.1.4 Lançamento de cargas de parede

O lançamento de cargas das paredes é muito semelhante ao lançamento de cargas das lajes, exceto que nesse caso não há cargas acidentais, apenas as cargas do peso próprio da alvenaria com revestimentos.

A adição de cargas de paredes que estão sobre vigas pode ser realizada na janela de propriedades de cada viga, no campo “Cargas no trecho”, indicado na Figura 17. Para adicionar a carga basta clicar na opção “lançar” e inserir as informações relativas à alvenaria de vedação e sua altura no trecho.

Figura 17 – Janela de propriedades de vigas no Eberick

Viga

Dados da viga

Nome: V1

Ambiente: Externo

Modelo...

Seção do trecho

Tipo: retangular

bw: 15 cm h: 70 cm

bf: 0 cm hf: 0 cm

Obter elevação para viga invertida

Elevação: 0 cm

Manter seção constante na viga

Cargas no trecho

Carga de parede: 0.00 kgf/m Lançar... Remover

Carga extra: 0 kgf/m Editar... Remover

Temperatura e retração: 0 °C Editar... Remover

OK Cancelar Desenho... Ajuda

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

O tipo de alvenaria pode ser selecionado no campo “Grupo” de acordo com os grupos padrões do programa ou grupos adicionados pelo projetista. Para o projeto em questão foi utilizado o grupo de alvenaria predefinido pelo programa para bloco cerâmico vazado de 14 cm mais revestimento de 2cm em cada lado, conforme indicado na Figura 18.

A altura da parede no trecho da viga deve ser preenchida de acordo com cada trecho, correspondendo à altura do pavimento menos a altura da viga do pavimento superior.

Figura 18 – Janela de adição de cargas de paredes no Eberick

Parede

Dimensões

Grupo: 08 - Bl. vedação cerâmico vazado 1

Altura: 230 cm Espessura: 18 cm

Carga: 432.40 kgf/m Peso: 1044.44 kgf/m²

Aberturas

Inserir

Editar

Excluir

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Para as paredes apoiadas diretamente em lajes é necessário lançar as cargas de uma maneira diferente. Na aba Modelo – Cargas – Linear, o programa permite fazer o lançamento de cargas de parede como cargas lineares sobre as lajes do projeto. Para isso, é necessário clicar na opção “Linear” indicada na Figura 19 e posteriormente no menu “Lançar” mostrado na Figura 20.

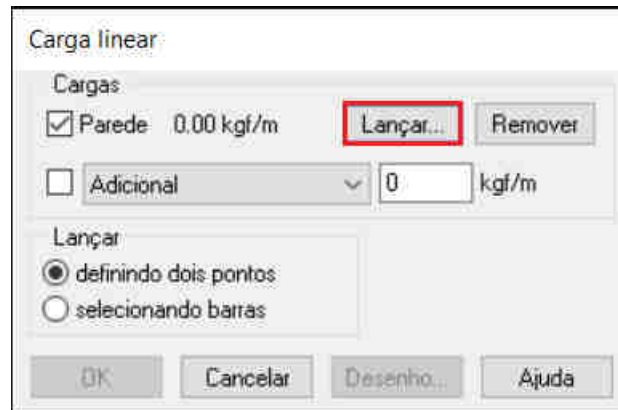
Após essa etapa, configuram-se as características da alvenaria de vedação e sua altura, da mesma forma que realizado para cargas de parede sobre vigas. Importante lembrar que neste caso a altura das paredes é igual a altura do pavimento menos a espessura da laje, dado que não há vigas no trecho a ser lançado.

Figura 19 – Lançamento de cargas de parede sobre laje



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Figura 20 – Janela de adição de cargas de paredes sobre laje no Eberick



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

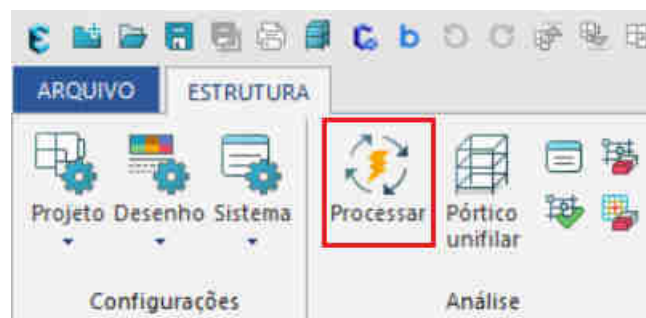
3.3.1.5 Cópia do croqui para os demais pavimentos

Após a realização do lançamento de todos os elementos estruturais e cargas do pavimento tipo 1, pode-se copiar o croqui para os demais pavimentos. No pavimento “Cobertura” deve-se apenas remover as cargas de paredes em toda a edificação, exceto nas bordas, onde deve-se ajustar a altura das paredes correspondendo à platibanda. No projeto em questão, foi considerada a altura de 120 cm para a platibanda.

3.3.1.6 Processamento da estrutura

Com o lançamento de todo o edifício finalizado, realizou-se o processamento completo da estrutura através do item Estrutura – Análise – Processar, indicado na Figura 21.

Figura 21 – Processamento da estrutura



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Na janela de configurações de processamento foram marcados os itens de dimensionamento de todos os elementos, determinação dos deslocamentos do pórtico e lajes com cálculo da rigidez fissurada, apresentados na Figura 22.

Para este trabalho não foram consideradas análises dinâmicas do pórtico e lajes.

Figura 22 – Janela de configurações de processamento no Eberick

The image shows a software configuration window titled "Análise da estrutura". It is divided into three main sections, each with a title and several options:

- Estado-limite Último (ELU)**
 - Análise estática linear
 - Verificação das etapas construtivas
 - Dimensionamento dos elementos
 - Dimensionar todos os elementos
 - Dimensionar elementos selecionados
 - Verificar limites de redistribuição em nós semirrígidos
- Estado-limite de deformações excessivas (ELS-DEF)**
 - Determinação dos deslocamentos do pórtico
 - Adotar rigidez configurada
 - Calcular rigidez fissurada
 - Determinação dos deslocamentos das lajes
 - Adotar rigidez configurada
 - Calcular rigidez fissurada
- Estado-limite de vibrações excessivas (ELS-VE)**
 - Análise dinâmica do pórtico
 - Análise dinâmica das lajes
 - Verificar todos os pavimentos
 - Verificar pavimentos selecionados

At the bottom of the window, there are four buttons: "OK", "Cancelar", "Configurar...", and "Ajuda".

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Durante a análise do modelo 1 – Modelo Convencional, foram realizados ajustes na estrutura e configurações de parâmetros até que o dimensionamento pudesse ser realizado completamente. Foram realizadas verificações do dimensionamento de todos os elementos no Estado e Limite Último (ELU) e Estado de Limite de Serviço (ELS).

A seguir serão tratadas as principais verificações de ELU e ELS realizadas, sendo que as configurações dos elementos estruturais e parâmetros de projeto apresentados nos passos anteriores já estão de acordo com a versão final do projeto.

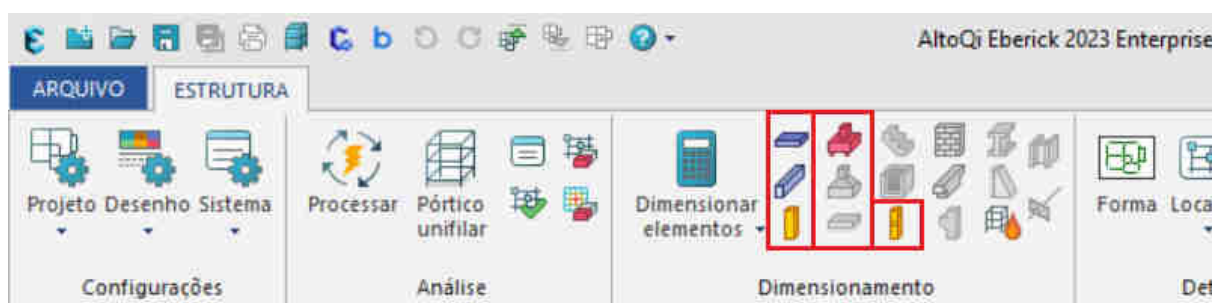
Vale ressaltar que o processo de análise estrutural de um projeto novo é totalmente iterativo, sendo necessário verificar e ajustar a estrutura várias vezes buscando o refinamento do projeto como um todo até que se alcance o modelo final mais adequado.

Também é importante frisar que este modelo de edifício foi elaborado com base num projeto acadêmico simplificado, de onde foram extraídos os dados iniciais de todos os elementos estruturais. Por esse motivo, é possível que alguns elementos estejam superdimensionados. Como o objetivo principal do trabalho é avaliar a variação da estabilidade global entre vários modelos com origem no mesmo modelo inicial, o processamento do primeiro modelo visa apenas gerar dados de referência.

3.3.1.7 Verificações de dimensionamento em ELU e ELS

Para a verificação dos dimensionamentos realizados pelo programa durante o processamento da estrutura ou para realizar dimensionamentos de elementos isolados, o programa apresenta janelas de dimensionamento para cada tipo de elemento estrutural na aba Estrutura – Dimensionamento, representada na Figura 23.

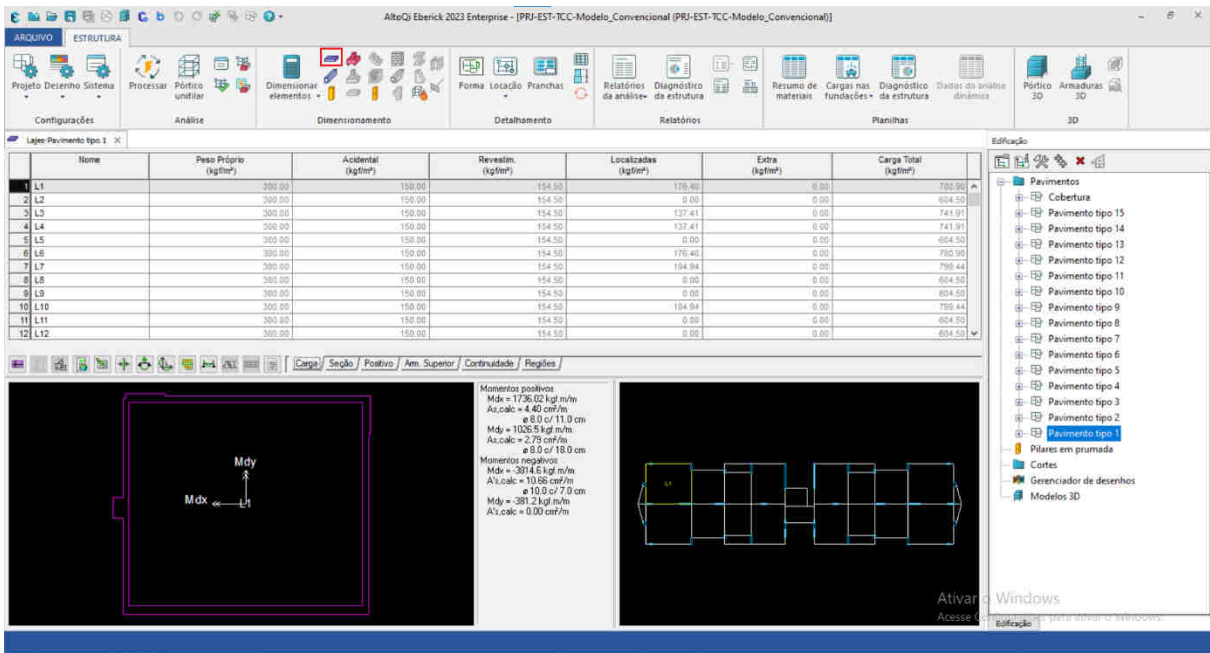
Figura 23 – Dimensionamento de elementos estruturais no Eberick



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Na janela de dimensionamento de lajes são disponibilizados diversos menus e abas para verificação dos dimensionamentos realizados de acordo com o ELU e ELS, conforme apresentado na Figura 24.

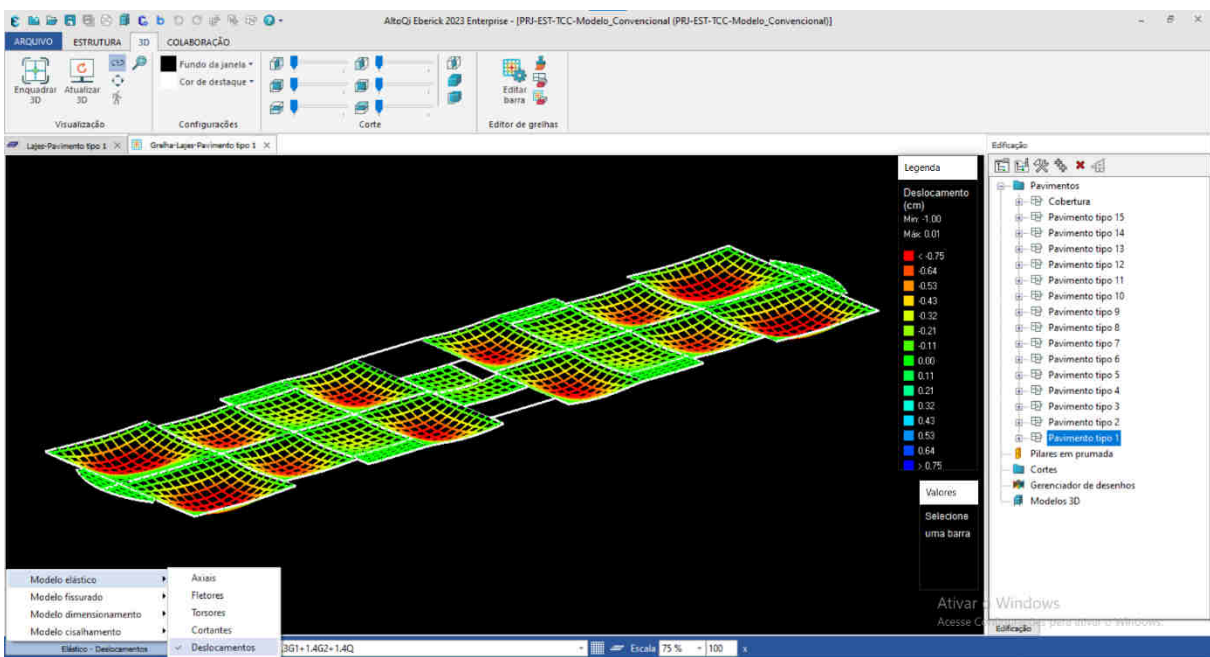
Figura 24 – Dimensionamento de Lajes



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Vale ressaltar o menu de visualização de grelha para verificação de diversos itens de esforços, momentos e deslocamentos, conforme indicado na Figura 25.

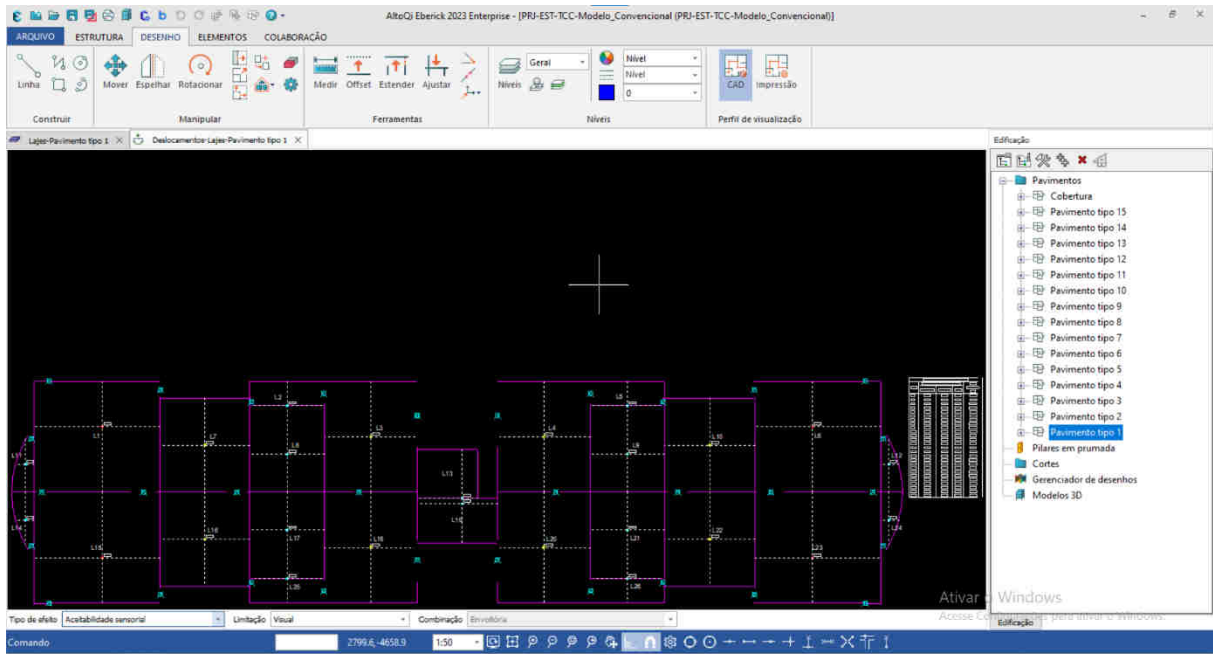
Figura 25 – Visualização de lajes em grelha no Eberick



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Outro menu com utilização frequente durante as etapas de dimensionamento de lajes é o menu de deslocamentos, apresentado na Figura 26.

Figura 26 – Visualização dos deslocamentos em lajes no Eberick

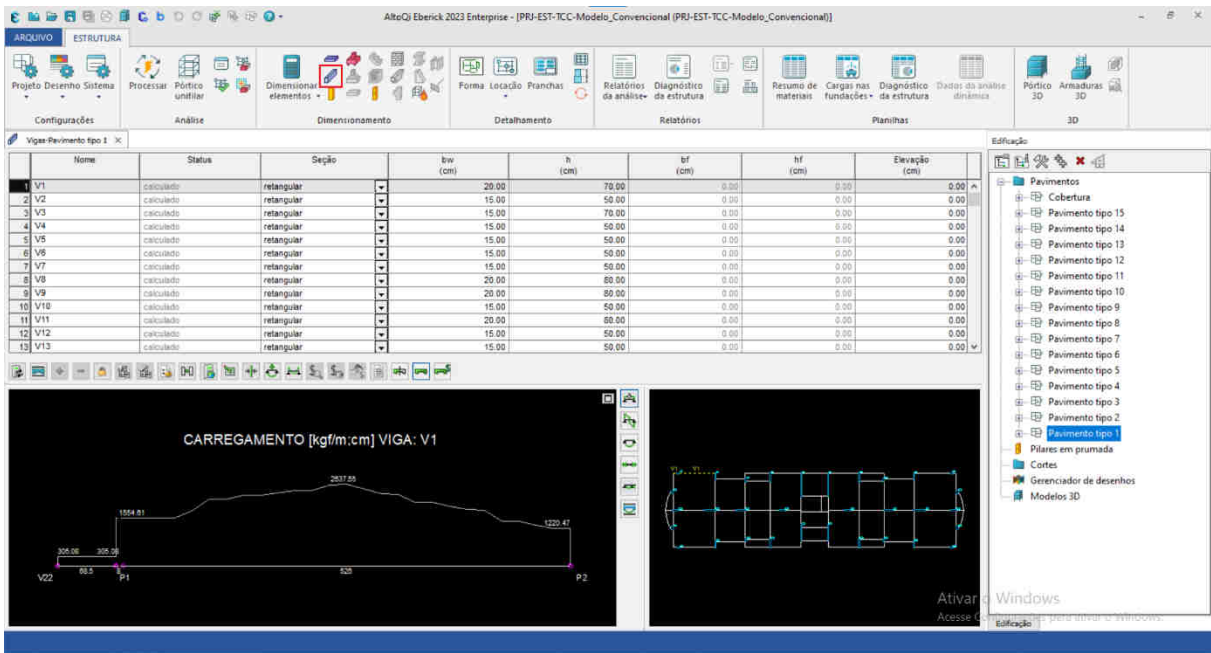


Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Na janela de dimensionamento de vigas, representado na Figura 27, também são apresentados diversos menus e abas para verificação dos dimensionamentos. Assim como no dimensionamento de lajes, destaca-se o menu de deslocamentos, onde é possível verificar os deslocamentos máximos de cada trecho de viga.

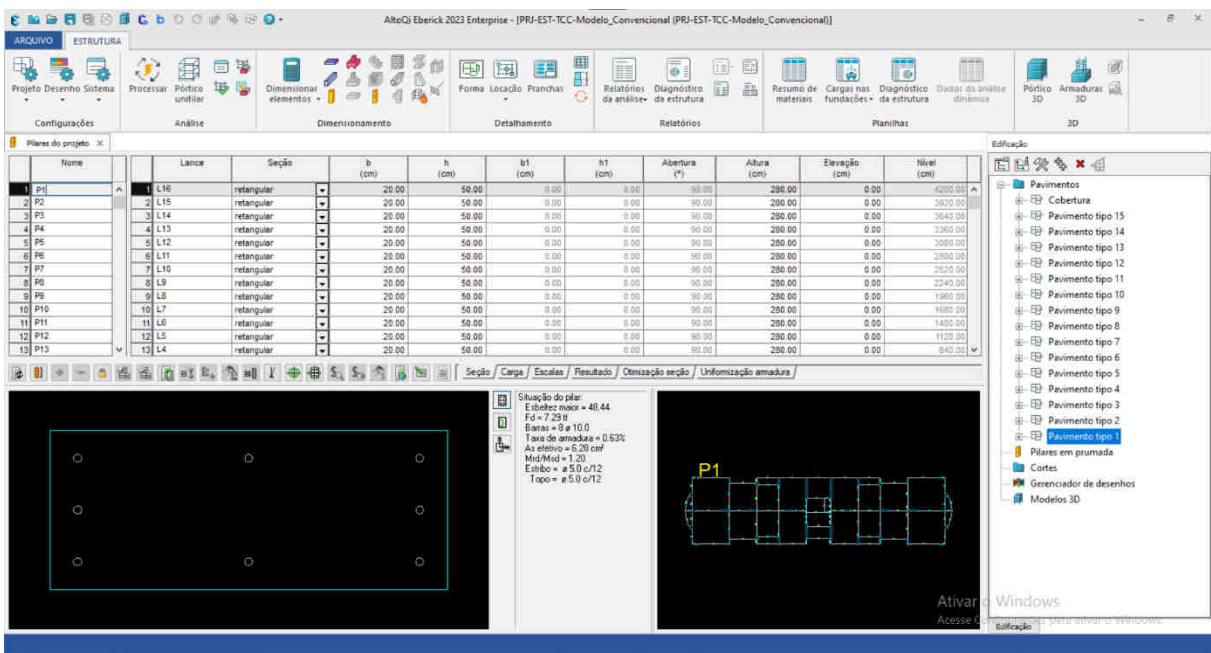
O dimensionamento de pilares pode ser acessado pela janela de dimensionamento de pilares que apresentam apenas os lances do pavimento selecionado ou pela janela de dimensionamento de pilares em prumada que apresenta os dados de todos os lances dos pilares. A janela de dimensionamento de pilares em prumada é apresentada na Figura 28.

Figura 27 – Dimensionamento de Vigas



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Figura 28 – Dimensionamento de Pilares

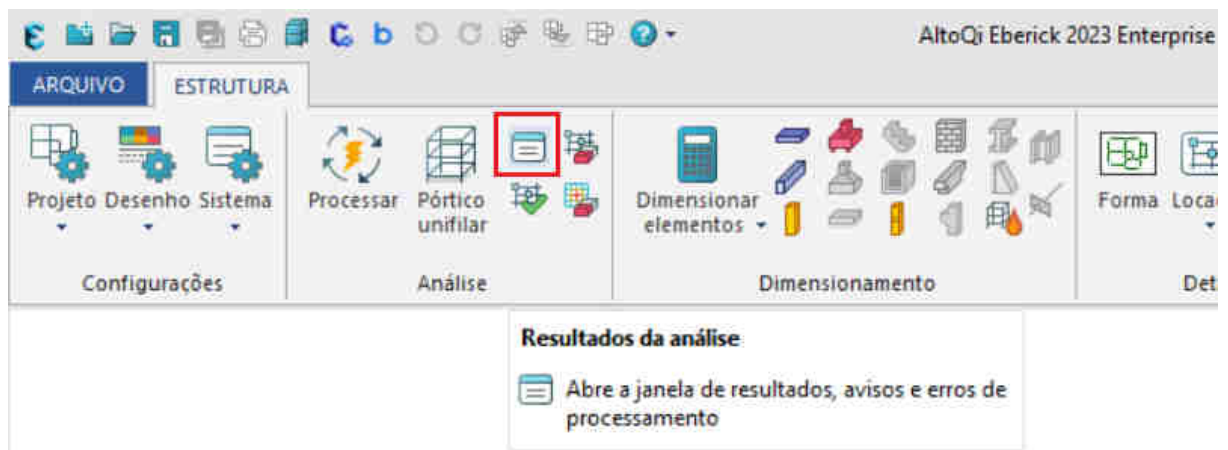


Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.1.8 Emissão dos resultados e planta de cargas

Para a emissão dos resultados que serão utilizados para avaliação da estabilidade global do edifício basta clicar no menu “Resultados da análise” localizado na aba Estrutura – Análise, conforme indicado na Figura 29.

Figura 29 – Menu Resultados da análise no Eberick

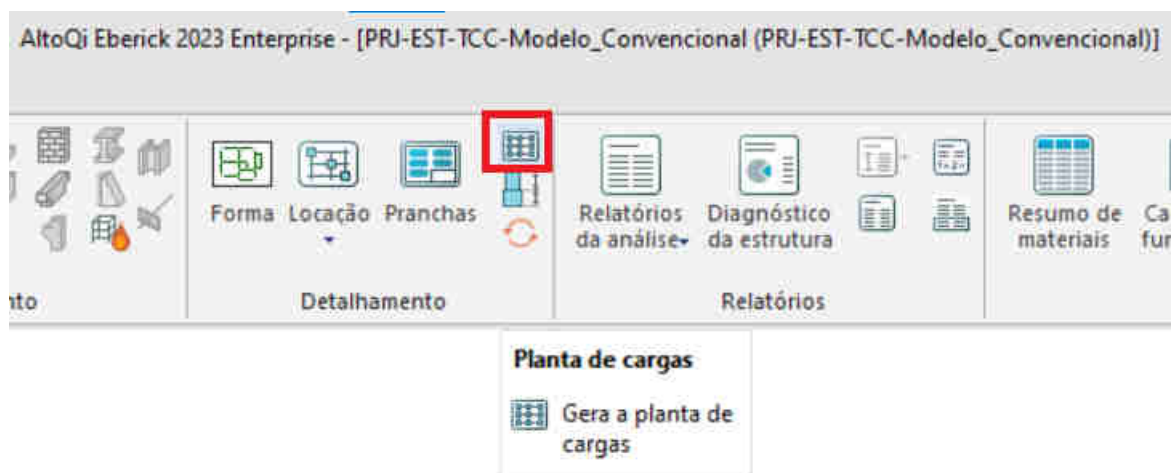


Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Nesta janela são disponibilizadas as principais informações sobre cargas verticais, deslocamentos horizontais no topo da edificação, coeficiente gama-z, efeitos de segunda ordem.

Para geração da planta de cargas basta clicar no menu “Planta de cargas” localizado na guia “Detalhamento”, conforme indicado na Figura 30.

Figura 30 – Menu de geração de planta de cargas no Eberick



Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Após a geração da planta de cargas pelo programa, a planta pode ser exportada em arquivo CAD.

3.3.2 Modelo 2 – Lajes Lisas

Para elaboração do modelo 2 – Lajes Lisas, foi copiado e renomeado o arquivo do projeto do modelo 1. O objetivo disso é realizar apenas as mudanças necessárias partindo do projeto base que é o Modelo Convencional.

A primeira etapa de modificação para adaptação do projeto ao sistema de lajes lisas é realizar algumas alterações nas configurações de projeto antes de alterar a estrutura.

3.3.2.1 Alterações nas configurações de projeto

Nas configurações de projeto, o único menu que deve ser alterado é o menu “Análise”.

3.3.2.1.1 Alterações no Menu “Análise”

Neste menu, deve ser alterado o item “Tipo de estrutura” no campo “Imperfeições globais” para a opção “Predominância em laje plana”. Além disso deve ser acessado o menu “Painéis de lajes”, conforme indicado na Figura 31.

Figura 31 – Alterações no menu “Análise” para o modelo 2 no programa Eberick

Análise

Geral

Redução no engaste para nós semirrígidos %

Redução na torção para os pilares %

Redução na torção para as vigas %

Aumento na rigidez axial dos pilares ...

Salvar automaticamente o projeto após o processamento

Ligação viga-pilar

Flexibilizar ligação com pilar equivalente

Aplicar para relação h/b maior que ...

Não linearidade física

Rigidez das vigas Ec.lc

Rigidez dos pilares Ec.lc

Rigidez das lajes Ec.lc

Rigidez das estacas Ec.lc

Rigidez alvenaria estrutural Ea.l

Não linearidade geométrica

Utilizar o processo P-Delta

Número máximo de iterações

Precisão mínima %

Combinação vertical de cálculo
1.4G1+1.4G2+1.4Q+1.1A ...

Imperfeições globais

Tipo de estrutura:

- Predominância em laje plana
- Estruturas usuais
- Predominância em laje plana
- Pilares em balanço

Processo

Grelhas + pórtico espacial

Modelo integrado

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Dentro da janela de “Painéis de lajes” é necessário ajustar o espaçamento de faixas das lajes para 25 cm, conforme indicado na Figura 32.

Figura 32 – Alterações na janela “Painéis de lajes” para o modelo 2 no programa Eberick

Painéis de lajes

Espaçamento das faixas

Lajes maciças cm

Número mínimo de faixas em uma direção

Capitéis cm

Regiões maciças cm

Vigas de fundação cm

Paredes cm

Aberturas

Dispensar de tratar como aberturas os furos que atendam simultaneamente:

Dimensão máxima cm

Distância entre furos maior que

L/2

cm

Distância do apoio maior que L/4

Modelo para dimensionamento

Simplificado

Completo

Pilar

Distância mínima para considerar pilar dentro da laje cm

Grelha não linear

Continuidades

Redistribuição máxima %

Aplicar para taxas de armadura maiores que %

Demais Casos

Redistribuição máxima %

Aplicar para taxas de armadura maiores que %

Nº máximo de iterações

Paredes

Concentrar armadura no topo / base para tração superior a lf

Região de interesse % h

Coefficiente de empuxo

Escadas

Modelo para análise

Pavimentos independentes

Projeto inteiro

Desconsiderar o pilar para distância menor que cm

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.2.1.2 Alterações no Menu “Dimensionamento”

No Menu “Dimensionamento” é necessário acessar a aba “Lajes” e clicar no menu “Punção”, indicado na Figura 33.

Ao abrir a janela de configurações de punção é necessário que o item “Verificar lajes à punção” esteja marcado, como indicado na Figura 34.

Figura 33 – Alterações na janela de dimensionamento de lajes no programa Eberick

Dimensionamento [Lajes]

Pilares Pilares PM Vigas Vigas PM Lajes Sapatas Blocos Muros Paredes de alvenaria

Armadura positiva

Comprimento mínimo do trecho cm

Espaçamento máximo

Principal cm

Secundária cm

Ancoragem

Momento positivo mínimo a ser considerado na ancoragem Kgf.m

Tração mínima a ser considerada na ancoragem Kgf/m

Permitir ancoragem na laje adjacente

Aberturas

Dispensar armadura de reforço em aberturas circulares

Permitir abertura interceptando nervura em laje pré-fabricada

Armadura das continuidades

Diâmetro mínimo

Espaçamento máximo cm

Cisalhamento

Dispensar verificação ao cisalhamento

Espaçamento múltiplo cm

Espaçamento mínimo cm

Espaçamento máximo

Definido por norma

Adotar % d

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Figura 34 – Alterações na janela de configurações de punção no programa Eberick

Punção

Geral

Verificar lajes à punção

Considerar armadura mínima

Distribuição da armadura

radial

perpendicular

Espaçamento máximo das armaduras

Primeira linha à partir da face do pilar cm

Entre as linhas de armadura cm

Número de linhas

Conectores

Diâmetro

Tipo de aço

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

3.3.2.2 Alterações na estrutura

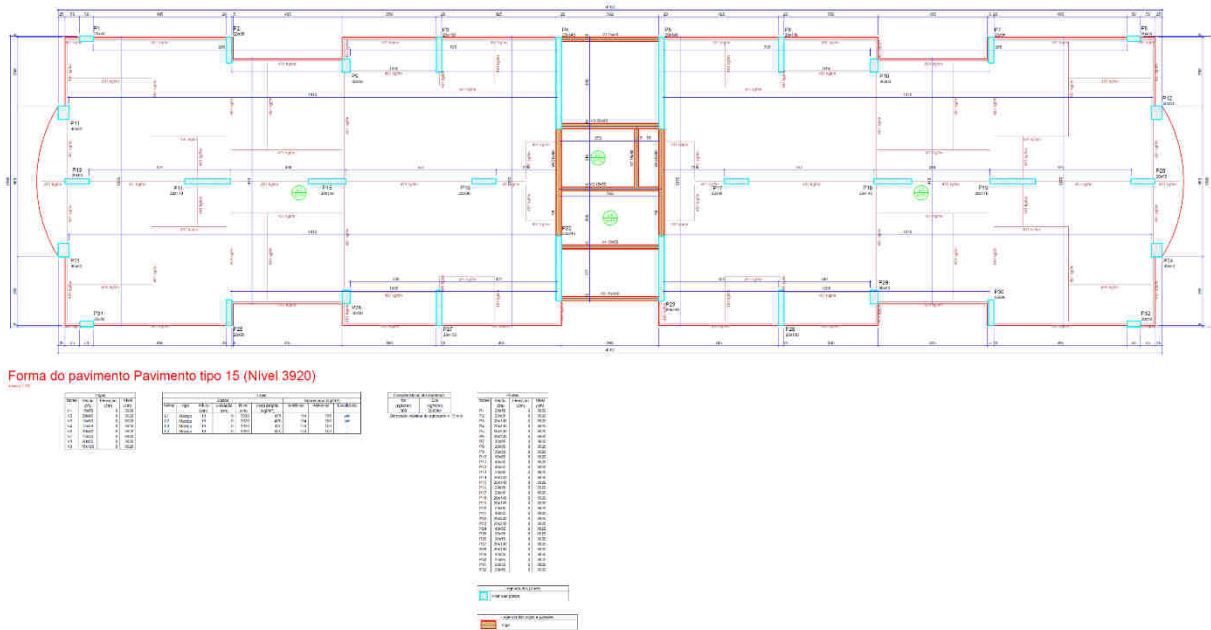
Após as alterações nas configurações de projetos foram realizadas as alterações no lançamento da estrutura. Primeiramente foram removidas as vigas, exceto as da região central da edificação entre elevadores e escada. Foi lançado as barras de bordo livre em todo o perímetro de cada lado da edificação e lançado lajes maciças com a espessura mínima indicada na norma NBR 6118 de 2014 que, para lajes lisas, é de 16 cm.

Após o processamento da estrutura foi constatado que que lajes de 16 cm não eram suficientes para o dimensionamento de Estado de Limite Último (ELU). Com isso, foram realizados incrementos de 1 cm na espessura das lajes até que as lajes atendessem os limites de ELU e pudessem ser dimensionadas. O atendimento ao ELU foi atingido com lajes de 19cm de espessura.

Após o atendimento de ELU e dimensionamento dos elementos foi feita a verificação das deformações e constatou-se que as lajes de 19 cm também atenderam o Estado de Limite de Serviço (ELS).

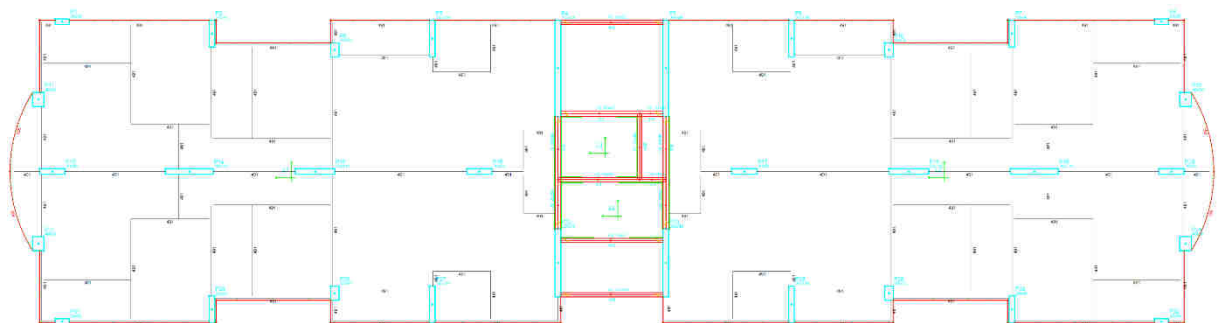
A planta de formas do pavimento tipo do Modelo 2 – Lajes Lisas – pode ser consultada na figura 35 e no Apêndice C assim como o croqui de lançamento da estrutura no programa Eberick que está apresentado na figura 36 e no Apêndice I.

Figura 35 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas



Fonte: Elaboração própria (2023).

Figura 36 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.3.2.3 Alterações nas cargas de parede

Antes de processar a estrutura foi necessário lançar as cargas de paredes que antes estavam sobre as vigas que foram retiradas. Para isso, as cargas foram lançadas como cargas lineares conforme já explicado para lançamento de cargas de paredes sobre lajes.

3.3.2.4 Cópia do croqui para os demais pavimentos

Após realizados todos os ajustes no pavimento tipo 1 foi copiado o croqui para os demais pavimentos. O pavimento cobertura é o único que necessita de alterações nas cargas de paredes para adequar somente às platibandas.

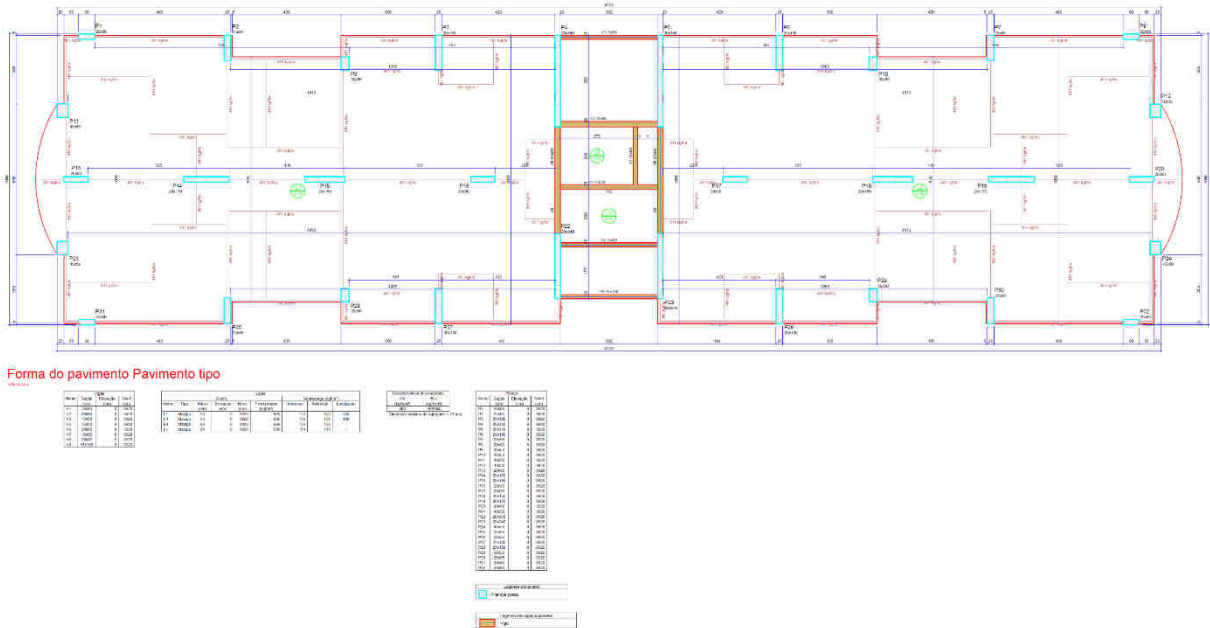
Após a adequação completa da estrutura basta realizar o processamento completo e emissão dos resultados de análise e planta de cargas.

3.3.3 Modelos 3 a 8 – Alternativas apresentadas

Como o modelo de lajes lisas apresentou valores elevados de instabilidade global, foram propostos mais quatro modelos com alterações nos principais elementos estruturais para tentativa de diminuição da instabilidade. As alternativas apresentadas foram: aumento da espessura das lajes, aumento das seções dos pilares, aumento da resistência característica do concreto, e utilização de pilares tipo “U” na região central do edifício.

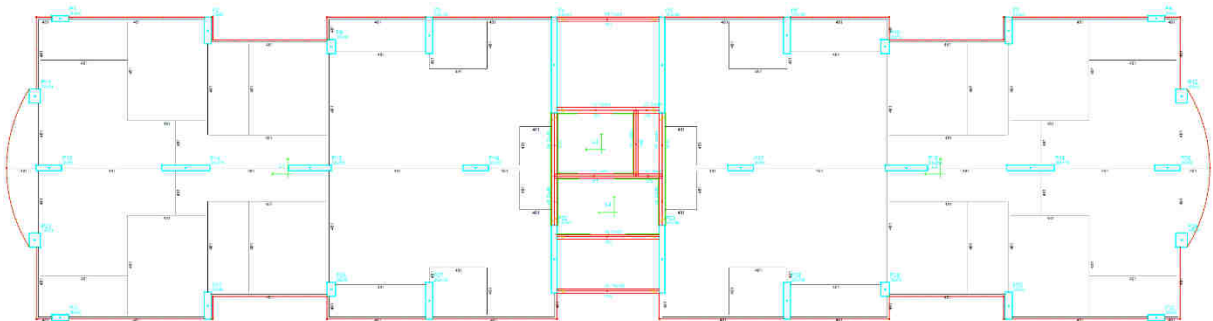
O Modelo 3 – Lajes lisas adaptadas com aumento na espessura das lajes em 5 cm – foi realizado com o incremento de espessura das lajes em 5 cm, passando da espessura original de 19 cm para 24 cm. A planta de formas do pavimento tipo do Modelo 3 pode ser consultada na figura 37 e no Apêndice D assim como o croqui de lançamento da estrutura no programa Eberick que está apresentado na figura 38 e no Apêndice J.

Figura 37 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm



Fonte: Elaboração própria (2023).

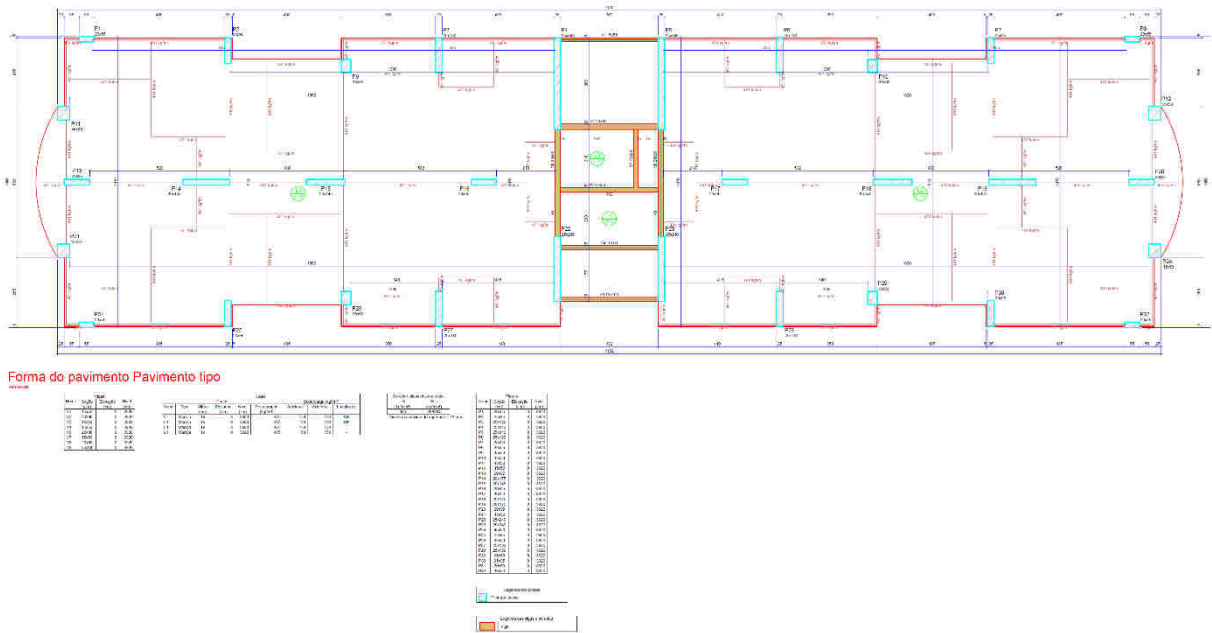
Figura 38 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm



Fonte: Elaboração própria (2023).

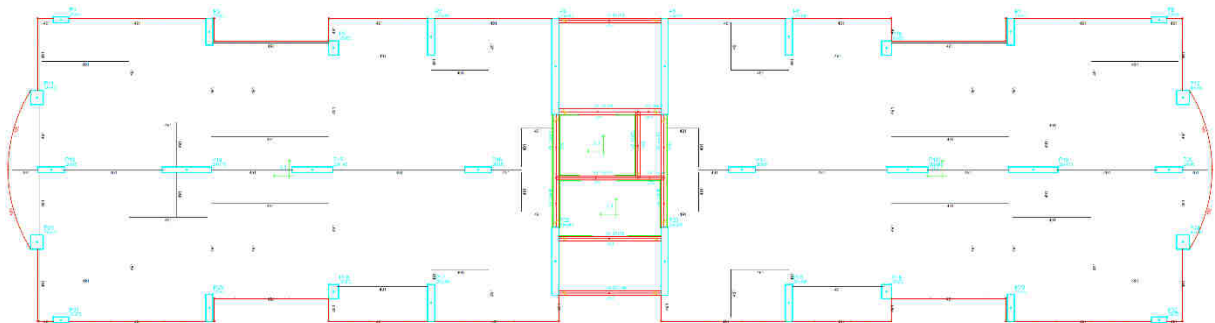
O Modelo 4 – Lajes lisas adaptadas com aumento na espessura dos pilares em 5 cm – foi realizado com o incremento de 5 cm na seção de todos os pilares na direção X, em que o gama-z se apresentou mais desfavorável. A planta de formas do pavimento tipo do Modelo 4 pode ser consultada na figura 39 e no Apêndice E, assim como o croqui de lançamento da estrutura no programa Eberick que está apresentado na figura 40 e no Apêndice K.

Figura 39 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm



Fonte: Elaboração própria (2023).

Figura 40 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm



Fonte: Elaboração própria (2023).

O quinto modelo proposto foi elaborado com a alteração da classe de resistência do concreto de todos os elementos do projeto para C-50. Essa alteração é realizada nas configurações de projeto – Materiais e Durabilidade, conforme indicado na Figura 41. A planta de formas do pavimento tipo do Modelo 5 pode ser consultada na figura 42 e no Apêndice F, assim como o croqui de lançamento da estrutura no programa Eberick que está apresentado na figura 43 e no Apêndice L.

Figura 41 – Alterações nas configurações Materiais e durabilidade para o modelo 5 no programa Eberick

Materials e durabilidade

Aplicação
 Projeto inteiro
 Por pavimento

Pavimento
 Estrutura
 Pavimento tipo 15
 Pavimento tipo 14
 Pavimento tipo 13
 Pavimento tipo 12
 Pavimento tipo 11
 Pavimento tipo 10
 Pavimento tipo 9
 Pavimento tipo 8
 Pavimento tipo 7
 Pavimento tipo 6
 Pavimento tipo 5
 Pavimento tipo 4
 Pavimento tipo 3
 Pavimento tipo 2
 Pavimento tipo 1

Aviões

Existem 2 problemas nas propriedades definidas
 Detalhes...

Geral
 Classe de agressividade: II (moderada) ...
 Dimensão do agregado: 19 mm
 Controle rigoroso nas dimensões dos elementos
 Considerar redução no cobrimento para peças com fck acima do requerido para a classe de agressividade

Abertura máxima das fissuras
 Contato com o solo: 0.2 mm
 Contato com a água: 0.1 mm
 Demais peças: 0.3 mm
 Combinações: Frequentes

Elementos

	Material	Cobrimento (peças externas)	Cobrimento (peças internas)	Cobrimento (contato com o solo)	Bitolas...
Vigas	C-50	2.5 cm	2 cm	2.5 cm	Bitolas...
Pilares	C-50	2.5 cm	2 cm	4 cm	Bitolas...
Lajes	C-50	2 cm		2.5 cm	Bitolas...
Reservatórios	C-50	2 cm			Bitolas...
Blocos	C-50			4 cm	Bitolas...
Sapatas	C-50			4 cm	Bitolas...
Tubulões	C-50			4 cm	Bitolas...
Muros	C-50			2.5 cm	Bitolas...
Radier	C-50			2.5 cm	Bitolas...

Elementos pré-moldados

	Material	Cobrimento (peças externas)	Bitolas...
Vigas	C-25	3 cm	Bitolas...
Pilares	C-25	3 cm	Bitolas...

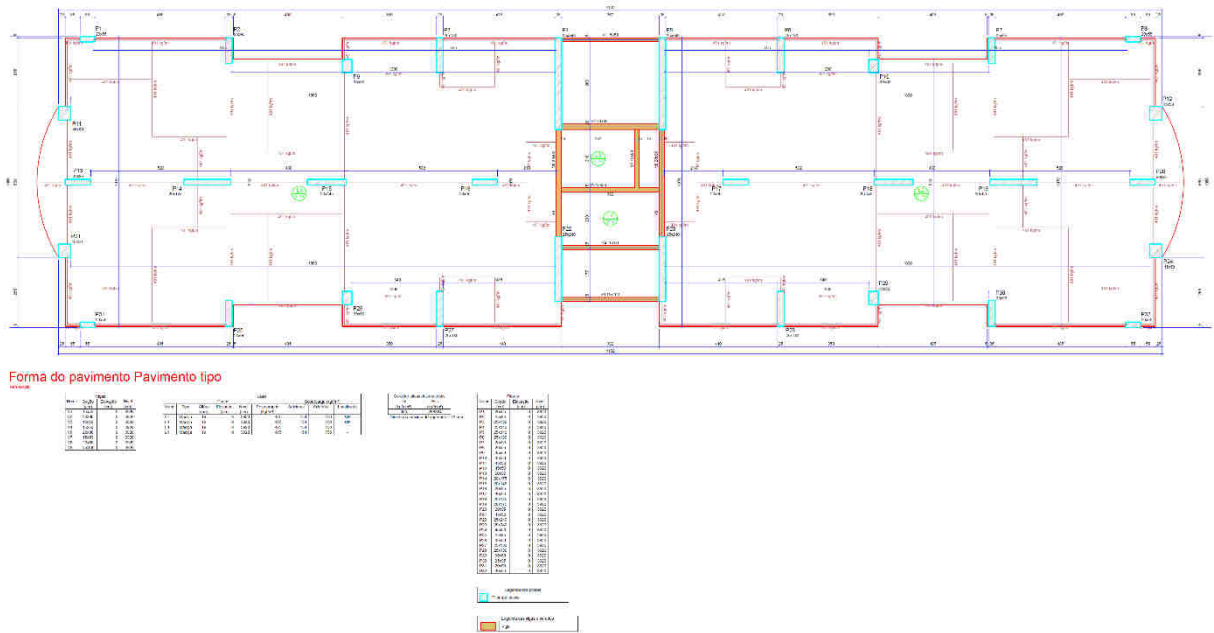
Etapas...

Tipo: Pré-moldado

Fluência... Barras... Classes... Protensão... OK Cancelar Ajuda

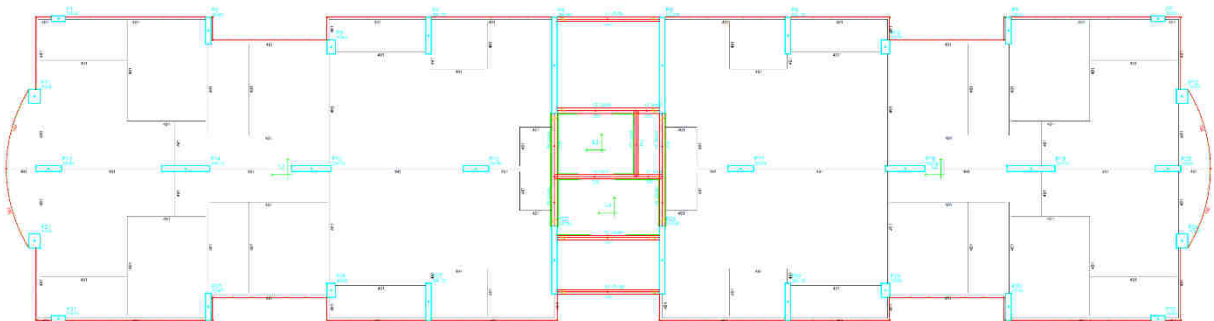
Fonte: Adaptado de AltoQi Eberick 2023 Enterprise (2023).

Figura 42 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50



Fonte: Elaboração própria (2023).

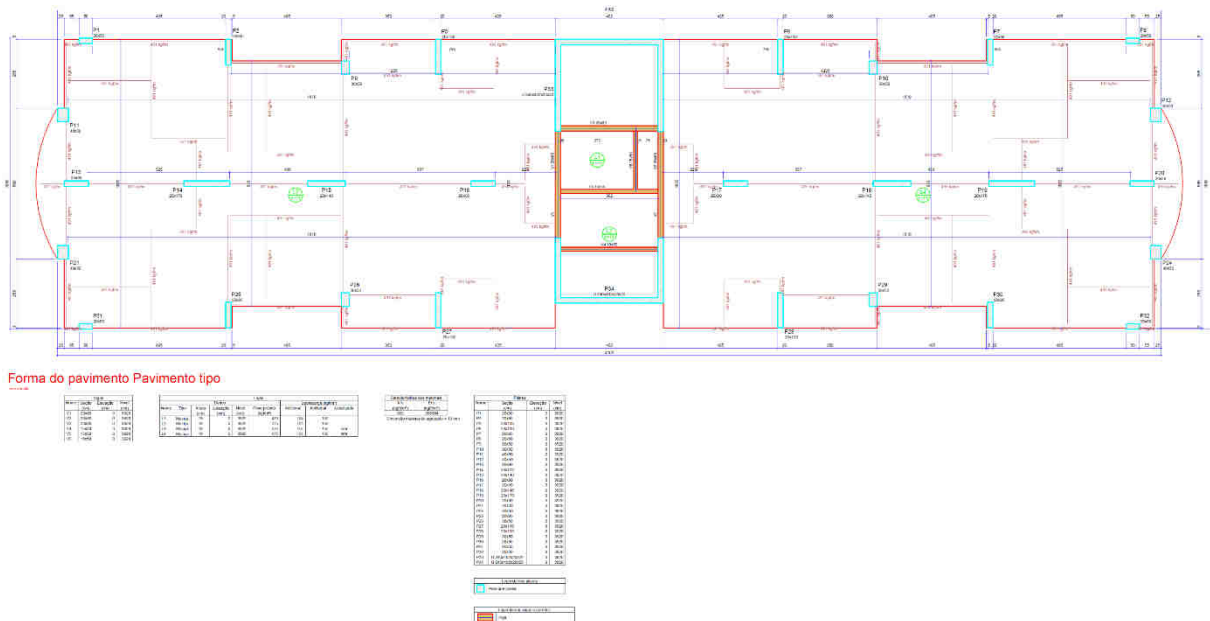
Figura 43 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50



Fonte: Elaboração própria (2023).

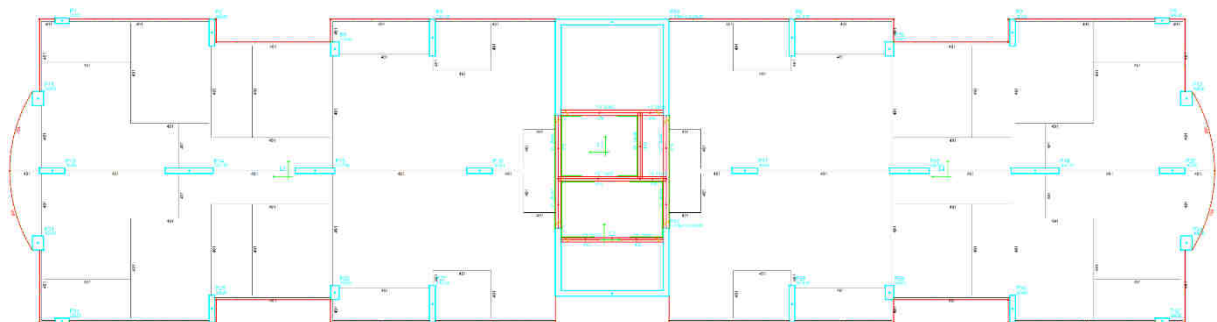
O sexto e último modelo foi elaborado realizando a alteração dos pilares centrais da edificação para pilares em formato de “U”. As dimensões e posicionamento dos pilares, assim como as vinculações utilizadas podem ser verificadas na planta de formas e croqui. A planta de formas do pavimento tipo do Modelo 6 pode ser consultada na figura 44 e no Apêndice G, assim como o croqui de lançamento da estrutura no programa Eberick que está apresentado na figura 45 e no Apêndice M.

Figura 44 – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”



Fonte: Elaboração própria (2023).

Figura 45 – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”



Fonte: Elaboração própria (2023).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção estão apresentados os resultados da análise estática linear realizada em todos os modelos elaborados.

Os valores utilizados para a verificação da estabilidade global são: deslocamentos horizontais, coeficiente de instabilidade gama-z, e coeficiente P-Delta.

O coeficiente P-Delta é indicado em percentual, pois representa uma relação entre os deslocamentos de 2ª ordem, calculados no Processo P-Delta, sobre os deslocamentos de 1ª ordem.

Além da apresentação dos resultados, a seção 4.7 traz uma tabela resumo com os valores de todos os modelos e uma análise comparativa entre eles. Nesta análise é possível definir uma ordem de eficácia entre os modelos alternativos apresentados.

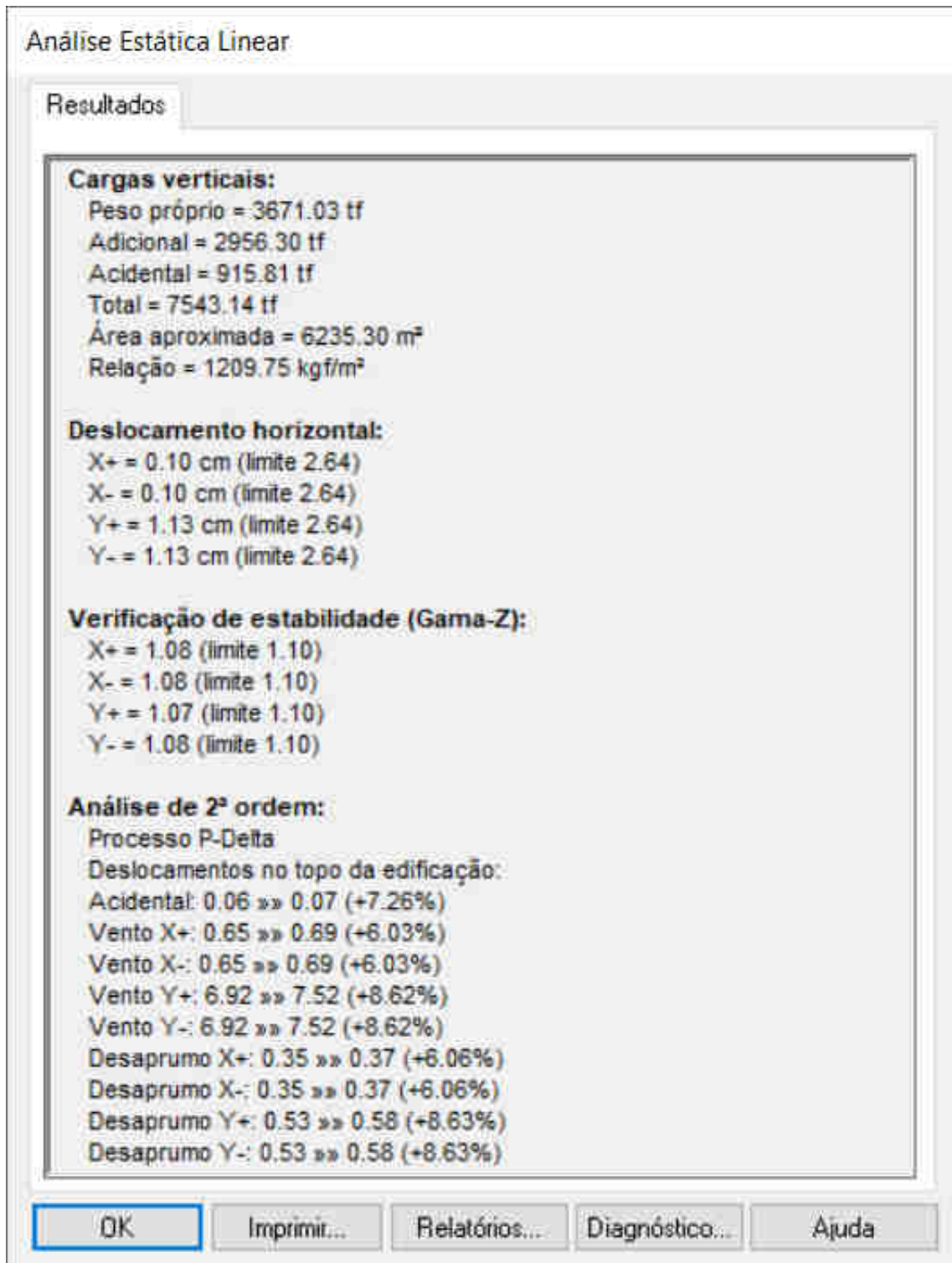
4.1 Modelo 1 – Modelo Convencional de pórticos com vigas

A Figura 46 apresenta os resultados da análise do Modelo 1:

- a) o deslocamento horizontal máximo foi de 1,13 cm na direção Y;
- b) o gama-z máximo foi de 1,08 na direção X e negativa de Y;
- c) o P-Delta máximo foi de 8,63% na direção Y.

Os resultados de cargas nas fundações podem ser verificados na planta de cargas do Modelo 1 no Apêndice N.

Figura 46 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo convencional



Fonte: Elaboração própria (2023).

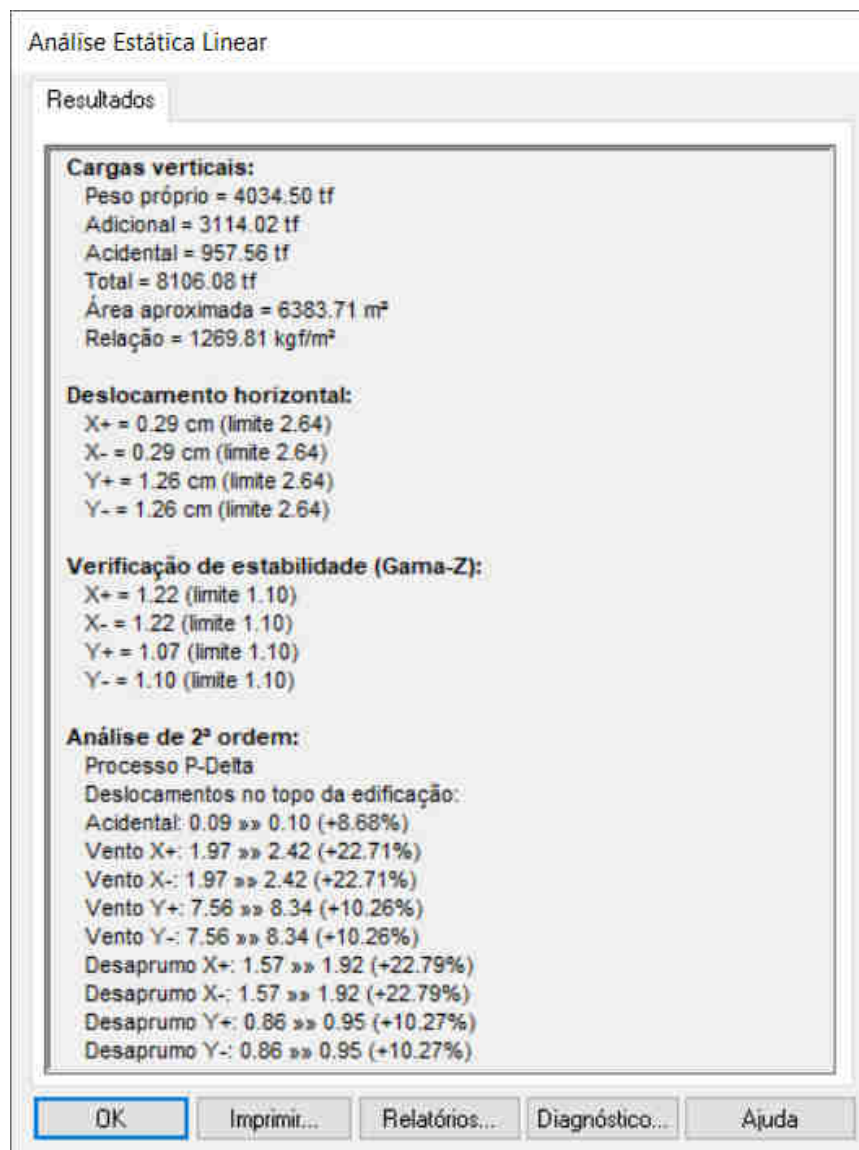
4.2 Modelo 2 – Lajes Lisas

A Figura 47 apresenta os resultados da análise do Modelo 2:

- o deslocamento horizontal máximo foi de 1,26 cm na direção Y;
- o gama-z máximo foi de 1,22 na direção X;
- o P-Delta máximo foi de 22,79% na direção X.

Os resultados de cargas nas fundações podem ser verificados na planta de cargas do Modelo 2 no Apêndice O.

Figura 47 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas



Fonte: Elaboração própria (2023).

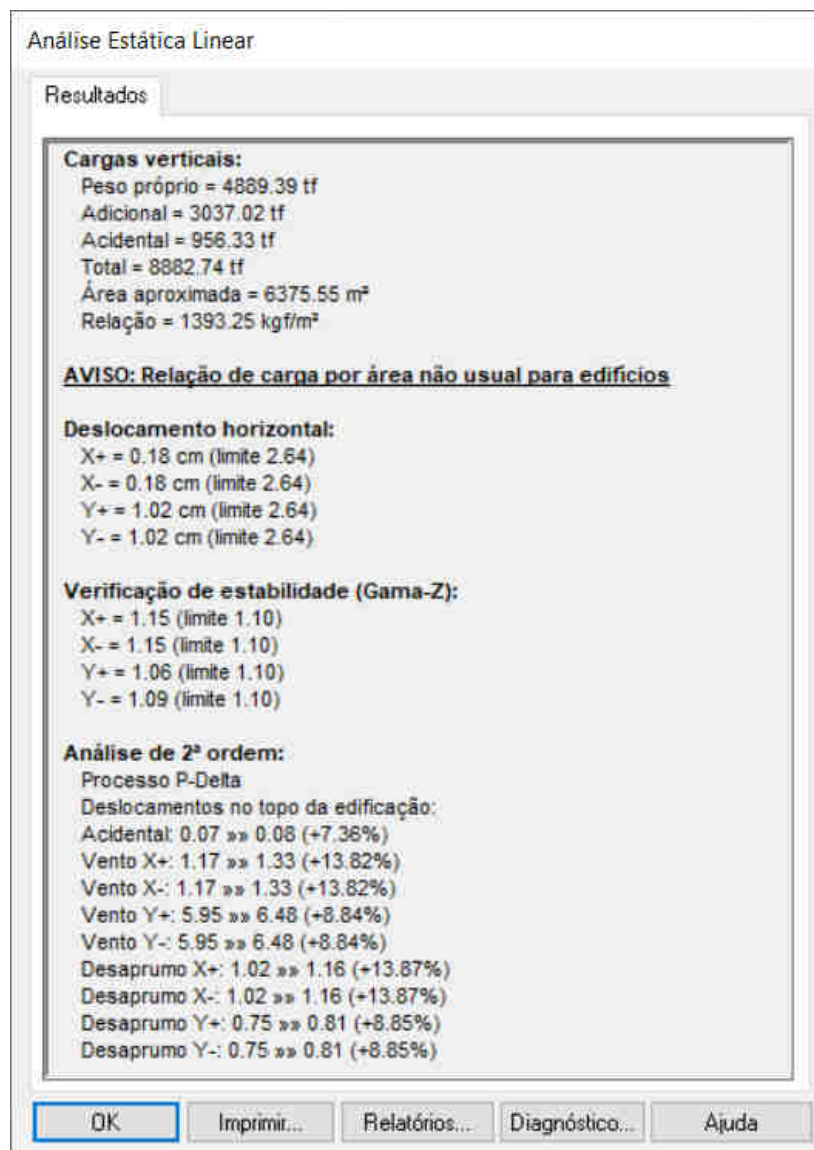
4.3 Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm

A Figura 48 apresenta os resultados da análise do Modelo 3:

- o deslocamento horizontal máximo foi de 1,02 cm na direção Y;
- o gama-z máximo foi de 1,15 na direção negativa de X;
- o P-Delta máximo foi de 13,87% na direção X.

Os resultados de cargas nas fundações podem ser verificados na planta de cargas do Modelo 3 no Apêndice P.

Figura 48 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm



Fonte: Elaboração própria (2023).

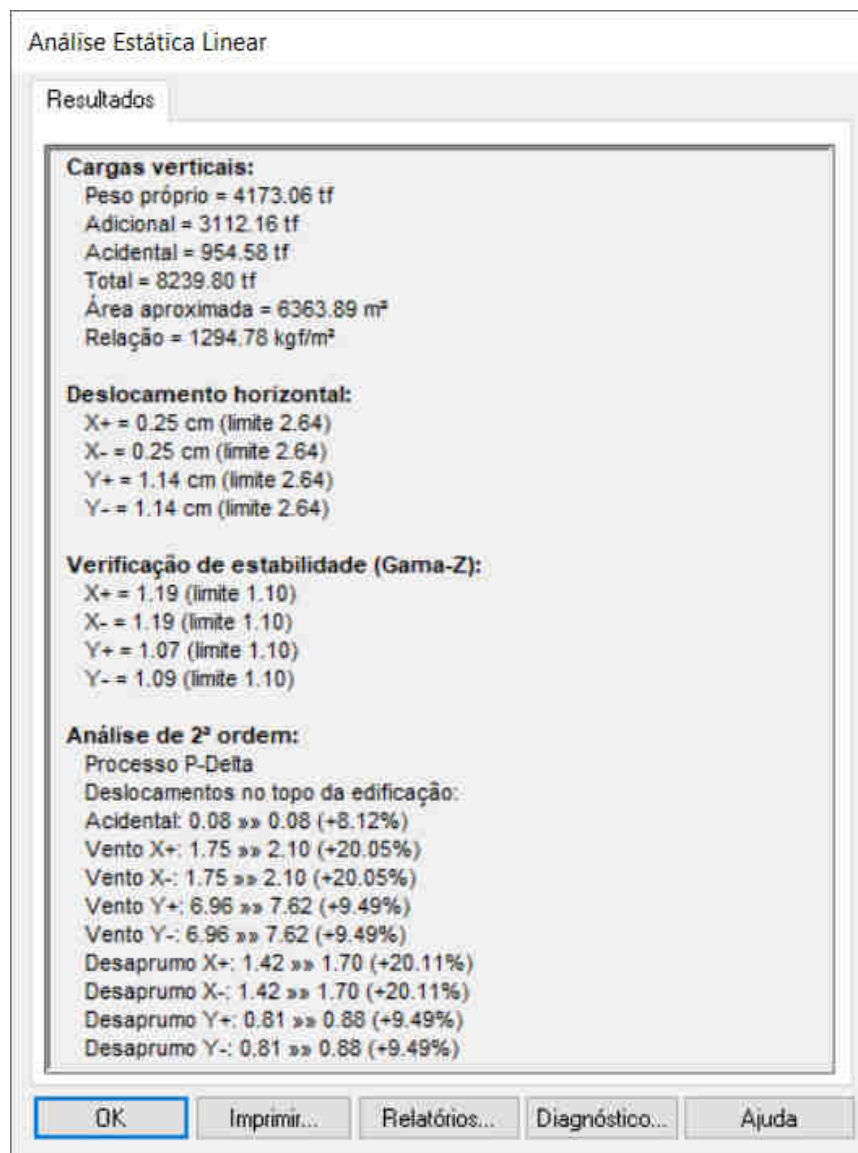
4.4 Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm

A Figura 49 apresenta os resultados da análise do Modelo 4:

- o deslocamento horizontal máximo foi de 1,14 cm na direção Y;
- o gama-z máximo foi de 1,19 na direção X;
- o P-Delta máximo foi de 20,11% na direção X.

Os resultados de cargas nas fundações podem ser verificados na planta de cargas do Modelo 5 no Apêndice Q.

Figura 49 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm



Fonte: Elaboração própria (2023).

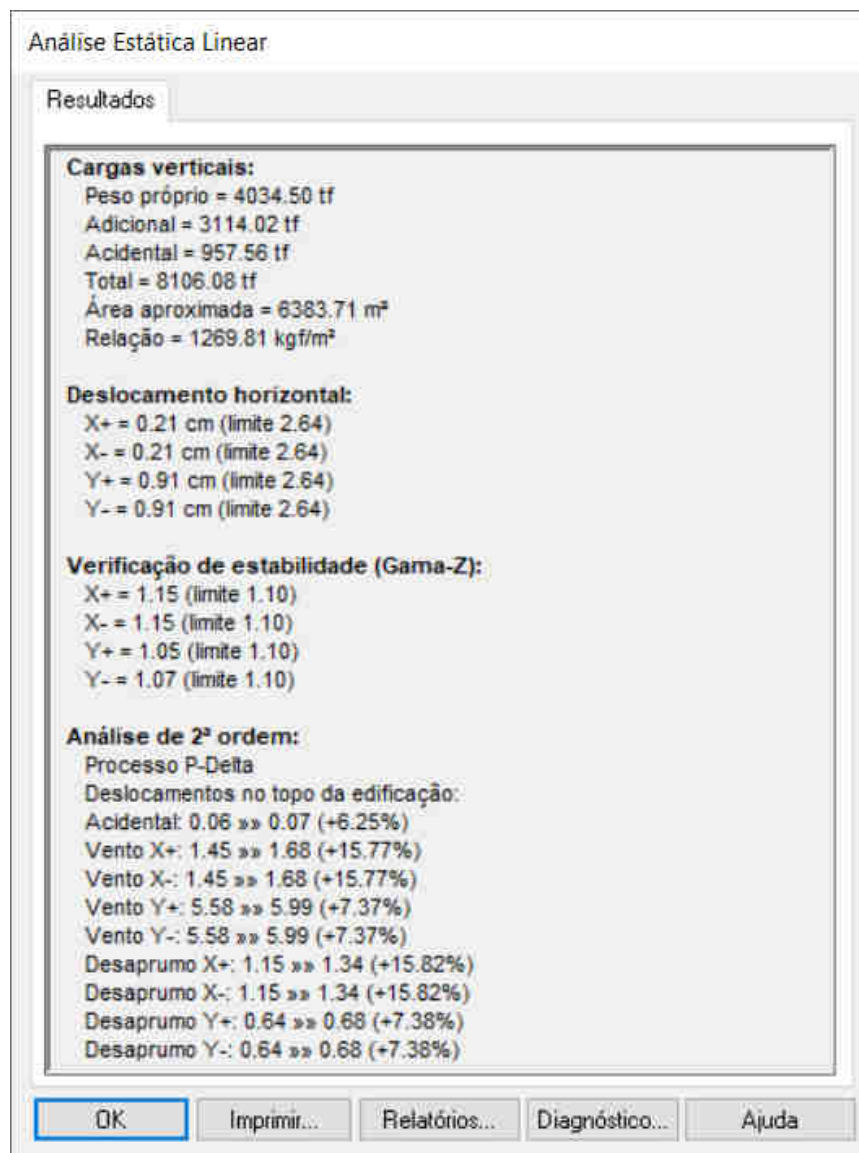
4.5 Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50

A Figura 50 apresenta os resultados da análise do Modelo 5:

- o deslocamento horizontal máximo foi de 0,91 cm na direção Y;
- o gama-z máximo foi de 1,15 na direção X;
- o P-Delta máximo foi de 15,82% na direção X.

Os resultados de cargas nas fundações podem ser verificados na planta de cargas do Modelo 5 no Apêndice R.

Figura 50 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50



Fonte: Elaboração própria (2023).

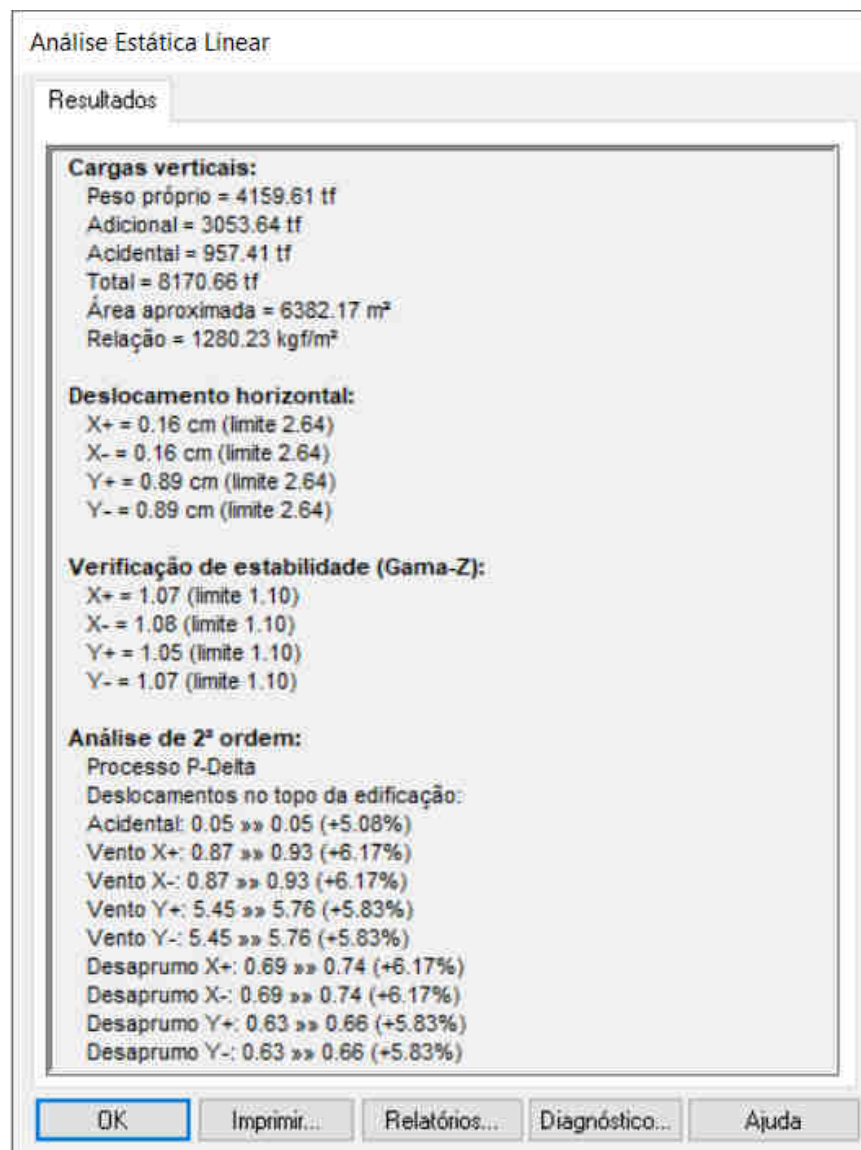
4.6 Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em "U"

A Figura 51 apresenta os resultados da análise do Modelo 6:

- o deslocamento horizontal máximo foi de 0,89 cm na direção Y;
- o gama-z máximo foi de 1,08 na direção negativa de X;
- o P-Delta máximo foi de 6,17% na direção X.

Os resultados de cargas nas fundações podem ser verificados na planta de cargas do Modelo 6 no Apêndice S.

Figura 51 – Janela de resultados de análise estática linear gerada pelo programa Eberick – Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em "U"



Fonte: Elaboração própria (2023).

4.7 Análise e discussão dos resultados

A Tabela 4 apresentada a relação dos deslocamentos horizontais, coeficientes gama-z e coeficientes P-Delta máximos de todos os modelos elaborados.

Tabela 4 – Valores relativos à estabilidade global da estrutura em todos os modelos elaborados

Modelo	Espessura das lajes	Classe do concreto	deslocamento máximo	gama-z máximo	P-Delta máximo
1 - Modelo Convencional	12 cm	C-30	1,13 cm	1,08	8,63%
2 - Lajes Lisas	19 cm	C-30	1,26 cm	1,22	22,79%
3 - Lajes Lisas - lajes +5cm	24 cm	C-30	1,02 cm	1,15	13,87%
4 - Lajes Lisas - pilares +5cm	19 cm	C-30	1,14 cm	1,19	20,11%
5 - Lajes Lisas - concreto C-50	19 cm	C-50	0,91 cm	1,15	15,82%
6 - Lajes Lisas - pilares em U	19 cm	C-30	0,89 cm	1,08	6,17%

Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir dessa tabela, pode-se comparar os modelos 1 e 2 para se observar os efeitos na estabilidade global da estrutura ao se alterar o sistema estrutural do modelo convencional para o sistema de lajes lisas. Posteriormente, os demais modelos devem ser comparados principalmente com o Modelo 2 – Lajes lisas, pois todos eles foram elaborados a partir desse modelo sofrendo alterações específicas com o intuito de corrigir a estabilidade da estrutura mantendo a característica principal de estrutura em lajes lisas.

Comparando os resultados do Modelo 1 com o Modelo 2 percebe-se que a alteração do sistema construtivo para lajes lisas implica consideravelmente na estabilidade global da estrutura. O valor de deslocamento horizontal máximo passou de 1,13 cm para 1,26 cm; o coeficiente gama-z, que no primeiro modelo caracteriza a estrutura como sendo de nós fixos, aumentou de 1,08 para 1,22, passando a classificação da estrutura para estrutura de nós móveis. Dessa forma, os efeitos de segunda ordem devem ser considerados no dimensionamento e, para efeito de comparação, o coeficiente P-Delta resultado no modelo convencional como 8,63%, passou para 22,79% no modelo de lajes lisas.

Os demais modelos elaborados a partir do modelo de lajes lisas apresentaram reduções nesses coeficientes de instabilidade e estão listados a seguir em ordem decrescente de eficácia.

O modelo que apresentou maior redução nos coeficientes de instabilidade foi o Modelo 6 – Lajes Lisas adaptado com a utilização de pilares tipo “U” na região central do edifício. A criação desses pilares foi capaz de reduzir o deslocamento horizontal máximo de 1,26 cm, da estrutura de lajes lisas (Modelo 2), para 0,89 cm, ficando com valores de deslocamento menores até do que o modelo convencional com vigas (Modelo 1). O coeficiente gama-z reduziu de 1,22 para 1,08, igualando-se ao modelo convencional e o coeficiente P-Delta também reduziu consideravelmente de 22,79% para 6,17%, abaixo do valor do modelo convencional. Isso demonstra que a criação de núcleos rígidos no centro da edificação é muito eficaz para garantia da estabilidade da estrutura, nesse caso, voltando a classifica-la como estrutura de nós fixos.

Os modelos 3 e 5 apresentaram resultados semelhantes, de modo que tanto o aumento da espessura das lajes em 5 cm (passando de 19 cm para 24 cm) quanto o aumento da classe de resistência característica do concreto (de C-30 para C-50) são equivalentes e razoavelmente eficazes para correção da estabilidade global. Em ambos os modelos o valor do coeficiente gama-z foi reduzido de 1,22 para 1,15. Esse valor não chegou a alcançar o valor do modelo convencional com vigas, mas apresentou uma certa redução em comparação com o modelo de lajes lisas inicial. Em relação ao deslocamento horizontal máximo, o modelo com concreto C-50 mostrou-se mais vantajoso, reduzindo o deslocamento de 1,26 cm para 0,91 cm. Já o coeficiente P-Delta, foi reduzido de forma mais eficaz com o aumento de espessura das lajes, pois reduziu de 22,79% para 13,87% no modelo 3 contra 15,82% no modelo 5.

O último modelo a ser tratado, e que não apresentou muita eficácia na correção da estabilidade da estrutura, é o Modelo 4 – Lajes lisas adaptadas com aumento na seção de todos os pilares em 5 cm. Nesse modelo o deslocamento horizontal máximo reduziu de 1,26 cm para 1,14 cm; o coeficiente gama-z teve uma pequena redução de 1,22 para 1,19 e o coeficiente P-Delta também apresentou pequena redução de 22,79% para 20,11%. Dessa forma, conclui-se que a variação

da seção de todos os pilares do projeto, de forma indiscriminada independente de sua posição, não é eficaz para correção da estabilidade global.

É interessante notar que os modelos que apresentaram tanto a maior quanto a menor eficácia sofreram alterações apenas em pilares. Isso mostra que a solução para correção da estabilidade global em edifícios altos deve ser adequada à necessidade, e não somente o aumento das seções dos elementos estruturais de forma indiscriminada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado permitiu constatar satisfatoriamente os efeitos na estabilidade global de um edifício alto ao alterar o sistema construtivo utilizado, além de permitir estudar alternativas para correção da instabilidade ocorrida.

O modelo elaborado em lajes lisas permitiu constatar a redução na rigidez da estrutura e suas consequências nos coeficientes de instabilidade.

As alternativas apresentadas foram capazes de elucidar quais soluções são mais adequadas para correção de estabilidade global em edifícios altos e deixa claro que a medida adotada precisa ser coerente ao problema de falta de rigidez da estrutura, com apresentação de elementos que possam gerar contraventamento e aumento na rigidez do edifício.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, fica a indicação de realizar o mesmo tipo de análise comparativa sem se limitar apenas a lajes lisas. Sugere-se utilizar outros tipos de lajes apoiadas sobre pilares, como lajes cogumelo e lajes nervuradas, além de testar o uso de concreto protendido.

Outra abordagem possível é a realização do comparativo entre os modelos 1 e 2 com um aumento progressivo na quantidade de pavimentos da edificação para observar o distanciamento entre os resultados dos coeficientes de instabilidade, de forma a constatar uma possível quantidade mínima de pavimentos onde a utilização de lajes lisas não afeta a estabilidade da estrutura e uma possível quantidade limite onde não é mais possível a utilização de lajes lisas.

A progressão na quantidade de pavimentos também pode ser realizada comparando os modelos 1 e 6, que obtiveram valores semelhantes de gama-z, de forma a observar até quantos pavimentos a solução de núcleos rígidos se mostra eficaz, se há perda na eficácia para uma grande quantidade de pavimentos ou se os modelos permanecem com valores proporcionalmente semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Elaine Jaricuna Pereira de. **Punção em lajes lisas com armadura de cisalhamento e pilar de canto reentrante**. 2015. 340 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- ALTOQI. **Como avaliar a estabilidade global da estrutura?** 2023. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001006413-Como-avaliar-a-estabilidade-global-da-estrutura->. Acesso em: 13 jun. 2023a.
- ALTOQI. **Como é calculada a velocidade característica do vento?** Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115004588714-Como-%C3%A9-calculada-a-velocidade-caracter%C3%ADstica-do-vento->. Acesso em: 23 jul. 2023b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 61 p.
- FEITOSA, L. A.; ALVES, E. C.. Study of global stability of tall buildings with prestressed slabs. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 196-224, abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952015000200008>.
- FEITOSA, Leonardo Almeida. **Estudo da estabilidade global de edifícios de múltiplos andares com lajes lisas**. 2016. 182 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.
- FELICIANO, Fábio Matias Honório. **Punção em lajes lisas de concreto armado com pilares de borda e excentricidade externa**. 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- FERREIRA, Maurício de Pina. **Punção em lajes lisas de concreto armado com armaduras de cisalhamento e momentos desbalanceados**. 2010. 275 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- GARCIA, Edemilton de Souza *et al.* Análise comparativa entre sistemas estruturais de lajes convencionais e lajes lisas. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v. 11, n. 1, p. 74-82, fev. 2018.
- GRITTI, Ângelo Emilio; GOTARDO, Lucas. **Estudo comparativo entre sistemas estruturais de lajes para um edifício em concreto armado**. 2017. 107 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Sistemas Estruturais em Concreto, Instituto Idd, Curitiba, 2017.

GUTIERRE, Saulo Migotto. **Estudo sobre a contribuição das lajes na estabilidade global de edifícios**. 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

HENRIQUES, Leonardo Miranda *et al.* Estudo comparativo entre o sistema estrutural convencional e o sistema estrutural de lajes lisas em concreto armado. **Anais do 62º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2020**, Florianópolis, v. [S.l.], n. [S.l.], p. 1-12, set. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/355407787>. Acesso em: 01 dez. 2022.

PEREIRA, Fernando; COSTA, Luiz Fernando. **Análise das cargas em um edifício de concreto armado, quando comparado a utilização de paredes de vedação interna de alvenaria convencional e drywall**. 2017. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

RABELLO, Fernando Toppan. **Estudo de lajes lisas de concreto com visão integrada de flexão e punção**. 2016. 188 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

ROSA, Filipe Celírio Melleu. **Estabilidade global: análise de uma estrutura de concreto armado com utilização de lajes lisas**. 2016. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

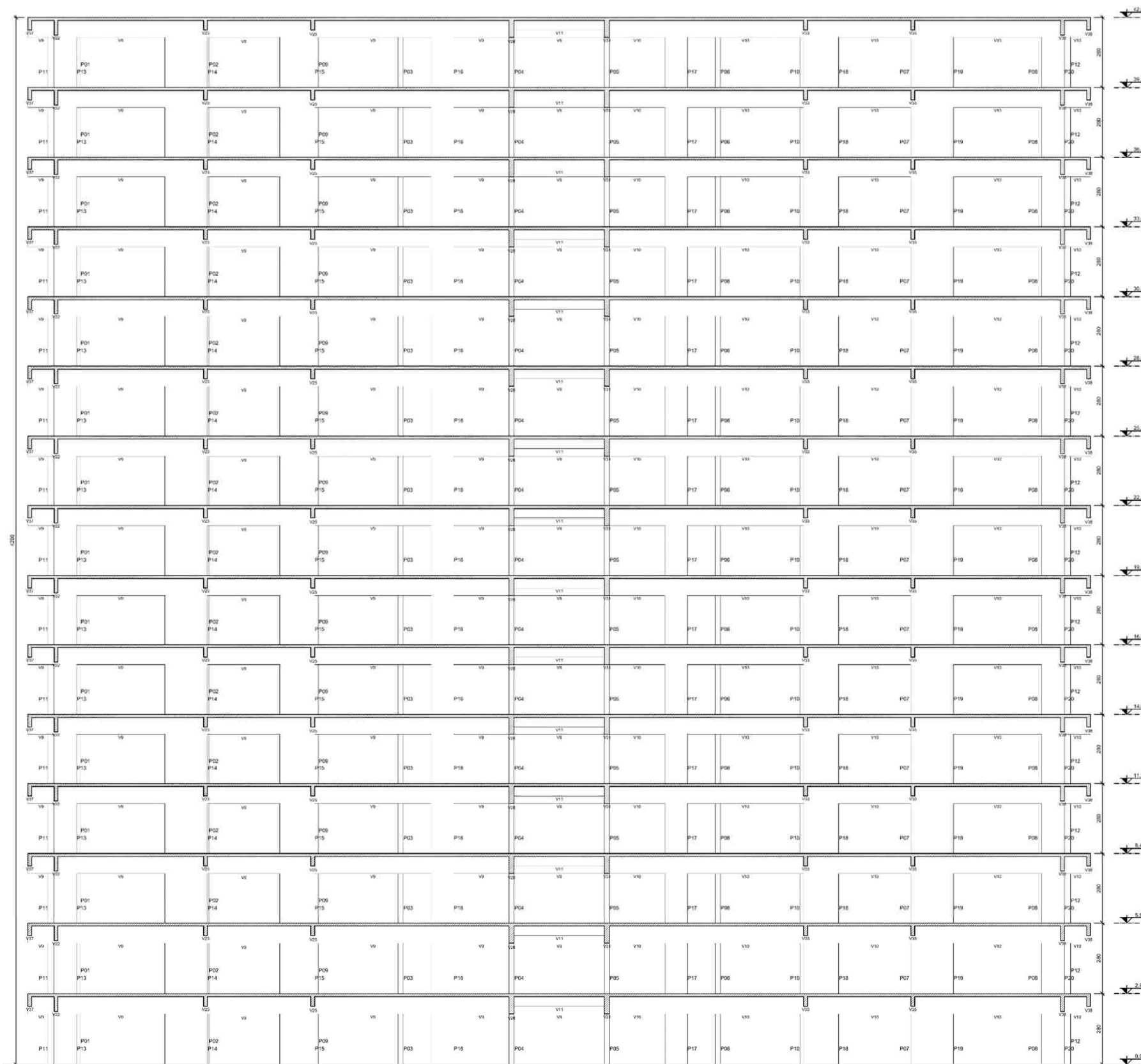
SACRAMENTO, P. V. P.; FERREIRA, M. P.; OLIVEIRA, D. R. C.; MELO, G. S. S. A.. Punção em lajes lisas de concreto armado sem armadura de cisalhamento. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 5, p. 659-691, out. 2012.

SILVA, Adriana Patrícia de Oliveira. **Análise da influência da espessura de lajes lisas no comportamento global de edifícios**. 2017. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

TAVARES, Camila de Melo. **Análise da estabilidade global de um edifício alto de concreto armado com estrutura de lajes nervuradas lisas**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018.

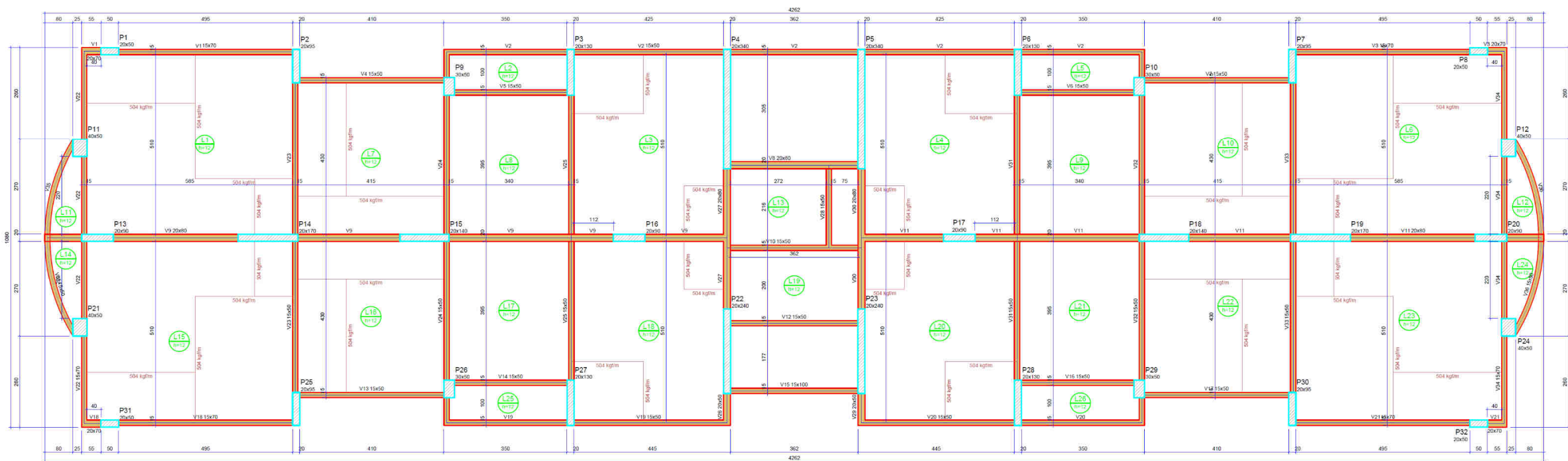
APÊNDICES

APÊNDICE A – Elevação estrutural



Fonte: Adaptado de Pereira e Costa (2017).

APÊNDICE B – Planta de formas do pavimento tipo gerada pelo Eberick



Forma do pavimento Pavimento tipo

sem escala

Vigas		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
V1	20x70	0 3920
V2	15x70	0 3920
V3	15x70	0 3920
V4	20x70	0 3920
V5	15x50	0 3920
V6	15x50	0 3920
V7	20x60	0 3920
V8	20x60	0 3920
V9	20x60	0 3920
V10	15x60	0 3920
V11	20x60	0 3920
V12	15x50	0 3920
V13	15x50	0 3920
V14	15x100	0 3920
V15	15x50	0 3920
V16	15x50	0 3920
V17	15x50	0 3920
V18	20x70	0 3920
V19	15x70	0 3920
V20	15x50	0 3920
V21	15x70	0 3920
V22	15x70	0 3920
V23	15x50	0 3920
V24	15x50	0 3920
V25	15x50	0 3920
V26	20x50	0 3920
V27	20x60	0 3920
V28	15x50	0 3920
V29	20x50	0 3920
V30	20x60	0 3920
V31	15x60	0 3920
V32	15x50	0 3920
V33	15x50	0 3920
V34	15x70	0 3920
V35	15x50	0 3920
V36	15x50	0 3920

Lajes							
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kg/m²)	Adicional (kg/m²)	Acabados (kg/m²)
L1	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L2	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L3	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L4	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L5	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L6	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L7	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L8	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L9	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L10	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L11	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L12	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L13	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L14	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L15	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L16	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L17	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L18	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L19	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L20	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L21	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L22	Maçã	12	0 3920	300	154	150	sem
L23	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L24	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L25	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-
L26	Maçã	12	0 3920	300	154	150	-

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	fctm (kgf/cm²)
300	266384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
P1	20x50	0 3920
P2	20x95	0 3920
P3	20x130	0 3920
P4	20x340	0 3920
P5	20x340	0 3920
P6	20x130	0 3920
P7	20x95	0 3920
P8	20x50	0 3920
P9	30x50	0 3920
P10	30x50	0 3920
P11	40x50	0 3920
P12	40x50	0 3920
P13	20x50	0 3920
P14	20x170	0 3920
P15	20x140	0 3920
P16	20x50	0 3920
P17	20x90	0 3920
P18	20x140	0 3920
P19	20x170	0 3920
P20	20x90	0 3920
P21	40x50	0 3920
P22	20x240	0 3920
P23	20x240	0 3920
P24	40x50	0 3920
P25	20x95	0 3920
P26	30x50	0 3920
P27	20x130	0 3920
P28	20x130	0 3920
P29	30x50	0 3920
P30	20x95	0 3920
P31	20x50	0 3920
P32	20x50	0 3920

Legenda dos pilares

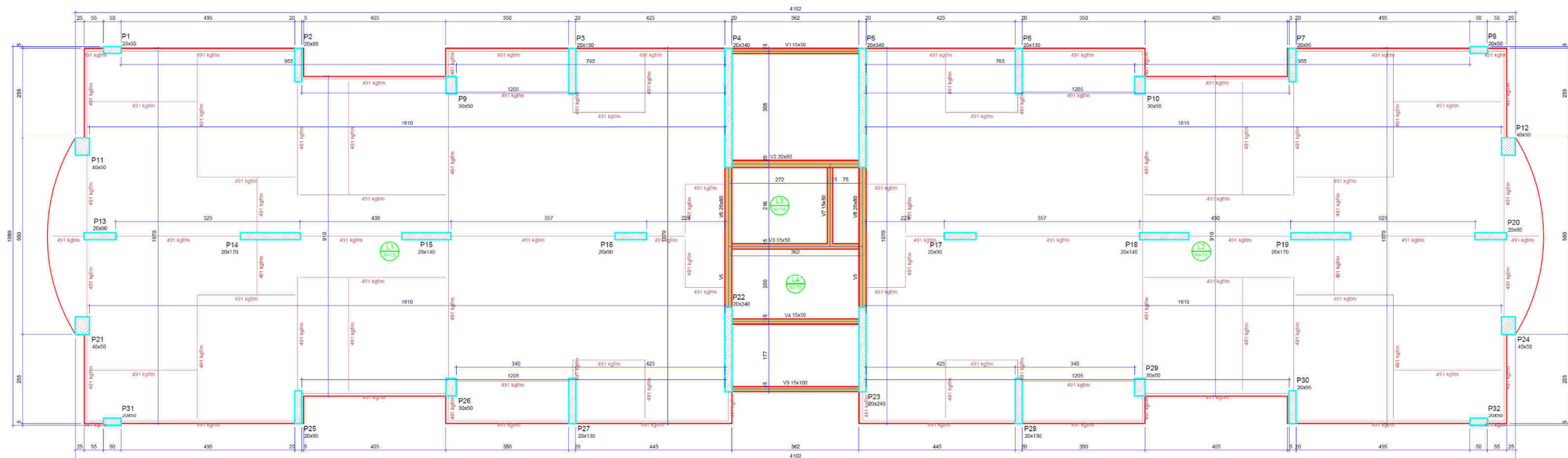
Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes

Viga

Fonte: Adaptado de Pereira e Costa (2017).

APÊNDICE C – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas



Forma do pavimento Pavimento tipo 15 (Nível 3920)

escala 1:50

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x50	0	3920
V2	20x50	0	3920
V3	15x50	0	3920
V4	15x50	0	3920
V6	20x50	0	3920
V7	15x50	0	3920
V8	20x50	0	3920
V9	15x100	0	3920

Lajes								
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kg/m²)			Localizada
					Peso próprio	Adicional	Acidental	
L1	Maçça	19	0	3920	475	154	150	sem
L2	Maçça	19	0	3920	475	154	150	sem
L3	Maçça	19	0	3920	475	154	150	-
L4	Maçça	19	0	3920	475	154	150	-

Características dos materiais	
Rck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
300	2683/4

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Piares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x50	0	3920
P2	20x55	0	3920
P3	20x130	0	3920
P4	20x340	0	3920
P5	20x240	0	3920
P6	20x130	0	3920
P7	20x55	0	3920
P8	20x50	0	3920
P9	30x50	0	3920
P10	30x50	0	3920
P11	40x50	0	3920
P12	40x50	0	3920
P13	20x90	0	3920
P14	20x170	0	3920
P15	20x140	0	3920
P16	20x50	0	3920
P17	20x50	0	3920
P18	20x140	0	3920
P19	20x170	0	3920
P20	20x50	0	3920
P21	40x50	0	3920
P22	20x240	0	3920
P23	20x240	0	3920
P24	40x50	0	3920
P25	20x50	0	3920
P26	30x50	0	3920
P27	20x130	0	3920
P28	20x130	0	3920
P29	30x50	0	3920
P30	20x55	0	3920
P31	20x50	0	3920
P32	20x50	0	3920

Legenda dos piares

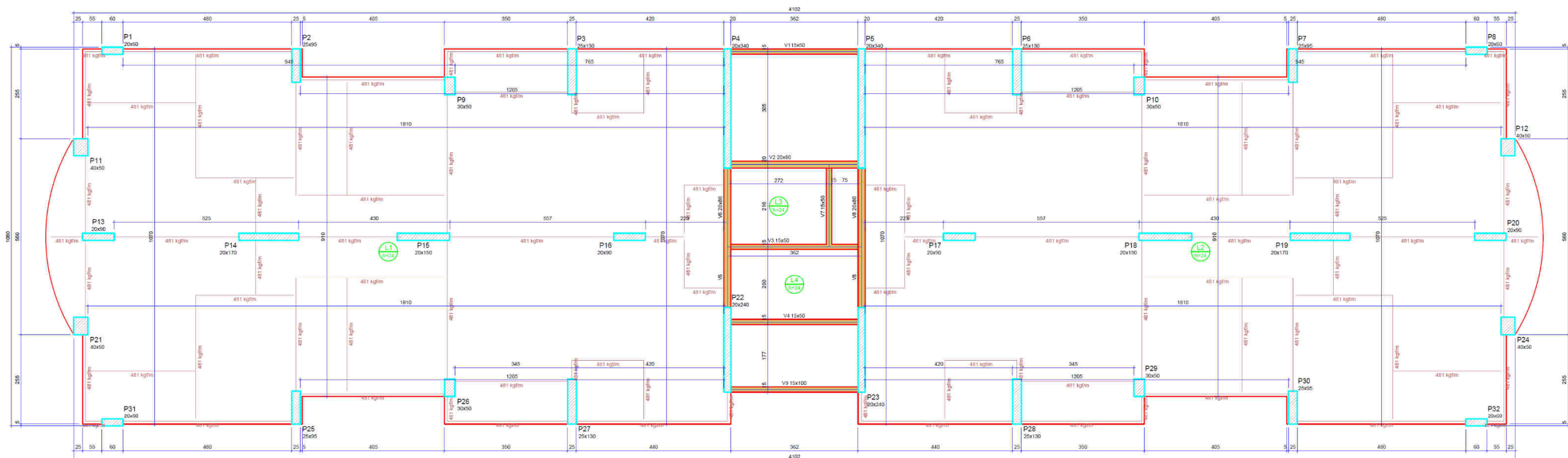
Piar que passa

Legenda das vigas e paredes

Viga

Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE D – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm



Forma do pavimento Pavimento tipo

sem escada

Vigas		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
V1	15x50	0
V2	20x80	0
V3	15x50	0
V4	15x50	0
V6	20x80	0
V7	15x50	0
V8	20x80	0
V9	15x100	0

Lajes						
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Sobrecarga (kgf/m²)
L1	Maçça	24	0	3920	600	154
L2	Maçça	24	0	3920	600	154
L3	Maçça	24	0	3920	600	154
L4	Maçça	24	0	3920	600	154

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
300	2603/4

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
P1	20x60	0
P2	25x95	0
P3	25x130	0
P4	20x340	0
P5	20x340	0
P6	25x130	0
P7	25x95	0
P8	20x60	0
P9	30x50	0
P10	30x50	0
P11	40x50	0
P12	40x50	0
P13	20x60	0
P14	20x170	0
P15	20x150	0
P16	20x90	0
P17	20x90	0
P18	20x150	0
P19	20x170	0
P20	20x60	0
P21	40x50	0
P22	20x240	0
P23	20x240	0
P24	40x50	0
P25	25x95	0
P26	30x50	0
P27	25x130	0
P28	25x130	0
P29	30x50	0
P30	25x95	0
P31	20x60	0
P32	20x60	0

Legenda dos pilares

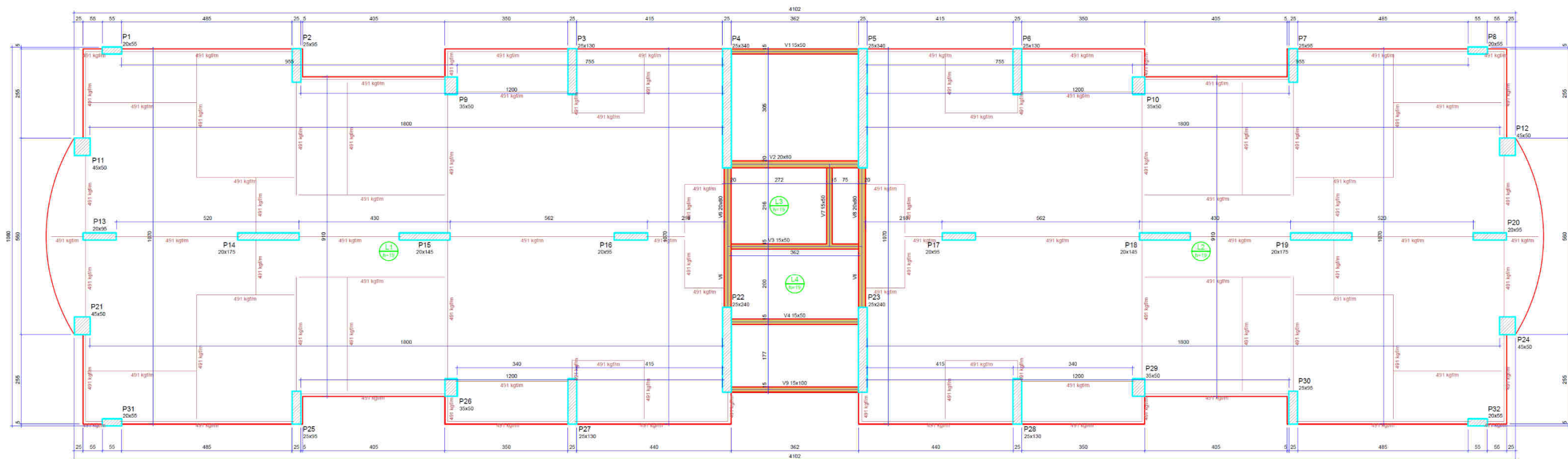
Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes

Viga

Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE E – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm



Forma do pavimento Pavimento tipo

sem escada

Vigas		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
V1	10x50	0
V2	20x80	0
V3	15x50	0
V4	10x50	0
V5	20x80	0
V7	15x50	0
V8	20x80	0
V9	15x100	0

Lajes								
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kg/m²)			Localizada
					Peso próprio	Adicional	Acidental	
L1	Mopça	19	0	3920	475	154	150	sem
L2	Mopça	19	0	3920	475	154	150	sem
L3	Mopça	19	0	3920	475	154	150	-
L4	Mopça	19	0	3920	475	154	150	-

Características dos materiais	
fck (kg/cm²)	fcd (kg/cm²)
300	206304

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

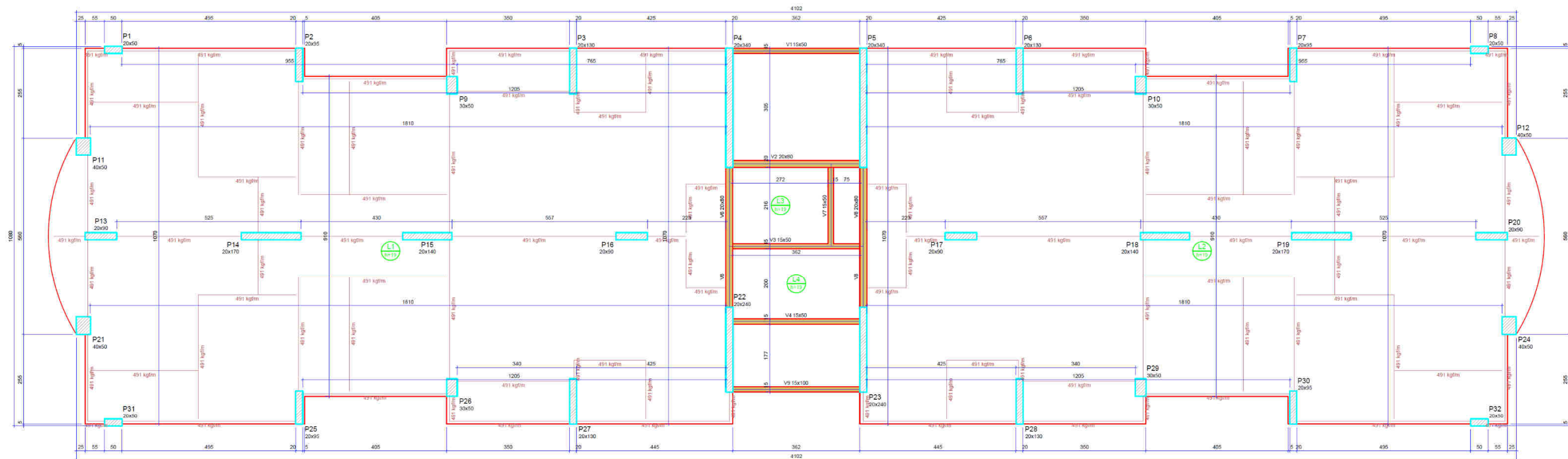
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x55	0	3920
P2	25x95	0	3920
P3	25x130	0	3920
P4	25x240	0	3920
P5	25x240	0	3920
P6	25x130	0	3920
P7	25x95	0	3920
P8	20x55	0	3920
P9	35x50	0	3920
P10	35x50	0	3920
P11	45x50	0	3920
P12	45x50	0	3920
P13	20x95	0	3920
P14	20x175	0	3920
P15	20x145	0	3920
P16	20x95	0	3920
P17	20x95	0	3920
P18	20x145	0	3920
P19	20x175	0	3920
P20	20x95	0	3920
P21	45x50	0	3920
P22	25x240	0	3920
P23	25x240	0	3920
P24	45x50	0	3920
P25	35x50	0	3920
P26	35x50	0	3920
P27	25x130	0	3920
P28	25x130	0	3920
P29	35x50	0	3920
P30	25x95	0	3920
P31	20x55	0	3920
P32	20x55	0	3920

Legenda dos pilares	
	Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes	
	Viga

Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE F – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50



Forma do pavimento Pavimento tipo

sem escala

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x60	0	3920
V2	20x80	0	3920
V3	15x60	0	3920
V4	15x60	0	3920
V6	20x80	0	3920
V7	15x60	0	3920
V8	20x80	0	3920
V9	15x100	0	3920

Lajes								
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kgf/m²)			Localizada
					Peso próprio	Adicional	Acidental	
L1	Maciça	19	0	3920	475	154	150	sem
L2	Maciça	19	0	3920	475	154	150	sem
L3	Maciça	19	0	3920	475	154	150	-
L4	Maciça	19	0	3920	475	154	150	-

Características dos materiais		
fk	Eca	
500	350/211	

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x50	0	3920
P2	20x95	0	3920
P3	20x130	0	3920
P4	20x340	0	3920
P5	20x340	0	3920
P6	20x130	0	3920
P7	20x95	0	3920
P8	20x50	0	3920
P9	30x50	0	3920
P10	30x50	0	3920
P11	40x50	0	3920
P12	40x50	0	3920
P13	20x90	0	3920
P14	20x170	0	3920
P15	20x140	0	3920
P16	20x90	0	3920
P17	20x90	0	3920
P18	20x140	0	3920
P19	20x170	0	3920
P20	20x90	0	3920
P21	40x50	0	3920
P22	20x240	0	3920
P23	20x240	0	3920
P24	40x50	0	3920
P25	20x95	0	3920
P26	30x50	0	3920
P27	20x130	0	3920
P28	20x130	0	3920
P29	30x50	0	3920
P30	20x95	0	3920
P31	20x50	0	3920
P32	20x50	0	3920

Legenda dos pilares

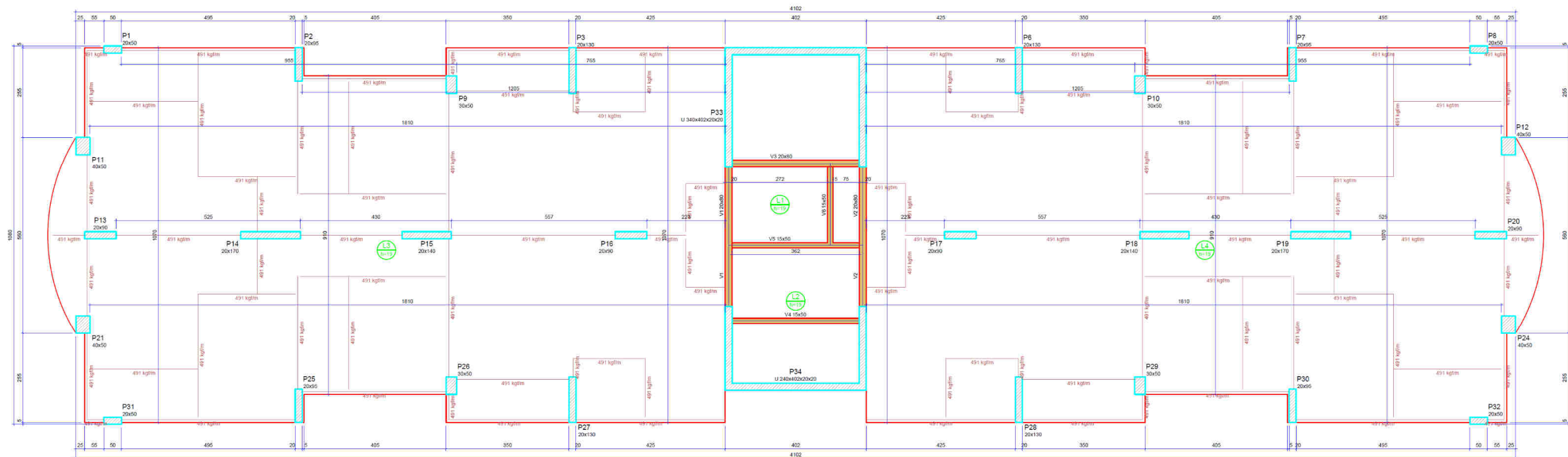
Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes

Viga

Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE G – planta de formas gerada pelo programa Eberick – Modelo 8 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”



Forma do pavimento Pavimento tipo

sem escada

Vigas		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
V1	20x80	0
V2	20x80	0
V3	20x80	0
V4	15x50	0
V5	15x50	0
V6	15x50	0

Lajes						
Nome	Tipo	Lado		Sobrecarga (kg/m²)		
		Altura (cm)	Elevação (cm)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Máxima	19	0	3920	475	154
L2	Máxima	19	0	3920	475	154
L3	Máxima	19	0	3920	475	154
L4	Máxima	19	0	3920	475	154

Características dos materiais	
RX (kg/cm²)	TCS (kg/cm²)
300	268384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

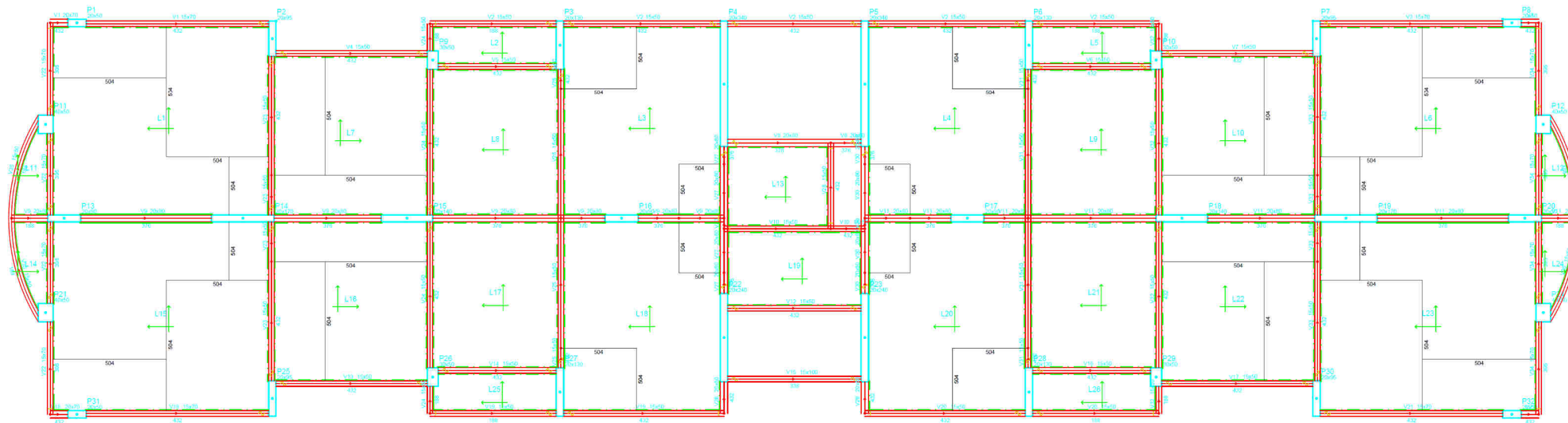
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x50	0	3920
P2	20x50	0	3920
P3	20x130	0	3920
P6	20x130	0	3920
P7	20x50	0	3920
P8	20x50	0	3920
P9	30x50	0	3920
P10	30x50	0	3920
P11	40x50	0	3920
P12	40x50	0	3920
P13	20x50	0	3920
P14	20x170	0	3920
P15	20x140	0	3920
P16	20x50	0	3920
P17	20x50	0	3920
P18	20x140	0	3920
P19	20x170	0	3920
P20	20x50	0	3920
P21	40x50	0	3920
P24	40x50	0	3920
P25	20x50	0	3920
P26	30x50	0	3920
P27	20x130	0	3920
P28	20x130	0	3920
P29	30x50	0	3920
P30	20x50	0	3920
P31	20x50	0	3920
P32	20x50	0	3920
P33	U 340x402x20x20	0	3920
P34	U 240x402x20x20	0	3920

Legenda dos pilares	
	Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes	
	Viga

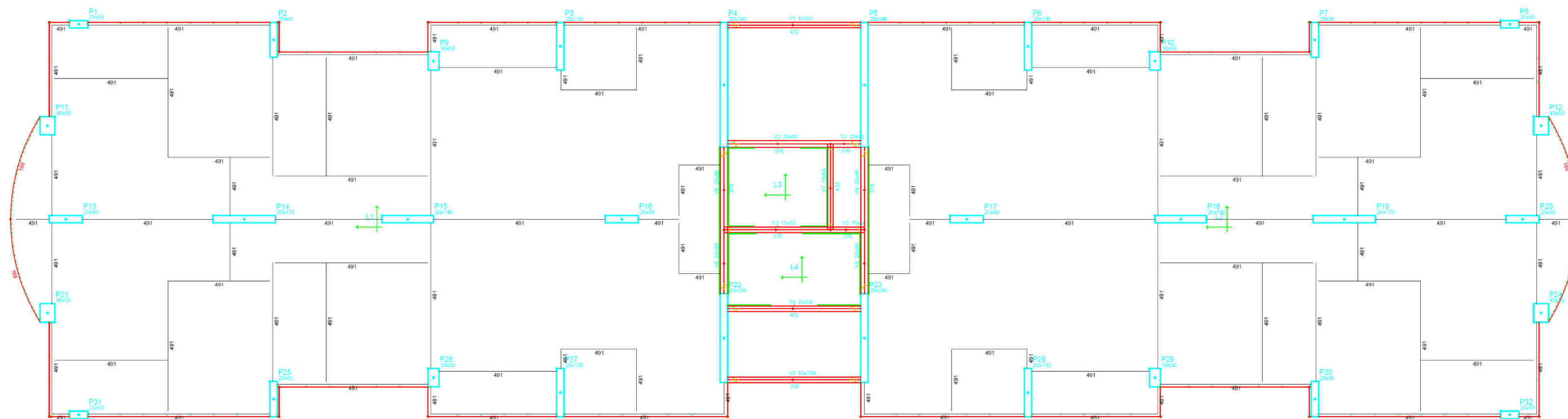
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE H – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo Convencional



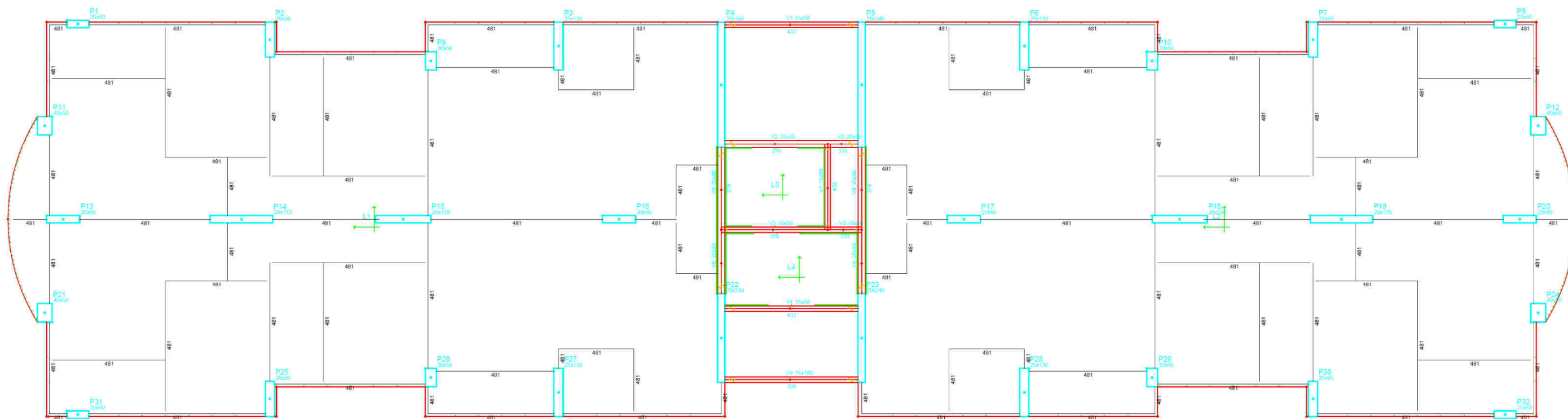
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE I – croqui do pavimento tipo gerado pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas



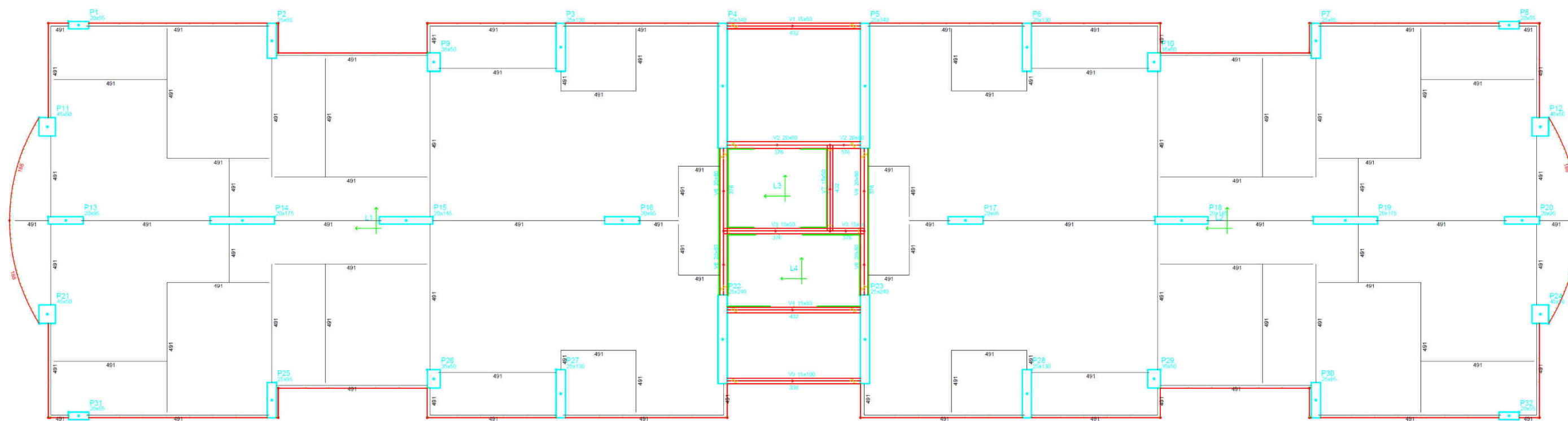
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE J – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm



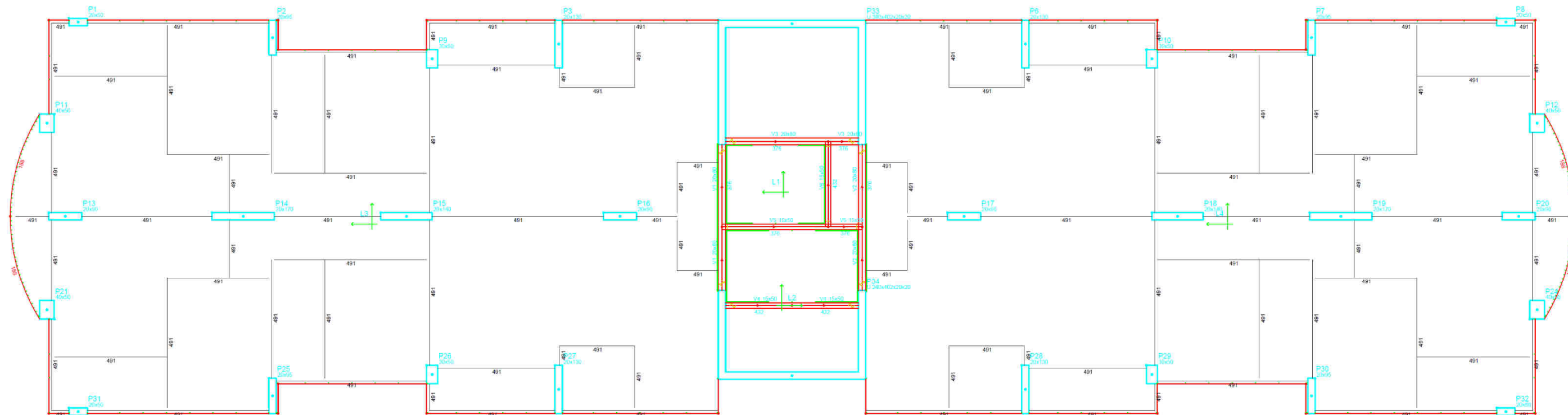
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE K – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm



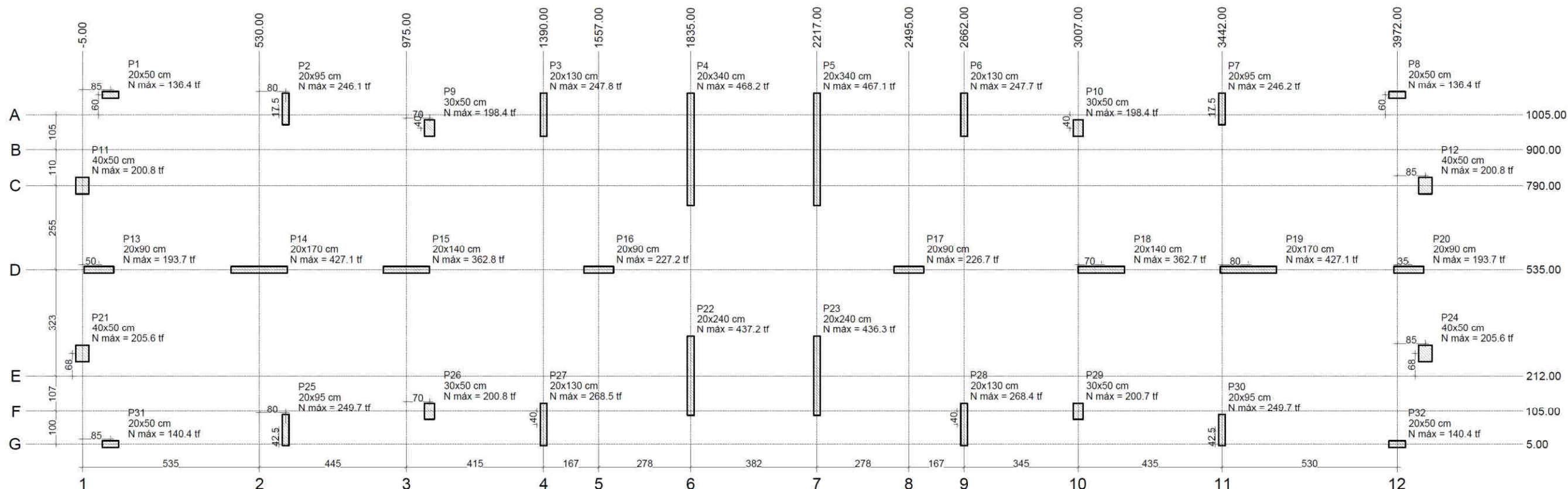
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE M – croqui do pavimento tipo gerada pelo programa Eberick – Modelo 8 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”



Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE N – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 1 – Modelo Convencional



Planta de cargas

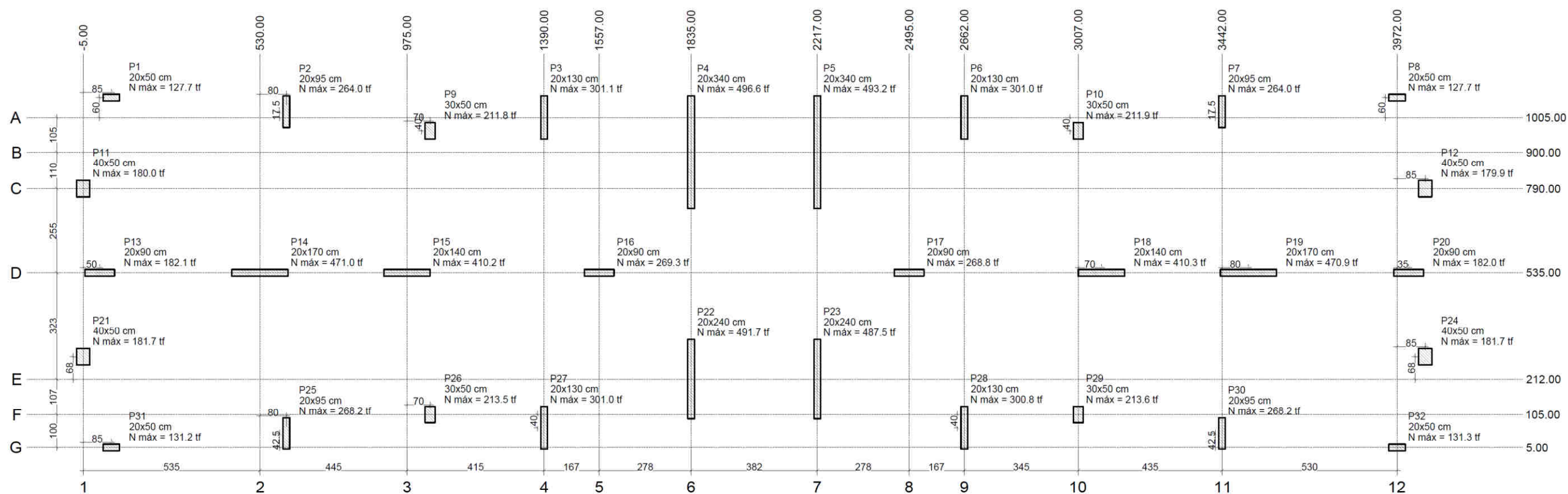
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	20x50	80.00	1065.00	136.4	76.9	500	-600	0	-2100	0.0	-4.3	0.2	0.0
P2	20x95	610.00	1022.50	246.1	194.3	16400	-17700	700	0	1.2	0.0	6.4	0.0
P3	20x130	1390.00	1005.00	247.8	195.2	42800	-41900	100	-500	0.0	-0.8	11.3	-7.3
P4	20x340	1835.00	900.00	468.2	186.0	484900	-463000	600	0	0.8	0.0	33.1	-26.7
P5	20x340	2217.00	900.00	467.1	185.3	486800	-464700	0	-700	0.0	-0.7	34.2	-28.1
P6	20x130	2662.00	1005.00	247.7	195.2	42800	-41900	600	-200	0.9	0.0	11.3	-7.3
P7	20x95	3442.00	1022.50	246.2	194.3	16400	-17700	0	-800	0.0	-1.3	6.4	0.0
P8	20x50	3972.00	1065.00	136.4	76.9	500	-600	2000	0	4.2	0.0	0.2	0.0
P9	30x50	1045.00	965.00	198.4	162.9	4700	-6100	900	-300	1.4	0.0	5.4	-0.4
P10	30x50	3007.00	965.00	198.4	162.9	4700	-6100	200	-1000	0.0	-1.5	5.4	-0.5
P11	40x50	-5.00	790.00	200.8	127.5	7400	-6800	1000	-1000	0.4	-0.6	4.1	-4.7
P12	40x50	4057.00	790.00	200.8	127.5	7400	-6800	900	-1100	0.5	-0.3	4.1	-4.8
P13	20x90	45.00	535.00	193.7	161.1	1700	-1500	3000	-5100	0.0	-5.4	2.1	-2.3
P14	20x170	530.00	535.00	427.1	364.3	1300	-1100	18900	-15300	7.2	-1.0	0.4	-0.4
P15	20x140	975.00	535.00	362.8	303.1	1400	-1400	10600	-11800	2.2	-5.9	0.8	-0.8
P16	20x90	1557.00	535.00	227.2	189.2	1200	-1100	5000	-3300	4.8	-0.6	0.7	-0.6
P17	20x90	2495.00	535.00	226.7	189.0	1200	-1100	3200	-4900	0.6	-4.7	0.7	-0.6
P18	20x140	3077.00	535.00	362.7	303.1	1400	-1400	11700	-10600	5.8	-2.1	0.8	-0.8
P19	20x170	3522.00	535.00	427.1	364.3	1300	-1100	15200	-18800	0.9	-7.3	0.4	-0.4
P20	20x90	4007.00	535.00	193.7	161.1	1700	-1500	5000	-2900	5.5	0.0	2.1	-2.3
P21	40x50	-5.00	280.00	205.6	132.2	7300	-6900	1000	-1000	0.4	-0.6	4.5	-4.5
P22	20x240	1835.00	212.00	437.2	167.2	216500	-202900	0	-500	0.0	-0.7	30.3	-34.5
P23	20x240	2217.00	212.00	436.3	166.8	216300	-202700	600	0	0.6	0.0	30.2	-34.3
P24	40x50	4057.00	280.00	205.6	132.2	7300	-6900	900	-1100	0.5	-0.3	4.5	-4.3
P25	20x95	610.00	47.50	249.7	197.6	18700	-15300	700	0	1.2	0.0	0.0	-6.5
P26	30x50	1045.00	105.00	200.8	165.2	6500	-4500	900	-300	1.4	0.0	0.3	-5.7
P27	20x130	1390.00	65.00	268.5	218.2	43900	-40100	0	-900	0.0	-1.3	6.8	-11.3
P28	20x130	2662.00	65.00	268.4	218.1	43900	-40000	800	0	1.4	0.0	6.8	-11.3
P29	30x50	3007.00	105.00	200.7	165.2	6500	-4500	200	-1000	0.0	-1.5	0.3	-5.7
P30	20x95	3442.00	47.50	249.7	197.6	18700	-15300	0	-800	0.0	-1.3	0.0	-6.5
P31	20x50	80.00	5.00	140.4	80.9	600	-400	0	-2100	0.0	-4.3	0.0	-0.1
P32	20x50	3972.00	5.00	140.4	80.8	600	-400	2000	0	4.2	0.0	0.0	-0.1

Localção no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-5.00	P11, P21
45.00	P13
80.00	P1, P31
530.00	P14
610.00	P2, P25
975.00	P15
1045.00	P9, P26
1390.00	P3, P27
1557.00	P16
1835.00	P4, P22
2217.00	P5, P23
2495.00	P17
2662.00	P6, P28
3007.00	P10, P29
3077.00	P18
3442.00	P7, P30
3522.00	P19
3972.00	P8, P32
4007.00	P20
4057.00	P12, P24

Localção no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
1065.00	P1, P8
1022.50	P2, P7
1005.00	P3, P6
965.00	P9, P10
900.00	P4, P5
790.00	P11, P12
535.00	P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
280.00	P21, P24
212.00	P22, P23
105.00	P26, P29
65.00	P27, P28
47.50	P25, P30
5.00	P31, P32

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

APÊNDICE O – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 2 – Lajes Lisas



Planta de cargas

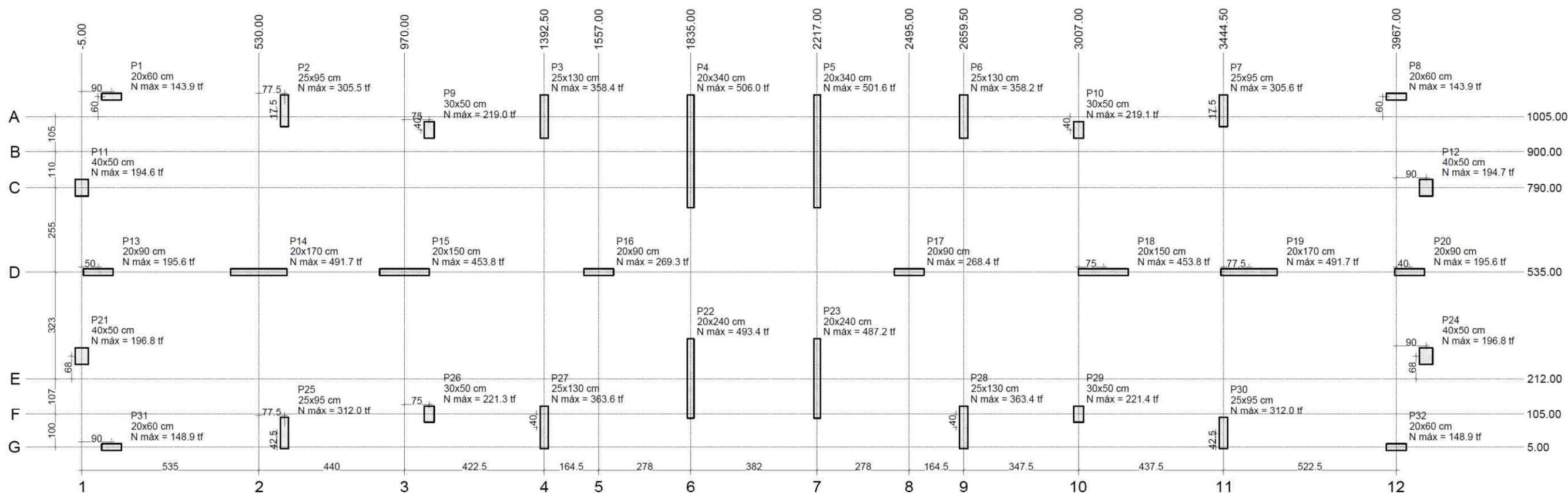
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	20x50	80.00	1065.00	127.7	86.2	100	-1400	1100	-2800	0.0	-3.5	2.2	0.0
P2	20x95	610.00	1022.50	264.0	213.3	16700	-18300	1300	0	2.0	0.0	7.1	0.0
P3	20x130	1390.00	1005.00	301.1	236.9	47000	-45600	400	-1000	0.0	-1.1	13.8	-8.0
P4	20x340	1835.00	900.00	496.6	145.3	526900	-495000	500	-600	0.3	-0.3	33.9	-24.4
P5	20x340	2217.00	900.00	493.2	143.9	530000	-497500	500	-400	0.4	-0.2	35.5	-26.6
P6	20x130	2662.00	1005.00	301.0	236.8	47000	-45600	900	-500	1.0	0.0	13.7	-8.0
P7	20x95	3442.00	1022.50	264.0	213.3	16700	-18100	0	-1200	0.0	-1.9	7.0	0.0
P8	20x50	3972.00	1065.00	127.7	86.2	0	-1400	2700	-1000	3.6	0.0	2.2	0.0
P9	30x50	1045.00	965.00	211.0	179.6	5200	-6400	1300	-1300	1.0	-1.0	5.4	-0.7
P10	30x50	3007.00	965.00	211.9	179.7	5200	-6500	1200	-1200	0.9	-0.9	5.3	-0.7
P11	40x50	-5.00	790.00	180.0	149.1	6400	-5900	1700	-3200	0.0	-3.8	1.7	-2.1
P12	40x50	4057.00	790.00	179.9	149.1	6400	-5900	3300	-1600	3.7	0.0	1.7	-1.9
P13	20x90	45.00	535.00	182.1	153.1	1000	-900	7800	-9200	0.2	-5.1	0.7	-0.7
P14	20x170	530.00	535.00	471.0	406.1	1200	-1200	41400	-37100	5.9	0.0	0.2	-0.3
P15	20x140	975.00	535.00	410.2	347.8	1400	-1200	25400	-24600	4.0	-3.2	0.6	-0.8
P16	20x90	1557.00	535.00	269.3	227.4	1800	-1700	9200	-8200	4.2	-1.9	1.5	-1.8
P17	20x90	2495.00	535.00	268.8	227.0	1800	-1700	8300	-9300	1.9	-4.1	1.6	-1.8
P18	20x140	3077.00	535.00	410.3	347.8	1400	-1200	24500	-25300	3.1	-4.1	0.6	-0.6
P19	20x170	3522.00	535.00	470.9	406.1	1200	-1200	37000	-41300	0.0	-6.0	0.2	-0.3
P20	20x90	4007.00	535.00	182.0	153.1	1000	-900	9100	-7900	5.0	-0.3	0.7	-0.8
P21	40x50	-5.00	280.00	181.7	150.5	6300	-6000	1700	-3200	0.0	-3.8	1.8	-1.9
P22	20x240	1835.00	212.00	491.7	155.4	239400	-219600	1100	-300	0.8	0.0	33.2	-39.9
P23	20x240	2217.00	212.00	487.5	153.2	239000	-219400	400	-1000	0.0	-0.9	33.1	-39.5
P24	40x50	4057.00	280.00	181.7	150.5	6300	-6000	3300	-1600	3.7	0.0	1.8	-1.9
P25	20x95	610.00	47.50	268.2	217.3	19600	-15400	1300	0	2.0	0.0	0.0	-7.2
P26	30x50	1045.00	105.00	213.5	181.2	6900	-4700	1200	-1300	0.9	-1.0	0.4	-5.7
P27	20x130	1390.00	65.00	301.0	232.4	48900	-43200	500	-800	0.0	-0.9	7.2	-13.8
P28	20x130	2662.00	65.00	300.8	232.2	48900	-43100	900	-400	0.8	0.0	7.2	-13.8
P29	30x50	3007.00	105.00	213.6	181.4	6900	-4700	1200	-1300	1.0	-1.0	0.4	-5.7
P30	20x95	3442.00	47.50	268.2	217.3	19600	-15400	0	-1200	0.0	-1.9	0.0	-7.3
P31	20x50	80.00	5.00	131.2	89.8	1400	0	1000	-2800	0.0	-3.7	0.0	-2.2
P32	20x50	3972.00	5.00	131.3	89.7	1400	0	2700	-1100	3.6	0.0	0.0	-2.2

Localção no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-5.00	P11, P21
45.00	P13
80.00	P1, P31
530.00	P14
610.00	P2, P25
975.00	P15
1045.00	P9, P26
1390.00	P3, P27
1557.00	P16
1835.00	P4, P22
2217.00	P5, P23
2495.00	P17
2662.00	P6, P28
3007.00	P10, P29
3077.00	P18
3442.00	P7, P30
3522.00	P19
3972.00	P8, P32
4007.00	P20
4057.00	P12, P24

Localção no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
1065.00	P1, P8
45.00	P2, P7
1022.50	P3, P6
1005.00	P9, P10
965.00	P4, P5
900.00	P11, P12
790.00	P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
535.00	P21, P24
280.00	P22, P23
212.00	P26, P29
105.00	P27, P28
65.00	P25, P30
47.50	P31, P32
5.00	

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

APÊNDICE P – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 3 – Lajes Lisas adaptado – espessura das lajes +5cm



Planta de cargas

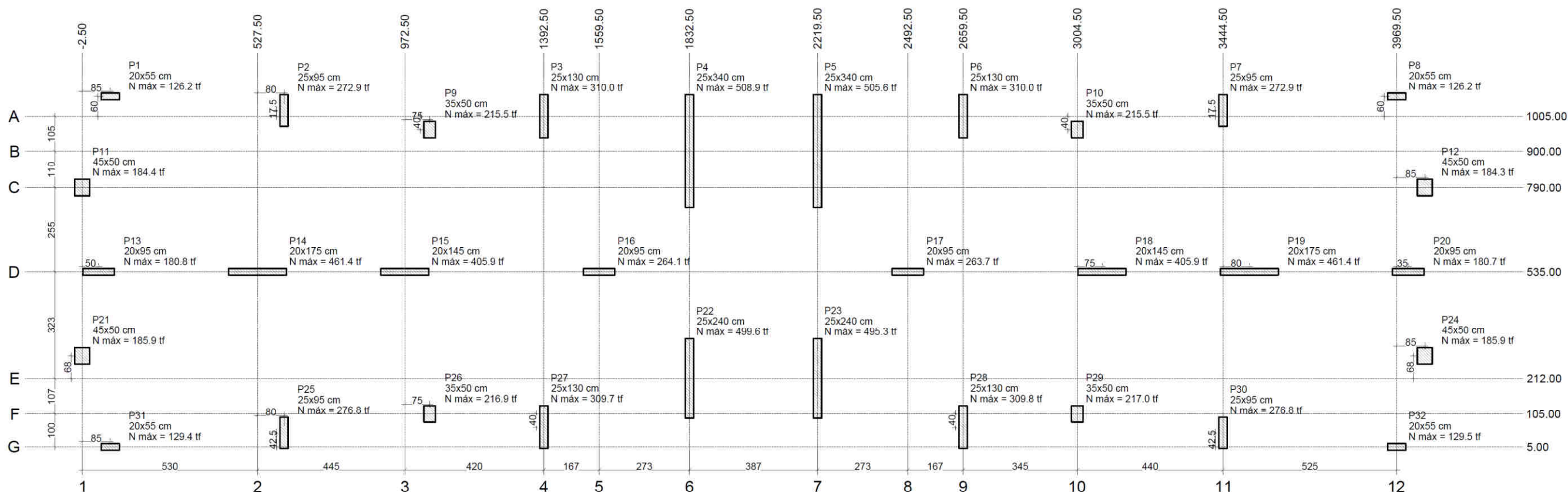
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Pilar		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)			
						Mx Máximo (kgf.m) Positivo	Mx Máximo (kgf.m) Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo		
P1	20x60	85.00	1065.00	143.9	91.7	200	-1300	1200	-2900	0.0	-4.1	2.3	0.0
P2	25x95	607.50	1022.50	305.5	240.7	18300	-19900	1500	0	2.2	0.0	8.4	0.0
P3	25x130	1392.50	1005.00	358.4	276.0	50300	-48800	700	-1200	0.2	-1.1	15.6	-9.0
P4	20x340	1835.00	900.00	506.0	206.9	444800	-417700	400	-500	0.1	-0.3	31.6	-20.6
P5	20x340	2217.00	900.00	501.6	205.1	447700	-420100	400	-300	0.2	-0.2	33.0	-22.9
P6	25x130	2659.50	1005.00	358.2	275.9	50300	-48800	1100	-600	1.2	-0.1	15.6	-9.0
P7	25x95	3444.50	1022.50	305.6	240.7	18300	-19900	0	-1400	0.0	-2.1	8.4	0.0
P8	20x60	3967.00	1065.00	143.9	91.7	200	-1300	3000	-1300	4.0	0.0	2.3	0.0
P9	30x50	1045.00	965.00	219.0	186.6	4500	5900	1000	1000	0.9	1.0	5.7	0.5
P10	30x50	3007.00	965.00	219.1	186.7	4400	-5900	900	-900	0.9	-1.0	5.7	-0.5
P11	40x50	-5.00	790.00	194.6	162.6	6000	-5400	800	-2600	0.0	-3.8	2.0	-2.5
P12	40x50	4057.00	790.00	194.7	162.6	6000	-5400	2700	-900	3.9	0.0	2.0	-2.5
P13	20x90	45.00	535.00	195.6	165.7	1100	-1100	5000	-6800	0.0	-5.4	1.0	-1.2
P14	20x170	530.00	535.00	491.7	429.7	1300	-1300	29500	-24700	7.0	0.0	0.7	-0.8
P15	20x150	970.00	535.00	453.8	391.8	1500	-1300	20700	-20100	3.5	-3.5	1.0	-1.0
P16	20x90	1557.00	535.00	269.3	231.7	1800	-1700	6800	-5600	4.0	-1.6	1.9	-2.2
P17	20x90	2495.00	535.00	268.4	231.0	1800	-1700	5600	-6700	1.5	-4.0	1.9	-2.2
P18	20x150	3082.00	535.00	453.8	391.8	1500	-1300	20000	-20600	3.4	-3.6	1.0	-1.0
P19	20x170	3522.00	535.00	491.7	429.7	1300	-1300	24600	-29400	0.0	-7.1	0.7	-0.8
P20	20x90	4007.00	535.00	195.6	165.7	1100	-1100	6900	-4900	5.5	0.0	1.0	-1.2
P21	40x50	-5.00	280.00	196.8	164.4	5800	-5400	800	-2600	0.0	-4.0	2.4	-2.3
P22	20x240	1835.00	212.00	493.4	214.5	204100	-185500	900	-100	0.9	0.0	28.9	-36.4
P23	20x240	2217.00	212.00	487.2	211.0	203700	-185300	200	-1000	0.0	-0.8	28.9	-35.6
P24	40x50	4057.00	280.00	196.8	164.4	5800	-5400	2700	-900	3.9	0.0	2.4	-2.3
P25	25x95	607.50	47.50	312.0	246.9	21600	-16600	1500	0	2.1	0.0	0.0	-8.8
P26	30x50	1045.00	105.00	221.3	188.8	6400	-4100	1000	-900	0.9	-0.9	0.2	-6.1
P27	25x130	1392.50	65.00	363.6	273.7	52600	-46000	700	-1100	0.3	-0.9	8.0	-15.8
P28	25x130	2659.50	65.00	363.4	273.5	52600	-46000	1000	-800	1.0	-0.2	7.9	-15.8
P29	30x50	3007.00	105.00	221.4	188.9	6400	-4100	1000	-900	1.0	-0.8	0.2	-6.1
P30	25x95	3444.50	47.50	312.0	246.8	21600	-16600	0	-1400	0.0	-2.2	0.0	-8.6
P31	20x60	85.00	5.00	148.9	96.8	1400	0	1200	-3100	0.0	-4.1	0.0	-2.3
P32	20x60	3967.00	5.00	148.9	96.7	1400	0	3000	-1100	4.0	0.0	0.0	-2.3

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

Localção no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-5.00	P11, P21
45.00	P13
85.00	P1, P31
530.00	P14
607.50	P2, P25
970.00	P15
1045.00	P9, P26
1392.50	P3, P27
1557.00	P16
1835.00	P4, P22
2217.00	P5, P23
2495.00	P17
2659.50	P6, P28
3007.00	P10, P29
3082.00	P18
3444.50	P7, P30
3522.00	P19
3967.00	P8, P32
4007.00	P20
4057.00	P12, P24

Localção no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
1065.00	P1, P8
1022.50	P2, P7
1005.00	P3, P6
965.00	P9, P10
900.00	P4, P5
790.00	P11, P12
535.00	P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
280.00	P21, P24
212.00	P22, P23
105.00	P26, P29
65.00	P27, P28
47.50	P25, P30
5.00	P31, P32

APÊNDICE Q – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 4 – Lajes Lisas adaptado – seção dos pilares +5cm



Planta de cargas

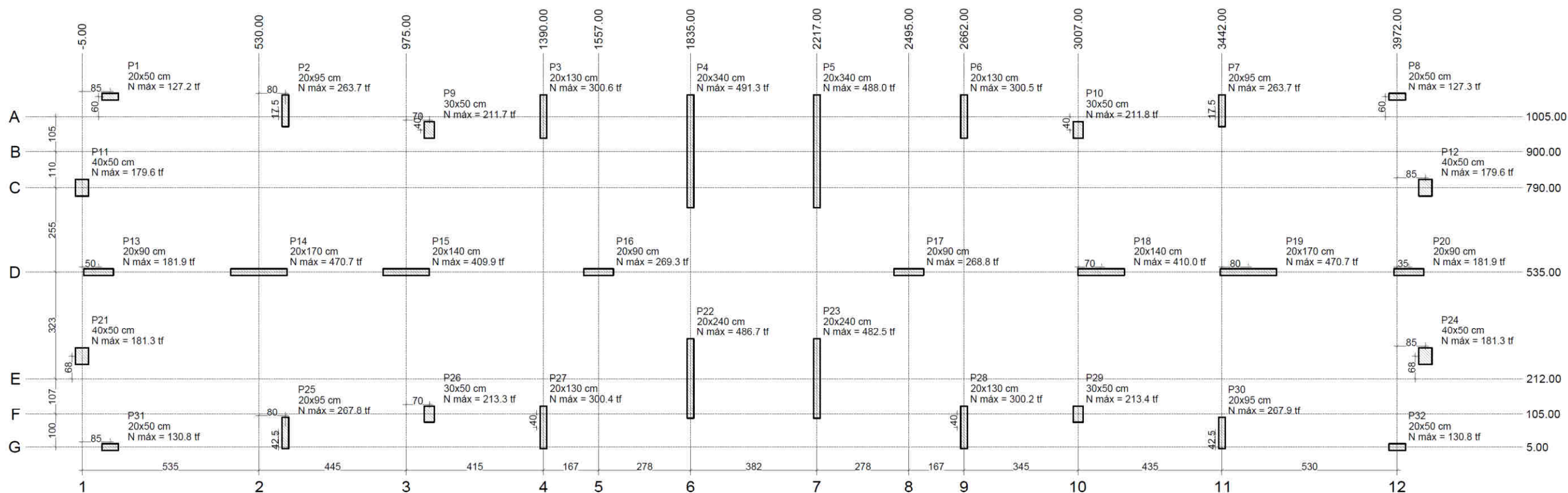
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	20x55	82.50	1065.00	126.2	86.5	0	-1200	1200	-3000	0.0	-3.7	2.1	0.0
P2	25x95	607.50	1022.50	272.9	223.6	18300	-19400	1600	-200	2.0	0.0	7.1	0.0
P3	25x130	1392.50	1005.00	310.0	248.3	50400	-48600	800	-1200	0.1	-1.1	13.8	-8.1
P4	25x340	1832.50	900.00	508.9	169.1	573400	-537500	700	-1000	0.3	-0.8	35.0	-25.3
P5	25x340	2219.50	900.00	505.6	167.6	576500	-540000	900	-800	0.7	-0.2	36.5	-27.7
P6	25x130	2659.50	1005.00	310.0	248.4	50400	-48600	1300	-700	1.2	0.0	13.8	-8.2
P7	25x95	3444.50	1022.50	272.9	223.6	18200	-19400	100	-1500	0.0	-2.1	7.0	0.0
P8	20x55	3969.50	1065.00	126.2	86.5	0	-1200	2900	-1300	3.7	0.0	2.1	0.0
P9	35x50	1047.50	965.00	215.5	183.7	5200	-6300	1800	-1600	1.4	-0.8	5.2	0.4
P10	35x50	3004.50	965.00	215.5	183.7	5200	-6300	1500	-1700	0.9	-1.3	5.2	-0.4
P11	45x50	-2.50	790.00	184.4	153.9	6400	-5800	2300	-3600	0.0	-3.8	1.6	-2.0
P12	45x50	4054.50	790.00	184.3	153.9	6400	-5800	3700	-2400	3.7	0.0	1.6	-2.0
P13	20x95	47.50	535.00	180.8	152.6	900	-800	7800	-9000	0.3	-4.5	0.6	-0.7
P14	20x175	527.50	535.00	461.4	399.1	1000	-900	38400	-34700	5.2	0.0	0.2	-0.1
P15	20x145	972.50	535.00	405.9	345.6	1200	-1200	24000	-23500	3.5	-3.1	0.5	-0.5
P16	20x95	1559.50	535.00	264.1	223.1	1700	-1400	9400	-8300	4.4	-1.7	1.4	-1.6
P17	20x95	2492.50	535.00	263.7	222.8	1700	-1400	8200	-9300	1.6	-4.3	1.4	-1.6
P18	20x145	3079.50	535.00	405.9	345.6	1200	-1200	23400	-23900	3.2	-3.4	0.5	-0.5
P19	20x175	3524.50	535.00	461.4	399.0	1000	-900	34600	-38500	0.0	-5.3	0.2	-0.1
P20	20x95	4004.50	535.00	180.7	152.6	900	-800	8900	-7900	4.6	-0.2	0.6	-0.7
P21	45x50	-2.50	280.00	185.9	155.1	6200	-5800	2300	-3600	0.0	-3.7	1.9	-1.8
P22	25x240	1832.50	212.00	499.6	173.9	257100	-235500	1300	-1000	0.6	0.0	32.9	-39.8
P23	25x240	2219.50	212.00	495.3	171.6	256700	-235300	900	-1200	0.0	-0.5	32.8	-39.1
P24	45x50	4054.50	280.00	185.9	155.1	6200	-5800	3700	-2200	3.8	0.0	1.9	-1.8
P25	25x95	607.50	47.50	276.8	227.3	21000	-16800	1500	-200	2.0	0.0	0.0	-7.4
P26	35x50	1047.50	105.00	216.9	185.0	6900	-4800	1700	-1600	1.3	-1.0	0.3	-5.4
P27	25x130	1392.50	65.00	309.7	244.1	52100	-46100	800	-1100	0.1	-0.9	7.3	-13.8
P28	25x130	2659.50	65.00	309.8	244.2	52100	-46300	1200	-900	1.0	-0.2	7.3	-13.8
P29	35x50	3004.50	105.00	217.0	185.0	6900	-4800	1500	-1800	0.9	-1.2	0.3	-5.5
P30	25x95	3444.50	47.50	276.8	227.3	21000	-16800	100	-1600	0.0	-2.1	0.0	-7.2
P31	20x55	82.50	5.00	129.4	89.8	1300	0	1200	-3000	0.0	-3.7	0.0	-2.1
P32	20x55	3969.50	5.00	129.5	89.7	1300	0	2900	-1100	3.8	0.0	0.0	-2.1

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

Localção no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-2.50	P11, P21
47.50	P13
82.50	P1, P31
527.50	P14
607.50	P2, P25
972.50	P15
1047.50	P9, P26
1392.50	P3, P27
1559.50	P16
1832.50	P4, P22
2219.50	P5, P23
2492.50	P17
2659.50	P6, P28
3004.50	P10, P29
3079.50	P18
3444.50	P7, P30
3524.50	P19
3969.50	P8, P32
4004.50	P20
4054.50	P12, P24

Localção no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
1065.00	P1, P8
1022.50	P2, P7
1005.00	P3, P6
965.00	P9, P10
900.00	P4, P5
790.00	P11, P12
535.00	P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
280.00	P21, P24
212.00	P22, P23
105.00	P26, P29
65.00	P27, P28
47.50	P25, P30
5.00	P31, P32

APÊNDICE R – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 5 – Lajes Lisas adaptado – classe do concreto C-50



Planta de cargas

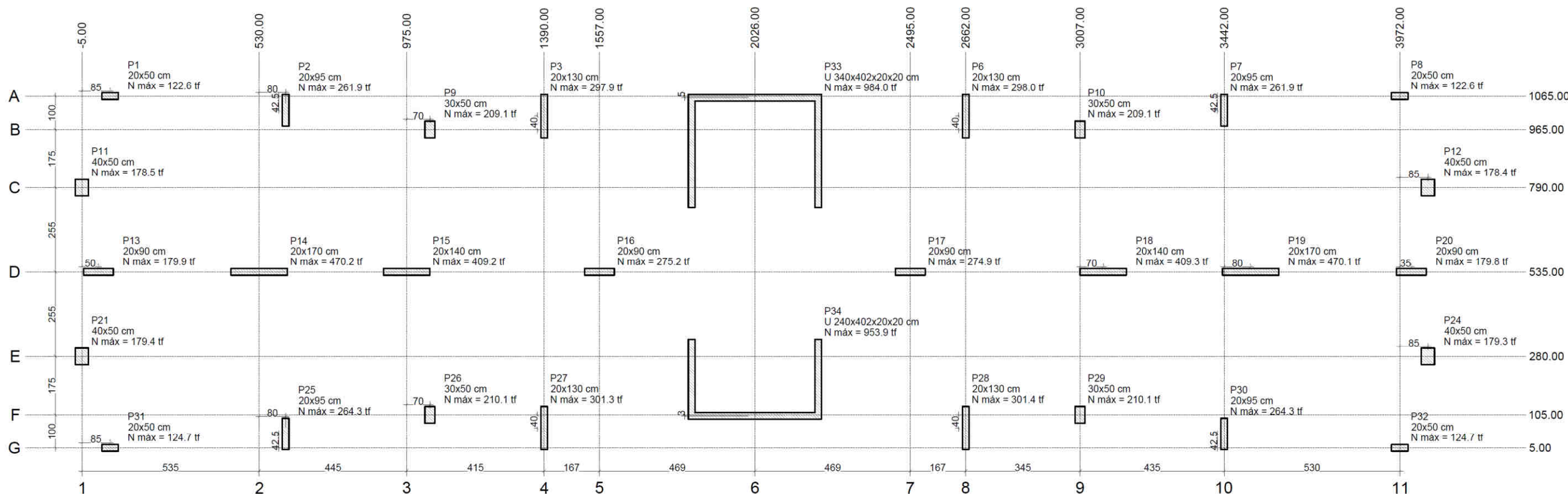
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Pilar		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)			
						Mx Máximo (kgf.m) Positivo	Mx Máximo (kgf.m) Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo		
P1	20x50	80.00	1065.00	127.2	86.8	100	-1400	1000	-2700	0.0	-3.5	2.3	0.0
P2	20x95	610.00	1022.50	263.7	213.9	16600	-18200	1200	0	2.0	0.0	7.2	0.0
P3	20x130	1390.00	1005.00	300.6	237.5	46400	-45100	400	-1000	0.0	-1.1	13.7	-8.0
P4	20x340	1835.00	900.00	491.3	150.6	518100	-486100	500	-600	0.2	-0.4	33.7	-24.2
P5	20x340	2217.00	900.00	488.0	149.1	521100	-488400	500	-400	0.3	-0.3	35.3	-26.5
P6	20x130	2662.00	1005.00	300.5	237.4	46400	-45100	900	-300	1.0	0.0	13.7	-8.0
P7	20x95	3442.00	1022.50	263.7	213.9	16600	-18000	0	-1300	0.0	-1.9	7.2	0.0
P8	20x50	3972.00	1065.00	127.3	86.8	0	-1400	2600	-1100	3.6	0.0	2.3	0.0
P9	30x50	1045.00	965.00	211.7	179.7	5100	6500	1200	1100	1.0	0.8	5.4	0.6
P10	30x50	3007.00	965.00	211.8	179.8	5100	-6300	1200	-1300	0.9	-0.9	5.4	-0.7
P11	40x50	-5.00	790.00	179.6	149.3	6400	-5800	1600	-3200	0.0	-3.6	1.8	-2.0
P12	40x50	4057.00	790.00	179.6	149.3	6400	-5900	3100	-1500	3.7	0.0	1.8	-2.0
P13	20x90	45.00	535.00	181.9	153.3	1000	-900	7500	-8800	0.2	-4.9	0.7	-0.7
P14	20x170	530.00	535.00	470.7	406.3	1200	-1200	39600	-35400	6.1	0.0	0.3	-0.2
P15	20x140	975.00	535.00	409.9	348.0	1400	-1200	24300	-23500	4.1	-3.1	0.7	-0.8
P16	20x90	1557.00	535.00	269.3	227.5	1800	-1700	8900	-8000	4.1	-2.0	1.6	-2.0
P17	20x90	2495.00	535.00	268.8	227.1	1800	-1700	7900	-8800	1.9	-4.2	1.6	-2.0
P18	20x140	3077.00	535.00	410.0	348.1	1400	-1200	23400	-24400	3.2	-4.1	0.7	-0.8
P19	20x170	3522.00	535.00	470.7	406.3	1200	-1200	35300	-39700	0.0	-6.0	0.3	-0.2
P20	20x90	4007.00	535.00	181.9	153.3	1000	-900	8700	-7400	5.0	-0.1	0.7	-0.7
P21	40x50	-5.00	280.00	181.3	150.7	6400	-6000	1600	-3100	0.0	-3.8	1.9	-2.0
P22	20x240	1835.00	212.00	486.7	160.5	235400	-215600	1000	-300	0.8	0.0	32.7	-39.5
P23	20x240	2217.00	212.00	482.5	158.2	235100	-215400	400	-1100	0.0	-0.9	32.6	-39.0
P24	40x50	4057.00	280.00	181.3	150.7	6300	-6000	3200	-1500	3.7	0.0	1.9	-2.0
P25	20x95	610.00	47.50	267.8	217.9	19500	-15300	1200	0	1.9	0.0	0.0	-7.5
P26	30x50	1045.00	105.00	213.3	181.3	6900	-4800	1200	-1100	0.9	-1.0	0.5	-5.7
P27	20x130	1390.00	65.00	300.4	233.0	48200	-42600	400	-900	0.0	-0.9	7.2	-13.8
P28	20x130	2662.00	65.00	300.2	232.9	48200	-42600	800	-500	0.8	0.0	7.2	-13.8
P29	30x50	3007.00	105.00	213.4	181.4	6900	-4800	1200	-1100	0.9	-0.8	0.4	-5.7
P30	20x95	3442.00	47.50	267.9	217.9	19500	-15300	0	-1300	0.0	-2.0	0.0	-7.3
P31	20x50	80.00	5.00	130.8	90.3	1400	0	1000	-2700	0.0	-3.5	0.0	-2.4
P32	20x50	3972.00	5.00	130.8	90.3	1400	0	2600	-900	3.6	0.0	0.0	-2.4

Localção no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-5.00	P11, P21
45.00	P13
80.00	P1, P31
530.00	P14
610.00	P2, P25
975.00	P15
1045.00	P9, P26
1390.00	P3, P27
1557.00	P16
1835.00	P4, P22
2217.00	P5, P23
2495.00	P17
2662.00	P6, P28
3007.00	P10, P29
3077.00	P18
3442.00	P7, P30
3522.00	P19
3972.00	P8, P32
4007.00	P20
4057.00	P12, P24

Localção no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
1065.00	P1, P8
1022.50	P2, P7
1005.00	P3, P6
965.00	P9, P10
900.00	P4, P5
790.00	P11, P12
535.00	P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
280.00	P21, P24
212.00	P22, P23
105.00	P26, P29
65.00	P27, P28
47.50	P25, P30
5.00	P31, P32

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

APÊNDICE S – planta de cargas gerada pelo programa Eberick – Modelo 8 – Lajes Lisas adaptado – criação de pilares em “U”



Planta de cargas

escala 1:50

Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Pilar		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
						Mx Máximo (kgf.m)	My Máximo (kgf.m)	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	20x50	80.00	1065.00	122.6	93.4	0	-1200	0	-1300	0.0	-3.0	2.1	0.0
P2	20x95	610.00	1022.50	261.9	221.1	10800	-12800	900	0	1.9	0.0	6.5	0.0
P3	20x130	1390.00	1005.00	297.9	248.7	31900	-31900	0	-700	0.0	-1.5	11.7	-5.7
P6	20x130	2662.00	1005.00	298.0	248.8	31900	-31900	700	0	1.4	0.0	11.7	-5.8
P7	20x95	3442.00	1022.50	261.9	221.1	10800	-12800	0	-1000	0.0	-2.0	6.5	0.0
P8	20x50	3972.00	1065.00	122.6	93.4	0	-1200	1200	0	3.1	0.0	2.1	0.0
P9	30x50	1045.00	965.00	209.1	179.2	3300	-4600	200	-300	0.1	-0.6	4.5	0.0
P10	30x50	3007.00	965.00	209.1	179.2	3300	-4600	400	-300	0.5	0.0	4.5	0.0
P11	40x50	-5.00	790.00	178.5	152.4	4400	-3900	0	-1200	0.0	-2.8	1.2	-1.4
P12	40x50	4057.00	790.00	178.4	152.3	4400	-3900	1200	0	2.9	0.0	1.2	-1.4
P13	20x90	45.00	535.00	179.9	155.0	700	-800	900	-2100	0.0	-3.0	0.5	-0.6
P14	20x170	530.00	535.00	470.2	410.0	800	-700	9100	-4900	4.6	0.0	0.2	-0.3
P15	20x140	975.00	535.00	409.2	352.9	1000	-1000	5100	-4400	1.6	-1.2	0.5	-0.6
P16	20x90	1557.00	535.00	275.2	232.3	1300	-1300	2400	-1800	1.9	-0.7	1.3	-1.3
P17	20x90	2495.00	535.00	274.9	232.2	1300	-1300	1700	-2500	0.5	-1.9	1.3	-1.3
P18	20x140	3077.00	535.00	409.3	352.9	1000	-1000	4400	-5200	1.1	-1.6	0.5	-0.6
P19	20x170	3522.00	535.00	470.1	409.9	800	-700	4800	-9200	0.0	-4.6	0.2	-0.3
P20	20x90	4007.00	535.00	179.8	155.0	700	-800	2200	-900	3.0	0.0	0.5	-0.6
P21	40x50	-5.00	280.00	179.4	153.4	4300	-4100	0	-1200	0.0	-2.8	1.4	-1.2
P24	40x50	4057.00	280.00	179.3	153.3	4300	-4000	1300	0	2.9	0.0	1.4	-1.2
P25	20x95	610.00	47.50	264.3	223.2	13700	-10000	900	0	1.9	0.0	0.0	-6.6
P26	30x50	1045.00	105.00	210.1	180.2	5000	-3100	200	-300	0.1	-0.5	0.0	-4.7
P27	20x130	1390.00	65.00	301.3	251.2	34000	-29300	0	-900	0.0	-1.6	5.1	-11.9
P28	20x130	2662.00	65.00	301.4	251.2	34000	-29300	800	0	1.5	0.0	5.1	-11.9
P29	30x50	3007.00	105.00	210.1	180.2	5000	-3100	400	-300	0.6	0.0	0.0	-4.7
P30	20x95	3442.00	47.50	264.3	223.2	13700	-10000	0	-1000	0.0	-2.0	0.0	-6.6
P31	20x50	80.00	5.00	124.7	95.4	1200	0	0	-1200	0.0	-3.2	0.0	-2.2
P32	20x50	3972.00	5.00	124.7	95.4	1200	0	1200	0	3.1	0.0	0.0	-2.2
P33	U 340x402x20x20	2026.00	1060.00	984.0	345.7	1364000	-1287600	321800	-328900	13.7	-13.5	120.9	-94.2
P34	U 240x402x20x20	2026.00	102.00	953.9	333.2	534200	-482900	273600	-279800	11.9	-11.8	32.7	-55.0

Localção no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-5.00	P11, P21
45.00	P13
80.00	P1, P31
530.00	P14
610.00	P2, P25
975.00	P15
1045.00	P9, P26
1390.00	P3, P27
1557.00	P16
2026.00	P33, P34
2495.00	P17
2662.00	P6, P28
3007.00	P10, P29
3077.00	P18
3442.00	P7, P30
3522.00	P19
3972.00	P8, P32
4007.00	P20
4057.00	P12, P24

Localção no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
1065.00	P1, P8
1060.00	P33
1022.50	P2, P7
1005.00	P3, P6
965.00	P9, P10
790.00	P11, P12
535.00	P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
280.00	P21, P24
105.00	P26, P29
102.00	P34
65.00	P27, P28
47.50	P25, P30
5.00	P31, P32

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.