

**ESTUDO DE VALORES APROXIMADOS DE RIGIDEZ
EQUIVALENTE PARA VIGAS E PILARES PARA
ANÁLISES NÃO-LINEARES GLOBAIS EM ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO DE PEQUENO PORTE**

MÔNICA MARIA EMERENCIANO BUENO

**TESE DE DOUTORADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTUDO DE VALORES APROXIMADOS DE RIGIDEZ
EQUIVALENTE PARA VIGAS E PILARES PARA
ANÁLISES NÃO-LINEARES GLOBAIS EM ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO DE PEQUENO PORTE**

MÔNICA MARIA EMERENCIANO BUENO

ORIENTADOR: GUILHERME SALES SOARES DE A. MELO

TESE DE DOUTORADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**PUBLICAÇÃO : E.TD-001A/14
BRASÍLIA, DF, ABRIL - 2014**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ESTUDO DE VALORES APROXIMADOS DE RIGIDEZ EQUIVALENTE PARA VIGAS E PILARES PARA ANÁLISES NÃO-LINEARES GLOBAIS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE PEQUENO PORTE

MÔNICA MARIA EMERENCIANO BUENO

TESE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo- Ph.D (ENC-UnB)
(orientador)

Prof. Ricardo Leopoldo e Silva França – D.Sc. (USP)
(Examinador Externo)

Prof. Bernardo Horowitz – (UFPE)
(Examinador Externo)

Prof. José Luís Vital de Brito –D.Sc. (ENC-UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Francisco Evangelista Junior – (ENC-UnB)
(Examinador Interno)

BRASÍLIA, 04 DE ABRIL DE 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

BUENO, MÔNICA MARIA EMERENCIANO

Estudo de valores aproximados de rigidez equivalente para vigas e pilares para análises não-lineares globais em estruturas de concreto armado de pequeno porte [Distrito Federal] 2014.

xxi, 230 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Estruturas e Construção Civil, 2014).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília.

Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Estruturas

2. Estruturas de concreto

3. Estabilidade

4. Efeitos de segunda ordem

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BUENO, M. M. E. (2014). Estudo de valores aproximados de rigidez equivalente para vigas e pilares para análises não-lineares em estruturas de concreto armado de pequeno porte, Publicação E.TD-001A/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 230p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Mônica Maria Emerenciano Bueno

TÍTULO: Estudo de valores aproximados de rigidez equivalente para vigas e pilares para análises não-lineares em estruturas de concreto armado de pequeno porte

GRAU: Doutor

ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Mônica Maria Emerenciano Bueno
QE38, bloco D, ap.806 Guará II.
CEP 71070-604
Brasília- DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus queridos pais
Carlos e Norma Bueno por todo amor e apoio incondicional
e à minha pequena Cibele que chegou no final desta tese
para me dar força e iluminar minha vida

Mede-se com um micrômetro,

Marca-se com um giz,

Corta-se com um machado.

(Donald Coduto)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter permitido que eu chegasse até aqui sempre iluminando meu caminho e guiando meus passos.

Ao meu orientador Professor Guilherme por ter acreditado na realização deste trabalho e me incentivado muitas vezes em conseguir finalizá-lo apesar de tantas dificuldades alcançadas neste percurso.

Ao professor Ricardo França por todo auxílio prestado na elaboração do trabalho, acreditando que chegaríamos a uma conclusão satisfatória apesar de muitas vezes não estar tão claro qual caminho seguir.

Ao meu marido Fabrício pelo seu amor, carinho, compreensão e por me incentivar, apoiar, dar suporte físico, emocional e espiritual para que este trabalho pudesse ser realizado desde seu início até a defesa.

À minha filhinha Cibele que chegou no meio desta tese e me deu muita força para conseguir realiza-la.

Aos meus pais Carlos e Norma e irmãos Carlos e Bruna por todo amor e suporte que sempre me deram em todos os projetos de vida que me dedico, fundamental para alcançar o sucesso.

A todos os meus familiares e amigos por torcerem por mim, me colocarem em suas orações e de forma direta ou indireta participarem deste processo que me permitiu realizar este trabalho.

A todos os amigos que fiz no PECC nesses anos de pesquisa, obrigada pelo companheirismo e amizade nesta etapa de minha vida.

A todas as pessoas que de me ajudaram cuidando da Cibele enquanto eu trabalhava na finalização deste trabalho, especialmente meu marido Fabrício, minha mãe Norma, minha irmã Bruna, minha sogra Dona Vânia, minha cunhada Aline e a amiga Eleonora. Sem este apoio seria impossível a realização desta tese.

À UnB e ao PECC por proporcionarem a realização deste trabalho, especialmente à secretária Eva por seu apoio na agilização dos processos internos.

Ao CNPq por conceder a bolsa de doutorado para realização da pesquisa.

RESUMO

Estudo de valores aproximados de rigidez equivalente para vigas e pilares para análises não-lineares globais em estruturas de concreto armado de pequeno porte

Autora: Mônica Maria Emerenciano Bueno

Orientador: Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, março de 2014

A consideração da não-linearidade física na análise de segunda ordem global de estruturas de concreto armado pode ser introduzida de forma simplificada adotando valores reduzidos de inércia bruta dos elementos. Vários autores já estudaram este tema e existe uma série de valores propostos que compõem códigos e normas de diferentes países contemplando esta forma simplificada de considerar a não-linearidade física, porém algumas lacunas ainda precisam ser preenchidas e atualizadas para as edificações atuais. Com a difusão do uso de análises não-lineares devido aos programas de cálculo estrutural os conceitos de análise não-linear deixaram de ser exclusividade dos edifícios altos e passaram a fazer parte das rotinas de cálculo em geral, trazendo para os projetos de engenharia uma melhor aproximação com o comportamento real

Este trabalho tem como objetivo estudar valores aproximados para a rigidez equivalente de vigas e pilares de pórtico para uma determinada tipologia de edificação com o intuito de simular a não-linearidade física para análises de segunda ordem global em estruturas de concreto armado com menos de quatro pavimentos, caso que ainda não está contemplado na NBR 6118:2007. Para esta análise variou-se uma série de características a fim de observar a modificação da rigidez equivalente: dimensão dos elementos, número de pavimentos, carregamentos e f_{ck} . Ao final uma proposta é apresentada para o universo de casos estudados.

ABSTRACT

Study of approximate equivalent flexural stiffness values for beams and columns for nonlinear analysis in short reinforced concrete structures

Author: Mônica Maria Emerenciano Bueno

Supervisor: Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, March, 2014

The consideration of the physical nonlinearity in the second global order analysis of reinforced concrete structures can be introduced in a simplified manner by adopting reduced values of gross inertia of the elements. Several authors have studied this topic and there are a number of default values recommended by codes and standards in different countries contemplating this simplified way to consider the physical nonlinearity, however some gaps remain to be filled and updated for today's buildings. With the widespread use of nonlinear analysis due to structural calculation software, the concepts of nonlinear analysis are no longer exclusive to tall buildings and became part of the calculation routines in general, bringing to engineering projects a better approximation to the actual behavior

The objective of this work is to study approximate values of equivalent stiffness of beams and columns of frames for a particular type of building in order to simulate the physical nonlinearity analysis of global second order in reinforced concrete structures under four-storey, still not contemplated in the NBR 6118:2007. A series of features was varied, in order to observe the modification of the equivalent stiffness: size of elements, number of floors, loading and f_{ck} . At the end a proposal is submitted to the universe of studied cases.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO.....	2
1.3 RESUMO DOS CAPÍTULOS	2
2 - ANÁLISE NÃO-LINEAR PARA CÁLCULO DE ESTRUTURAS RETICULADAS DE CONCRETO ARMADO	3
2.1 ANÁLISE NÃO-LINEAR.....	3
2.2 FONTES DE NÃO-LINEARIDADES.....	4
2.2.1 Não-linearidade geométrica.....	4
2.2.2 Não-linearidade física.....	5
2.3 CONSIDERAÇÃO DAS NÃO-LINEARIDADES DE FORMA APROXIMADA	9
2.3.1 Análise simplificada de esforços de segunda ordem globais.....	9
2.3.1.1 Coeficiente γ_z	10
2.3.2 Não-linearidade física aproximada para análises locais e globais	11
2.3.2.1 Abordagem americana.....	13
2.3.2.2 Abordagem brasileira	28
3 - DESENVOLVIMENTO DE EXEMPLO ANALÍTICO.....	43
3.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EXEMPLO	43
3.2 CRITÉRIOS GERAIS	45
3.3 MODELO ESTRUTURAL.....	45
3.4 CARREGAMENTO ADOTADO	48
3.4.1 Carregamento vertical	48
3.4.2 Carregamento horizontal.....	49
3.4.3 Combinações de carregamento	52
3.5 ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL	54
3.6 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA	58
3.7 DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EQUIVALENTE.....	61
3.8 NOVA ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA	65

4 - ESTUDO DE VALORES APROXIMADOS DE REDUÇÃO DA RIGIDEZ DE VIGAS E PILARES DE EDIFÍCIOS PARA CONSIDERAÇÃO DA NÃO-LINEARIDADE FÍSICA NA ANÁLISE GLOBAL	72
4.1 CASOS ESTUDADOS	74
4.2 PROCESSAMENTO 1- ANÁLISE INICIAL E DIMENSIONAMENTO ..	78
4.3 PROCESSAMENTO 2- ANÁLISE NÃO-LINEAR FÍSICA E GEOMÉTRICA	86
4.4 PROCESSAMENTO 3 - ANÁLISE ESTRUTURAL COM NOVOS VALORES DE REDUÇÃO DE RIGIDEZ	97
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	100
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	134
BIBLIOGRAFIA	136
APÊNDICES	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Diagrama momento-curvatura de uma viga com dois valores de A_s	8
Figura 2.2- Momento –curvatura com EI secante para o nível de solicitação M_a	13
Figura 2.3- Características geométricas dos elementos analisados por Hage; MacGregor (1974) a) laje b) viga T (adaptado de Hage; MacGregor, 1974)	15
Figura 2.4- Inércia efetiva: valores para vigas T submetidas a cargas gravitacionais (adaptado de MacGregor, 1993).....	16
Figura 2.5 - Inércia efetiva: valores para vigas T submetidas a cargas laterais (adaptado de MacGregor, 1993)	17
Figura 2.6- Inércia efetiva: valores para vigas T submetidas a cargas laterais e gravitacionais combinadas (adaptado de MacGregor, 1993)	17
Figura 2.7- Três tipos de seção transversal e propriedades do material estudados por Hage; MacGregor (1974) (adaptado de Hage; MacGregor, 1974)	18
Figura 2.8- Modelo analítico (HAGE; MacGregor, 1974).....	19
Figura 2.9- Características geométricas analisadas (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)	21
Figura 2.10- Influência da carga axial e excentricidade na rigidez de pilares (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)	22
Figura 2.11- Seções transversais das vigas consideradas no estudo paramétrico (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)	23
Figura 2.12- Diagrama momento-curvatura para uma típica viga de concreto armado: influência do parâmetro b/h (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)	24
Figura 2.13 - Relação momento-curvatura apresentado pela NBR 6118:2007	29
Figura 2.14- Processo de obtenção de κ	31
Figura 2.15- Arranjos definidos para seção retangular cheia (Oliveira, 2004)	33
Figura 2.16- Arranjos definidos para seção retangular vazada (Oliveira, 2004).....	33
Figura 2.17- Arranjos definidos para seção circular (Oliveira, 2004).....	33
Figura 2.18- Arranjo de armadura resultante do dimensionamento para o ELU (adaptado de Crespo, 2002)	39
Figura 2.19- Exemplo de gráfico com nuvem de pontos utilizado por Crespo (2002)	41
Figura 2.20- Gráfico final proposto para o parâmetro α_{eq} por Crespo (2002)	42
Figura 3.1- Corte esquemático do Edifício Exemplo	43
Figura 3.2- Planta de formas do pavimento tipo do Edifício Exemplo, sem escala.....	44

Figura 3.3- Detalhe em planta do Edifício Exemplo, dimensões em centímetros	45
Figura 3.4- Modelo de pórticos planos associados utilizado no Edifício Exemplo	46
Figura 3.5- Identificação em planta dos pórticos representados no modelo de análise estrutural	46
Figura 3.6- Distribuição do carregamento vertical das lajes L1, L2, L6 e L7 para as respectivas vigas de acordo com o tipo de apoio de cada bordo das lajes	48
Figura 3.7- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas dos pavimentos tipo.....	59
Figura 3.8- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas da cobertura.....	59
Figura 3.9- Modelo de pórtico espacial do Edifício Exemplo.....	66
Figura 3.10-Esquema do dimensionamento à flexão das vigas finais 01/06/07/12, todos os pavimentos.....	67
Figura 3.11- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas finais 02/03/04/05/08/09/10/11, pavimentos tipo.....	67
Figura 3.12- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas finais 02/03/04/05/08/09/10/11, pavimento cobertura	67
Figura 3.13- Detalhe típico da seção transversal com armação de flexão dos pilares, lances 1 a 3	68
Figura 4.1- Esquema dos processamentos desenvolvidos no trabalho- 1, 2 e 3.....	73
Figura 4.2- Configuração básica de planta baixa T1 utilizada na série de exemplos, medidas em cm	75
Figura 4.3- Configuração básica de planta baixa T2 utilizada na série de exemplos, medidas em cm	76
Figura 4.4- Nomenclatura dos exemplos estudados	76
Figura 4.5- Direções do vento atuando na tipologia T1	80
Figura 4.6- Barra n do pórtico analisado para as direções X e Y e combinações de 1 a 8..	87
Figura 4.7- Seção transversal a) viga, segmento nº316 e b) pilar, segmento nº29	88
Figura 4.8- Pórtico espacial de T1-3P1V2a com os segmentos 29 de P3 e 316 de V205 no detalhe.....	89
Figura 4.9- Superfície M-N-1/r	90
Figura 4.10- Diagrama de interação de dois segmentos da V203, exemplo 5P1V1g	91
Figura 4.11- Novo esquema dos processamentos desenvolvidos no trabalho – 1, 2 e 3... 100	
Figura 4.12- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3a e o erro calculado em relação a $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2	118

Figura 4.13- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3b e o erro calculado em relação a $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2	119
Figura 4.14- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3c e o erro calculado em relação a $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2	120
Figura 4.15- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3a e $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2.	122
Figura 4.16- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3b e $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2.	123
Figura 4.17- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3c e $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2.	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Fatores de redução sugeridos por Kordina (1972)	14
Tabela 2.2- Características geométricas dos pilares utilizados para estudar d'/h , valores em cm	35
Tabela 2.3 – Cálculo de EI_{eq}/EI utilizando as formulações propostas por Khuntia e Ghosh (2004a)	36
Tabela 2.4- Cálculo de EI_{eq}/EI utilizando as formulações propostas por Oliveira (2004)	37
Tabela 3.1- Carregamentos verticais do Edifício Exemplo	49
Tabela 3.2- Dados utilizados para a determinação do carregamento de vento.....	49
Tabela 3.3- Determinação da velocidade característica, pressão dinâmica e força de arrasto atuante de vento por pavimento.....	50
Tabela 3.4- Dados utilizados na determinação do carregamento devido ao desaprumo global	50
Tabela 3.5- Determinação das forças horizontais equivalente por pavimento devido ao desaprumo global.....	51
Tabela 3.6- Cálculo dos momentos na base do Edifício Exemplo em função dos carregamentos horizontais de vento e desaprumo global	52
Tabela 3.7- Cálculo de γ_z para a Combinação 1	54
Tabela 3.8- Cálculo de γ_z para a Combinação 2	55
Tabela 3.9- Análise $P-\Delta$: Valores de ΔH_i para a primeira iteração	56
Tabela 3.10- Análise $P-\Delta$: Valores de ΔH_i para a segunda iteração.....	57
Tabela 3.11- Análise $P-\Delta$: Valores de ΔH_i para a terceira iteração.....	57
Tabela 3.12- Resultado dos processamentos para as vigas dos pavimentos tipo	60
Tabela 3.13- Resultado dos processamentos para as vigas da cobertura.....	60
Tabela 3.14- Dimensionamento dos pilares do Edifício Exemplo	60
Tabela 3.15- Cálculo da rigidez média utilizando os ábacos de Oliveira (2004).....	62
Tabela 3.16- Determinação da rigidez equivalente de vigas de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)	63
Tabela 3.17- Determinação da rigidez equivalente de pilares de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)	63

Tabela 3.18- Resumo dos valores de rigidez equivalente determinados para o Edifício Exemplo.....	65
Tabela 3.19- Determinação da taxa de armadura média para vigas finais 01/ 06/ 07/ 12...	69
Tabela 3.20 - Determinação da taxa de armadura média para vigas dos pavimentos tipo finais 02/ 03/ 04/ 05/ 08/ 09/ 10/ 11	69
Tabela 3.21- Determinação da taxa de armadura média para vigas da cobertura finais 02/ 03/ 04/ 05/ 08/ 09/ 10/ 11	69
Tabela 3.22 - Determinação da rigidez equivalente de vigas de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)	70
Tabela 3.23- Determinação da rigidez equivalente de pilares de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)	70
Tabela 3.24- Resumo dos valores de rigidez equivalente determinados para o novo dimensionamento do Edifício Exemplo	71
Tabela 4.1- Outras variáveis e sua nomenclatura para os exemplos estudados	77
Tabela 4.2- Resumo dos exemplos T1 estudados- casos iniciais	78
Tabela 4.3- Resumo dos exemplos T2 estudados- casos iniciais	78
Tabela 4.4- Carga vertical aplicada aos exemplos	79
Tabela 4.5- Parâmetros utilizados na determinação do carregamento horizontal de vento	79
Tabela 4.6- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso inicial	82
Tabela 4.7- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso $V_0=45\text{m/s}$	82
Tabela 4.8- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso carga distribuída Q_2	83
Tabela 4.9- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso $f_{ck}=50\text{MPa}$	83
Tabela 4.10- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso altura piso a piso 5m	84
Tabela 4.11- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso altura piso a piso 3m	84
Tabela 4.12- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso vão das vigas 01/02 de 6m.....	85
Tabela 4.13- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso direção dos pilares centrais 0°	85

Tabela 4.14- Valores do fator de redução de rigidez determinados na análise NLFG para os segmentos 316 e 29	88
Tabela 4.15 – Valores de momento fletor para os segmentos 38 e 210 da V203, exemplo 5P1V1g.....	91
Tabela 4.16- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso inicial.....	93
Tabela 4.17- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso $V_0=45\text{m/s}$	93
Tabela 4.18- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso carga distribuída Q2	94
Tabela 4.19- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso $f_{ck}=50\text{MPa}$	94
Tabela 4.20- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso altura de piso a piso 5m.....	95
Tabela 4.21- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso altura de piso a piso 3m.....	95
Tabela 4.22- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso vão das vigas 01/02 de 6m.....	96
Tabela 4.23- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso direção dos pilares centrais 0°	96
Tabela 4.24 – Valores do fator de redução de rigidez e γ_z utilizados no Processamento 399	
Tabela 4.25- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P1V1 .	102
Tabela 4.26- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P1V1 .	102
Tabela 4.27- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P1V1 .	103
Tabela 4.28- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P2V1 .	103
Tabela 4.29- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P2V1 .	104
Tabela 4.30- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P2V1 .	104
Tabela 4.31- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –8P2V1 .	105
Tabela 4.32- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P1V2 .	105
Tabela 4.33- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P1V2 .	106
Tabela 4.34- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P1V2 .	106
Tabela 4.35- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P2V2 .	107
Tabela 4.36- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P2V2 .	107

Tabela 4.37- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P2V2 .	108
Tabela 4.38- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –8P2V2 .	108
Tabela 4.39- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –3P2V1 .	109
Tabela 4.40- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –4P2V1 .	109
Tabela 4.41- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –5P2V1 .	110
Tabela 4.42- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –8P2V1 .	110
Tabela 4.43- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –3P2V2 .	111
Tabela 4.44- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –4P2V2 .	111
Tabela 4.45- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –5P2V2 .	112
Tabela 4.46- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –8P2V2 .	112
Tabela 4.47- Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 43c, 3 pavimentos.....	114
Tabela 4.48- Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 3c, 4 pavimentos.....	115
Tabela 4.49 - Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 3c, 5 pavimentos.....	116
Tabela 4.50- Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 3c, 8 pavimentos.....	117
Tabela 5.1- Proposta final.....	135

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

NBR - Norma Brasileira Registrada

γ_z - Coeficiente de avaliação da instabilidade e majoração dos esforços globais finais de 1^ª ordem para obtenção dos finais de 2^ª ordem

NLG - Não-linearidade geométrica

NLF – Não-linearidade física

$P-\Delta$ - Efeitos globais da NLG / Método para obter os momentos finais de segunda ordem

P - Carga vertical

Δ - deflexão lateral

M - Momento

$1/r$ - Curvatura

EI - Rigidez

A_s - área de aço, armadura positiva

A'_s - área de aço, armadura negativa

M_r - Momento de fissuração

CEB/FIP – Comité Euro-international du Béton – Fédération Internationale de La Précontrainte

M_{1d} - Momento de primeira ordem

M_{1d} - Momento de primeira ordem

$\Delta M_{tot,d}$ - Acréscimo de momento na base da primeira iteração da análise de segunda ordem

ELU – Estado Limite Último

ELS – Estado Limite de Serviço

α - Fator de redução de rigidez

E - Módulo de elasticidade

I_c - Momento de inércia da seção bruta

ACI – American Concrete Institute

A_c - Área de concreto

EI_{eff} - Rigidez efetiva

φ - Fator de redução de resistência

ρ_g - Taxa de armadura

e - Excentricidade

h - altura da seção transversal

b - largura da seção transversal

f_{ck} - Resistência característica à compressão do concreto

$(EI)_{sec}$ - Rigidez secante

κ - Rigidez secante adimensional

γ_f - Coeficiente de ponderação das ações

d' - Altura útil da seção transversal

ϕ - Diâmetro de uma barra

e_v, e_h - espaçamento entre barras na vertical e na horizontal respectivamente

f_{yd} - Resistência característica do aço

μ - Momento adimensional

γ_c - Peso específico do concreto

γ_{alv} - Peso específico da alvenaria

V_0 - Velocidade básica do vento

C_a - Coeficiente de arrasto

θ - Rotações do eixo de uma barra / Deslocamento angular

H - Altura total

S_d - valor dos esforços solicitantes de cálculo;

F - valor das ações para combinação última;

F_{gk} - ações permanentes diretas;

F_{qk} - ações variáveis diretas das quais F_{q1k} é escolhida principal;

γ_g, γ_q - coeficientes de ponderação das ações;

ψ_{0j} - fator de redução de combinação.

R_d - Esforços resistentes de cálculo

S_d - Esforços atuantes de cálculo

CAD/TQS - Programa para desenvolvimento de projetos de estruturas

λ - Índice de esbeltez de uma barra

PNLFG – Pórtico não-linear físico e geométrico

$\gamma_{z,P-\Delta}$ - Coeficiente de avaliação da instabilidade a partir dos resultados do PNLFG

$a_{d,P-\Delta}$ - Deslocamentos finais do PNLFG

1 - INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A avaliação da sensibilidade das estruturas aos efeitos de segunda ordem global é obrigatória, sejam elas de pequena ou grande complexidade. Esta consideração está cada vez mais inserida na realidade dos escritórios de projeto e isso se deve ao desenvolvimento dos sistemas computacionais, que vêm evoluindo de forma significativa e são influenciados diretamente pela incorporação desses tipos de análises em seus processamentos.

O comportamento não-linear das estruturas de concreto armado, provocado basicamente por fontes de não-linearidades físicas e geométricas, pode ser introduzido nas análises de forma simplificada ou refinada e de acordo com a NBR6118:2007 deve ser obrigatoriamente considerado.

Apesar do uso cada vez mais incorporado aos processos de cálculo de análises não-lineares, métodos simplificados ainda são bastante aplicados como alternativa a análises rigorosas, desde que respeitadas suas limitações. Na NBR 6118:2007 o processo aproximado para avaliar os efeitos de segunda ordem globais utilizando o γ_z , coeficiente que relaciona o momento de tombamento (primeira ordem) da estrutura com o momento devido ao carregamento aplicado na mesma já com os deslocamentos horizontais, é uma forma de cálculo simplificada indicada que sinaliza se a edificação deve levar em conta esses efeitos na análise estrutural. Nas análises aproximadas utiliza-se métodos simplificados para a não-linearidade geométrica nos quais é essencial que se faça uma previsão correta da influência da não-linearidade física dos elementos componentes, ou seja, é preciso levar em conta a perda de rigidez da estrutura devido ao comportamento não-linear dos materiais. Quanto mais próximo o valor adotado esteja da rigidez efetiva da estrutura, mais precisos serão os resultados.

Para estruturas bastante hiperestáticas, com grande quantidade de pavimentos e de elementos, a análise não-linear física aproximada para a determinação dos esforços de segunda ordem globais com os valores de redução de rigidez definidos pelas normas atuais tem apresentado bons resultados, porém ainda carecem de melhores respostas para casos de pórticos mais baixos (menos de quatro pavimentos). A importância de considerar este tipo de análise em edificações mais baixas torna-se cada vez mais necessária, já que os

conceitos de análise não-linear deixaram de ser exclusividade dos edifícios altos e passaram a fazer parte das rotinas de cálculo em geral, trazendo para os projetos de engenharia uma melhor aproximação com o comportamento real. É importante também destacar que a melhoria na forma de analisar estruturas deve ser acompanhada pela capacitação dos engenheiros em relação ao uso destas ferramentas para que o profissional consiga aplicá-las de forma consciente e sem afetar a segurança do resultado.

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é estudar a análise não-linear aproximada de edifícios de concreto armado indicada pela NBR 6118:2007, através da redução de rigidez dos elementos de pórtico para simular a não-linearidade física em edificações baixas, com menos de quatro pavimentos. Utilizando edifícios com elementos de diferentes geometrias, número de pavimentos, carregamentos e valores de resistência característica do concreto (f_{ck}) o intuito é estudar e propor valores de redução de rigidez adequados para essas análises que ainda não constam na norma vigente no Brasil.

Neste trabalho o foco é o estudo da não-linearidade física tratada de forma global nas estruturas de concreto armado porém uma abordagem local será utilizada como base para apresentar a análise mais refinada que dá suporte para a consideração global.

1.3 RESUMO DOS CAPÍTULOS

No capítulo 02 são apresentados os conceitos fundamentais relacionados à análise não-linear de estruturas reticuladas, apresentando as abordagens que são comumente utilizadas na engenharia de estruturas.

No capítulo 03 é desenvolvido um exemplo analítico de um edifício apresentando o passo a passo do processo de cálculo utilizado nas análises.

O capítulo 04 apresenta uma série de exemplos processados com o uso de um software de cálculo estrutural que realiza análises não-lineares para estudar valores de redução de rigidez para vigas e pilares de edifícios que possam ser usados em processos simplificados por fornecerem boa resposta nos processamentos rigorosos.

As conclusões referentes a este estudo e as recomendações para trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 05.

2 - ANÁLISE NÃO-LINEAR PARA CÁLCULO DE ESTRUTURAS RETICULADAS DE CONCRETO ARMADO

2.1 ANÁLISE NÃO-LINEAR

O comportamento não-linear é aquele caracterizado por uma relação de não-linearidade entre o carregamento aplicado e a resposta estrutural. Na análise de estruturas de concreto armado o material apresenta uma relação não-linear entre tensões e deformações e a estrutura em questão sofre uma mudança de posição no espaço que influencia nos deslocamentos finais e esta influência será maior quanto mais alto for o nível de carregamento atuante. O resultado considerando esses dois aspectos é que a resposta encontrada será diferente daquela obtida por processamento elástico-linear.

O uso deste tipo de análise nos processamentos gera resultados mais realistas sobre o comportamento das estruturas quanto maior o nível de carregamento atuante e é essencial para analisar a estabilidade de edificações, pois uma melhor estimativa dos efeitos gerados em razão da deslocabilidade dos nós só é possível por métodos envolvendo análises não-lineares, já que para este cálculo deve-se obter os deslocamentos finais da estrutura, que terão valores mais ou menos próximos dos reais de acordo com o tipo de análise estrutural realizada. Estes casos já se encontram fora dos limites de pequenas deformações e não vale o princípio da superposição de efeitos empregado nas análises lineares, onde a soma dos campos de deslocamentos provocados por vários sistemas de forças atuando isoladamente é igual ao campo de deslocamentos provocado pelos mesmos sistemas de força quando atuam de forma concomitante.

A consideração do comportamento não-linear na análise de estruturas de concreto armado é bastante complexa, pois toda a geometria da estrutura, incluindo suas armaduras (dimensionadas com os resultados provenientes da análise linear), deve ser previamente conhecida, o que requer um cálculo iterativo. Ao final de cada etapa obtêm-se novos esforços, que permitem o dimensionamento de uma armadura diferente. Essa nova armadura passa a ser utilizada na análise da iteração seguinte que fornecerá resultados para um novo dimensionamento e o processo se repete até que a armadura obtida seja próxima da relativa à etapa anterior de acordo com a variação estabelecida no critério de parada (FONTES *et al*, 2005).

Uma avaliação na magnitude da diferença de resultados entre análises lineares e não-lineares permite verificar se a estrutura deve ser calculada considerando as não-

linearidades ou se os acréscimos não são muito significativos e podem ser desprezados, como é o caso das estruturas bastante rígidas. Os efeitos gerados em estruturas devido à deslocabilidade horizontal de seus nós estão relacionados exatamente com sua característica não-linear. Nos casos onde eles resultam em acréscimos inferiores a 10% dos esforços obtidos por análise elástico-linear (de acordo com a margem de erro estabelecida na NBR 6118:2007), pode-se desconsiderar esta diferença e proceder a análise sem considerar o aspecto não-linear, pois admite-se que nesta porcentagem estão inseridas as incertezas dos carregamentos considerados.

A utilização de análises não-lineares está se tornando cada vez mais frequente pelos projetistas estruturais devido à facilidade de consideração nos programas de cálculo existentes hoje no mercado. Porém o completo entendimento da forma como ela é levada em conta nas análises oferecidas por esses programas deve ser completamente dominada pelo profissional para que o projeto seja bem definido e funcione plenamente.

2.2 FONTES DE NÃO-LINEARIDADES

Os efeitos não-lineares podem ser divididos quanto à sua natureza em efeitos devidos à mudança de posição da estrutura no espaço, denominados não-linearidade geométrica e aqueles referentes ao comportamento do material, conhecidos por não-linearidade física. Cada um colabora com uma parcela no comportamento não-linear, no entanto estes não podem ser separados pois atuam de forma conjunta e são intrínsecos à resposta estrutural.

2.2.1 Não-linearidade geométrica

Os efeitos da não-linearidade geométrica (NLG) são observados quando se leva em conta a posição de equilíbrio final (deformada) de uma estrutura, originada pelas ações atuantes na mesma. Nesta análise os esforços solicitantes são afetados pelo estado de deformação do conjunto, levando à não-proporcionalidade entre ação e reação.

A análise estrutural que leva em conta os deslocamentos da estrutura para formular as condições de equilíbrio na configuração deformada é denominada análise de segunda ordem, sendo a hipótese de pequenos deslocamentos característica da análise de primeira ordem. Para proceder com o cálculo em segunda ordem é necessário primeiro conhecer o resultado do processamento com a estrutura na posição indeformada (análise de primeira ordem) e através dos deslocamentos obtidos realizar novo processamento, dessa vez considerando as ações atuando na estrutura já deformada. Como este segundo

processamento deve gerar novos deslocamentos, a análise continua de forma iterativa até que se alcance uma forma final estável ou que seja indicada uma resposta instável para o caso.

Os efeitos de segunda ordem podem ser classificados em globais, locais ou localizados, de acordo com o objeto da análise (ABNT, 2007). Quando se analisa estruturas reticuladas, considerando barras ligadas por nós formando pórticos, trata-se dos efeitos globais; nos casos onde o elemento verificado é a barra de uma estrutura, como em um lance de pilar, surgem os efeitos locais; e para situações específicas onde podem surgir efeitos concentrados nas extremidades dos elementos de superfície, como nos casos de pilar-parede, são efeitos localizados.

A magnitude do acréscimo de esforços gerados pelos efeitos de segunda ordem deve ser avaliada e caso ela seja importante, deve ser obrigatoriamente considerada no dimensionamento. Em relação aos efeitos de segunda ordem globais a comparação entre o acréscimo gerado pelos efeitos de segunda ordem leva a classificar as estruturas de acordo com seu grau de mobilidade, em nós fixos ou móveis.

A consideração da NLG no âmbito global demanda análises iterativas que podem ser mais simplificadas, como o emprego de processos do tipo $P-\Delta$, onde a idéia básica é que os momentos produzidos pela carga vertical P atuando na deflexão lateral Δ podem ser substituídos por forças laterais horizontais equivalentes atuando no nível dos pavimentos (HAGE, 1974), ou mais refinadas, como aquelas que levam em conta algum grau de modificação na matriz de rigidez da estrutura, formada pela soma das matrizes $[K_1]$ e $[K_2]$, respectivamente a matriz de rigidez de primeira ordem e a matriz de rigidez de segunda ordem não-linear.

2.2.2 Não-linearidade física

A não-linearidade física (NLF) está associada ao comportamento do material constituinte da estrutura analisada. No caso do concreto armado, a rigidez dos materiais envolvidos (concreto e aço) se alteram à medida que o carregamento é aplicado, gerando uma resposta não-linear.

Fissuração, fluência e presença de armadura são alguns aspectos que caracterizam o comportamento do concreto como não-linear, pois determinam mudanças na seção

transversal dos elementos e conseqüentemente na resposta estrutural. A consequência disto aparece nos valores de deslocamentos resultantes: dependendo do nível de carregamento a estrutura fica mais ou menos deslocável devido aos efeitos da NLF. É importante notar que a correta consideração desse aspecto na análise influencia diretamente na precisão da avaliação dos efeitos da NLG, pois esta depende essencialmente de uma boa avaliação da deformada da estrutura.

A não-linearidade física pode ser levada em conta em estruturas reticuladas com as de concreto armado estimando-se os deslocamentos dos nós, resultantes da análise estrutural, pela sua relação com a rigidez dos membros constituintes. Esta relação pode ser obtida através do diagrama força normal-momento-curvatura das várias seções transversais, construído a partir da armadura suposta conhecida e do valor da força normal atuante. Também é preciso pré-fixar as relações constitutivas dos materiais, critérios de ruína para o conjunto aço-concreto e determinar o equilíbrio interno considerando fissuração, fluência e escoamento da armadura. A montagem do gráfico momento-curvatura apresentado na Figura 2.1 não é uma rotina trivial e na prática só é possível com o uso de computadores.

A curvatura de uma barra é determinada através da expressão exata da equação diferencial da linha elástica apresentada abaixo.

$$\frac{1}{r} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = -\frac{M}{EI}$$

onde $1/r$ é a curvatura da barra, EI é o produto de inércia relativo ao plano de flexão e $M = -Py$ é o momento fletor.

Em uma seção de concreto armado submetida a momentos fletores é possível admitir que a quantidade $(dy/dx)^2$ seja muito pequena em relação à unidade e utilizar a equação simplificada da curvatura apresentada abaixo.

$$\frac{1}{r} = -\frac{M}{EI} \quad (2-1)$$

Neste caso as hipóteses simplificadoras admitidas são as seguintes:

- 1) As seções transversais ao eixo da barra indeformada, inicialmente planas, permanecem planas e normais ao eixo da barra deformada, desprezando-se assim as deformações por cisalhamento;
- 2) Os deslocamentos transversais do eixo da barra são pequenos em relação ao seu comprimento, o que leva a rotações do eixo da barra pequenas em relação à unidade ($\theta = \text{tg}\theta \approx 1$).

Apesar de não serem rigorosamente válidas, são vastamente utilizadas em análise estrutural de concreto armado e seus resultados são compatíveis com dados experimentais disponíveis (ARAÚJO, 1993).

Pode-se perceber pela formulação que a relação entre momento e curvatura ($M \times 1/r$) é feita pela rigidez EI do elemento. Se EI tiver valor constante, esta será uma relação linear, porém em elementos de concreto armado submetidos à flexão cerca de três regiões diferentes do gráfico definem EI , como é possível observar pelo aspecto do diagrama momento-curvatura para uma seção de um trecho submetido à flexão, representado na Figura 2.1 com duas situações de armadura, A_{s1} e A_{s2} , sendo $A_{s2} > A_{s1}$.

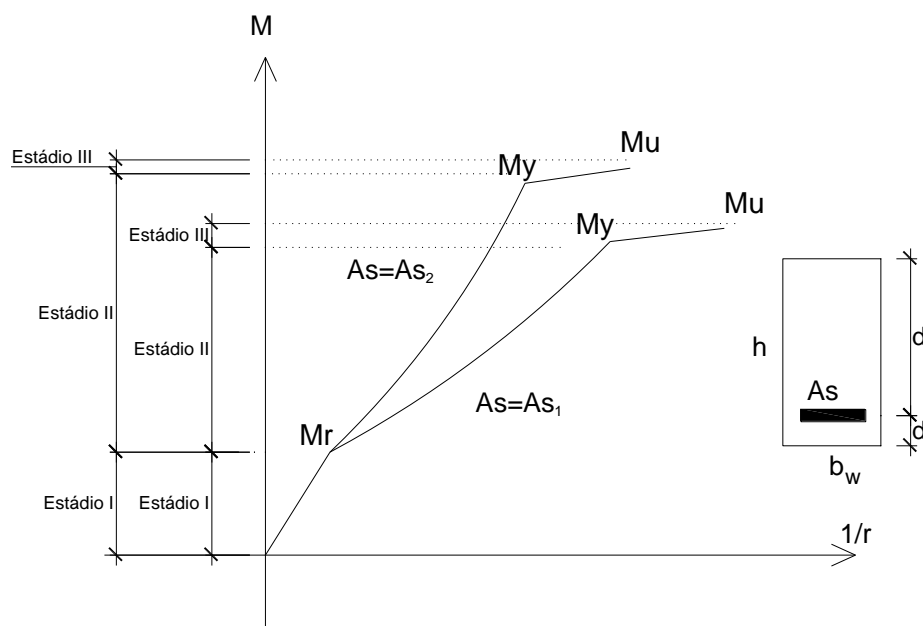


Figura 2.1- Diagrama momento-curvatura de uma viga com dois valores de A_s

A primeira região que pode ser identificada é a do Estádio I, caracterizada pela forma linear do gráfico e delimitada pelo início da fissuração, quando é atingido o momento de fissuração (M_r). A segunda região está relacionada com a formação de fissuras do Estádio II, podendo ser observado também duas sub-regiões: uma que vai do início da fissuração até atingir certa estabilidade na quantidade e tamanho de abertura das fissuras e outra ao alcançar a configuração fissurada definitiva. A terceira região que pode ser observada está relacionada a grandes deformações do concreto e início do escoamento do aço, Estádio III. No diagrama da Figura 2.1 são apresentadas duas configurações de armadura, A_{s1} e A_{s2} , sendo $A_{s2} < A_{s1}$.

A não-linearidade física pode ser tratada de forma local ou global, dependendo do foco da análise. Quando se trata de elementos isolados como em um lance de pilar ou viga é necessário o refinamento do processo que considera a não-linearidade física, levando em conta a armadura já dimensionada e posicionada. Na consideração global se analisa o comportamento conjunto dos elementos que formam uma edificação e a estimativa dos deslocamentos finais é feita sem a necessidade de dimensionamento prévio de armaduras.

Neste trabalho o foco é o estudo da não-linearidade física tratada de forma global nas estruturas de concreto armado. A abordagem local será utilizada como base para apresentar a análise mais refinada que dá suporte para a consideração global.

2.3 CONSIDERAÇÃO DAS NÃO-LINEARIDADES DE FORMA APROXIMADA

Análises não-lineares são essencialmente métodos de cálculo iterativos, devido à natureza dos problemas. Como já foi mencionado, tanto a NLF quanto a NLG são alteradas de acordo com o nível de tensão atuante e este se modifica ao longo da análise.

Processos iterativos são resolvidos atualmente com certa facilidade através de programas de computador que garantem maior velocidade no cálculo e a possibilidade de inúmeras repetições, chegando a resultados bastante confiáveis. No entanto antes dessas ferramentas surgirem como aliadas nas análises e se tornarem acessíveis aos projetistas, métodos aproximados bem fundamentados foram desenvolvidos e testados durante muito tempo. São simplificações ou aproximações de cálculo que não devem apresentar diferenças maiores que 10% nos resultados em relação a métodos mais refinados, no sentido de maior insegurança (CEB, 1993). Esta margem de 10% admitida está presente tanto na NBR 6118:2007 quanto nos manuais da fib, porém na norma americana ACI 318:11 o valor estabelecido é de 5%, este no entanto está associado a outras margens de segurança a serem somadas ao longo dos cálculos.

Estes processos simplificados para análise não-linear são de extrema utilidade prática para o projeto de edifícios em concreto armado, desde que se conheça seus respectivos campos de aplicação e sua precisão, uma vez que agilizam o desenvolvimento do projeto estrutural sem perda significativa na precisão dos resultados (PINTO, 2002). Mesmo diante da facilidade que os processamentos computacionais oferecem atualmente, os métodos aproximados para consideração das não-linearidades continuam desempenhando um papel importante no desenvolvimento de projetos na engenharia, fornecendo bons resultados em análises iniciais de lançamento estrutural em relação ao seu comportamento quanto aos efeitos de segunda ordem.

2.3.1 Análise simplificada de esforços de segunda ordem globais

Ao analisar uma estrutura considerando a NLG é possível medir o grau de sensibilidade desta em relação aos efeitos de segunda ordem. Buscando obter critérios seguros e de fácil implementação para esta análise, códigos e normas de diversos países apresentam em seus

textos índices que avaliam as estruturas reticuladas quanto aos efeitos de segunda ordem, as classificando em nós fixos e nós móveis.

No Brasil a NBR 6118:2007 adota como processos aproximados o parâmetro α e o coeficiente γ_z , que podem ser utilizados para verificar a possibilidade de dispensa da consideração dos esforços globais de segunda ordem, ou seja, para indicar se a estrutura pode ser classificada como de nós fixos, sem necessidade de cálculo rigoroso (ABNT, 2007).

2.3.1.1 Coeficiente γ_z

O coeficiente γ_z , equação (2-2), foi formulado por Franco e Vasconcelos (1991) e mede o grau de sensibilidade de uma edificação com relação aos efeitos de segunda ordem globais, ao mesmo tempo em que pode ser utilizado para majorar os efeitos de primeira ordem provenientes de cargas horizontais, levando aos efeitos de segunda ordem finais. Se $\gamma_z \leq 1,1$ a estrutura pode ser caracterizada como de nós fixos. No caso contrário uma análise de segunda ordem deve ser realizada para o dimensionamento, considerando obrigatoriamente a não-linearidade física, seja de forma aproximada ou refinada.

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (2-2)$$

A equação (2-2) define o coeficiente γ_z , onde $\Delta M_{tot,d} = P_d \cdot a_{w,d}$ representa o acréscimo de momento na base da primeira iteração na análise de segunda ordem (P_d é a carga vertical de cálculo na combinação considerada e $a_{w,d}$ é o deslocamento horizontal de cálculo de seus respectivos pontos de aplicação, decorrentes de $F_{w,d}$) e $M_{1,tot,d} = F_{w,d} \cdot L$ é o momento de tombamento da análise de primeira ordem ($F_{w,d}$ é a resultante da força horizontal atuante e L é a altura do ponto de aplicação desta carga horizontal). Este processo está baseado na hipótese de que as sucessivas configurações da linha elástica, geradas pela ação de carregamento vertical em estrutura com os nós deslocados, se

sucedem segundo uma progressão geométrica. A consideração da não-linearidade física está implícita no cálculo deste parâmetro, pois os deslocamentos horizontais de cálculo $a_{w,d}$ foram determinados já levando em conta este aspecto, geralmente de forma simplificada. O γ_z consegue apresentar bem o comportamento de uma edificação submetida a carregamento vertical bem distribuído, sem assimetrias, pois ele representa a amplificação que a carga de vento gera nas estruturas. Situações com carregamento assimétrico não estão previstas na formulação do γ_z e não devem empregar o coeficiente para analisar a estrutura.

Além de avaliar a estabilidade global, ele tem a grande vantagem de poder ser utilizado em estruturas de nós móveis como majorador de esforços de primeira ordem, no que a NBR 6118:2007 chama de solução aproximada. Nesta análise os esforços horizontais da combinação de carregamento considerada são multiplicados por $0,95\gamma_z$, válida para $\gamma_z \leq 1,3$ (ABNT, 2007), apesar do limite 1,2 já ter sido indicado como ideal por alguns autores (PINTO, 1997).

A utilização do γ_z está indicada para edifícios regulares com no mínimo quatro pavimentos, onde deve ser levada em consideração a NLF do material. Esta limitação do número de pavimentos para utilização do γ_z está relacionada com falta de estudos na consideração aproximada da NLF para estruturas reticuladas baixas (FRANÇA, 2012), pois isto implica diretamente nos valores de deslocamentos que irão gerar os efeitos adicionais na estrutura. Quanto mais estes deslocamentos se aproximarem dos valores reais, melhor será a previsão da ampliação de esforços gerada.

2.3.2 Não-linearidade física aproximada para análises locais e globais

Na análise de segunda ordem de pórticos provavelmente o parâmetro mais importante é a rigidez de seus membros. Uma análise elástica linear fornece bons resultados se o valor de rigidez considerado estiver próximo do valor de rigidez efetiva para um ponto específico do diagrama carga x deflexão considerado (HAGE, 1974).

A consideração da NLF de forma rigorosa pode ser entendida como uma barra de seção variável ao longo de seu eixo (CRESPO, 2002), pois à medida que a estrutura é carregada o comportamento de cada seção vai se modificando em resposta aos esforços internos que surgem em cada ponto. Como as deflexões laterais de pórticos são influenciadas pela

rigidez de todos seus membros, que possuem diferentes níveis de fissuração, essa variação que os elementos apresentam em suas seções implicam diretamente na deformabilidade da estrutura toda. Pode-se perceber então que para obter nas análises globais deformações laterais mais próximas das reais, o valor do módulo de deformação por flexão EI usado deve aproximar-se de um valor representativo dos membros individuais, um valor para vigas e outro para pilares pois o fenômeno depende da resposta de um conjunto de cada um destes elementos. Por outro lado, no caso de colunas de pórticos calculadas isoladas (análise local), o EI utilizado deve representar a maior chance de que esta coluna específica esteja mais fissurada ou mais fraca do que a média. Neste enfoque é necessário que os valores utilizados sejam mais precisos, pois ele é aplicado em uma única peça. Este EI tende a ser menor do que aquele que representa o comportamento do pórtico com todos os pilares atuando conjuntamente. (MACGREGOR e WIGHT, 2005).

Partindo dessas idéias diversos estudos já foram realizados com o objetivo de adotar uma consideração simplificada da NLF reduzindo a inércia bruta dos elementos. De forma geral a redução se dá na rigidez à flexão dos elementos, expressa na forma da equação (2-3) para ELU.

$$EI_{\text{sec}} = \alpha \cdot E_c I \quad (2-3)$$

Onde:

α é o fator de redução da rigidez;

E_c é o módulo de elasticidade do concreto;

I é o momento de inércia da seção bruta de concreto.

Para usar uma abordagem análoga à do material elástico cria-se um valor de EI secante para um nível de sollicitação M_a , tal que se pode usar o gráfico momento curvatura simplificado a seguir.

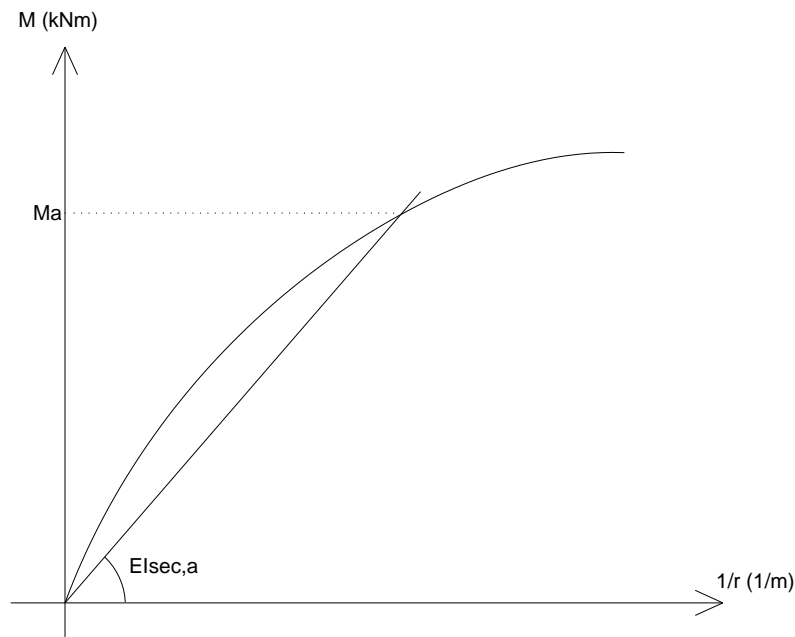


Figura 2.2- Momento –curvatura com EI secante para o nível de solicitação M_a

MacGregor e Wight (2005) indicam que a rigidez apropriada para utilização nas análises globais deve estimar os deslocamentos laterais para o nível de carregamento de cálculo. Deve ser algo de fácil aplicação prática, pois um pórtico é formado por um grande número de seções transversais com taxas de armadura distintas e diferentes graus de fissuração. Além disso, no momento da análise a armadura ainda não foi determinada para cada elemento.

2.3.2.1 Abordagem americana

A norma americana ACI 318 adotou na sua revisão de 1995 valores de inércia reduzida para “análise elástica de segunda ordem” sugeridos no trabalho de MacGregor (1993). Na sua proposta deste autor são apresentados valores resultantes de uma série de pesquisas e os resultados incorporados no ACI foram baseados principalmente nos trabalhos de Kordina (1972) e Hage e MacGregor (1974).

Kordina (1972) assim como Hage e MacGregor (1974) estudaram a variação de rigidez para vários tipos de elementos de pórticos submetidos a momentos devido a cargas gravitacionais, cargas laterais (vento) e combinações de ambas.

Kordina (1972) apresenta a necessidade de fatores de redução específicos para a rigidez de membros componentes de pórticos para aplicação prática nos projetos de engenharia. São fatores globais que fornecem apenas soluções aproximadas e dependem de vários parâmetros, sendo os mais importantes a quantidade e disposição da armadura, o tipo de carregamento e a geometria da seção transversal. Além disso, esses fatores são diferentes para análises válidas no ELU ou no ELS.

O fator de redução de rigidez para membros estruturais de pórticos, segundo Kordina (1972) pode ser obtido de forma geral pela equação (2-4).

$$Fator \cdot de \cdot redução = \frac{Rigidez \cdot efetiva \cdot (EI)_{ff}}{Rigidez \cdot da \cdot seção \cdot plana \cdot não \cdot fissurada \cdot (EI)_c} \quad (2-4)$$

Ele apresenta em seu trabalho valores para o fator de redução para diferentes tipos de geometria, disposição e quantidade de armadura e condições de carregamento (Tabela 2.1).

Tabela 2.1- Fatores de redução sugeridos por Kordina (1972)

Carregamento	Aplicação	Disposição da armadura	Seção retangular	Viga T
Momento + carga axial de compressão	ELU	simétrica	$0,2 + 15 \left(\frac{A_s + A'_s}{A_c} \right)$	-
	ELS		$0,6 + 15 \left(\frac{A_s + A'_s}{A_c} \right)$	-
Momento	ELU	apenas em um lado	$0,3 + 10 \left(\frac{A_s}{A_c} \right)$	0,45
	ELS		$0,6 + 10 \left(\frac{A_s}{A_c} \right)$	0,65
Momento + carga axial de tração	ELU	simétrica	$15 \left(\frac{A_s + A'_s}{A_c} \right)$	-
	ELS		$15 \left(\frac{A_s + A'_s}{A_c} \right)$	-

Onde A_s e A'_s são as áreas de aço das armaduras positiva e negativa e A_c é a área de concreto da seção transversal. Estes valores estão relacionados apenas a carregamento de

curto prazo e não levam em consideração rotações excessivas nos nós ou nas ligações entre membros da estrutura.

Hage e MacGregor (1974) realizarem seus estudos em vigas com seção T e lajes planas de seção retangular. As características geométricas estão apresentadas na Figura 2.3. Para considerar nas análises a variação de momento ao longo do elemento cada viga ou laje foi dividida em um mesmo número de pequenos segmentos nos quais o momento pode ser considerado constante e a distribuição de fissuras uniforme.

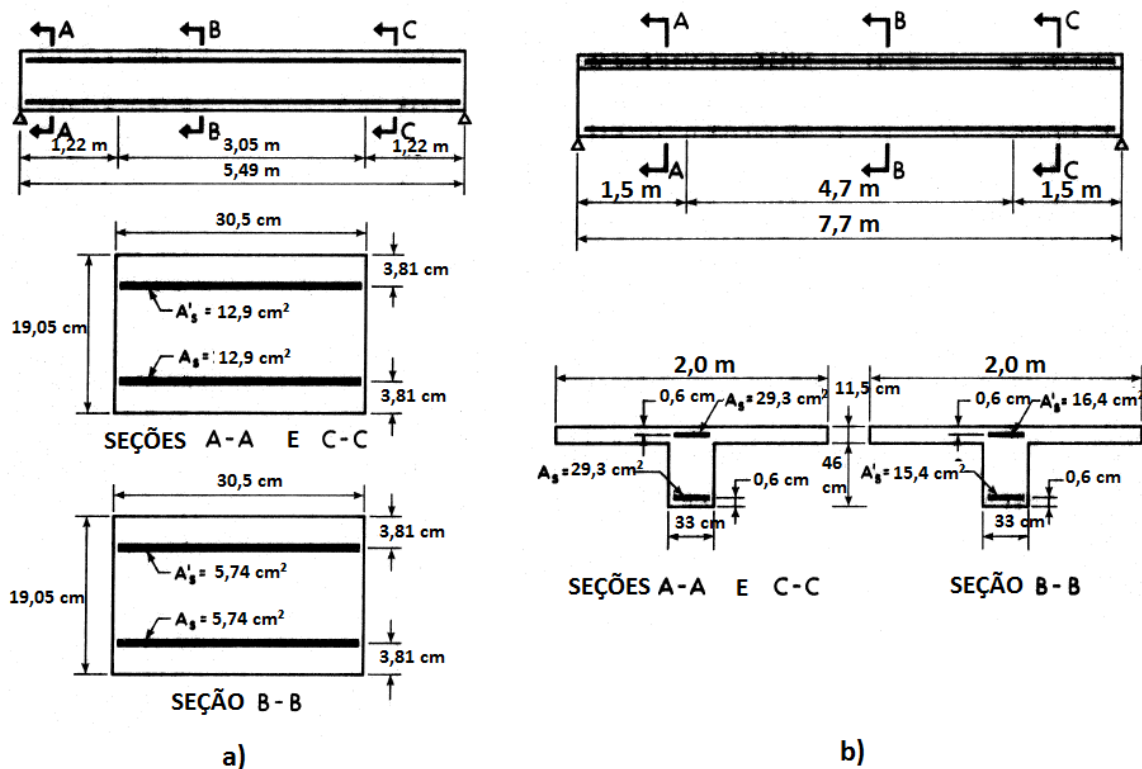


Figura 2.3- Características geométricas dos elementos analisados por Hage; MacGregor (1974) a) laje b) viga T (adaptado de Hage; MacGregor, 1974)

Os resultados encontrados foram apresentados em gráficos que relacionam a razão entre a rigidez efetiva e a da seção íntegra das vigas EI_{eff}/E_cI_g e o nível de carregamento aplicado, representado em função do momento último resistido pela viga em seus extremos. A Figura 2.4 apresenta o caso de carregamento 1, cargas gravitacionais, e para isso foi definido o coeficiente η que é o quociente entre o momento de engastamento perfeito M_G e o momento último resistido pela viga M_u , equação (2-5).

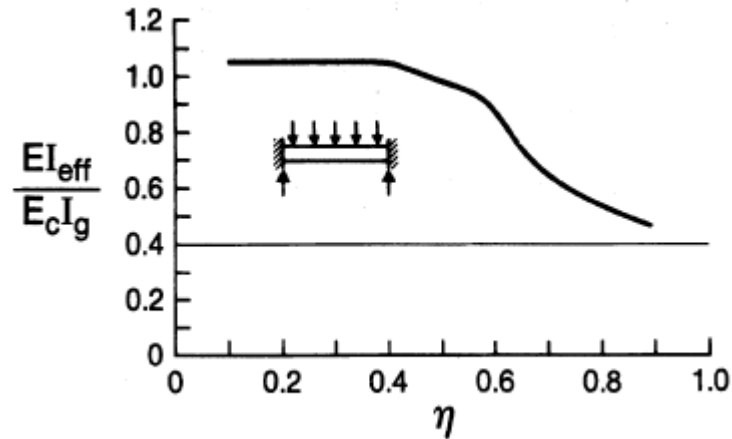


Figura 2.4- Inércia efetiva: valores para vigas T submetidas a cargas gravitacionais (adaptado de MacGregor, 1993)

$$\eta = \frac{wl_b^2}{12} \cdot \frac{1}{M_u} = \frac{M_G}{M_u} \quad (2-5)$$

Onde w é a carga uniformemente distribuída na viga, l_b é o comprimento do vão e o coeficiente η pode assumir valores entre zero e um.

A consideração apenas de cargas gravitacionais resultou em uma redução de rigidez da viga T à medida que a intensidade das cargas aumenta e a região de fissuração se expande, aproximando o valor EI_{eff} a $0,4E_c I_g$. Para pequenos carregamentos a razão $EI_{eff} / E_c I_g$ torna-se maior que um, devido à presença de armadura na seção da viga não ter sido considerada no cálculo da inércia da seção bruta.

A Figura 2.5 apresenta o caso de carregamento 2, cargas laterais, onde foi definido o coeficiente μ , quociente entre o momento gerado pelo carregamento M_L e o momento último resistido pela viga M_u , equação (2-6), com $0 \leq \mu \leq 1$. É possível observar novamente a tendência do EI_{eff} se aproximar de $0,4E_c I_g$.

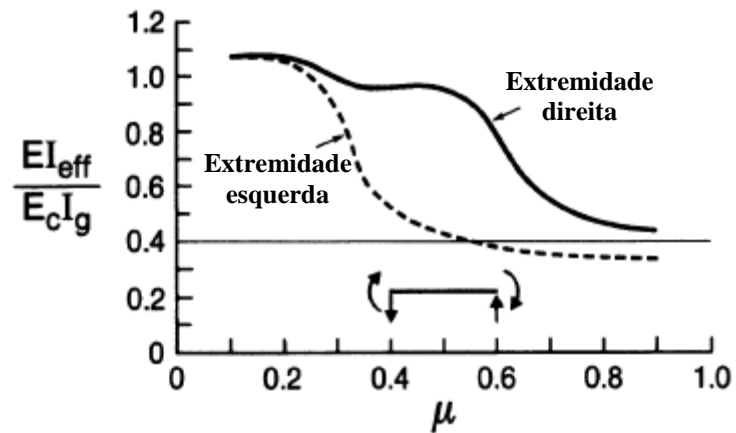


Figura 2.5 - Inércia efetiva: valores para vigas T submetidas a cargas laterais (adaptado de MacGregor, 1993)

$$\mu = \frac{M_u}{M_L} \quad (2-6)$$

O caso de carregamento 3, que considera a aplicação de cargas gravitacionais e laterais combinadas, representa a análise de segunda ordem e está apresentado na Figura 2.6. Para a situação mais desfavorável de carregamento, os momentos nas extremidades são determinados pelas equações (2-7) e (2-8), considerando o sentido horário positivo e o carregamento lateral aplicado da esquerda para a direita.

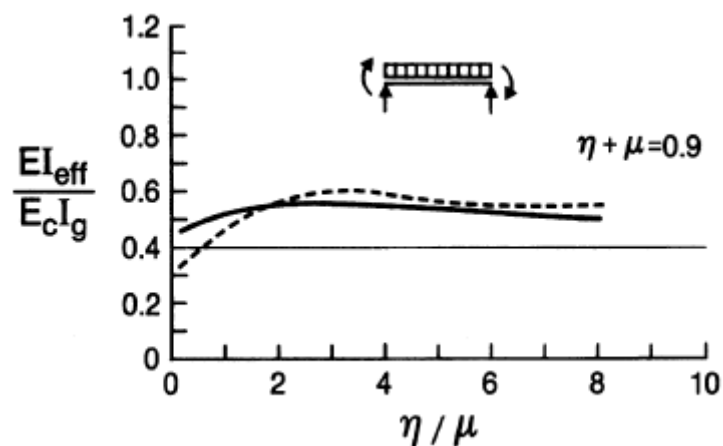


Figura 2.6- Inércia efetiva: valores para vigas T submetidas a cargas laterais e gravitacionais combinadas (adaptado de MacGregor, 1993)

$$(M_G + M_L) = -(\eta + \mu)M_u \quad (2-7)$$

$$(M_G - M_L) = (\eta - \mu)M_u \quad (2-8)$$

A Figura 2.6 mostra que não há grandes variações no valor da rigidez com as diferentes taxas de η/μ e que a rigidez efetiva EI_{eff} tende a se aproximar de $0,4E_cI_g$.

O comportamento observado levou à proposição de rigidez equivalente para vigas de $EI = 0,4E_cI_g$ (MACGREGOR e HAGE, 1977).

Hage; MacGregor (1974) também realizou estudos com pilares de três tipos de seção, duas retangulares e uma circular (Figura 2.7), através do pórtico apresentado na Figura 2.8. O modelo foi analisado para 5 valores de rigidez de viga e oito taxas de esbeltez diferentes para os pilares (l/h), que variavam de 5 a 40, chegando à proposição de $EI = 0,8E_cI_g$ para pilares (MACGREGOR e HAGE, 1977).

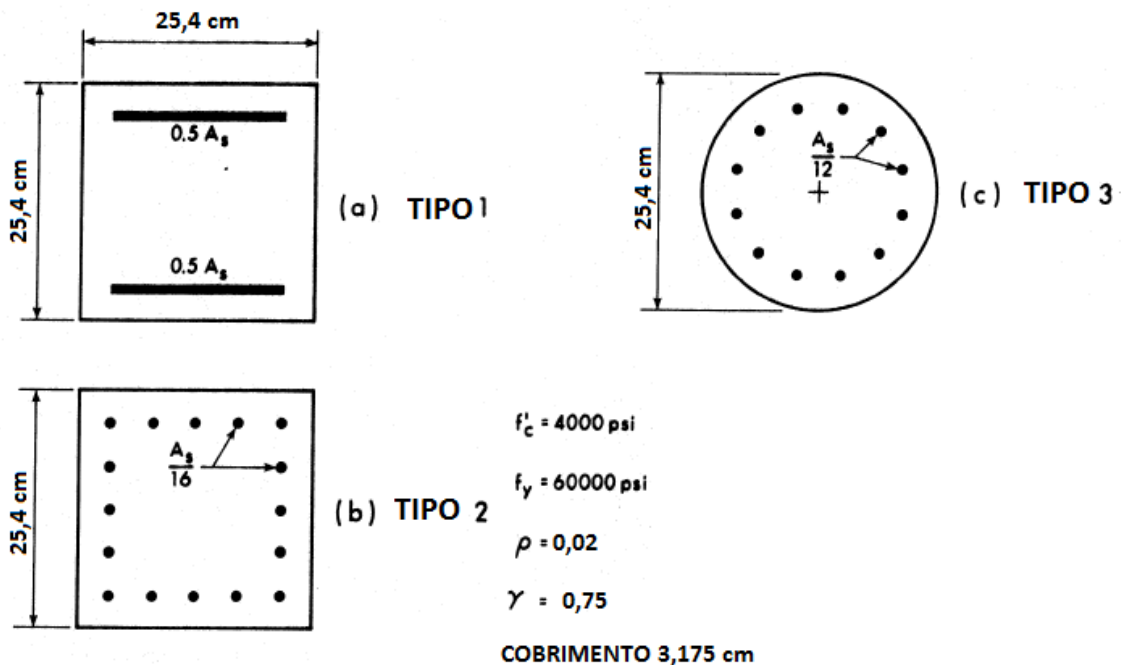


Figura 2.7- Três tipos de seção transversal e propriedades do material estudados por Hage; MacGregor (1974) (adaptado de Hage; MacGregor, 1974)

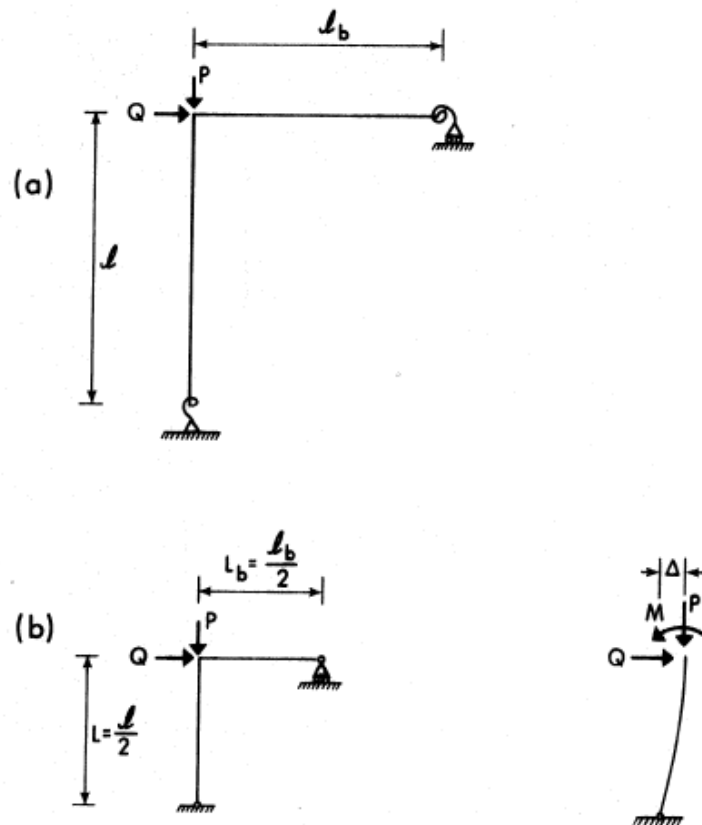


Figura 2.8- Modelo analítico (HAGE; MacGregor, 1974)

Os resultados apresentados por Hage; MacGregor (1974) foram base para o trabalho de MacGregor (1993), porém o autor ainda considerou um fator de redução da resistência (ϕ) que, segundo ele, deve ser incluído nas análises de segunda ordem para levar em conta a variabilidade na determinação das deformações laterais, resultante das simplificações de cálculo referentes ao modelo estrutural e aos valores assumidos de E e I . Considerando $\phi = 0,875$ os valores de momento de inércia sugeridos por MacGregor (1993) e adotados pelo ACI 318:95 para pórticos foram os seguintes:

$$\text{Vigas: } 0,875 \cdot 0,4 = 0,35I_g$$

$$\text{Pilares: } 0,875 \cdot 0,8 = 0,70I_g$$

Onde I_g representa o momento de inércia da seção bruta do concreto e para representar a rigidez deve ser multiplicado pelo módulo de elasticidade E_c , indicado na respectiva norma. Estes valores são indicados para análise considerando o ELU.

Para o ELS, MacGregor (1993) sugeriu valores mais elevados para momento de inércia efetivo, como apresentado a seguir:

Vigas: $0,5I_g$

Pilares: $1,0I_g$

Este item do ACI 318 permaneceu inalterado até o código de 2005, quando os trabalhos de Khuntia e Ghosh (2004a) e (2004b) produziram uma modificação neste ponto.

Khuntia e Ghosh (2004a) propuseram uma revisão dos valores de rigidez efetiva do ACI 318-02 para vigas e pilares, sugerindo expressões válidas tanto para o ELU quanto para o ELS e realizaram verificação experimental das formulações (KHUNTIA e GHOSH, 2004b).

No estudo paramétrico, Khuntia e Ghosh (2004a) analisaram de forma analítica separadamente vigas e pilares investigando a dependência existente entre a rigidez à flexão e alguns parâmetros caracterizados pelos autores como relevantes. As variáveis analisadas para pilares foram: taxa de armadura ρ_g (1 e 3%); resistência característica f_{ck} do concreto (4000 e 12000 psi ou 27,6 e 82,7 MPa); relação carga axial/carga última P/P_0 (0,00 a 0,80); e variação de excentricidade e/h (0,10 a 0,80). Além disso, foram examinados também os parâmetros apresentados na Figura 2.9: cobrimento, disposição da armadura e geometria da seção transversal, estudando dessa forma pilares usuais de acordo com o ACI 318-02. Na análise da influência do cobrimento utilizou-se γ , relação entre a distância de eixo a eixo das barras mais externas em uma direção e a dimensão da seção nesta mesma direção. Na Figura 2.9a, por exemplo, $\gamma = (43,18/50,80) = 0,85$. Para todos os casos o aço utilizado na armadura apresenta resistência à tração de 60 ksi (413,7MPa).

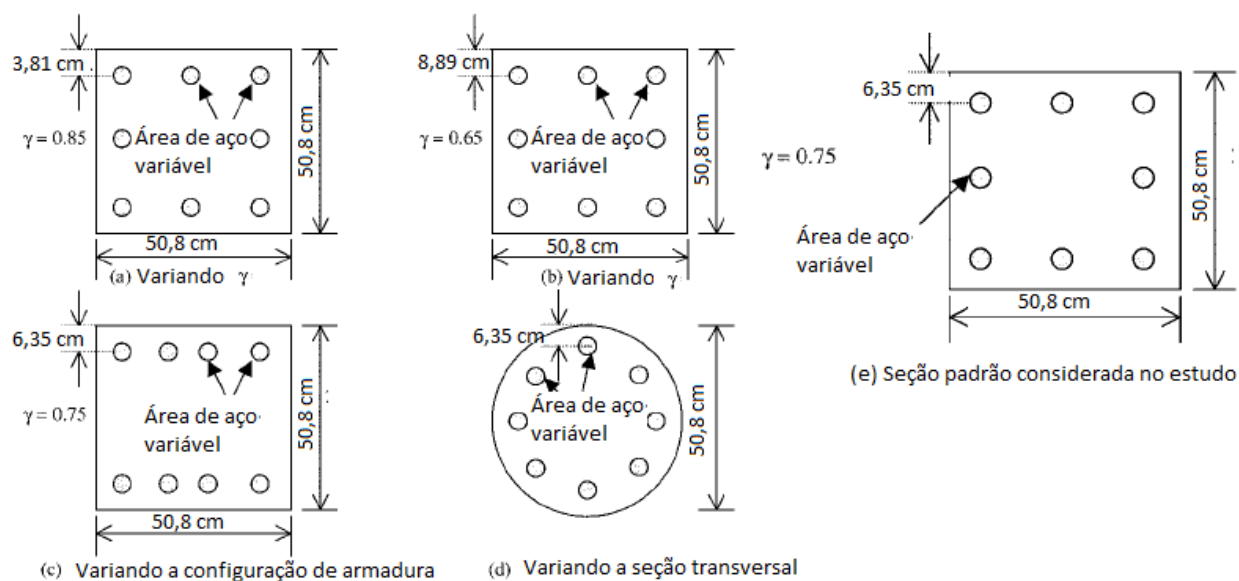


Figura 2.9- Características geométricas analisadas (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)

A rigidez efetiva determinada pelos autores foi calculada através do uso de diagramas momento-curvatura, utilizando valores de momento correspondentes até o ponto de escoamento da armadura.

De acordo com as análises apresentadas no trabalho de Khuntia e Ghosh (2004a), o momento de inércia de um pilar depende basicamente de quatro parâmetros estudados pelos autores da seguinte forma:

- EI efetivo é maior para taxas de armadura ρ_g maiores;
- valores altos para a taxa e/h determinam momentos fletores maiores para uma determinada carga axial, o que implica em aumento no tamanho das fissuras de flexão e consequente redução no EI efetivo da seção;
- apesar do incremento no valor da carga axial de compressão induzir à idéia de que a fissuração diminuiria e levaria a redução de EI , as análises mostraram que a relação entre o aumento de P e a deformação correspondente na fibra mais externa não é proporcional, dada uma taxa de e/h , resultando em deformações maiores. Logo, o aumento na taxa de P/P_0 sempre resulta na redução do EI efetivo para pilares;
- o aumento na resistência característica do concreto (f_{ck}) é acompanhado pelo aumento no EI efetivo.

Os demais parâmetros não apresentaram resultados importantes para determinação do EI efetivo e a recomendação dos autores é que podem ser negligenciados dos cálculos.

A Figura 2.10 representa a influência dos parâmetros carga axial e excentricidade no momento de inércia de pilares. A linha AB representa o aumento gradual da excentricidade e/h para um valor constante de carga axial. De A para B ocorre a redução da rigidez efetiva EI . A linha CB indica a elevação no valor da carga axial para valor constante de excentricidade. De C para B a rigidez efetiva EI também sofre redução no seu valor.

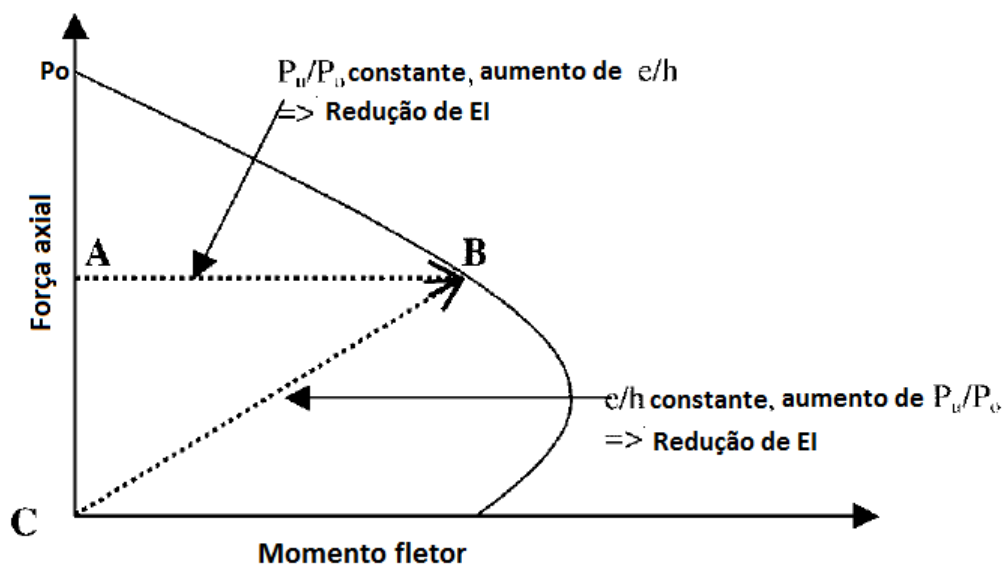


Figura 2.10- Influência da carga axial e excentricidade na rigidez de pilares (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)

Baseados em seus estudos Khuntia e Ghosh (2004a) propuseram uma expressão para determinação do momento de inércia de pilares, apresentada em (2-9):

$$EI_e = E_c I_g \cdot (0,80 + 25 \rho_g) \cdot \left(1 - \frac{e}{h} - 0,5 \frac{P_u}{P_0} \right) \quad (2-9)$$

Considerando $E_c I_{viga} \leq EI_e \leq E_c I_g$, onde o limite inferior para EI_e equivale ao elemento que por suas características de excentricidade e carregamento tem comportamento mais

similar a vigas do que pilares, e o limite superior equivale à rigidez apenas da seção de concreto íntegra, sem considerar o aumento que uma taxa de armadura maior produz.

Para estudar a rigidez de vigas de concreto armado os autores investigaram a influência dos seguintes parâmetros: taxa de armadura ρ (de 0,5 a 2,5%), resistência do concreto à compressão f_{ck} (4000 e 12000 psi ou 27,6 e 82,7 MPa), relação base altura b/h (0,5 e 1,0), presença da armadura de compressão ρ' (0 e $0,5\rho$) e a influência de considerar ou não a mesa (viga T), variando a relação entre espessura da mesa e altura da viga (de 0,00 a 0,25). A Figura 2.11 apresenta as variáveis analisadas pelos autores.

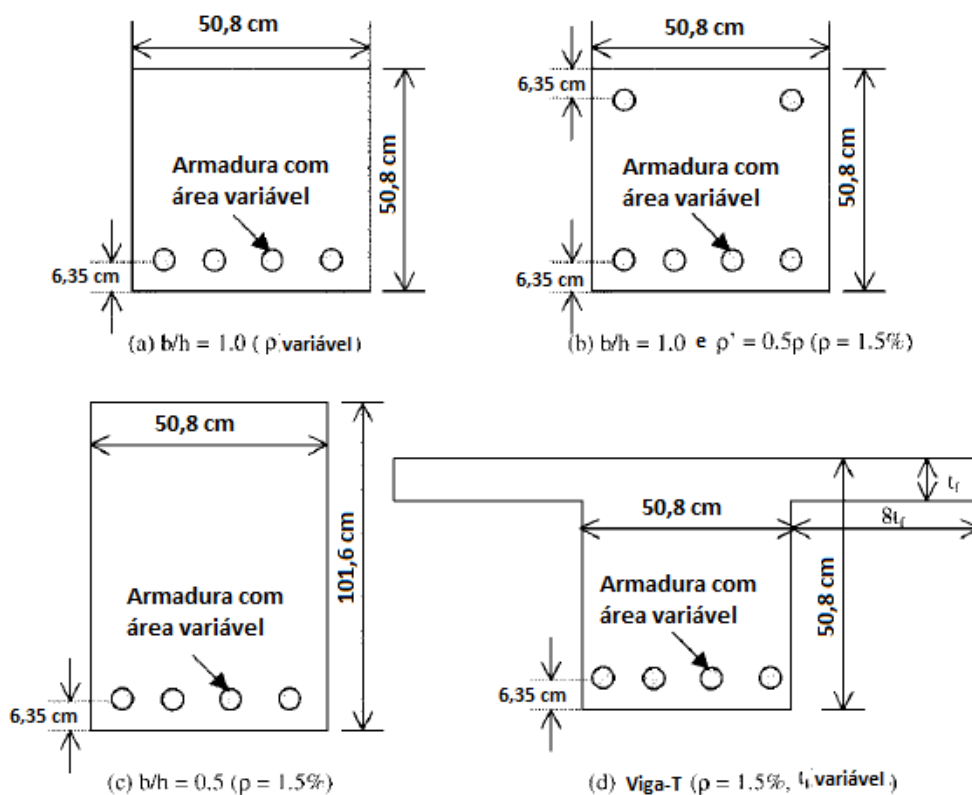


Figura 2.11- Seções transversais das vigas consideradas no estudo paramétrico (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)

De acordo com as análises apresentadas no trabalho de Khuntia e Ghosh (2004a), o momento de inércia efetivo de vigas varia de acordo com os parâmetros estudados da seguinte forma:

- Em relação à taxa de armadura o EI efetivo tende a aumentar quanto maior a taxa de armadura da viga. No entanto, também foi observada a influência da variação das deformações de compressão na fibra mais externa e de tração no aço fixando a taxa de

armadura e com isso foi possível observar como a intensidade dos momentos influencia nas análises. Para taxas de armadura de até 1,5% o EI efetivo não depende do nível de solicitação que está sujeito o elemento (considerado até o escoamento do aço), pois a deformação na fibra comprimida é relativamente pequena. Porém para taxas da armadura maiores o valor de EI efetivo diminui, pois a deformação nas fibras comprimidas atinge valores mais altos. Logo o aumento da taxa de armadura tende a aumentar o valor do EI efetivo, porém para taxas de armadura maiores que 2% o aumento do momento aplicado implica em redução da rigidez da viga e o EI efetivo resultante é um pouco menor do que o esperado se este aspecto não fosse levando em consideração;

- A presença de armadura de compressão em vigas não gerou modificação relevante nos valores do EI efetivo e foi desprezada sua influência;
- As análises mostram que vigas com baixos valores de b/h apresentaram maiores EI efetivos do que aquelas com taxas b/h maiores, para a mesma taxa de armadura e mesmo b (Figura 2.12);

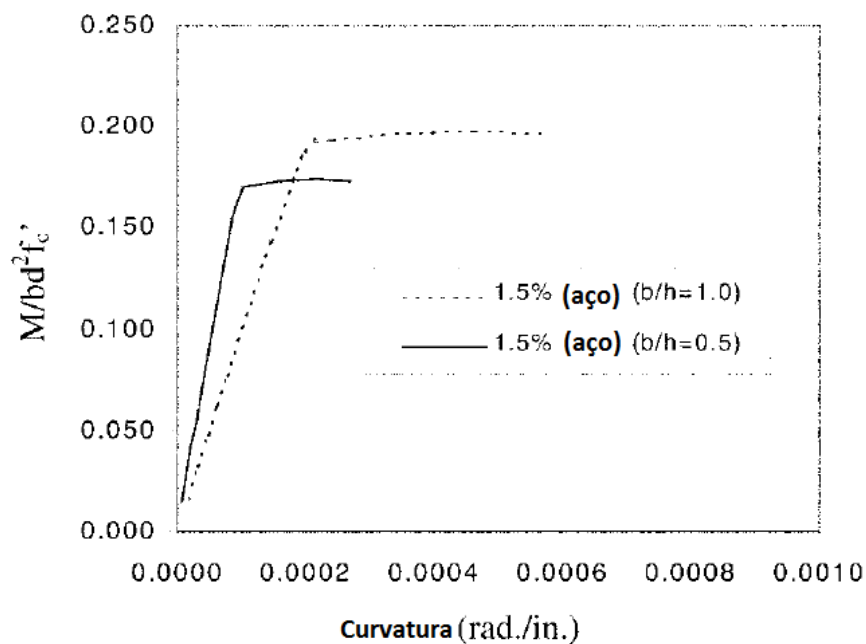


Figura 2.12- Diagrama momento-curvatura para uma típica viga de concreto armado: influência do parâmetro b/h (adaptado de Khuntia e Ghosh, 2004a)

- A variação na resistência do concreto foi um fator considerável na determinação do EI efetivo de vigas, pois a profundidade das fissuras de flexão para valores mais altos de

resistência é maior (a profundidade da linha neutra é menor para permitir o equilíbrio da seção), o que leva a valores menores de EI . Por outro lado, o módulo de elasticidade E é maior e os resultados encontrados mostram que os valores de rigidez efetiva de vigas para concreto com alta resistência são menores do que aqueles com resistências menores, principalmente para baixas taxas de armadura;

- A consideração nas análises de seção T para vigas com a mesa comprimida demonstrou que quanto maior a espessura da mesa, maior o EI efetivo. No entanto para os casos de viga T invertida, o comportamento da rigidez fica mais próximo àquele das vigas retangulares considerando como base para a seção a largura da alma, pois a mesa tracionada não influencia nos resultados.

As conclusões obtidas com o estudo paramétrico foram base para as formulações apresentadas para vigas que devem ser escolhidas para cada caso:

- a) Vigas retangulares de concreto armado de resistência até 6000 psi (41,4 MPa) podem ter seu EI efetivo calculado pela equação simplificada proposta (2-10) ou utilizando o conceito de seção transformada, equação (2-11), que considera o momento de inércia da seção fissurada.

$$EI_e = E_c I_g \cdot (0,10 + 25\rho) \cdot \left(1,2 - 0,2 \frac{b}{d}\right) \leq 0,6 E_c I_g \quad (2-10)$$

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d-c)^2 \quad (2-11)$$

Sendo b a dimensão da base da viga, d a altura útil da seção, c a profundidade da linha neutra, n a relação entre os módulos de elasticidade do aço e do concreto e A_s a área de aço da armadura positiva.

O limite superior definido na equação (2-10) foi sugerido baseado nos resultados do estudo paramétrico. Para taxas de armaduras mais altas ($\rho > 2\%$) os valores de EI efetivo encontrados foram mais sensíveis à variação de momento aplicado, chegando a números mais baixos para momentos maiores. Logo, definiu-se

$EI_e = 0,6E_cI_g$ como um valor suficiente para cobrir o intervalo de vigas usuais, inclusive para taxas mais altas de armadura.

- b) Vigas retangulares de concreto armado de resistência maior que 6000 psi (41,4 MPa) devem utilizar a equação (2-12) que possui uma parcela para considerar esta variável.

$$EI_e = E_cI_g \cdot (0,10 + 25\rho) \cdot \left(1,2 - 0,2 \frac{b}{d}\right) \cdot (1,15 - 4 \times 10^{-5} f'_c) \leq 0,6E_cI_g \quad (2-12)$$

- c) Vigas T com a mesa comprimida podem utilizar valores mais altos de EI , de acordo com a equação (2-13).

$$\frac{EI_{eT}}{EI_e} = \left(1 + 2 \cdot \frac{t_f}{h}\right) \leq 1,4 \quad (2-13)$$

Nesta equação para determinar EI_{eT} utiliza-se EI_e , obtido para vigas retangulares pela equação (2-10).

Nas recomendações finais define-se como deve ser considerado nas análises o valor efetivo de EI para vigas e pilares de pórticos, principalmente os que possuem pilares esbeltos:

- Na análise de pórticos (primeira e segunda ordem) podem ser assumidos inicialmente os valores de $EI = 0,35E_cI_g$ para vigas e $EI = 0,70E_cI_g$ para pilares;

-Ao final da primeira análise recalcula-se o valor efetivo de EI para vigas e pilares utilizando as equações (2-9) e (2-10). Caso os valores encontrados apresentem uma variação maior do que 15% daqueles iniciais recomenda-se refazer as análises com os novos valores determinados, porém para a maior parte dos pórticos usuais não é necessário novas análises.

É possível observar que nas formulações adotadas para vigas o principal fator considerado como modificador da rigidez é a taxa de armadura. Por exemplo, ao analisar duas vigas

com variação na seção transversal de 25x40cm para 25x60cm, com mesma taxa de armadura 0,75%, obtêm-se os seguintes resultados aplicando a equação (2-10) e $d' = 3,0cm$:

Viga 1 (25x40)

$$\frac{b}{d} = \frac{25}{37} = 0,68; \rho = 0,75\%$$

$$EI_e = E_c I_g \cdot \left(0,10 + 25 \cdot \frac{0,75}{100} \right) \cdot (1,2 - 0,2 \cdot 0,68)$$

$$EI_e = 0,31 E_c I_g$$

Viga 2 (25x60)

$$\frac{b}{d} = \frac{25}{57} = 0,44; \rho = 0,75\%$$

$$EI_e = E_c I_g \cdot \left(0,10 + 25 \cdot \frac{0,75}{100} \right) \cdot (1,2 - 0,2 \cdot 0,44)$$

$$EI_e = 0,32 E_c I_g$$

Alterando a taxa de armadura em 50% para ambas as vigas ($\rho = 1,125\%$), a modificação na rigidez equivalente está apresentada a seguir:

Viga 1' (25x40)

$$\frac{b}{d} = \frac{25}{37} = 0,68; \rho = 1,125\%$$

$$EI_e = E_c I_g \cdot \left(0,10 + 25 \cdot \frac{1,125}{100} \right) \cdot (1,2 - 0,2 \cdot 0,68)$$

$$EI_e = 0,41 E_c I_g$$

Viga 2' (25x60)

$$\frac{b}{d} = \frac{25}{57} = 0,44; \rho = 1,125\%$$

$$EI_e = E_c I_g \cdot \left(0,10 + 25 \cdot \frac{1,125}{100} \right) \cdot (1,2 - 0,2 \cdot 0,44)$$

$$EI_e = 0,42 E_c I_g$$

A variação na taxa de armadura de 0,75% para 1,125% gerou valores mais altos de rigidez equivalente para as duas vigas, elevando em cerca de 30% os valores finais.

Em Khuntia e Ghosh (2004b) a rigidez à flexão de pórticos foi calculada utilizando as equações propostas em Khuntia e Ghosh (2004a) e as apresentadas no ACI 318-02. Ambas foram aplicadas com resultados já publicados em outros artigos e apresentaram resultados satisfatórios.

Na revisão de 2008 do ACI 318 a seção referente à considerada análise elástica de segunda ordem passou a indicar as equações (2-9) e (2-10) para determinação mais refinada dos valores de EI considerando carga axial, excentricidade, relação b/d , taxa de armadura e f_{ck} do concreto, ponto que permaneceu inalterado no ACI 318-11. No entanto está embutido nas formulações o fator de redução de rigidez ϕ_k definidos para pilares $0,35I_g \leq I \leq 0,875I_g$ e para vigas $0,25I_g \leq I \leq 0,5I_g$, considerando que os valores comuns de taxa de armadura ρ variam de 0,75 a 1,5% nestes elementos. Para elementos contínuos submetidos à flexão I pode ser calculada pela média dos valores obtidos pela equação (2-10) para as seções críticas de momentos positivo e negativo. O ACI 318-11 ainda faz referência à possibilidade de variação de 10% nas dimensões e armaduras projetadas daquelas utilizadas nas formulações, sem que seja necessário novo cálculo da rigidez equivalente.

2.3.2.2 Abordagem brasileira

A norma brasileira NBR 6118 passou a adotar os valores propostos por MacGregor (1993) para análises globais em sua revisão de 2003. Atualmente no Brasil a norma em vigor apresenta como forma de considerar a não-linearidade física de maneira aproximada para a análise de esforços globais de segunda ordem a utilização da rigidez secante $(EI)_{sec}$ para os elementos estruturais da seguinte forma:

$$\text{Lajes: } (EI)_{sec} = 0,3E_{ci}I_c ;$$

$$\text{Vigas: } (EI)_{sec} = 0,4E_{ci}I_c \text{ para } A_s' \neq A_s \text{ e}$$

$$(EI)_{sec} = 0,5E_{ci}I_c \text{ para } A_s' = A_s ;$$

Pilares: $(EI)_{sec} = 0,8E_{ci}I_c$.

Onde E_{ci} é o módulo de elasticidade ou módulo de deformação tangente inicial do concreto e I_c é o momento de inércia da seção bruta do concreto.

Quando a estrutura de contraventamento for composta exclusivamente por vigas e pilares e $\gamma_z < 1,3$, permite-se calcular a rigidez de vigas e pilares da maneira a seguir:

$(EI)_{sec} = 0,7E_{ci}I_c$

Estas indicações da NBR 6118:2007 são válidas apenas para análises globais de estruturas reticuladas com no mínimo quatro andares e não podem ser usadas para análises locais. Esta limitação foi inserida na norma em sua revisão de 2003, excluindo da aplicação destes coeficientes de redução os edifícios de pequeno porte, com altura mais baixa e menores esforços (FRANÇA, 2012).

A Figura 2.13 indica a relação momento-curvatura apresentada na NBR 6118:2007 para determinar o efeito da não-linearidade física local para cada seção com armadura suposta conhecida e força normal atuante.

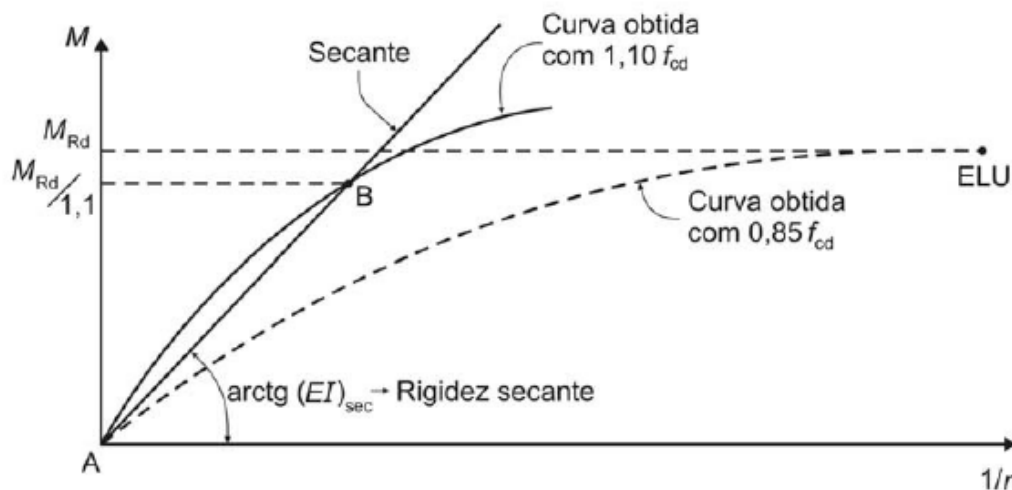


Figura 2.13 - Relação momento-curvatura apresentado pela NBR 6118:2007

É importante observar algumas características na montagem desse diagrama:

- As curvas cheia e tracejada foram geradas a partir de diferentes considerações de tensão: $0,85 f_{cd}$ (tracejada) ou com tensão de pico 30% maior $0,85 \times 1,3 = 1,1 f_{cd} (\alpha_c f_{cd})$;

- A curva $0,85f_{cd}$ tem como finalidade apenas definir M_{RD} ;
- Da curva $1,1f_{cd}$ extrai-se a rigidez EI ;
- Tudo que está acima de M_{RD} não tem validade real, pois vai além da resistência admitida pela seção no ELU;
- Utilizando γ_{f3} , o diagrama deve ser montado com N_{RD}/γ_{f3} e o esforço para definição do limite do diagrama será M_{RD}/γ_{f3} ;
- A linearização através da reta secante permite que se tenha uma rigidez única ao longo do lance e desacopla as direções X e Y, pois fica a favor da segurança para ambas;
- A utilização de EI_{sec} já está validada para seção retangular e armadura simétrica.

A tensão para o cálculo das resistências é a de $0,85f_{cd}$, resultado do processo de fabricação do concreto. Ao utilizar este valor para tensão de compressão considera-se, a favor da segurança, uma hipótese pessimista de que as solicitações máximas atuam nos trechos de resistência mínima (FUSCO, 2008). Esta teoria é a recomendada por códigos e normas do mundo todo e é considerada coerente para as condições de produção das estruturas de concreto e níveis de segurança desejáveis.

Na determinação das deformações nas estruturas de concreto em análise não-lineares, a utilização de valores correspondentes a quantis estatísticos inferiores para resistência não representa bem o comportamento reológico do concreto, resultando em valores de deformação excessivos. Isto implica em supor que todas as seções sejam igualmente ruins e afetadas pelas mesmas condições cobertas pelos coeficientes γ_{ci} (coeficiente de minoração da resistência do concreto que é resultado do produto de três outros coeficientes, $\gamma_c = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2} \cdot \gamma_{c3}$, relacionados à efetiva aleatoriedade das resistências (γ_{c1}), à variação entre os processos de fabricação da estrutura e dos corpos-de-prova (γ_{c2}) e às possíveis causas de redução de resistência não consideradas no modelo, como defeitos localizados (γ_{c3})). Esta abordagem conduz a resultados a favor da segurança, porém com probabilidades de ocorrência muito menores do que as consideradas no estabelecimento da capacidade portante (FRANÇA, 1991). Por isso a utilização da curva com tensão de pico

maior ($1,1f_{cd}$) é característica na determinação das deformações nas estruturas em concreto em análises não-lineares.

Algumas propostas de valores de rigidez equivalente para simular a não-linearidade física aproximada de forma local e global feitas por outros autores são apresentadas a seguir, indicando o caminho que se pretende seguir neste trabalho.

França (1991) propôs a linearização das relações momento-curvatura na forma de rigidez secante, baseado em parâmetros definidos para a caracterização da deformabilidade. Com a linearização das relações momento-curvatura é possível a construção de ábacos de iteração Momento – Normal nos quais são traçadas as curvas de rigidez secante adimensional.

A linearização proposta por França (1991) se baseia em diagramas momento-curvatura construídos a partir de gráficos tensão-deformação do concreto do tipo parábola-retângulo com $\alpha f_c = 0,85 \cdot 1,3 \cdot f_{cd}$, $f_y = f_{yd}$ e $\gamma_{f3} = 1,10$. Consiste em substituir a relação momento-curvatura por uma reta que liga a origem do diagrama (ponto A) ao ponto B, correspondente à interseção entre o momento fletor último dividido por γ_{f3} e a curva momento curvatura, como apresentado na

Figura 2.14.

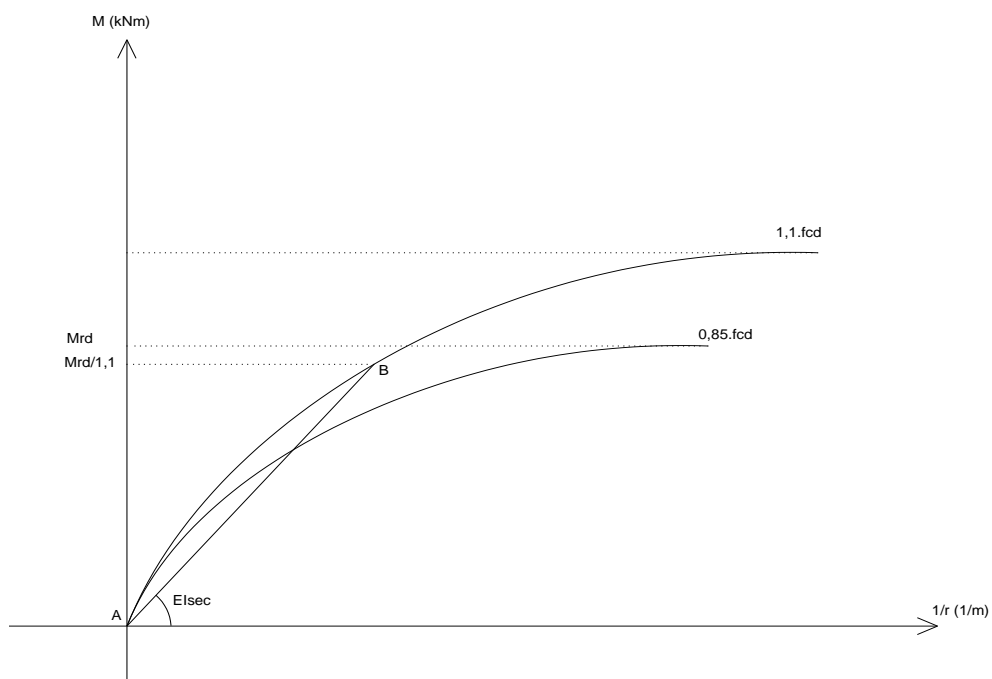


Figura 2.14- Processo de obtenção de κ

A reta proposta determina a rigidez secante $(EI)_{sec}$, que também pode ser apresentada da forma adimensional como κ , equação (2-14).

$$\kappa = \frac{(EI)_{sec}}{A_c \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \quad (2-14)$$

Onde A_c corresponde à área da seção transversal e h é a altura da seção considerada. Este valor de rigidez secante adimensional único deve ser adotado para qualquer nível de momento fletor e é calculado para diferentes valores de força normal, taxa e arranjo de armadura. A revisão de 2003 da NBR 6118 incorporou o κ no dimensionamento de pilares.

França (1991) elaborou ábacos com curvas de iteração e curvas de κ constantes para seções retangulares cheias e vazadas e Oliveira (2004) ampliou as seções estudadas incluindo seções circulares cheias e vazadas, além de variações das seções retangulares do trabalho anterior.

Oliveira (2004) ressaltou a importância da relação d'/h para o dimensionamento de pilares, pois esta influencia bastante na capacidade resistente da peça. A utilização do ábaco correspondente ao valor real de d'/h utilizado leva à correta determinação da taxa de armadura, sendo necessário utilizar um artifício para correção do valor da taxa de armadura adimensional ω quando utilizar ábacos associados a valores próximos ao real pela falta dos mesmos. Em seu trabalho ela pesquisou para quais seções seriam úteis ábacos baseada nas indicações da NBR 6118:2007 de dimensões mínimas e máximas de pilares, cobrimentos, taxas de armadura e espaçamento entre barras. Em virtude desse estudo foram selecionadas algumas configurações de armadura para confecção dos ábacos correspondentes. Considerando os trabalhos de França (1991) e Oliveira (2004) os arranjos de armadura para os quais foram determinados ábacos de dimensionamento de pilares estão apresentados na Figura 2.15 para seção cheia, na Figura 2.16 para seção vazada e na Figura 2.17 para seção circular. A nomenclatura ao lado de cada seção indica o tipo de arranjo, variando de A a J, e o valor de d'/h que foi utilizado, variando de 0,05 a 0,30.

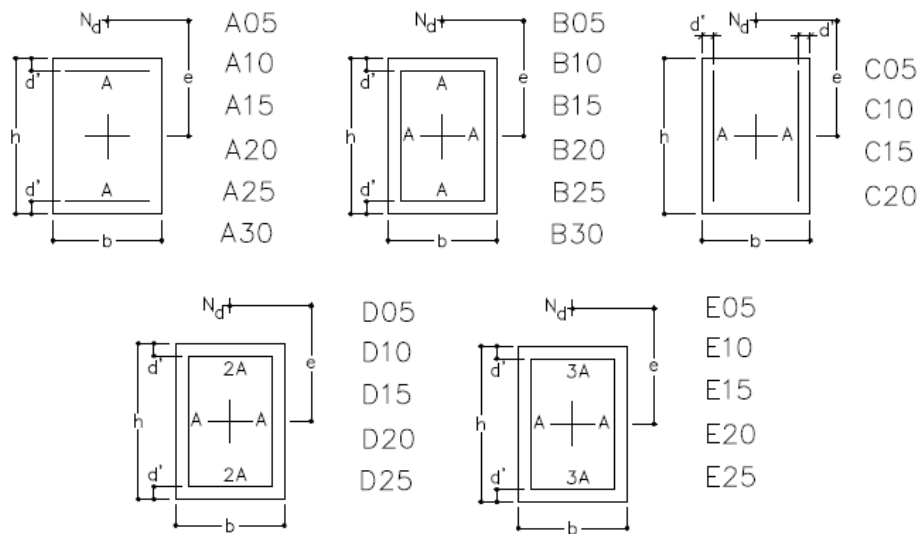


Figura 2.15- Arranjos definidos para seção retangular cheia (Oliveira, 2004)

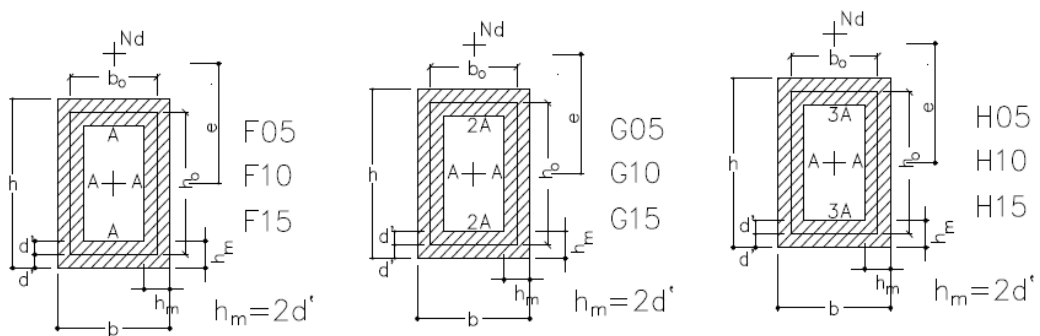


Figura 2.16- Arranjos definidos para seção retangular vazada (Oliveira, 2004)

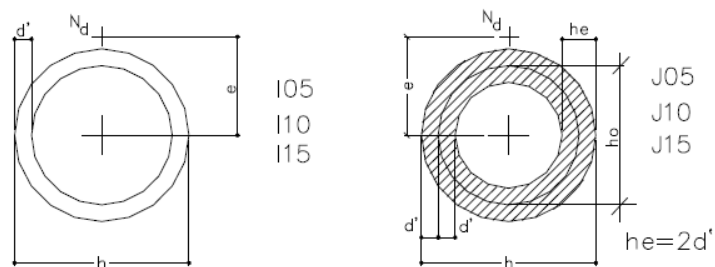


Figura 2.17- Arranjos definidos para seção circular (Oliveira, 2004)

Comparando os valores de d'/h analisados por Oliveira (2004) com os equivalentes γ apresentados em Khuntia e Ghosh (2004a), se percebe que não foram estudados valores mais altos deste parâmetro no último trabalho. Enquanto Oliveira (2004) ampliou o trabalho iniciado por França (1991) acrescentando $d'/h = 0,25$ e $d'/h = 0,30$ para seção retangular cheia, em Khuntia e Ghosh (2004a) os valores correspondentes foram $d'/h = 0,075$ ($\gamma = 0,85$), $d'/h = 0,125$ ($\gamma = 0,75$) e $d'/h = 0,175$ ($\gamma = 0,65$).

Para ilustrar a importância desta variável foram utilizados dados do trabalho de Oliveira (2004) para as possíveis soluções de 4 pilares de acordo com a NBR 6118:2007. Os pilares utilizados possuem geometria 15×25 cm² e 50×19 cm², como apresentado na Tabela 2.2. Os dados variados foram n_v e n_h - número de barras na vertical e na horizontal, e_v e e_h - espaçamento entre barras na vertical e na horizontal, c - cobrimento do concreto, ϕ_t e ϕ_l - diâmetro das barras transversais e longitudinais do pilar e d' - distância entre a face externa e o eixo da armadura longitudinal mais próximo a esta face. Nestes pilares o valor de d'/h utilizado variou de 0,120 a 0,317.

Tabela 2.2- Características geométricas dos pilares utilizados para estudar d'/h , valores em cm

Pilar	n_h	n_v	e_h	e_v	c	ϕ_t	ϕ_l	e_h/ϕ_l	e_v/ϕ_l	d'	b	h	d'/b	d'/h	α_{bs}	α_{hs}	b/h	A_c [cm ²]	ρ [%]
1	2	2	18	8	2,5	0,50	1,00	18,00	8,00	3,50	25	15	0,140	0,233	1,0	1,0	1,7	375	0,84%
2	2	2	8	18	2,5	0,50	1,00	8,00	18,00	3,50	15	25	0,233	0,140	1,0	1,0	0,6	375	0,84%
3	2	2	17	7	3,0	0,50	1,00	17,00	7,00	4,00	25	15	0,160	0,267	1,0	1,0	1,7	375	0,84%
4	2	2	7	17	3,0	0,50	1,00	7,00	17,00	4,00	15	25	0,267	0,160	1,0	1,0	0,6	375	0,84%
5	2	2	16	6	3,5	0,50	1,00	16,00	6,00	4,50	25	15	0,180	0,300	1,0	1,0	1,7	375	0,84%
6	2	2	6	16	3,5	0,50	1,00	6,00	16,00	4,50	15	25	0,300	0,180	1,0	1,0	0,6	375	0,84%
7	2	2	17	7	2,5	0,63	1,25	13,60	5,60	3,76	25	15	0,150	0,250	1,0	1,0	1,7	375	1,31%
8	2	2	7	17	2,5	0,63	1,25	5,60	13,60	3,76	15	25	0,250	0,150	1,0	1,0	0,6	375	1,31%
9	2	2	16	6	3,0	0,63	1,25	12,80	4,80	4,26	25	15	0,170	0,284	1,0	1,0	1,7	375	1,31%
10	2	2	6	16	3,0	0,63	1,25	4,80	12,80	4,26	15	25	0,284	0,170	1,0	1,0	0,6	375	1,31%
11	2	2	15	5	3,5	0,63	1,25	12,00	4,00	4,76	25	15	0,190	0,317	1,0	1,0	1,7	375	1,31%
12	2	2	5	15	3,5	0,63	1,25	4,00	12,00	4,76	15	25	0,317	0,190	1,0	1,0	0,6	375	1,31%
13	2	2	17	7	2,5	0,63	1,60	10,63	4,38	3,93	25	15	0,157	0,262	1,0	1,0	1,7	375	2,14%
14	2	2	7	17	2,5	0,63	1,60	4,38	10,63	3,93	15	25	0,262	0,157	1,0	1,0	0,6	375	2,14%
15	2	2	16	6	3,0	0,63	1,60	10,00	3,75	4,43	25	15	0,177	0,295	1,0	1,0	1,7	375	2,14%
16	2	2	6	16	3,0	0,63	1,60	3,75	10,00	4,43	15	25	0,295	0,177	1,0	1,0	0,6	375	2,14%
17	3	2	9	8	2,5	0,50	1,00	9,00	8,00	3,50	25	15	0,140	0,233	0,5	2,0	1,7	375	1,26%
18	3	2	8	6	3,5	0,50	1,00	8,00	6,00	4,50	25	15	0,180	0,300	0,5	2,0	1,7	375	1,26%
19	3	2	8	6	3,0	0,63	1,25	6,40	4,80	4,26	25	15	0,170	0,284	0,5	2,0	1,7	375	1,96%
20	3	2	8	6	3,0	0,63	1,60	5,00	3,75	4,43	25	15	0,177	0,295	0,5	2,0	1,7	375	3,22%
21	4	3	6	4	2,5	0,50	1,00	6,00	4,00	3,50	25	15	0,140	0,233	0,7	1,5	1,7	375	2,09%
22	3	2	20	9	3,0	0,80	2,00	10,00	4,50	4,80	50	19	0,096	0,253	0,50	2,0	2,6	950	1,98%
23	7	2	7	11	3,0	0,50	1,00	7,00	11,00	4,00	50	19	0,080	0,211	0,17	6,0	2,6	950	1,16%

Considerou-se que os pilares estão submetidos à flexão composta normal com carga normal de cálculo aplicada $N_d = 450kN$, momento de cálculo $M_{dy} = 30kNm$, $f_{ck} = 25MPa$ e $f_{yd} = 500MPa$.

Seguindo o trabalho de Khuntia e Ghosh (2004a), foram determinados os valores de EI_{eq}/EI utilizando a fórmula (2-9), porém o cálculo da carga última foi realizado considerando as indicações da norma brasileira. Os resultados encontrados estão na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Cálculo de EI_{eq}/EI utilizando as formulações propostas por Khuntia e Ghosh (2004a)

Pilar	h [cm]	ρ %	M_d [kNm]	e_{tot} [cm]	P_u [kN]	P_o [kN]	EI_{eq}/EI
1	15	0,84%	30	5	450	697	0,35
2	25	0,84%	30	5	450	697	0,48
3	15	0,84%	30	5	450	697	0,35
4	25	0,84%	30	5	450	697	0,48
5	15	0,84%	30	5	450	697	0,35
6	25	0,84%	30	5	450	697	0,48
7	15	1,31%	30	5	450	768	0,42
8	25	1,31%	30	5	450	768	0,57
9	15	1,31%	30	5	450	768	0,42
10	25	1,31%	30	5	450	768	0,57
11	15	1,31%	30	5	450	768	0,42
12	25	1,31%	30	5	450	768	0,57
13	15	2,14%	30	5	450	895	0,55
14	25	2,14%	30	5	450	895	0,73
15	15	2,14%	30	5	450	895	0,55
16	25	2,14%	30	5	450	895	0,73
17	15	1,26%	30	5	450	760	0,41
18	15	1,26%	30	5	450	760	0,41
19	15	1,96%	30	5	450	867	0,53
20	15	3,22%	30	5	450	1060	0,73
21	15	2,09%	30	5	450	887	0,55
22	19	1,98%	30	5	450	887	0,63
23	19	1,16%	30	5	450	887	0,53

Os valores de EI_{eq}/EI também foram calculados utilizando como base o trabalho de Oliveira (2004) e encontram-se na Tabela 2.4.

Tabela 2.4- Cálculo de EI_{eq}/EI utilizando as formulações propostas por Oliveira (2004)

Pilar	Seção	b	h	d'	d'/h	N. de barras	ϕ	Nd	e_{tot}	fcd	fyd	ν	μ	ω	κ	EI_{cs} [kNm ²]	EI_{ci} [kNm ²]	EI_{cs}/EI_{ci}
1	B20	25	15	3,00	0,20	4	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,2	65	979,35	1968,75	0,50
2	B15	15	25	3,00	0,12	4	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,2	70	2929,69	5468,75	0,54
3	B30	25	15	4,00	0,27	4	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,2	55	828,68	1968,75	0,42
4	B20	15	25	4,00	0,16	4	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,2	70	2929,69	5468,75	0,54
5	B30	25	15	4,50	0,30	4	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,2	55	828,68	1968,75	0,42
6	B20	15	25	4,50	0,18	4	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,2	70	2929,69	5468,75	0,54
7	B25	25	15	3,76	0,25	4	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,3	55	828,68	1968,75	0,42
8	B15	15	25	3,76	0,15	4	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,3	70	2929,69	5468,75	0,54
9	B30	25	15	4,26	0,28	4	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,3	55	828,68	1968,75	0,42
10	B20	15	25	4,26	0,17	4	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,3	70	2929,69	5468,75	0,54
11	B30	25	15	4,76	0,32	4	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,3	55	828,68	1968,75	0,42
12	B20	15	25	4,76	0,19	4	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,3	70	2929,69	5468,75	0,54
13	B30	25	15	3,93	0,26	4	1,60	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,5	55	828,68	1968,75	0,42
14	B20	15	25	3,93	0,16	4	1,60	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,5	70	2929,69	5468,75	0,54
15	B30	25	15	4,43	0,30	4	1,60	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,5	55	828,68	1968,75	0,42
16	B20	15	25	4,43	0,18	4	1,60	450	5	17,86	434,78	0,7	0,13	0,5	70	2929,69	5468,75	0,54
17	A25	25	15	3,50	0,23	6	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,3	60	904,02	1968,75	0,46
18	A30	25	15	4,50	0,30	6	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,3	55	828,68	1968,75	0,42
19	A30	25	15	4,26	0,28	6	1,25	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,5	55	828,68	1968,75	0,42
20	A30	25	15	4,43	0,30	6	1,60	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,8	55	828,68	1968,75	0,42
21	C20	25	15	3,50	0,23	12	1,00	450	5	17,86	434,78	0,7	0,22	0,6	55	828,68	1968,75	0,42
22	A25	50	19	4,80	0,25	6	2,00	450	10	17,86	434,78	0,3	0,14	0,5	30	1837,23	8002,17	0,23
23	A25	50	19	4,00	0,21	14	1,00	450	10	17,86	434,78	0,3	0,14	0,3	30	1837,23	8002,17	0,23

Observando as tabelas pode-se notar que os pilares 1, 3 e 5 possuem seção transversal de $25 \times 15 \text{ cm}^2$ e a diferença entre eles está na relação d'/h , respectivamente 0,20, 0,27 e 0,30. Pela formulação da Tabela 2.3, não há diferença entre os três pilares na relação EI_{eq}/EI , já na Tabela 2.4 esta relação tem valor diferente para o pilar 1 em relação a 3 e 5. Os resultados obtidos na Tabela 2.3 são menores do que aqueles correspondentes da Tabela 2.4. Já para os pilares 8,10 e 12, dimensionados com armadura maior do que os anteriores, a relação d'/h de cada um é 0,15, 0,17 e 0,19, variação pequena que resultou em constância nos resultados. Para estes pilares ambas as tabelas forneceram os mesmos valores para a razão EI_{eq}/EI .

Crespo (2002) estudou o comportamento de tramos de vigas de pórtico submetidas a diversos carregamentos buscando obter valores de rigidez representativos para vigas compatíveis com a resposta deste elemento quando considerada a não-linearidade física de forma mais precisa nos pórticos de contraventamento. Neste estudo foram avaliados edifícios de concreto armado residenciais e comerciais com alturas compreendidas entre 40 e 130m e foram consideradas tanto cargas verticais (permanentes e acidentais), quanto cargas horizontais, decorrentes da ação do vento. Partindo da análise local buscou-se valores de rigidez equivalente aproximados para a análise global.

Foram estudadas vigas bi-apoiadas submetidas a momentos em seus extremos, simulando vigas retiradas de pórtico espacial submetido a diversas combinações de cargas verticais e horizontais. A determinação da disposição de armadura foi feita para uma envoltória de carregamentos dimensionados para o ELU, conduzindo ao arranjo de armadura longitudinal apresentado na Figura 2.18. Como o dimensionamento foi realizado considerando a envoltória, para cada combinação existem trechos superdimensionados e com rigidez próxima à bruta que em outra combinação de carregamentos estarão extremamente solicitados, gerando valores de rigidez diferentes para o mesmo trecho em combinações alternadas. Para cada trecho da Figura 2.18 foi observada a faixa de variação de momentos e determinados os limites para momento adimensional μ adotados no trabalho para cada trecho:

-Trechos A e B: $-0,35 \leq \mu \leq 0,25$;

-Trecho C: $-0,05 \leq \mu \leq 0,20$.

Onde μ é definido pela equação (2-15).

$$\mu = \frac{M_d}{b_w \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \quad (2-15)$$

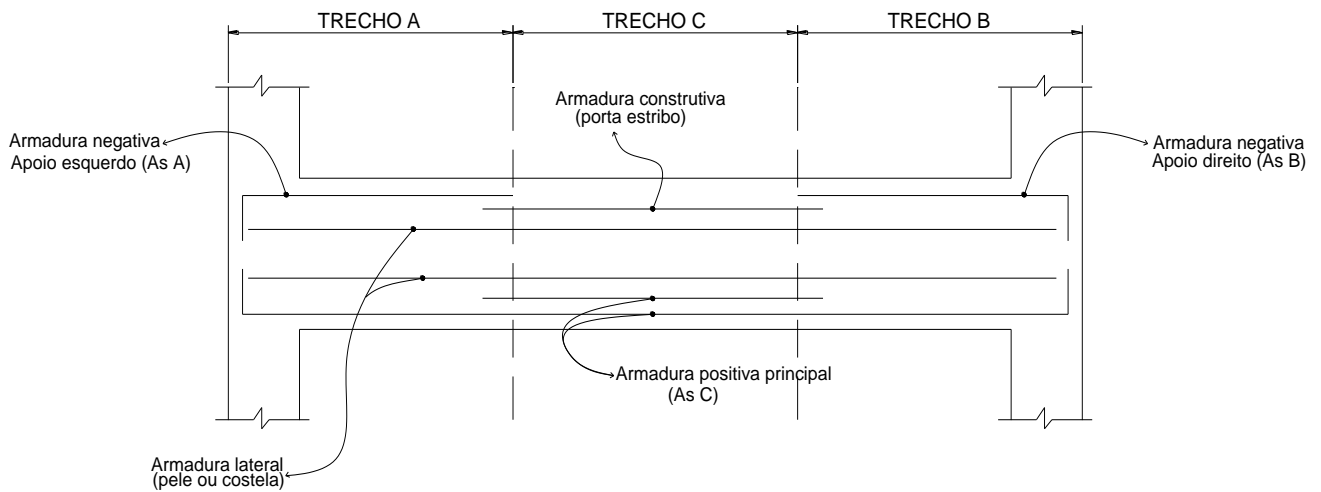


Figura 2.18- Arranjo de armadura resultante do dimensionamento para o ELU (adaptado de Crespo, 2002)

As características geométricas estudadas por Crespo (2002) foram determinadas a partir de diversas estruturas de edifícios reais e representam aquelas que influenciaram mais na determinação da rigidez equivalente de vigas. As variáveis analisadas foram: largura da alma ($14 \leq b_w \leq 35cm$), altura da alma ($40 \leq h \leq 120cm$), relação altura da viga/vão ($0,08 \leq h/l \leq 0,20$), relação largura da mesa/largura da alma ($2,0 \leq b_f/b_w \leq 8,0$), relação altura da mesa/ altura da viga ($0,17 \leq h_f/h \leq 0,29$), relação d'/h ($0,05 \leq d'/h \leq 0,15$), taxa de armadura de tração ($0,15\% \leq \rho \leq 2,55\%$), relação entre taxas de armadura de compressão e tração ($0,10 \leq \rho'/\rho \leq 0,50$) e $\rho'/\rho = 1$, para considerar $A_{s_{sup}} = A_{s_{inf}}$. O aço adotado no estudo foi o CA-50 ($f_{yd} = 500MPa$) e concretos com f_{ck} entre 20 e 50 MPa.

A caracterização do material concreto armado como não-linear foi feita através da montagem de diagramas momento-curvatura seguindo as indicações da NBR 6118:2007

quanto às hipóteses básicas do ELU para elementos lineares submetidos a solicitações normais e quanto às características dos materiais aço e concreto. As condições de segurança foram estabelecidas utilizando coeficientes de majoração e minoração indicados na NBR 6118:2007, porém para análises de segunda ordem global a parcela γ_{f3} do coeficiente de majoração das solicitações que leva em conta as imperfeições do modelo é retirada das análises para posterior aplicação aos resultados obtidos, determinando os esforços de dimensionamento. Foi considerado $\gamma_{f3} = 1,1$.

Para determinação dos deslocamentos de um tramo de viga, Crespo (2002) utilizou o método geral de integração direta obtendo o formato da deformada de vigas a partir do diagrama momento-curvatura das mesmas e aplicando equações dos teoremas de energia impôs uma compatibilidade de energia de deformação entre o comportamento linear de viga prismática e o comportamento não-linear, equação (2-16), simulando respectivamente viga equivalente não fissurada e viga fissurada, obtendo valores de EI correspondentes ao comportamento do tramo da viga real que possui EI variável em função do carregamento e da seção, equação (2-17).

$$\frac{1}{2EI_{eq}} \cdot \int_0^l M^2 dx = \frac{1}{2} \cdot \int_0^l M \cdot \frac{1}{r} \cdot dx \quad (2-16)$$

$$EI_{eq} = \frac{\int_0^l M^2 dx}{\int_0^l M \cdot \frac{1}{r} dx} \quad (2-17)$$

Para a parametrização dos resultados o valor estudado foi caracterizado como adimensional e denominado α_{eq} , equação (2-18).

$$\alpha_{eq} = \frac{EI_{eq}}{E_{ci} I_c} \quad (2-18)$$

Após análise dos resultados dois parâmetros foram utilizados para plotagem de α_{eq} :

$$\rho_I = 0,15\rho_A + 0,15\rho_B + 0,70\rho_c;$$

$$\rho_{II} = \rho_c$$

Onde ρ_A , ρ_B e ρ_C são os valores de taxa de armadura longitudinal de vigas nos extremos e no meio do vão respectivamente. ρ_I foi escolhido para caracterizar a nuvem de pontos obtida e ρ_{II} para caracterizar a reta que define α_{eq} .

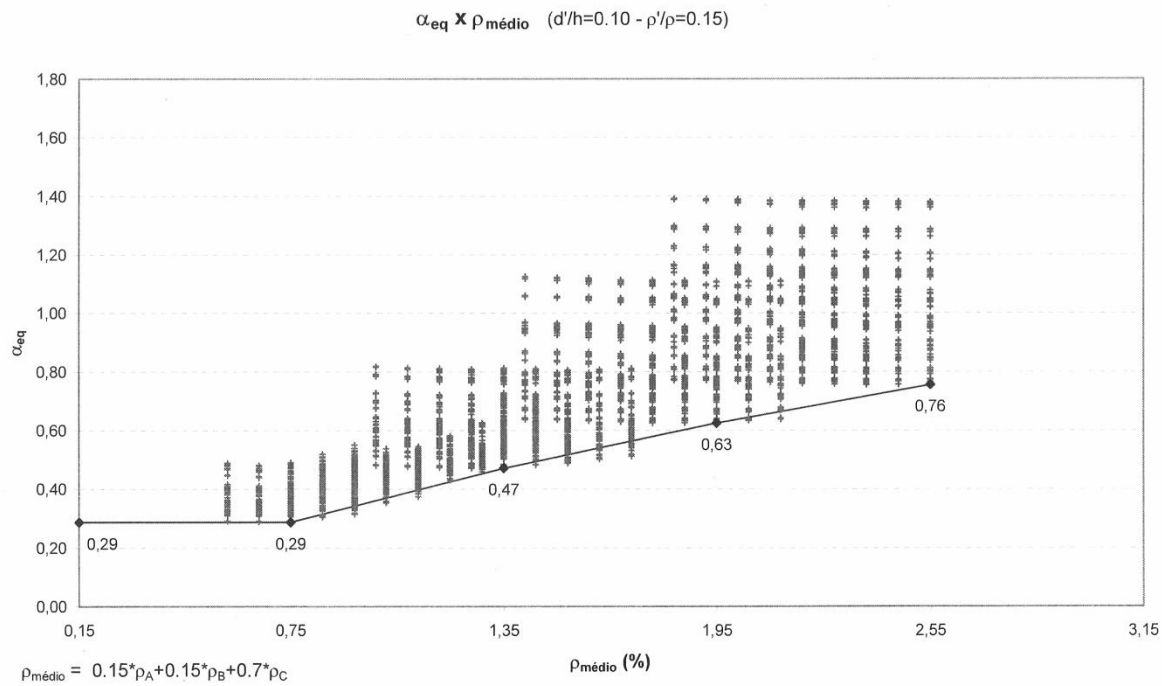


Figura 2.19- Exemplo de gráfico com nuvem de pontos utilizado por Crespo (2002)

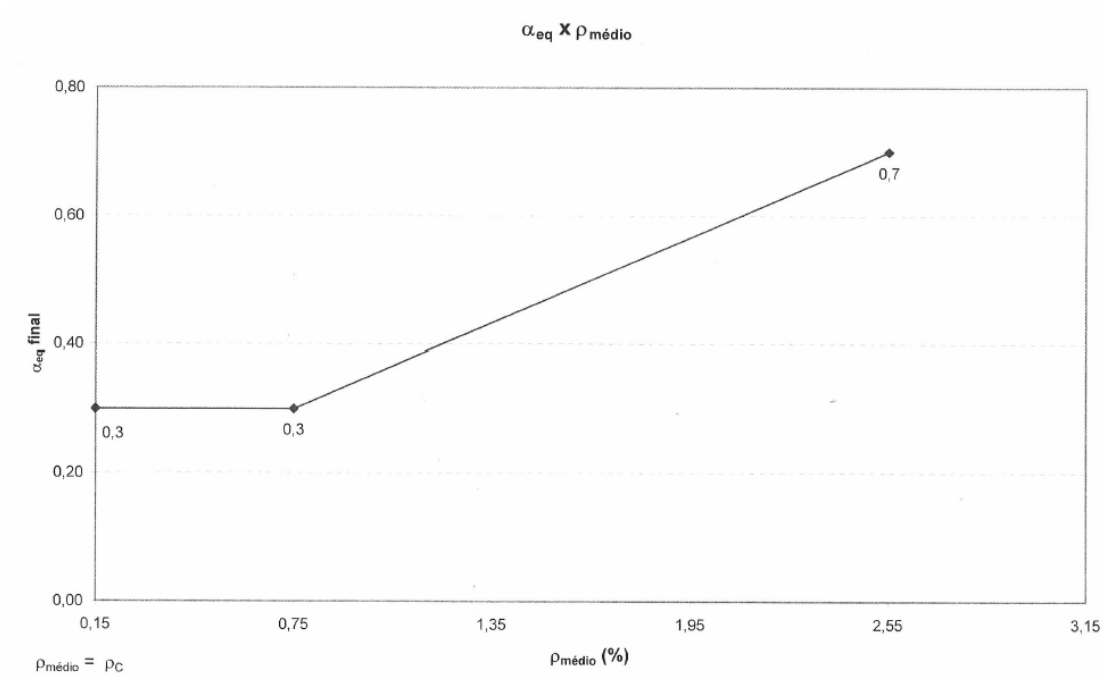


Figura 2.20- Gráfico final proposto para o parâmetro α_{eq} por Crespo (2002)

Crespo (2002) propôs a relação entre a taxa de armadura de flexão no meio do vão de vigas (ρ_c) e α_{eq} , que está apresentada na Figura 2.20. Um valor variável em função da taxa de armadura foi apresentado, com $\alpha_{eq} = 0,3$ para $\rho_c < 0,75\%$ e um valor que varia de $\alpha_{eq} = 0,3$ a $0,7$ para $0,75\% < \rho_c < 2,55\%$. Apesar de terem sido encontrados valores inferiores a $0,3$, adotou-se este valor mínimo a favor da segurança.

3 - DESENVOLVIMENTO DE EXEMPLO ANALÍTICO

Para a melhor compreensão do processo de análise estrutural e das considerações de não-linearidades no cálculo de estruturas reticuladas, foi desenvolvido um exemplo de uma estrutura simples, com finalidade didática, modelada utilizando pórticos planos associados para combinações de carregamentos e considerações de rigidez do Estado Limite Último.

Os cálculos iniciais de carregamentos, suas combinações e avaliação da estabilidade global foram realizados utilizando planilhas eletrônicas e para determinação dos esforços solicitantes internos foi usado o software educacional Ftool- Two Dimensional Frame analysis, versão 2.12, desenvolvido por Luiz Fernando Martha, professor da PUC Rio, por proporcionar análises estruturais com pórticos planos.

3.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EXEMPLO

O edifício adotado nas análises foi o Edifício Exemplo, cuja planta baixa está representada na Figura 3.2 e detalhe na Figura 3.3. Trata-se de uma edificação composta por um pavimento-tipo com duas repetições e uma cobertura. Todos os pavimentos possuem a mesma planta de forma e as distâncias de piso a piso são constantes e iguais a 4,00m, resultando na altura total de 12,00m, como indicado no corte esquemático da Figura 3.1.

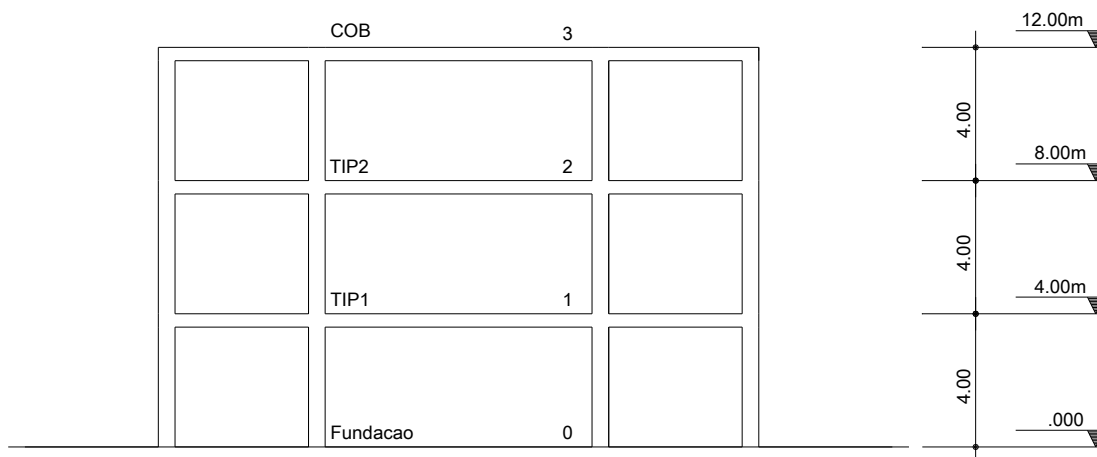


Figura 3.1- Corte esquemático do Edifício Exemplo

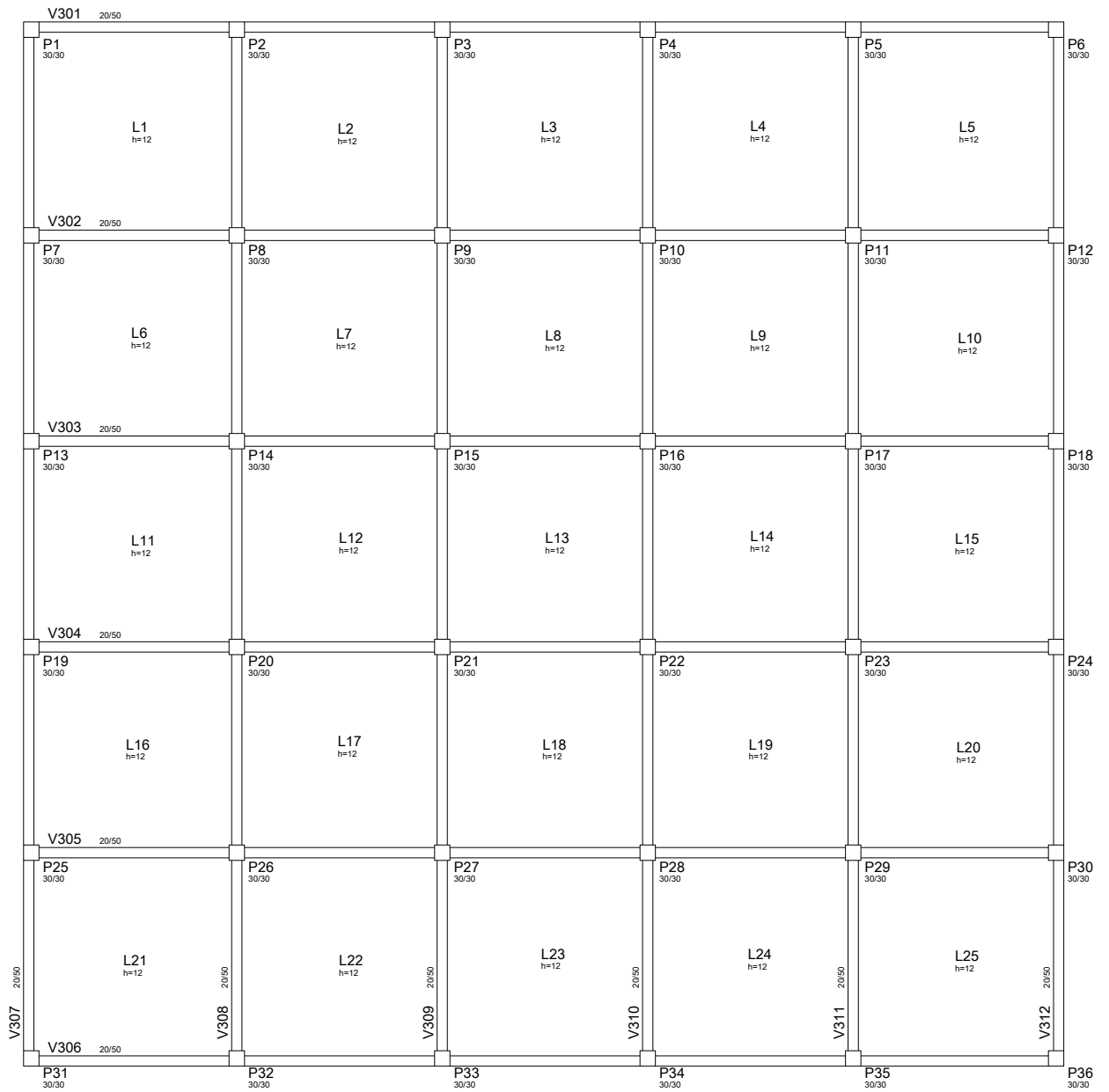


Figura 3.2- Planta de formas do pavimento tipo do Edifício Exemplo, sem escala

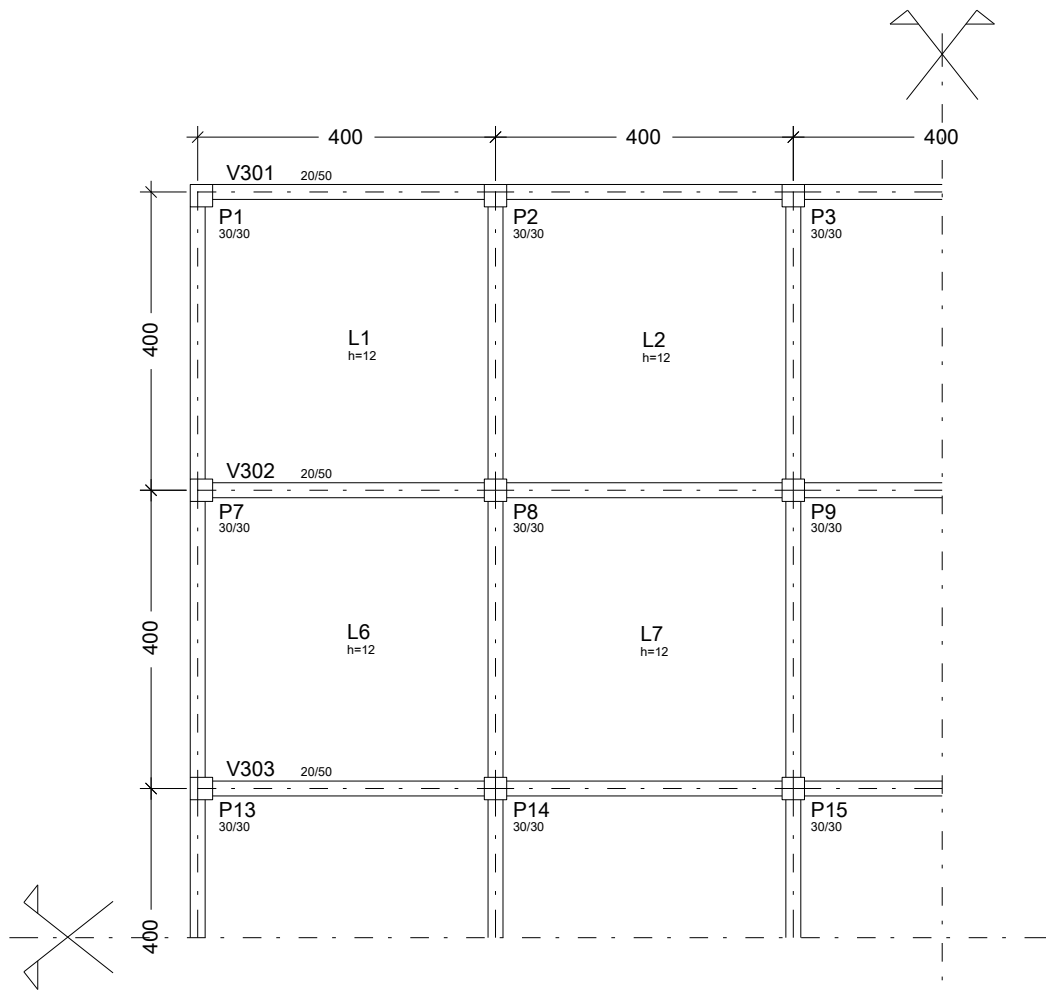


Figura 3.3- Detalhe em planta do Edifício Exemplo, dimensões em centímetros

3.2 CRITÉRIOS GERAIS

Aqui são apresentados critérios importantes que são pressupostos na análise e dimensionamento do Edifício Exemplo. São eles:

- Todos os elementos da edificação são de concreto armado com $f_{ck} = 25MPa$ e aço CA-50;
- O módulo de elasticidade do concreto considerado corresponde a $E_{ci} = 5600\sqrt{f_{ck}} MPa$.

3.3 MODELO ESTRUTURAL

A estrutura foi modelada utilizando pórticos planos associados, ligados entre si por barras rígidas que tem apenas a função de compatibilizar os deslocamentos horizontais em cada nível entre os pórticos. Esta solução foi utilizada no Edifício Exemplo devido às suas características de simetria, tanto geométrica quanto de carregamentos e pela possibilidade

de realizar análise conjunta de cargas verticais e horizontais de forma eficiente. Os pilares foram considerados engastados na base da edificação e devido à simetria o modelo utilizado possui apenas 3 pórticos como apresentado na Figura 3.4 e na Figura 3.5

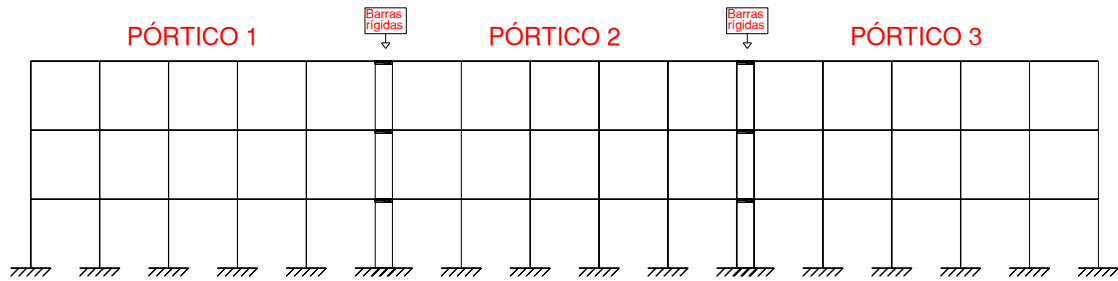


Figura 3.4- Modelo de pórticos planos associados utilizado no Edifício Exemplo

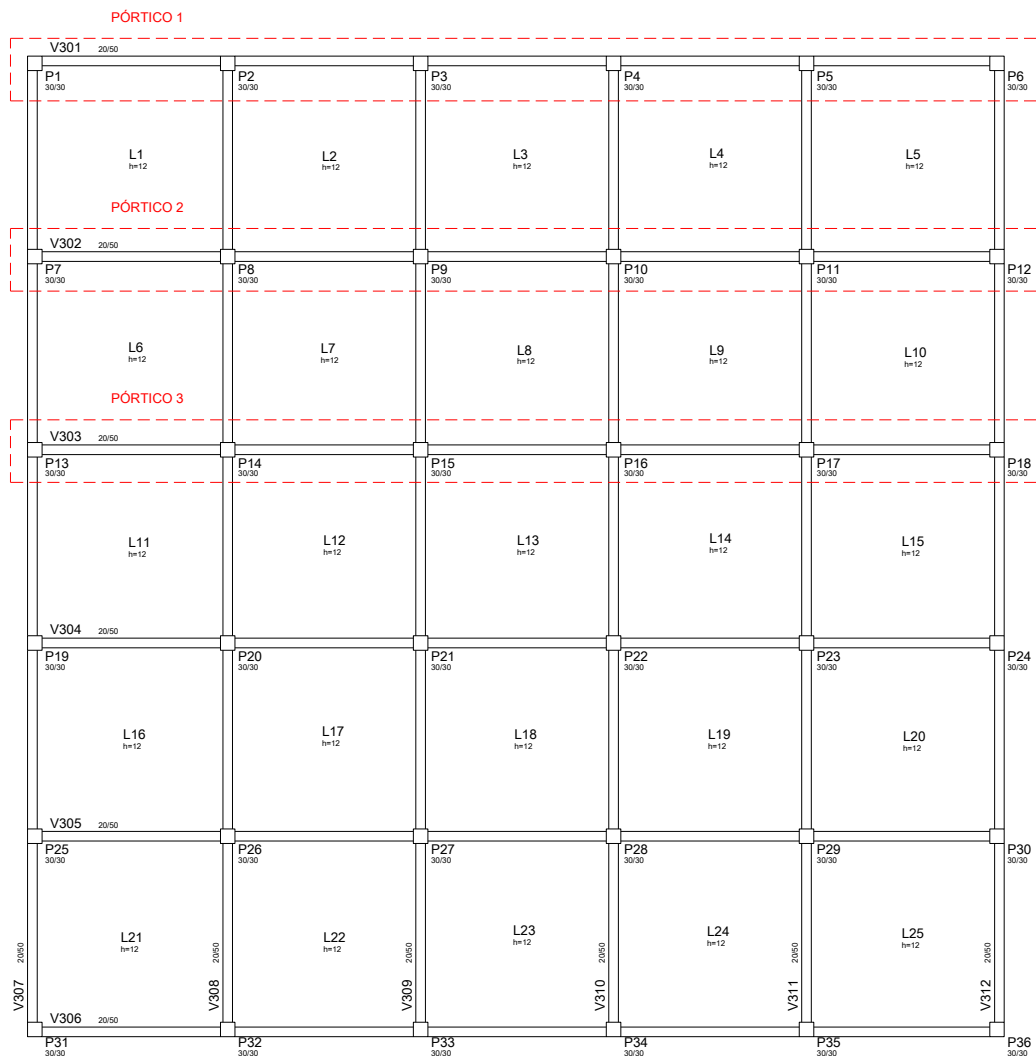


Figura 3.5- Identificação em planta dos pórticos representados no modelo de análise estrutural

As parcelas de carregamento para cada viga a partir das cargas provenientes das lajes foram determinadas de acordo com a NBR 6118:2007, item 14.7.6.1, a partir do carregamento atuante nos triângulos ou trapézios formados por retas inclinadas a partir dos vértices com as seguintes angulações:

- 45° entre dois apoios do mesmo tipo;
- 60° a partir do apoio considerado engastado, se o outro for considerado simplesmente apoiado;
- 90° a partir do apoio, quando a borda vizinha for livre.

Na Figura 3.6 as lajes L1, L2, L6 e L7 estão representadas em planta com a divisão do carregamento proveniente das mesmas para as respectivas vigas de apoio de acordo com as regras apresentadas anteriormente. Nos casos das vigas que compõem os pórticos planos adotados na análise estrutural (exemplo: V301, V302), a parcela de carregamento das lajes está representada por carga distribuída nas respectivas vigas de apoio, somada ao carregamento destas. Todas as cargas que estiverem aplicadas em vigas que não façam parte dos pórticos, por estarem na direção perpendicular (exemplo: V307, V308), são consideradas na análise através de carga concentrada aplicada nos pilares de apoio de cada viga. Dessa forma considerou-se integralmente o carregamento da estrutura inclusive as vigas da direção perpendicular ao plano dos pórticos, porém estes elementos não contribuem para a rigidez do conjunto, assim como as lajes.

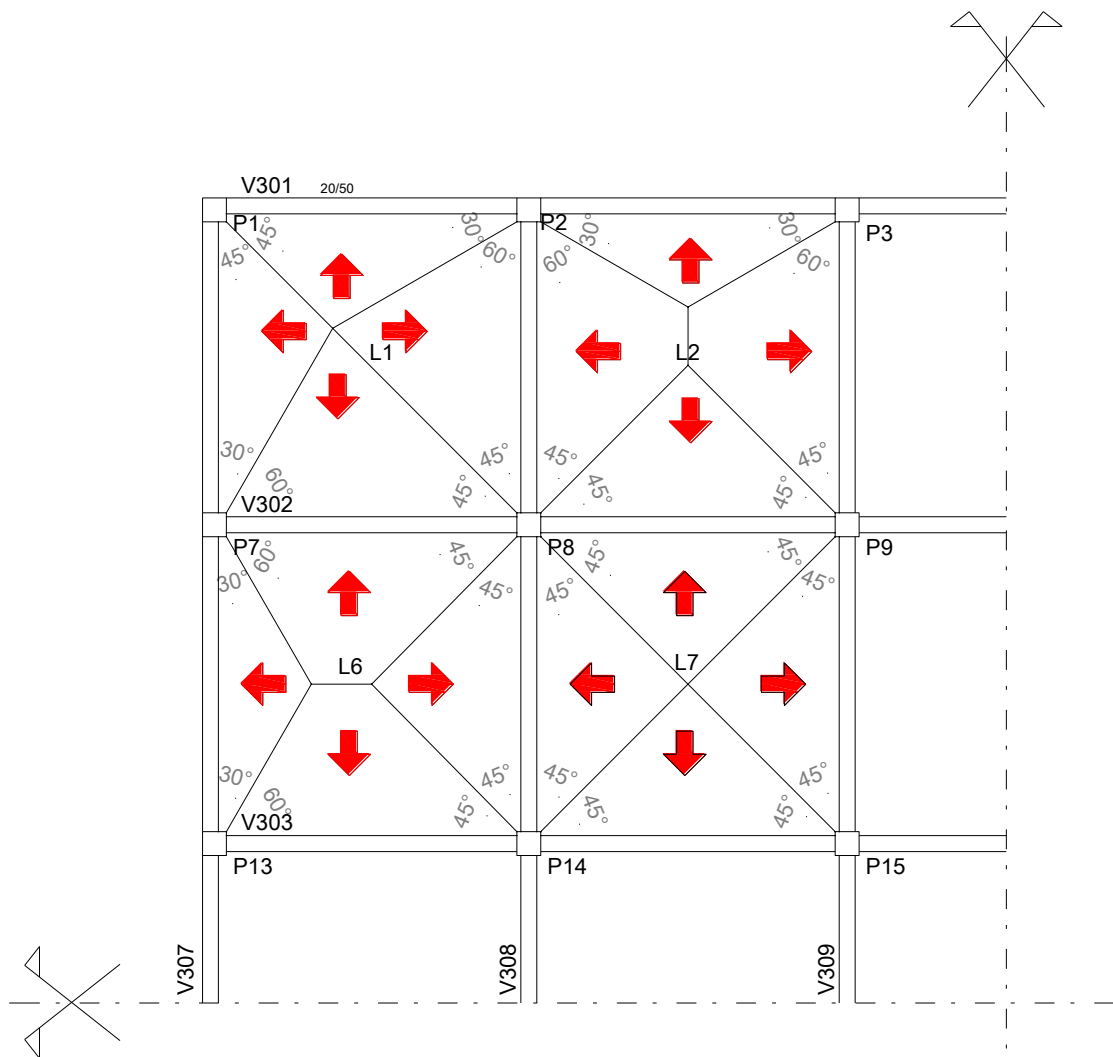


Figura 3.6- Distribuição do carregamento vertical das lajes L1, L2, L6 e L7 para as respectivas vigas de acordo com o tipo de apoio de cada bordo das lajes

3.4 CARREGAMENTO ADOTADO

O Edifício Exemplo foi submetido a cargas horizontais e verticais compatíveis com a sua geometria e a utilização de cada pavimento.

3.4.1 Carregamento vertical

As cargas verticais adotadas foram compostas por parcelas permanentes e acidentais de acordo com as características e com o uso do pavimento e determinadas para cada tipo de elemento estrutural. Na Tabela 3.1 encontra-se o resumo dos carregamentos verticais utilizados.

Tabela 3.1- Carregamentos verticais do Edifício Exemplo

Elemento	Carga Permanente	Carga Acidental
Laje (TIPO)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	Uso Comercial 3,0kN/m ²
	Revestimento: 4,0kN/m ²	
Laje (COB)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	Uso Comercial 3,0kN/m ²
	Revestimento: 2,0kN/m ²	
Viga (TIPO)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	
	Alvenarias $\gamma_{alv} = 12kN/m^3$	
Viga (COB)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	
Pilar	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	

Apenas as vigas do contorno da edificação foram calculadas considerando haver vedações de alvenaria. Considerou-se a possibilidade de paredes divisórias não previstas em projeto adotando carga permanente distribuída de revestimento maior no pavimento-tipo, de acordo com a NBR 6120:1980- Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, item 2.1.2.

3.4.2 Carregamento horizontal

Para determinar o carregamento de vento atuante no Edifício Exemplo, foi desenvolvido o cálculo de acordo com a NBR 6123:88- Forças devidas ao vento em edificações. Devido à simetria da edificação o carregamento determinado nos cálculos é o mesmo para todas as direções de vento consideradas ($x- 0^\circ/180^\circ$ e $y- 90^\circ/270^\circ$).

Os dados utilizados no cálculo das cargas de vento estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2- Dados utilizados para a determinação do carregamento de vento

Parâmetro	Descrição	Valor utilizado	
V_0	Velocidade básica do vento	35 m/s	Cidade de Brasília
S_1	Fator topográfico	1,00	Terreno plano
S_2	Rugosidade do terreno	Categoria III	Terreno plano com obstáculos
	Dimensões da edificação	Classe A	Edificação com a maior dimensão até 20m
	$S_2 = 0,94 \cdot 1,0 \cdot (z/10)^{0,1}$	Por trecho	Calculado para cada altura (z) do pavimento
S_3	Fator estatístico	1,00	Edifício comercial com alto fator de ocupação
Cax e Cay	Coefficiente de arrasto para cada direção	1,04	Do ábaco para vento de baixa turbulência: $\begin{cases} L_1/L_2 = 1,00 \\ h/L_1 = 0,6 \end{cases}$

Na consideração do carregamento equivalente ao vento foi determinada uma carga distribuída constante para cada trecho correspondente a um pavimento, variando no trecho subsequente em função da altura. Os valores encontrados para a velocidade característica do vento (V_k), pressão dinâmica já multiplicada pelo coeficiente de arrasto (q) e a força de arrasto F aplicada ao nível de cada pavimento estão apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3- Determinação da velocidade característica, pressão dinâmica e força de arrasto atuante de vento por pavimento

TRECHOS	z_i [m]	S_1	S_2	S_3	V_k [m/s]	q [kN/m ²]	F [kN]
1	4,00	1,00	0,858	1,00	30,02	0,59	46,86
2	8,00	1,00	0,919	1,00	32,17	0,67	53,83
3	12,00	1,00	0,957	1,00	33,51	0,73	29,19

Foi calculado para o Edifício Exemplo o carregamento horizontal provocado pelo desaprumo dos elementos verticais de acordo com 11.3.3.4.1 da NBR 6118:2007. Os dados utilizados estão apresentados na Tabela 3.4, considerando a altura total da edificação de $H=12m$, o número de prumada de pilares $n=6$ e o valor adotado para $\theta_{1,min}$ é referente a estruturas de nós móveis.

Tabela 3.4- Dados utilizados na determinação do carregamento devido ao desaprumo global

Parâmetro	Valor utilizado
θ_1	$\frac{1}{100\sqrt{12}}$
$\theta_{1,min}$	$\frac{1}{300}$ para nós móveis $\frac{1}{400}$ para nós fixos
$\theta_{1,max}$	$\frac{1}{200}$
θ_a	$\theta_1 \sqrt{\frac{1+1/6}{2}}$

Como $\theta_1 < \theta_{1,min}$ foi considerado $\theta_1 = 1/300 = 0,0033$. O cálculo de θ_a fica da seguinte forma:

$$\theta_a = \frac{1}{300} \sqrt{\frac{1+1/6}{2}} = 0,0033 \cdot 0,76 = 0,00255$$

Uma nova interpretação de θ_a caracteriza n como o número de pilares que participam do contraventamento, (França, 2012) sendo n=36 neste caso. Logo o novo cálculo de θ_a leva ao seguinte valor:

$$\theta_a = \frac{1}{300} \sqrt{\frac{1+1/36}{2}} = 0,0033 \cdot 0,717 = 0,00237$$

Os efeitos das imperfeições geométricas das estruturas de contraventamento podem ser considerados através da aplicação de forças horizontais $\Delta H_i = \theta_a \cdot F_{vi}$ nos diversos níveis da estrutura, onde F_{vi} é a força vertical total introduzida no andar i do edifício (ARAÚJO, 2004). Para o Edifício Exemplo os resultados encontrados para cada pavimento estão na Tabela 3.5 para os dois valores de θ_a .

Tabela 3.5- Determinação das forças horizontais equivalente por pavimento devido ao desaprumo global

TRECHOS	z_i [m]	θ_a	F_{vi} [kN]	ΔH_i [kN]
1	4,00	0,00255	5110,70	13,03
2	8,00	0,00255	5110,70	13,03
3	12,00	0,00255	4119,42	10,50
1	4,00	0,00237	5110,70	12,11
2	8,00	0,00237	5110,70	12,11
3	12,00	0,00237	4119,42	9,76

Os cálculos de ΔH_i para as duas formas de determinar θ_a indicam que a utilização da formulação conforme a norma atual está a favor da segurança, logo por uma questão de concordância com o instrumento normativo em vigor e pela condição verificada a favor da segurança a formulação inicial de θ_a foi mantida.

Segundo a NBR 6118:2007 o desaprumo e o vento não devem ser superpostos nas análises globais. Entre os dois deve ser considerado apenas o mais desfavorável, que pode ser

definido através do que provoca o maior momento total na base de construção. Para isso, foi realizada análise comparativa dos momentos gerados na base da edificação (Tabela 3.6) concluindo que o vento é o mais desfavorável e por isso ele foi utilizado como carregamento horizontal aplicado ao Edifício Exemplo.

Tabela 3.6- Cálculo dos momentos na base do Edifício Exemplo em função dos carregamentos horizontais de vento e desaprumo global

TRECHOS	z_i [m]	Vento		Desaprumo	
		F [kN]	M_{eq} [kNm]	ΔH_i [kN]	M_{eq} [kNm]
Térreo	0,00	23,44	0,00	13,01	0,00
1	4,00	46,88	187,52	13,01	52,04
2	8,00	53,84	430,72	13,01	104,08
3	12,00	29,18	350,16	10,49	125,88
		ΣM_{base}	968,40	ΣM_{base}	282,00

3.4.3 Combinações de carregamento

Após a definição das ações atuantes na estrutura foram definidas duas combinações últimas normais a fim de considerar a atuação simultânea dos carregamentos horizontal e vertical. De acordo com a NBR 6118:2007, tabela 11.33, neste tipo de combinação o cálculo das solicitações de cálculo $S_d(F)$ é definido em função das ações de cálculo definidas pela equação (3-1).

$$F = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_q \left(F_{q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot F_{qjk} \right) \quad (3-1)$$

Onde:

S_d é o valor dos esforços solicitantes de cálculo;

F é o valor das ações para combinação última;

F_{gk} representa as ações permanentes diretas;

F_{qk} representa as ações variáveis diretas das quais F_{q1k} é escolhida principal;

γ_g, γ_q são os coeficientes de ponderação das ações;

ψ_{0j} é o fator de redução de combinação.

Os coeficientes de ponderação γ_f que aparecem na formulação da combinação de carregamento majorando as diversas ações podem ser desdobrados em seus coeficientes parciais $\gamma_{f1}, \gamma_{f2}, \gamma_{f3}$. O coeficiente γ_{f1} leva em conta a variabilidade do valor das ações; $\gamma_{f2} = \psi_0$ é o coeficiente de combinação das ações, que considera a probabilidade de ações distintas atuarem de forma simultânea; e γ_{f3} pondera os possíveis erros de avaliação das solicitações a partir das ações, seja por problemas construtivos ou deficiência do método de cálculo empregado.

Foi considerada a formulação de segurança apresentada em 15.3.1 da NBR 6118:2007 em que se calculam os efeitos de segunda ordem das cargas majoradas de γ_f / γ_{f3} , que posteriormente são majorados de γ_{f3} , com $\gamma_{f3} = 1,1$, de tal forma que a determinação das solicitações de cálculo fica definida pela equação (3-2).

$$S_{d,tot} = \gamma_{f3} \cdot S_d(F) \quad (3-2)$$

O valor final da solicitação de cálculo é obtido multiplicando por γ_{f3} os resultados das solicitações determinados em função de F , definido em (3-3).

$$F = \left[\frac{\gamma_g}{\gamma_{f3}} \cdot F_{gk} + \frac{\gamma_q}{\gamma_{f3}} \left(F_{q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot F_{qjk} \right) \right] \quad (3-3)$$

Para o Edifício Exemplo os coeficientes de ponderação das ações no ELU foram determinados de acordo com as tabelas 11.1 e 11.2 da NBR 6118:2007, considerando na Combinação 1 a carga vertical acidental das lajes como ação variável principal e na Combinação 2 o carregamento horizontal de vento como ação variável principal. Os casos de carregamento utilizados estão apresentados nas equações (3-4) e (3-5), respectivamente Combinação 1 e Combinação 2.

$$S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,6 \cdot F_{q2k} \right) \quad (3-4)$$

$$S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,7 \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q2k} \right) \quad (3-5)$$

Onde F_{q1k} representa as ações de sobrecarga e F_{q2k} a ação do vento.

3.5 ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL

A avaliação da estabilidade global da estrutura foi realizada através do coeficiente γ_z . Ele foi determinado a partir dos resultados da análise linear de primeira ordem da estrutura para cada caso de carregamento, adotando-se os valores de rigidez indicados na NBR 6118:2007 para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares:

Vigas: $(EI)_{sec} = 0,4E_{ci}I_c$;

Pilares: $(EI)_{sec} = 0,8E_{ci}I_c$.

Apesar destes valores não serem indicados para estruturas com 3 pavimentos, eles foram utilizados como valores iniciais para a análise iterativa realizada a seguir. A Tabela 3.7 apresenta os cálculos realizados para determinação do γ_z considerando a Combinação 1, assim como a Tabela 3.8 apresenta a Combinação 2.

Tabela 3.7- Cálculo de γ_z para a Combinação 1

Combinação 1									
TRECHOS	zi [m]	1 ordem			2 ordem				
		F _{H,k} [kN]	M _{1k} [kNm]	M _{1d} [kNm]	F _{V,d} [kN]	Desl. _h [m]	M _{2d} [kNm]		
Térreo	0.00	23.43	0.00	0.00	7154.98	0.00000	0.00		
1	4.00	46.86	187.44	157.45	7154.98	0.00135	9.66		
2	8.00	53.83	430.64	361.74	7154.98	0.00255	18.25		
3	12.00	29.19	350.28	294.24	5767.19	0.00308	17.76		
				ΣM_{base}	813.42			ΣM_{base}	45.67
						γ_z	1.06		

Tabela 3.8- Cálculo de γ_z para a Combinação 2

Comb2							
TRECHOS	zi [m]	1 ordem			2 ordem		
		F _{H,k} [kN]	M _{1k} [kNm]	M _{1d} [kNm]	F _{V,d} [kN]	Desl. _h [m]	M _{2d} [kNm]
Térreo	0.00	23.43	0.00	0.00	6650.98	0.00000	0.00
1	4.00	46.86	187.44	262.42	6650.98	0.00225	14.96
2	8.00	53.83	430.64	602.90	6650.98	0.00425	28.27
3	12.00	29.19	350.28	490.39	5274.98	0.00513	27.06
		ΣM_{base} 1355.70			ΣM_{base} 70.29		
						γ_z	1.05

Pelos valores de γ_z encontrados, pode-se concluir que o Edifício Exemplo é de nós fixos.

Foi realizada também a análise $P-\Delta$ do Edifício Exemplo por ser um processo mais refinado de consideração na NLG. Ele consiste em um cálculo iterativo que em suas etapas transforma o efeito dos deslocamentos sucessivos em forças horizontais equivalentes ΔH_i . No entanto a consideração da NLF também é feita através da redução da rigidez e os valores $0,4E_{ci}I_c$ para vigas e $0,8E_{ci}I_c$ para pilares foram adotados novamente, assim como no cálculo do γ_z .

O cálculo das forças horizontais fictícias ou equivalentes é determinado da seguinte forma, de acordo com França (1985):

- 1- Obtêm-se os deslocamentos u_i de cada pavimento pela análise de primeira ordem;
- 2- Calculam-se os deslocamentos relativos Δu de cada pavimento fazendo $\Delta u = (u_i - u_{i+1})$;
- 3- Considerando a carga F_i atuante em cada pavimento i e a distância h entre andares consecutivos, calculam-se as forças H_i totais pela formulação (3-6);

$$H_i = \frac{F_i \cdot \Delta u_i}{h} \quad (3-6)$$

4- No caso de estruturas formadas por n pórticos calculam-se as forças ΔH_i para cada pórtico (3-7);

$$\Delta H_i = \frac{(H_i - H_{i+1})}{n} \quad (3-7)$$

5- As forças ΔH_i são adicionadas ao carregamento horizontal original da estrutura e faz-se nova análise de primeira ordem;

6- Para cada iteração, novas forças ΔH_i são encontradas e isto se sucede até que haja convergência de deslocamentos, dentro de um limite especificado. Caso os deslocamentos cresçam indefinidamente, fica caracterizada a instabilidade da estrutura.

O critério de parada definido foi o de incremento nos valores de deslocamento encontrados. O processo é finalizado quando o acréscimo determinado em uma iteração seja menor do que 0,05cm. Os resultados encontram-se nas Tabelas abaixo.

Tabela 3.9- Análise $P-\Delta$: Valores de ΔH_i para a primeira iteração

Análise inicial						
Comb1						
Andar	Nó	u_i [m]	Δu [m]	F_i [kN]	H_i tot [kN]	ΔH_i pórtico [kN]
3	64	0,002798	0,000478	4119,42	0,4923	0,2461
2	46	0,002320	0,001090	9230,12	2,5152	1,0115
1	28	0,001230	0,001230	14340,82	4,4098	0,9473
Térreo	6	0,000000	-	-	-	0,0000
h=	4,00	m				
Comb2						
Andar	Nó	u_i [m]	Δu [m]	F_i [kN]	H_i tot [kN]	ΔH_i pórtico [kN]
3	64	0,004665	0,000797	4119,42	0,8208	0,4104
2	46	0,003868	0,001819	9230,12	4,1974	1,6883
1	28	0,002049	0,002049	14340,82	7,3461	1,5743
Térreo	6	0,000000	-	-	-	0,0000

Tabela 3.10- Análise $P-\Delta$: Valores de ΔH_i para a segunda iteração

1ª iteração						
Comb1						
Andar	Nó	u_i [m]	Δu [m]	F_i [kN]	H_i tot [kN]	ΔH_i pórtico [kN]
3	64	0,002910	0,000493	4119,42	0,5077	0,2539
2	46	0,002417	0,001134	9230,12	2,6167	1,0545
1	28	0,001283	0,001283	14340,82	4,5998	0,9915
Térreo	6	0,000000	-	-		0,0000
h= 4,00 m						
Comb2						
Andar	Nó	u_i [m]	Δu [m]	F_i [kN]	H_i tot [kN]	ΔH_i pórtico [kN]
3	64	0,004851	0,000821	4119,42	0,8455	0,4228
2	46	0,004030	0,001892	9230,12	4,3658	1,7602
1	28	0,002138	0,002138	14340,82	7,6652	1,6497
Térreo	6	0,000000	-	-		0,0000

Tabela 3.11- Análise $P-\Delta$: Valores de ΔH_i para a terceira iteração

2ª iteração						
Comb1						
Andar	Nó	u_i [m]	Δu [m]	F_i [kN]	H_i tot [kN]	ΔH_i pórtico [kN]
3	64	0,002915	0,000494	4119,42	0,5087	0,2544
2	46	0,002421	0,001135	9230,12	2,6190	1,0551
1	28	0,001286	0,001286	14340,82	4,6106	0,9958
Térreo	6	0,000000	-	-		0,0000
h= 4,00 m						
Comb2						
Andar	Nó	u_i [m]	Δu [m]	F_i [kN]	H_i tot [kN]	ΔH_i pórtico [kN]
3	64	0,004820	0,000809	4119,42	0,8332	0,4166
2	46	0,004011	0,001880	9230,12	4,3382	1,7525
1	28	0,002131	0,002131	14340,82	7,6401	1,6510
Térreo	6	0,000000	-	-		0,0000

O processo foi finalizado na segunda iteração, pois os incrementos nos deslocamentos da primeira para a segunda iteração foram muito pequenos, menores que o valor estabelecido como critério de parada.

3.6 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

Para determinar a rigidez das peças é necessário realizar o dimensionamento da estrutura e chegar às armações finais de todos os elementos, considerando para isto a envoltória de carregamentos, pois dessa forma as armaduras encontradas atendem a todas as combinações possíveis de carregamentos externos. Nos casos de estruturas com geometria e carregamento simétricos (como o Edifício Exemplo) a envoltória gerada tem forma simétrica, pois o diagrama de esforços para o vento em um sentido e no sentido contrário também apresentam resultados simétricos.

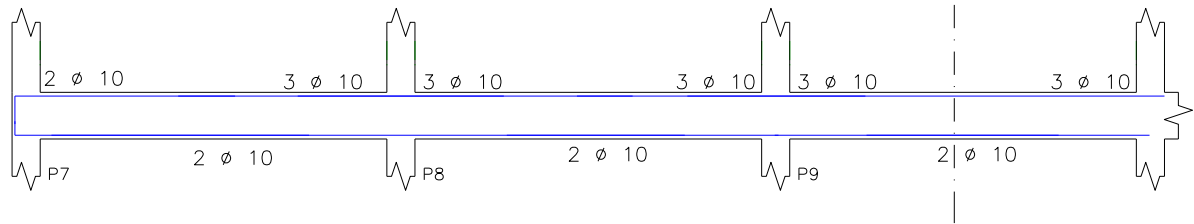
Nesta etapa foram utilizados os resultados do processamento não-linear geométrico pelo processo $P-\Delta$ já realizado e a NLF foi levada em conta através da redução de rigidez da NBR6118:2007 apresentada em 3.5.

O resultado do dimensionamento de vigas está apresentado na Figura 3.7 e na Figura 3.8. Na Tabela 3.12 e na Tabela 3.13 está apresentado o resultado da taxa de armadura média. Para definição de ρ_{medio} utilizou-se a equação (3-8) (CRESPO, 2002) que será utilizada mais adiante na determinação da rigidez equivalente de vigas da estrutura.

$$\rho_{medio} = 0,15\rho_A + 0,15\rho_B + 0,70\rho_C \quad (3-8)$$

Sendo ρ_A e ρ_B as taxas de armadura referentes aos extremos de cada vão das vigas e ρ_C a taxa de armadura referente ao meio do vão.

V01/06/07/12
20/50



V02/03/04/05/08/09/10/11
20/50

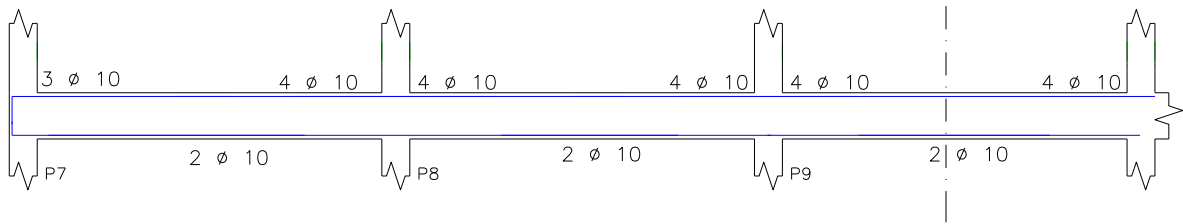
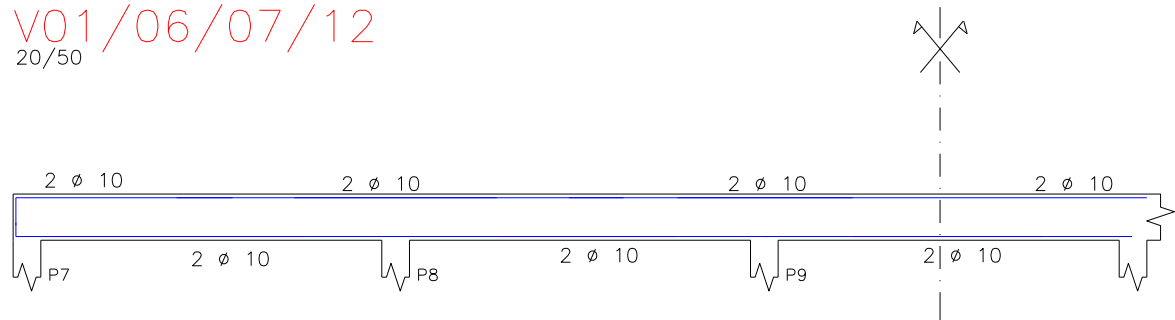


Figura 3.7- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas dos pavimentos tipo

V01/06/07/12
20/50



V02/03/04/05/08/09/10/11
20/50

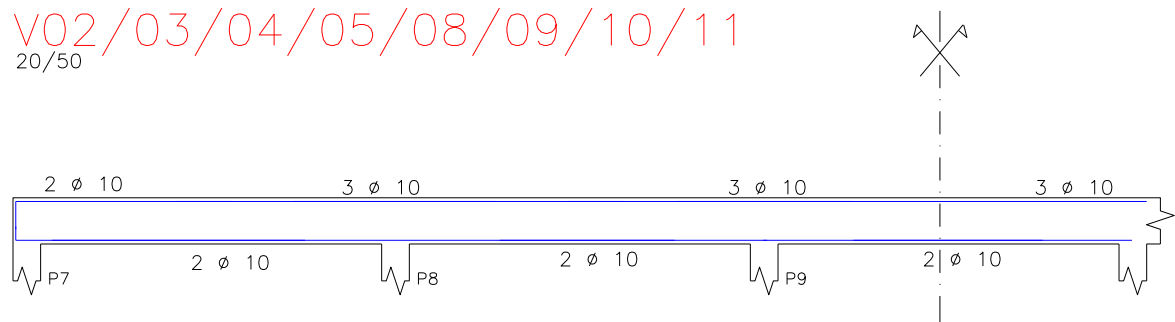


Figura 3.8- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas da cobertura

Tabela 3.12- Resultado dos processamentos para as vigas dos pavimentos tipo

V01/V06/ V07 / V12						
VÃO		1		2 / 3/ 4		5
ρ_A	ρ_B	0,16%	0,24%	0,24%	0,24%	0,16%
ρ_C		0,16%		0,16%		0,16%
ρ_{medio}		0,17%		0,18%		0,17%

V02/V03/ V04/ V05/ V08/ V09/ V10/ V11						
VÃO		1		2 / 3/ 4		5
ρ_A	ρ_B	0,24%	0,31%	0,31%	0,31%	0,24%
ρ_C		0,16%		0,16%		0,16%
ρ_{medio}		0,19%		0,20%		0,19%

Tabela 3.13- Resultado dos processamentos para as vigas da cobertura

V401/V406/ V407 / V412						
VÃO		1		2 / 3/ 4		5
ρ_A	ρ_B	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%
ρ_C		0,16%		0,16%		0,16%
ρ_{medio}		0,16%		0,16%		0,16%

V402/V403/ V404/ V405/ V408/ V409/ V410/ V411						
VÃO		1		2 / 3/ 4		5
ρ_A	ρ_B	0,16%	0,24%	0,24%	0,24%	0,16%
ρ_C		0,16%		0,16%		0,16%
ρ_{medio}		0,17%		0,18%		0,17%

O dimensionamento de pilares também foi realizado considerando a flexão composta oblíqua e os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 3.14- Dimensionamento dos pilares do Edifício Exemplo

P1/.../P6/P8/.../P11/P14/.../P17/P20/.../ P23/P26/.../P29/P31/.../P36	P7/ P12/ P13/ P18/ P19/ P24/ P25/ P30
Lance 1	4 ϕ 12,5
Lance 2	4 ϕ 12,5
Lance 3	4 ϕ 12,5

3.7 DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EQUIVALENTE

Para obter valores de rigidez equivalente serão aplicados nas vigas e pilares do Edifício Exemplo as equações sugeridas no trabalho de Crespo (2002) e Oliveira (2004), que se baseiam na norma brasileira.

Crespo (2002) apresenta uma relação entre a taxa de armadura média (ρ_{medio}) e valores de redução de rigidez para tramos de vigas. Em seus estudos a autora concluiu que é preferível trabalhar com valores variáveis de redução de rigidez de vigas do que um único valor para o espectro de vigas usuais. Ela indica como proposta final o valor de $\alpha_{eq} = 0,3$ para $\rho_c < 0,75\%$ e um valor que varia de $\alpha_{eq} = 0,3$ a $0,7$ para $0,75\% \leq \rho_c \leq 2,55\%$, sendo ρ_c a taxa de armadura de tração no meio do vão.

Utilizando os resultados de Crespo (2002) e considerando que a taxa média de armadura das vigas do Edifício Exemplo variou entre 0,16% e 0,20%, o valor indicado para a redução de rigidez α é $\alpha_{eq} = 0,3$.

A rigidez média de pilar foi calculada utilizando os ábacos de Oliveira (2004) através de κ . Para as características geométricas dos pilares do Edifício Exemplo utilizou-se o ábaco B10 e os resultados estão na Tabela 3.15.

Tabela 3.15- Cálculo da rigidez média utilizando os ábacos de Oliveira (2004)

PILAR	Lance	Seção	b	h	d'	d'/h	N. de barras	ϕ	ν	μ	ω	κ	EI_{cs} [kNm ²]	EI_{ci} [kNm ²]	EI_{cs}/EI_{ci}
P1/ P6/ P31/ P36	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,02	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,04	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,0	0,03	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P2/ P5/ P32/ P35	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,3	0,04	0,1	35	5062,50	18900,00	0,27
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,03	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,01	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P3/ P4/ P33/ P34	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,3	0,04	0,1	35	5062,50	18900,00	0,27
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,03	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,01	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P7/ P12/ P25/ P30	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,05	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,05	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,06	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P8/ P11/ P26/ P29	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,5	0,07	0,1	60	8678,57	18900,00	0,46
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,3	0,05	0,1	35	5062,50	18900,00	0,27
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,02	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
P9/ P10/ P27/ P28	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,5	0,07	0,1	60	8678,57	18900,00	0,46
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,3	0,04	0,1	35	5062,50	18900,00	0,27
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,02	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P13/ P18/ P19/ P24	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,05	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,2	0,05	0,1	25	3616,07	18900,00	0,19
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,06	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P14/ P17/ P20/ P23	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,5	0,07	0,1	60	8678,57	18900,00	0,46
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,3	0,04	0,1	35	5062,50	18900,00	0,27
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,02	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15
P15/ P16/ P21/ P22	1	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,5	0,07	0,1	60	8678,57	18900,00	0,46
	2	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,3	0,04	0,1	35	5062,50	18900,00	0,27
	3	B10	30	30	3,00	0,10	4	1,25	0,1	0,02	0,1	20	2892,86	18900,00	0,15

De acordo com os trabalhos de Khuntia e Ghosh (2004a) e (2004b) nos quais o ACI 318:11 está baseado, a determinação da rigidez equivalente depende dos fatores taxa de armadura e relação b/d para vigas e da taxa de armadura, relação e/h e taxa de carregamento axial P_u/P_0 para os pilares. Para efeito de comparação os resultados das equações (2-9) e (2-10) foram calculados para o Edifício Exemplo e estão apresentados nas tabelas a seguir. Porém foi feita uma adaptação na determinação da carga última de pilares pois utilizou-se as bases da norma brasileira para seu cálculo.

Tabela 3.16- Determinação da rigidez equivalente de vigas de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)

VIGA	PAVIMENTO	$\rho_{crítico}$		b/d	$EI_e/E_c I_g$
		+	-		
01/06/07/12	TIPO	0,16%	0,24%	0,43	0,17
02/03/04/05/ 08/09/10/11	TIPO	0,16%	0,31%	0,43	0,18
01/06/07/12	COB	0,16%	0,16%	0,43	0,16
02/03/04/05/ 08/09/10/11	COB	0,16%	0,24%	0,43	0,17

Tabela 3.17- Determinação da rigidez equivalente de pilares de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)

PILAR	LANCE	ρ_g	e/h	P_u [kN]	P_0 [kN]	P_u/P_0	$EI_e/E_c I_g$
P1/ P6/ P31/ P36	1	0,55%	0,20	250	1570	0,16	0,58
	2	0,55%	0,32	154	1570	0,10	0,50
	3	0,55%	0,69	58	1570	0,04	0,23
P2/ P5/ P32/ P35	1	0,55%	0,13	468	1570	0,30	0,58
	2	0,55%	0,12	297	1570	0,19	0,63
	3	0,55%	0,12	128	1570	0,08	0,67
P3/ P4/ P33/ P34	1	0,55%	0,12	459	1570	0,29	0,59
	2	0,55%	0,12	293	1570	0,19	0,63
	3	0,55%	0,12	127	1570	0,08	0,67
P7/ P12/ P25/ P30	1	0,55%	0,13	400	1570	0,25	0,60
	2	0,55%	0,23	251	1570	0,16	0,56
	3	0,89%	0,76	97	1694	0,06	0,17
P8/ P11/ P26/ P29	1	0,55%	0,11	812	1570	0,52	0,50
	2	0,55%	0,11	527	1570	0,34	0,58
	3	0,55%	0,12	245	1570	0,16	0,65
P9/ P10/ P27/ P28	1	0,55%	0,12	798	1570	0,51	0,50
	2	0,55%	0,12	520	1570	0,33	0,58
	3	0,55%	0,12	241	1570	0,15	0,65
P13/ P18/ P19/ P24	1	0,55%	0,13	398	1570	0,25	0,60
	2	0,55%	0,21	250	1570	0,16	0,57
	3	0,89%	0,78	98	1694	0,06	0,15
P14/ P17/ P20/ P23	1	0,55%	0,12	772	1570	0,49	0,51
	2	0,55%	0,11	501	1570	0,32	0,58
	3	0,55%	0,11	234	1570	0,15	0,65
P15/ P16/ P21/ P22	1	0,55%	0,11	762	1570	0,49	0,52
	2	0,55%	0,11	496	1570	0,32	0,58
	3	0,55%	0,12	230	1570	0,15	0,65

Khuntia e Ghosh (2004a) recomendam na conclusão de seu trabalho que as análises de primeira e segunda ordem de pórticos devem ser inicialmente feitas considerando $0,35EI$ para vigas e $0,70EI$ para pilares, o que corresponde a vigas com 1% de taxa de armadura e pilares com $\rho_g = 1,5\%$, $e/h = 0,20$ e $P_u/P_0 = 0,40$. No entanto após aplicar as equações (2-9) e (2-10) são calculados novos valores para EI_e e deve-se verificar se os resultados encontrados apresentam diferenças maiores do que 15% em relação àqueles assumidos inicialmente. Caso isso ocorra é necessário realizar nova análise considerando como rigidez inicial os últimos resultados encontrados.

Já segundo o ACI 318-11 o momento de inércia a ser utilizado em análise elástica de segunda ordem tem intervalo de valores definido a ser utilizado:

$$\text{Vigas: } 0,25I_g \leq I \leq 0,5I_g$$

$$\text{Pilares: } 0,35I_g \leq I \leq 0,875I_g$$

Estes valores estão multiplicados por $\phi_k = 0,875$. Os intervalos sem este fator de redução são:

$$\text{Vigas: } 0,29I_g \leq I \leq 0,6I_g$$

$$\text{Pilares: } 0,4I_g \leq I \leq 1,0I_g$$

Considerando as recomendações do ACI 318:11, como o EI_e de vigas variou entre 0,16 e $0,18 E_c I_g$ o valor final equivalente a ser adotado deve ser $0,29 E_c I_g$. Em relação aos pilares os resultados apontam valores que variam entre 0,6 e $0,7 E_c I_g$, com algumas exceções para elementos com grande excentricidade e baixa carga axial que conduziram a resultados entre 0,15 e $0,23 E_c I_g$. Será adotado o valor de $0,60 E_c I_g$, baseado na média dos resultados encontrados.

Analisando as vigas do Edifício Exemplo pode-se perceber que sua baixa taxa de armadura leva a baixos valores de rigidez equivalente, fato comprovado pela base das formulações usadas. Tanto o trabalho de Crespo (2002) como o ACI 318:11 impõem como limite inferior para rigidez equivalente de vigas valores vinculados a taxas de armadura de 0,75%

e recomendam praticamente os mesmo valores (0,3 e 0,29 respectivamente). No caso dos pilares as taxas de armadura muito baixas contribuíram para valores reduzidos de rigidez equivalente, associada à excentricidade presente nesses elementos. O resumo dos resultados está na Tabela 3.18.

Tabela 3.18- Resumo dos valores de rigidez equivalente determinados para o Edifício Exemplo

	$EI_e/E_c I_g$	
	Vigas	Pilares
Inicial	0,4	0,8
Crespo(2002) / Oliveira (2004)	0,3	-
ACI 318:11	0,29	0,6

3.8 NOVA ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

Para comparar com os resultados encontrados neste capítulo foi realizado novo dimensionamento do Edifício Exemplo utilizando a modelagem de pórtico espacial e determinação da rigidez equivalente por análise não-linear mais refinada. O carregamento das lajes foi considerado através do modelo de grelha e os critérios gerais apresentados em 3.2 continuam os mesmos assim como o carregamento adotado com as combinações apresentadas em 3.4.3.

Para este novo dimensionamento foi utilizado o programa de cálculo estrutural CAD/TQS versão 16.7.3 que possibilita a nova modelagem e análise não-linear pretendida. O Edifício Exemplo modelado como pórtico espacial está representado na Figura 3.9.

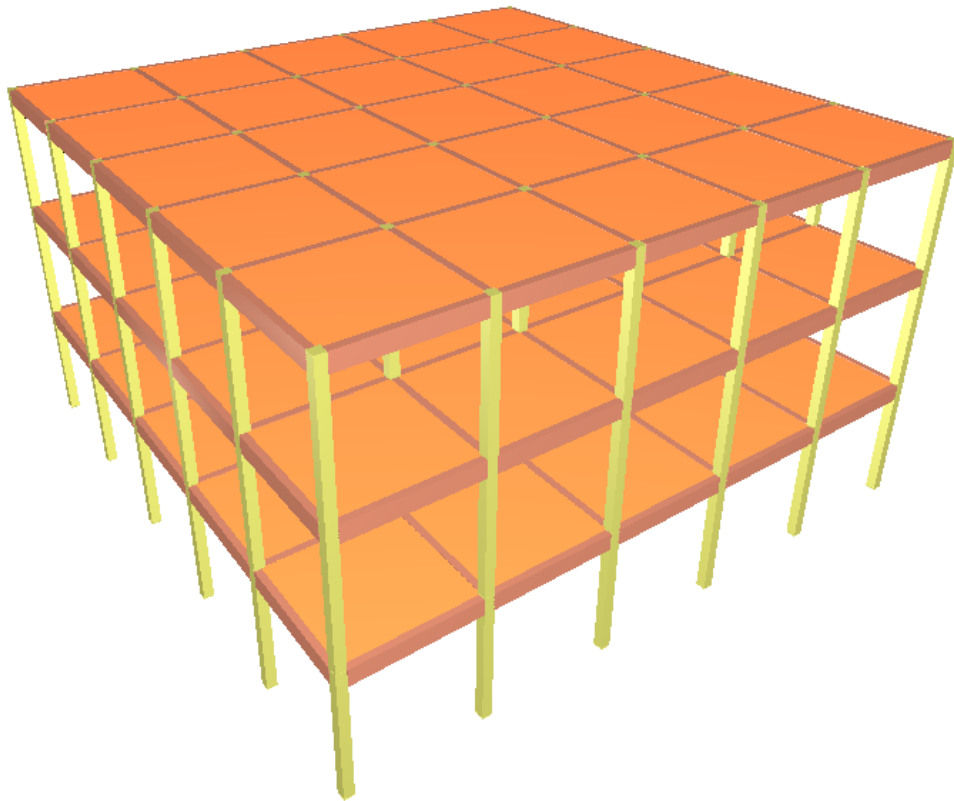


Figura 3.9- Modelo de pórtico espacial do Edifício Exemplo

Na verificação da estabilidade global foi encontrado o valor de $\gamma_z = 1,07$, próximo ao 1,06 e 1,05 encontrados na primeira análise, sendo o vento a ação considerada nos cálculos por gerar maior momento na base da edificação do que o momento gerado pela imperfeição geométrica global.

Novo dimensionamento dos elementos estruturais foi realizado e os resultados estão apresentados nas figuras abaixo.

V01/06/07/12
20/50

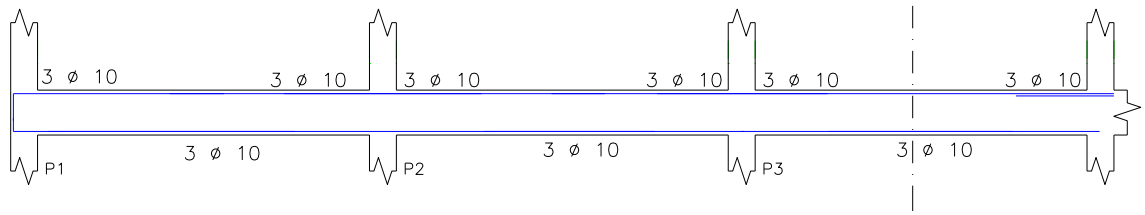


Figura 3.10-Esquema do dimensionamento à flexão das vigas finais 01/06/07/12, todos os pavimentos

V02/03/04/05/08/09/10/11
20/50

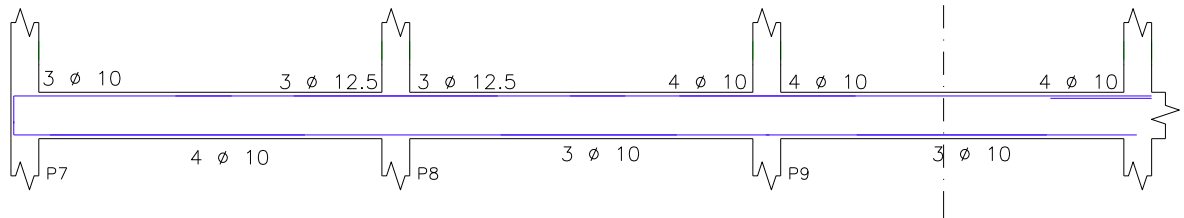


Figura 3.11- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas finais 02/03/04/05/08/09/10/11, pavimentos tipo

V02/03/04/05/08/09/10/11
20/50

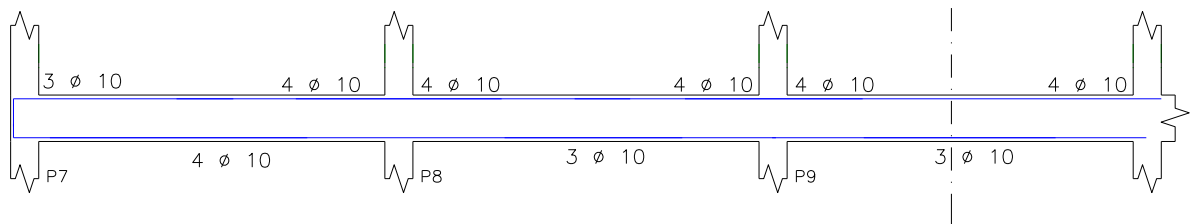


Figura 3.12- Esquema do dimensionamento à flexão das vigas finais 02/03/04/05/08/09/10/11, pavimento cobertura

Pilares Lances 1 a 3

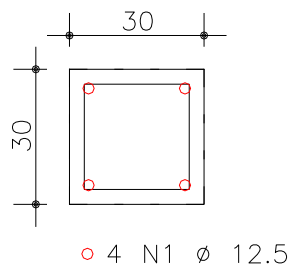


Figura 3.13- Detalhe típico da seção transversal com armadura de flexão dos pilares, lances 1 a 3

O processo de determinação da rigidez equivalente de forma mais refinada parte da estrutura já dimensionada, ou seja, com geometria e armadura dos elementos estruturais definidas. Nesta nova análise as barras que representam vigas e pilares no pórtico espacial são discretizadas em um número maior de elementos (considerado aqui 0,5m o comprimento máximo para cada segmento) e com isso o pórtico espacial do Edifício Exemplo passou de um modelo com 504 nós e 648 barras para 2520 nós e 2664 barras. Para cada barra, é determinado o diagrama momento-curvatura de onde se obtém o valor da rigidez EI correspondente. Como foram consideradas duas combinações de carregamento e o vento deve ser aplicado nas duas direções e dois sentidos, é calculada a rigidez EI para cada combinação, cada direção e cada sentido de vento, resultando em 8 valores de rigidez calculados para cada barra. Pela simetria geométrica e de carregamentos, este cálculo pode ser reduzido para determinação de dois valores apenas: Combinação 01 + vento, Combinação 2+ vento.

Determinados os valores correspondentes de EI para cada barra, é feita a análise $P-\Delta$ da estrutura melhor discretizada utilizando os novos valores de rigidez obtidos dos diagramas momento-curvatura ou momento-normal-curvatura. Os resultados finais são novos esforços solicitantes internos e novos deslocamentos para a estrutura. Esta análise indicou que todas as barras passaram, ou seja, o dimensionamento inicial utilizando $0,4E_{ci}I_c$ para vigas e $0,8E_{ci}I_c$ para pilares levou a uma solução que atende à análise estrutural mais refinada.

Baseado neste processo é possível obter valores representativos da rigidez de vigas e de pilares. O resultado encontrado para vigas foi de $0,11EI$ e para pilares $0,80EI$, calculado através de valores médios daqueles provenientes da análise de cada elemento.

Para efeito comparativo serão determinados novamente os valores de rigidez equivalente com base nos trabalhos de Khuntia e Ghosh (2004a) e Crespo (2002), relativos ao novo dimensionamento realizado.

Utilizando as recomendações de Crespo (2002) a rigidez equivalente pode ser calculada em função das taxas de armadura dos apoios e do meio do vão, determinando ρ_{medio} de acordo com a equação (3-8). Os valores encontram-se nas tabelas a seguir.

Tabela 3.19- Determinação da taxa de armadura média para vigas finais 01/ 06/ 07/ 12

V01/V06/ V07 / V12			
VÃO	1	2 / 3/ 4	5
ρ_{medio}	0,24%	0,24%	0,24%

Tabela 3.20 - Determinação da taxa de armadura média para vigas dos pavimentos tipo finais 02/ 03/ 04/ 05/ 08/ 09/ 10/ 11

V02 /V03 /V04 /V05 /V08 /V09 /V10 /V11				
VÃO	1	2/4	3	5
ρ_{medio}	0,31%	0,27%	0,26%	0,31%

Tabela 3.21- Determinação da taxa de armadura média para vigas da cobertura finais 02/ 03/ 04/ 05/ 08/ 09/ 10/ 11

V02/V03/ V04 / V05/ V08/ V09/ V10/ V11			
VÃO	1	2 / 3/ 4	5
ρ_{medio}	0,30%	0,26%	0,30%

Como os valores de ρ_{medio} variaram entre 0,24% e 0,31% a rigidez equivalente de vigas de acordo com o trabalho de Crespo (2002) é $0,3EI$.

Utilizando as equações (2-9) e (2-10) de Khuntia e Ghosh (2004a), são apresentadas as tabelas abaixo.

Tabela 3.22 - Determinação da rigidez equivalente de vigas de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)

VIGA	PAVIMENTO	$\rho_{crítico}$		b/d	EI_e/E_cI_g
		+	-		
01/06/07/12	TIPO/ COB	0,24%	0,24%	0,43	0,18
02/03/04/05/ 08/09/10/11	TIPO	0,31%	0,37%	0,43	0,21
02/03/04/05/ 08/09/10/11	COB	0,31%	0,31%	0,43	0,20

Tabela 3.23- Determinação da rigidez equivalente de pilares de acordo com Khuntia e Ghosh (2004a)

PILAR	LANCE	ρ_g	e/h	P_u [kN]	P_0 [kN]	P_u/P_0	EI_e/E_cI_g
P1/ P6/ P31/ P36	1	0,55%	0,12	240	1570	0,15	0,65
	2	0,55%	0,18	150	1570	0,10	0,62
	3	0,55%	0,37	57	1570	0,04	0,49
P2/ P5/ P32/ P35	1	0,55%	0,36	119	1570	0,08	0,48
	2	0,55%	0,17	290	1570	0,18	0,59
	3	0,55%	0,11	453	1570	0,29	0,60
P3/ P4/ P33/ P34	1	0,55%	0,11	414	1570	0,26	0,61
	2	0,55%	0,13	261	1570	0,17	0,63
	3	0,55%	0,37	108	1570	0,07	0,48
P7/ P12/ P25/ P30	1	0,55%	0,11	439	1570	0,28	0,60
	2	0,55%	0,17	279	1570	0,18	0,60
	3	0,55%	0,29	114	1570	0,07	0,54
P8/ P11/ P26/ P29	1	0,55%	0,11	822	1570	0,52	0,50
	2	0,55%	0,08	538	1570	0,34	0,60
	3	0,55%	0,12	253	1570	0,16	0,64
P9/ P10/ P27/ P28	1	0,55%	0,12	745	1570	0,47	0,52
	2	0,55%	0,08	487	1570	0,31	0,61
	3	0,55%	0,12	228	1570	0,15	0,64
P13/ P18/ P19/ P24	1	0,55%	0,11	406	1570	0,26	0,61
	2	0,55%	0,13	256	1570	0,16	0,63
	3	0,55%	0,79	106	1570	0,07	0,14
P14/ P17/ P20/ P23	1	0,55%	0,12	751	1570	0,48	0,52
	2	0,55%	0,08	491	1570	0,31	0,61
	3	0,55%	0,12	230	1570	0,15	0,65
P15/ P16/ P21/ P22	1	0,55%	0,12	682	1570	0,43	0,53
	2	0,55%	0,08	446	1570	0,28	0,62
	3	0,55%	0,11	208	1570	0,13	0,66

Da mesma forma que na análise anterior os resultados apontam para $0,29E_cI_g$ no caso de vigas, devido ao limite inferior do intervalo apresentado no ACI 318:11 e $0,60E_cI_g$ nos pilares, baseado na média dos resultados encontrados. Ainda foram determinados valores baixos para rigidez equivalente de pilares em situações similares às anteriores, elementos com grande excentricidade e baixa carga axial, com valores como 0,14 e $0,48E_cI_g$.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que as características geométricas das vigas deste edifício levam a baixos valores de rigidez equivalente como os cálculos apresentados pelo TQS e com as formulações de Khuntia e Ghosh (2004a) indicam. No entanto estes valores são limitados no ACI 318:11 chegando no mínimo ao valor correspondente a vigas com taxas de armadura de 0,75%, consideração feita também por Crespo (2002). As características geométricas e de carregamento dos pilares indicaram que elementos submetidos à flexo-compressão com baixas taxas de armadura podem apresentar redução na rigidez equivalente. Os valores encontrados representam valores médios. O resumo dos resultados está apresentado na Tabela 3.24.

Tabela 3.24- Resumo dos valores de rigidez equivalente determinados para o novo dimensionamento do Edifício Exemplo

	$EI_e / E_c I_g$	
	Vigas	Pilares
Inicial	0,4	0,8
Crespo	0,3	-
ACI 318:11	0,29	0,6
Análise NLF	0,11	0,8

4 - ESTUDO DE VALORES APROXIMADOS DE REDUÇÃO DA RIGIDEZ DE VIGAS E PILARES DE EDIFÍCIOS PARA CONSIDERAÇÃO DA NÃO-LINEARIDADE FÍSICA NA ANÁLISE GLOBAL

Com o objetivo de investigar valores de rigidez equivalente que possam ser atribuídos a vigas e pilares na análise global de edifícios de concreto armado alguns casos foram estudados e são apresentados neste capítulo. A rigidez equivalente utilizada é definida pela expressão a seguir.

$$EI_{eq} = \alpha \cdot E_c I_c \quad (4-1)$$

Onde α é o fator de redução da rigidez, E_c é o módulo de elasticidade do concreto e I é o momento de inércia da seção bruta de concreto. Na série de exemplos o valor de α é modificado procurando aquele que melhor represente cada estrutura analisada.

Para pesquisar um valor único que represente a rigidez de vigas e um que seja equivalente à de pilares, foi desenvolvido um procedimento com análises lineares e não lineares como mostra a Figura 4.1.

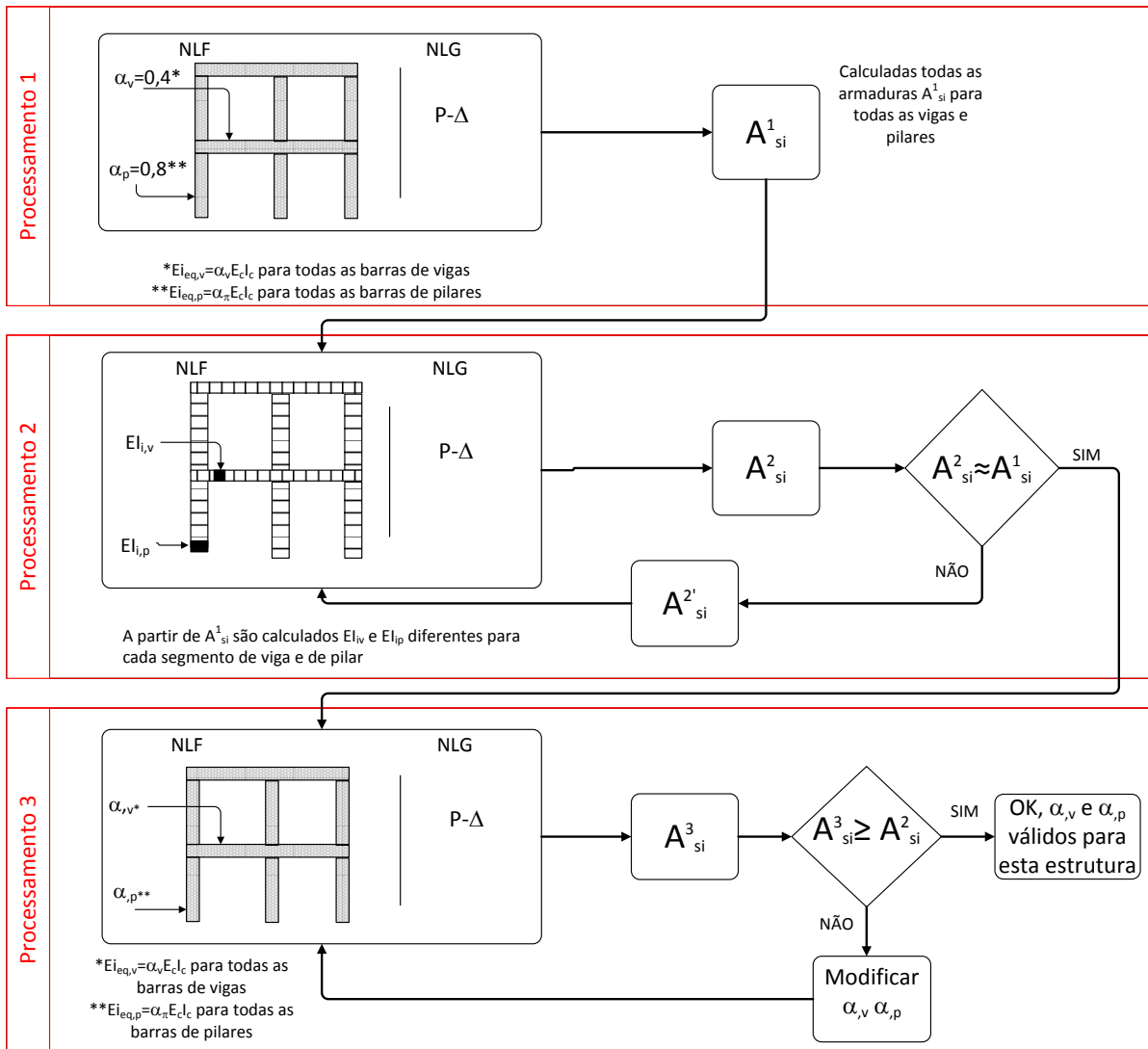


Figura 4.1- Esquema dos processamentos desenvolvidos no trabalho- 1, 2 e 3

Neste esquema a consideração da NLF aproximada indicada na NBR 6118:2007 é o ponto de partida para o Processamento 1 (Figura 4.1), análise linear feita com o objetivo de dimensionar a estrutura, chegando ao detalhamento das armaduras (A_s^1). Em cima desta estrutura com dimensões e armação definidas, faz-se uma análise não linear física e geométrica mais refinada, denominada Processamento 2, situação na qual o processo $P-\Delta$ é feito nos elementos melhor discretizados e a determinação de valores de EI para cada barra utiliza diagramas momento-curvatura. Neste novo processamento a armadura necessária (A_s^2) deve ser maior ou igual a (A_s^1). Ao final desta etapa EI equivalentes para vigas e pilares são obtidos através de valores médios e entram como dados iniciais para o Processamento 3, que é análogo ao Processamento 1. Quando os valores de inércia equivalentes utilizados no Processamento 3 conduzirem à mesma armação do

Processamento 2, pode-se dizer que estes representam corretamente e de forma simplificada a análise mais refinada.

Para realizar análises que considerem de forma mais realista o comportamento não-linear todos os edifícios foram modelados através de pórtico espacial associado a grelha de lajes, com carregamento horizontal e vertical aplicados simultaneamente. Para o dimensionamento nos Processamentos 1 e 3 as vigas que apoiam lajes foram consideradas com seção T, de acordo com as dimensões indicadas na NBR 6118:2007 e para os pilares o dimensionamento quanto à segunda ordem local foi determinado de acordo com o índice de esbeltez (λ) de cada elemento, seguindo os procedimentos indicados na NBR 6118:2007 para esta finalidade.

Nas etapas de detalhamento procurou-se obter distribuições do aço nas estruturas que possam reproduzir as situações encontradas nos escritórios de projeto estrutural, determinando configurações de armadura o mais próximas possível do aço necessário calculado.

Não foi considerada a contribuição das lajes nas análises, portanto o valor de redução de rigidez para lajes $(EI)_{sec} = 0,3E_{ci}I_c$ não foi avaliado.

Para desenvolver os exemplos de acordo com as considerações estabelecidas, utilizou-se o programa de cálculo estrutural CAD/TQS, versão 16.9.79, aplicando o modelo de cálculo 4 do software, que utiliza pórtico espacial associado a grelha para lajes planas.

4.1 CASOS ESTUDADOS

Foi desenvolvida uma configuração básica de planta baixa (

Figura 4.2) que terá diversas características modificadas gerando uma série de exemplos. A tipologia T2 (Figura 4.3) também foi processada com alguns dos casos abaixo.

Os exemplos estudados variaram as seguintes características:

- Número de pavimentos: 3, 4, 5 e 8;
- Seção das vigas [cm]: V1- 20x40 e V2- 20x55;
- Seção dos pilares [cm]: P1- 20x40 e P2- 25x60;

- Altura piso-a-piso [m]: 3,0 4,0 e 5,0;
- Vão das vigas finais 01 e 02 [m]: 4,0 e 6,0;
- Direção dos pilares centrais: 0° e 90°;
- Carregamento horizontal de vento [m/s]: $V_0^1=35$ e $V_0^2=45$;
- Carregamento vertical permanente/ acidental [kN/m²]: Q1- 2,0/3,0 e Q2- 5,0/5,0;
- Resistência característica do concreto f_{ck} [MPa]: 25 e 50.

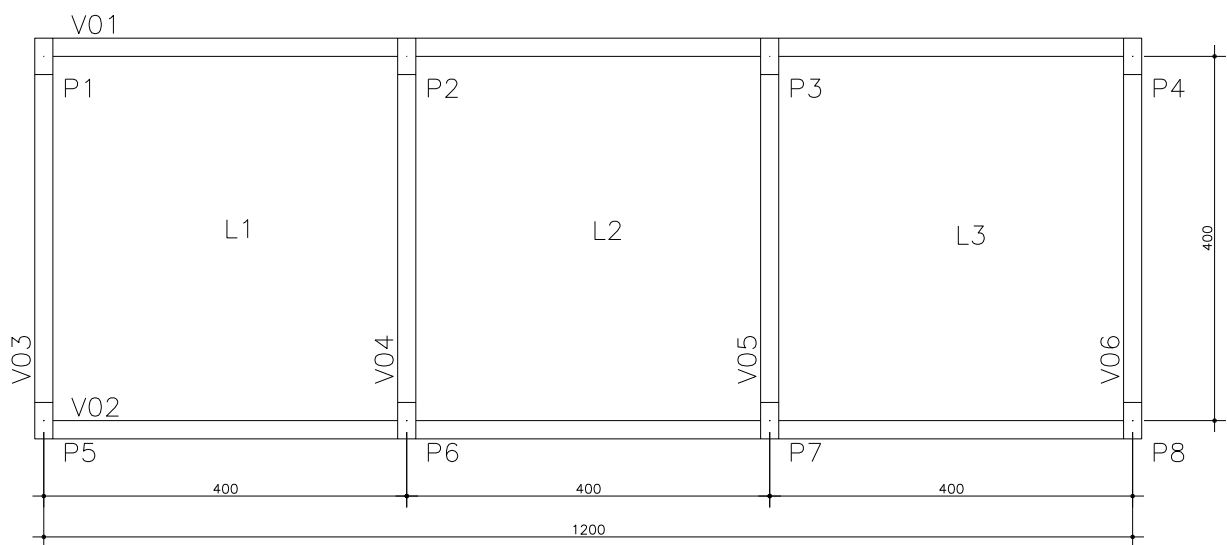


Figura 4.2- Configuração básica de planta baixa T1 utilizada na série de exemplos, medidas em cm

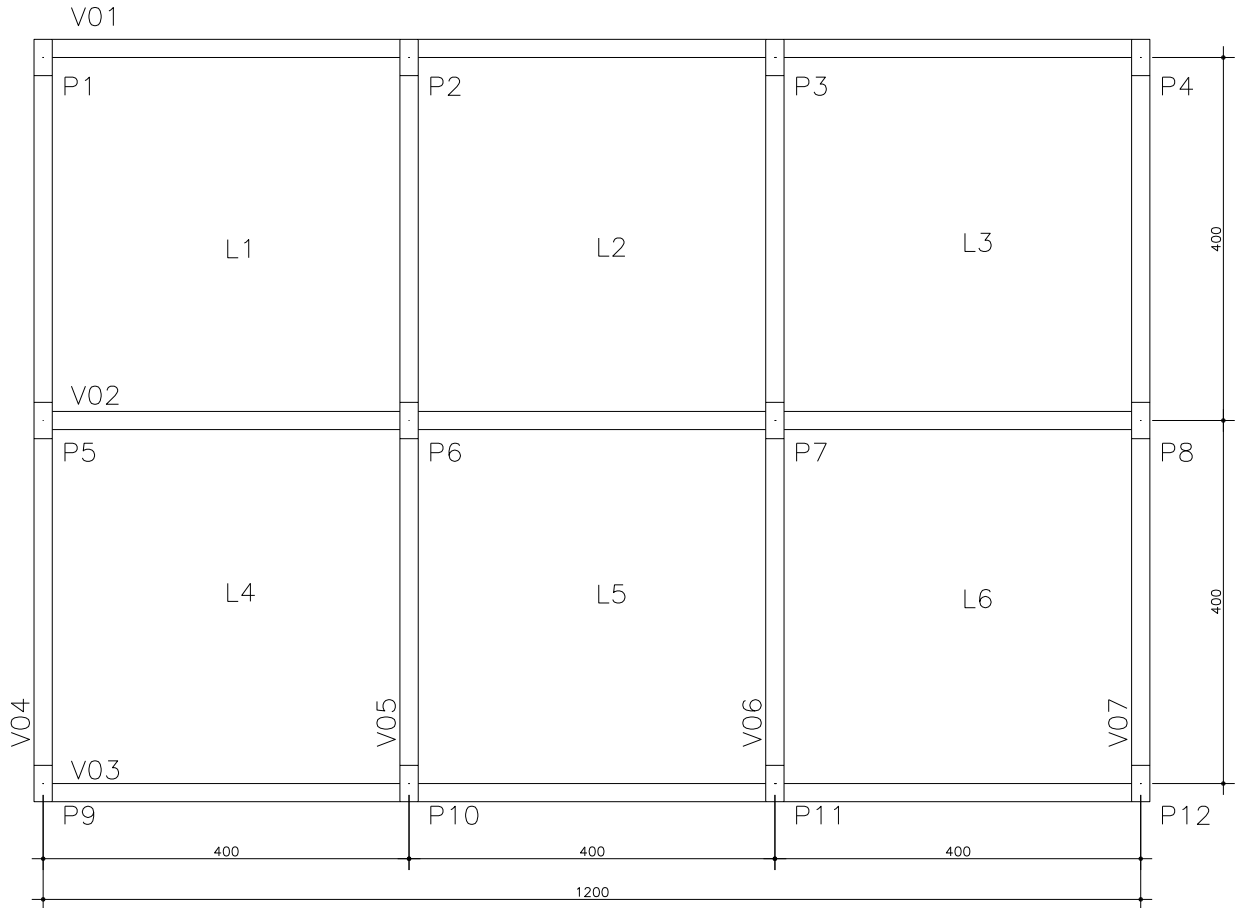


Figura 4.3- Configuração básica de planta baixa T2 utilizada na série de exemplos, medidas em cm

A nomenclatura dos exemplos estudados indica a tipologia em planta utilizada, o número de pavimentos, a dimensão dos pilares e a dimensão das vigas. Na Figura 4.4 está apresentado o exemplo de tipologia 1, 4 pavimentos, pilar do tipo 1 e viga do tipo 1.

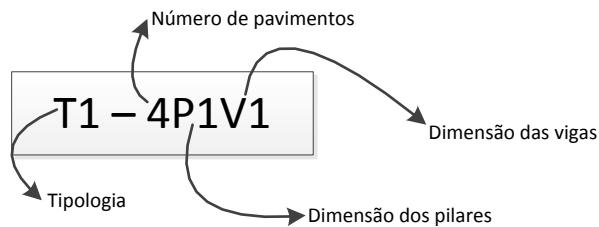


Figura 4.4- Nomenclatura dos exemplos estudados

As demais variáveis serão indicadas por letra minúscula após a indicação da viga como apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1- Outras variáveis e sua nomenclatura para os exemplos estudados

Nomenclatura	Variável	Valor
a	Velocidade do vento	45 m/s
b	carregamento vertical	5,0/5,0 kN/m ²
c	fck	50 MPa
d	Piso a piso	5,0m
e	Piso a piso	3,0m
f	Vão dos vigas 01 e 02	6,0m
g	Direção pilares centrais	0°

Para estudar edifícios de pequeno porte variou-se o número de pavimentos em torno da limitação indicada pela NBR 6118 de quatro pavimentos. Dessa forma os casos estudados possuem 3, 4, 5 e 8 pavimentos, sendo que este último visa identificar se ocorre comportamento diferente em edifícios mais altos.

O caso inicial para cada série de exemplos tem como características: velocidade do vento $V_0=35\text{m/s}$, carga distribuída permanente/ acidental nas lajes de 2,0/3,0 kN/m², fck= 25MPa, altura de piso a piso de 4,0m vão das vigas 01 e 02 de 4,0m e direção dos pilares centrais, 90°. Este foi o ponto de partida para as análises, a partir dele foram selecionados os 14 exemplos que participaram dos processamentos, ou seja, partiu-se do princípio que todos foram dimensionados no Processamento 1. Os parâmetros iniciais serão variados gerando novos exemplos conforme a Tabela 4.1, de *a* a *g*. Em cada caso apenas uma variável é modificada e as demais permanecem com os mesmos valores adotados para o caso inicial.

A tipologia T1 foi a base do trabalho, porém para aumentar o universo estudado se fez o processamento também para a tipologia T2, considerando as mesmas características para o caso inicial. Os exemplos com pilar do tipo P1 em sua maioria não obtiveram dimensionamento para T2, logo foram utilizados apenas aqueles com P2.

A Tabela 4.2 apresenta o resumo dos casos estudados com as condições iniciais para T1 e a Tabela 4.3 para T2.

Tabela 4.2- Resumo dos exemplos T1 estudados- casos iniciais

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)	
			Pilares	Vigas
T1- 3P1V1	3	12,0	20x40	20x40
T1- 4P1V1	4	16,0	20x40	20x40
T1 - 5P1V1	5	20,0	20x40	20x40
T1- 3P2V1	3	12,0	25x60	20x40
T1- 4P2V1	4	16,0	25x60	20x40
T1- 5P2V1	5	20,0	25x60	20x40
T1- 8P2V1	8	32,0	25x60	20x40
T1- 3P1V2	3	12,0	20x40	20x55
T1- 4P1V2	4	16,0	20x40	20x55
T1- 5P1V2	5	20,0	20x40	20x55
T1 - 3P2V2	3	12,0	25x60	20x55
T1 - 4P2V2	4	16,0	25x60	20x55
T1 - 5P2V2	5	20,0	25x60	20x55
T1 - 8P2V2	8	32,0	25x60	20x55

Tabela 4.3- Resumo dos exemplos T2 estudados- casos iniciais

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)	
			Pilares	Vigas
T2- 3P2V1	3	12,0	25x60	20x40
T2- 4P2V1	4	16,0	25x60	20x40
T2- 5P2V1	5	20,0	25x60	20x40
T2- 8P2V1	8	32,0	25x60	20x40
T2- 3P2V2	3	12,0	25x60	20x55
T2- 4P2V2	4	16,0	25x60	20x55
T2- 5P2V2	5	20,0	25x60	20x55
T2- 8P2V2	8	32,0	25x60	20x25

No Apêndice A encontram-se detalhados os exemplos estudados neste capítulo.

4.2 PROCESSAMENTO 1- ANÁLISE INICIAL E DIMENSIONAMENTO

A etapa inicial é denominada Processamento 1, que consiste em análise dos pavimentos modelados como grelha e do edifício como pórtico espacial, calculados de acordo com a NBR 6118:2007. Cada estrutura foi lançada de acordo com os dados da Tabela 4.2 para T1 e da Tabela 4.3 para T2. Foram consideradas combinações dos carregamentos horizontais (Tabela 4.4) e verticais (Tabela 4.5) atuantes nas estruturas.

Tabela 4.4- Carga vertical aplicada aos exemplos

Elemento	Carga Permanente	Carga Acidental
Laje (TIPO)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	Uso Comercial 3,0kN/m ²
	Revestimento: 2,0kN/m ²	
Laje (COB)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	Cobertura 1,0kN/m ²
	Revestimento: 1,5kN/m ²	
Viga (TIPO)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	
	Alvenarias $\gamma_{alv} = 18kN/m^3$	
Viga (COB)	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	
Pilar	Peso Próprio $\gamma_c = 25kN/m^3$	

Tabela 4.5- Parâmetros utilizados na determinação do carregamento horizontal de vento

Parâmetro	Descrição	Valor utilizado	
V_0	Velocidade básica do vento	35 m/s	Cidade de Brasília
S_1	Fator topográfico	1,00	Terreno plano
S_2	Rugosidade do terreno	Categoria III	Terreno plano com obstáculos
	Dimensões da edificação	Classe A	Edificação com a maior dimensão até 20m
	$S_2 = 0,94 \cdot 1,0 \cdot (z/10)^{0,1}$	Por trecho	Calculado para cada altura (z) do pavimento
S_3	Fator estatístico	1,00	Edifício comercial com alto fator de ocupação

Foram considerados nas combinações os seguintes casos simples de carregamento:

- Cargas permanentes;
- Cargas acidentais;
- Vento a 0°;
- Vento a 90°;
- Vento a 180°;
- Vento a 270°.

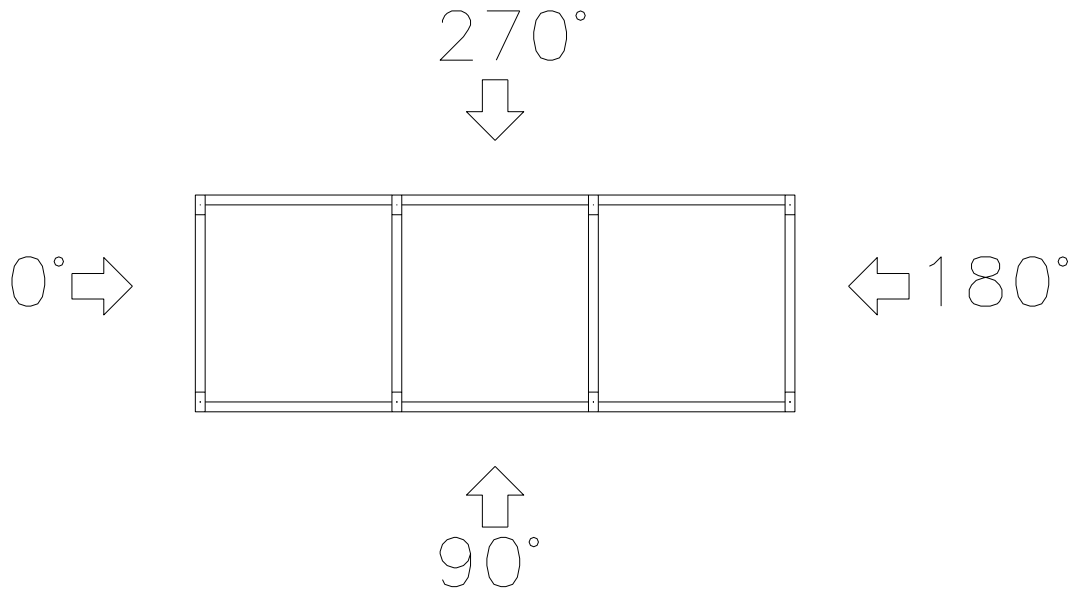


Figura 4.5- Direções do vento atuando na tipologia T1

A partir destes casos as seguintes combinações foram geradas para o ELU:

$$\text{COMB1} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,6 \cdot F_{q2k} \right)$$

$$\text{COMB2} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,6 \cdot F_{q3k} \right)$$

$$\text{COMB3} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,6 \cdot F_{q4k} \right)$$

$$\text{COMB4} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,6 \cdot F_{q5k} \right)$$

$$\text{COMB5} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,8 \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q2k} \right)$$

$$\text{COMB6} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,8 \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q3k} \right)$$

$$\text{COMB7} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,8 \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q4k} \right)$$

$$\text{COMB8} \quad S_{d,tot} = 1,1 \cdot S \left(\frac{1,4}{1,1} \cdot F_{gk} + \frac{1,4}{1,1} \cdot 0,8 \cdot F_{q1k} + \frac{1,4}{1,1} \cdot F_{q5k} \right)$$

Onde F_{gk} são as ações permanentes, F_{q1k} caracteriza as ações de sobrecarga e F_{q2k} , F_{q3k} , F_{q4k} e F_{q5k} representam respectivamente a ação do vento a 90° , 270° , 0° e 180° .

A avaliação da estabilidade global da estrutura foi realizada inicialmente através do coeficiente γ_z . Ele foi determinado a partir dos resultados da análise linear de primeira ordem da estrutura para cada caso de carregamento, considerando os valores reduzidos de rigidez indicados abaixo:

$$\text{Vigas: } (EI)_{\text{sec}} = 0,4E_{ci}I_c ;$$

$$\text{Pilares: } (EI)_{\text{sec}} = 0,8E_{ci}I_c .$$

Os resultados desta análise simplificada estão apresentados da Tabela 4.6 à Tabela 4.13 e não foram utilizados para a determinação dos acréscimos de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem, sendo portanto apenas um indicativo de estruturas de nós fixos ou móveis. Os exemplos que não aparecerem na tabela significa que não foi possível determinar o dimensionamento dos pilares para aquele caso com as características indicadas.

Tabela 4.6- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso inicial

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1	3	12,00	20x40	20x40	1,041	1,148
T1- 4P1V1	4	16,00	20x40	20x40	1,061	1,223
T1- 5P1V1	5	20,00	20x40	20x40	1,083	1,312
T1- 3P2V1	3	12,00	25x60	20x40	1,016	1,066
T1- 4P2V1	4	16,00	25x60	20x40	1,025	1,099
T1- 5P2V1	5	20,00	25x60	20x40	1,036	1,137
T1- 8P2V1	8	32,00	25x60	20x40	1,074	1,271
T1- 3P1V2	3	12,00	20x40	20x55	1,034	1,142
T1- 4P1V2	4	16,00	20x40	20x55	1,049	1,211
T1- 5P1V2	5	20,00	20x40	20x55	1,066	1,291
T1- 3P2V2	3	12,00	25x60	20x55	1,012	1,059
T1- 4P2V2	4	16,00	25x60	20x55	1,018	1,088
T1- 5P2V2	5	20,00	25x60	20x55	1,024	1,119
T1- 8P2V2	8	32,00	25x60	20x55	1,048	1,229

Tabela 4.7- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso $V_0=45\text{m/s}$

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1a	3	12,00	20x40	20x40	1,041	1,148
T1- 4P1V1a	4	16,00	20x40	20x40	1,061	1,223
T1- 5P1V1a	5	20,00	20x40	20x40	1,083	1,312
T1- 3P2V1a	3	12,00	25x60	20x40	1,016	1,066
T1- 4P2V1a	4	16,00	25x60	20x40	1,025	1,099
T1- 5P2V1a	5	20,00	25x60	20x40	1,036	1,137
T1- 8P2V1a	8	32,00	25x60	20x40	1,074	1,271
T1- 3P1V2a	3	12,00	20x40	20x55	1,034	1,142
T1- 4P1V2a	4	16,00	20x40	20x55	1,049	1,211
T1- 5P1V2a	5	20,00	20x40	20x55	1,066	1,291
T1- 3P2V2a	3	12,00	25x60	20x55	1,012	1,059
T1- 4P2V2a	4	16,00	25x60	20x55	1,018	1,088
T1- 5P2V2a	5	20,00	25x60	20x55	1,024	1,119
T1- 8P2V2a	8	32,00	25x60	20x55	1,048	1,229

Tabela 4.8- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso carga distribuída Q2

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1b	3	12,00	20x40	20x40	1,048	1,180
T1- 4P1V1b	4	16,00	20x40	20x40	1,074	1,283
T1- 3P2V1b	3	12,00	25x60	20x40	1,019	1,077
T1- 4P2V1b	4	16,00	25x60	20x40	1,030	1,121
T1- 5P2V1b	5	20,00	25x60	20x40	1,044	1,171
T1- 8P2V1b	8	32,00	25x60	20x40	1,093	1,360
T1- 3P1V2b	3	12,00	20x40	20x55	1,040	1,171
T1- 4P1V2b	4	16,00	20x40	20x55	1,060	1,265
T1- 3P2V2b	3	12,00	25x60	20x55	1,014	1,070
T1- 4P2V2b	4	16,00	25x60	20x55	1,021	1,106
T1- 5P2V2b	5	20,00	25x60	20x55	1,029	1,147
T1- 8P2V2b	8	32,00	25x60	20x55	1,060	1,298

Tabela 4.9- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso fck=50MPa

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1c	3	12,00	20x40	20x40	1,029	1,100
T1- 4P1V1c	4	16,00	20x40	20x40	1,042	1,148
T1- 5P1V1c	5	20,00	20x40	20x40	1,057	1,202
T1- 3P2V1c	3	12,00	25x60	20x40	1,011	1,046
T1- 4P2V1c	4	16,00	25x60	20x40	1,018	1,068
T1- 5P2V1c	5	20,00	25x60	20x40	1,025	1,093
T1- 8P2V1c	8	32,00	25x60	20x40	1,011	1,046
T1- 3P1V2c	3	12,00	20x40	20x55	1,024	1,096
T1- 4P1V2c	4	16,00	20x40	20x55	1,035	1,140
T1- 5P1V2c	5	20,00	20x40	20x55	1,046	1,190
T1- 3P2V2c	3	12,00	25x60	20x55	1,008	1,041
T1- 4P2V2c	4	16,00	25x60	20x55	1,012	1,061
T1- 5P2V2c	5	20,00	25x60	20x55	1,017	1,081
T1- 8P2V2c	8	32,00	25x60	20x55	1,034	1,152

Tabela 4.10- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso altura piso a piso 5m

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1d	3	12,00	20x40	20x40	1,062	1,251
T1- 3P2V1d	3	12,00	25x60	20x40	1,024	1,106
T1- 4P2V1d	4	16,00	25x60	20x40	1,037	1,162
T1- 5P2V1d	5	20,00	25x60	20x40	1,052	1,228
T1- 3P1V2d	3	12,00	20x40	20x55	1,053	1,243
T1- 4P1V2d	4	16,00	20x40	20x55	1,077	1,377
T1- 3P2V2d	3	12,00	25x60	20x55	1,017	1,097
T1- 4P2V2d	4	16,00	25x60	20x55	1,026	1,146
T1- 5P2V2d	5	20,00	25x60	20x55	1,036	1,201
T1- 8P2V2d	8	32,00	25x60	20x55	1,073	1,414

Tabela 4.11- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso altura piso a piso 3m

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1e	3	12,00	20x40	20x40	1,025	1,080
T1- 4P1V1e	4	16,00	20x40	20x40	1,037	1,117
T1- 5P1V1e	5	20,00	20x40	20x40	1,050	1,158
T1- 3P2V1e	3	12,00	25x60	20x40	1,010	1,037
T1- 4P2V1e	4	16,00	25x60	20x40	1,016	1,055
T1- 5P2V1e	5	20,00	25x60	20x40	1,023	1,075
T1- 8P2V1e	8	32,00	25x60	20x40	1,046	1,143
T1- 3P1V2e	3	12,00	20x40	20x55	1,020	1,075
T1- 4P1V2e	4	16,00	20x40	20x55	1,029	1,109
T1- 5P1V2e	5	20,00	20x40	20x55	1,038	1,145
T1- 3P2V2e	3	12,00	25x60	20x55	1,007	1,033
T1- 4P2V2e	4	16,00	25x60	20x55	1,011	1,048
T1- 5P2V2e	5	20,00	25x60	20x55	1,015	1,064
T1- 8P2V2e	8	32,00	25x60	20x55	1,029	1,118

Tabela 4.12- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso vão das vigas 01/02 de 6m

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1f	3	12,00	20x40	20x40	1,057	1,227
T1- 3P2V1f	3	12,00	25x60	20x40	1,022	1,099
T1- 4P2V1f	4	16,00	25x60	20x40	1,035	1,152
T1- 5P2V1f	5	20,00	25x60	20x40	1,050	1,215
T1- 3P1V2f	3	12,00	20x40	20x55	1,048	1,211
T1- 3P2V2f	3	12,00	25x60	20x55	1,016	1,086
T1- 4P2V2f	4	16,00	25x60	20x55	1,024	1,129
T1- 5P2V2f	5	20,00	25x60	20x55	1,033	1,177
T1- 8P2V2f	8	32,00	25x60	20x55	1,067	1,357

Tabela 4.13- Resultados da análise simplificada de estabilidade global para os exemplos estudados, caso direção dos pilares centrais 0°

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		γ_z	
			Pilares	Vigas	90°, 270°	0°, 180°
T1- 3P1V1g	3	12,00	20x40	20x40	1,070	1,060
T1- 4P1V1g	4	16,00	20x40	20x40	1,100	1,090
T1- 3P2V1g	3	12,00	25x60	20x40	1,027	1,023
T1- 4P2V1g	4	16,00	25x60	20x40	1,042	1,035
T1- 5P2V1g	5	20,00	25x60	20x40	1,059	1,048
T1- 8P2V1g	8	32,00	25x60	20x40	1,121	1,091
T1- 3P1V2g	3	12,00	20x40	20x55	1,056	1,052
T1- 4P1V2g	4	16,00	20x40	20x55	1,082	1,074
T1- 3P2V2g	3	12,00	25x60	20x55	1,020	1,018
T1- 4P2V2g	4	16,00	25x60	20x55	1,030	1,026
T1- 5P2V2g	5	20,00	25x60	20x55	1,041	1,035
T1- 8P2V2g	8	32,00	25x60	20x55	1,082	1,063

Pode-se perceber por esta análise simplificada inicial que a direção 90°/270° é mais estável para todos os casos, exceto o caracterizado pela direção dos pilares centrais igual a 0°, situação na qual a direção 90°/270° teve os valores de γ_z ligeiramente maiores. Estes resultados não indicam a necessidade de considerar os efeitos de segunda ordem globais nos casos estudados para esta direção, pois sempre se encontrou $\gamma_z \leq 1,10$. Porém na

direção 0°/180° quase todos os exemplos enquadram-se na definição de nós móveis e devem ser calculados considerando os efeitos de segunda ordem globais. Alguns casos inclusive ultrapassaram o valor limite $\gamma_z \leq 1,30$ indicado na NBR 6118:2007, sinalizando estruturas bastante deslocáveis.

O dimensionamento e detalhamento da estrutura foram realizados considerando os esforços determinados na análise de primeira ordem ou, quando indicado, considerando o acréscimo de efeitos de segunda ordem utilizando o método $P-\Delta$. A armadura obtida neste processamento é identificada por A_{si}^1 .

Os resultados do dimensionamento de pilares e vigas estão apresentados no 5 -APÊNDICE A- para todos os exemplos.

4.3 PROCESSAMENTO 2- ANÁLISE NÃO-LINEAR FÍSICA E GEOMÉTRICA

Após o dimensionamento da estrutura com determinação das armaduras A_{si}^1 a próxima etapa consiste em nova análise de cada edifício exemplo considerando dessa vez as não linearidades de forma mais refinada. Com este objetivo realizou-se maior discretização dos elementos do pórtico, ou seja, cada lance de pilar e trecho de viga passaram a ser divididos em maior número de barras, cujas rigidezes à flexão de cada segmento são calculadas a partir das relações momento-curvatura, obtidas de acordo com a geometria, armadura detalhada e esforços atuantes nesses elementos provenientes do processamento inicial. A posição final de equilíbrio da estrutura é determinada iterativamente, levando-se em conta os efeitos locais e globais de segunda ordem de forma conjunta.

Neste processamento é feita a verificação de todos os elementos discretizados em segmentos e realizada análise iterativa do tipo $P-\Delta$. A discretização dos elementos utilizada neste trabalho foi 0,5m tanto para vigas quanto para pilares. Inicialmente foram realizados processamentos com elementos de vigas de 1,0m, porém observou-se a necessidade de maior refinamento para melhores resultados. Em relação à NLF, esta é considerada por meio da obtenção de rigidezes à flexão EI a partir das relações M-1/r ou M-N-1/r em cada segmento do pórtico espacial. Dessa forma a consideração inicial aproximada adotada no Processamento 1 ($EI_{vigas} = 0,4E_c I_g$ e $EI_{pilares} = 0,8E_c I_g$) fica integralmente substituída por cálculo mais refinado.

O resultado das análises é que para cada barra, para cada direção e para cada combinação são determinados valores de rigidez, gerando um grande número de dados (Figura 4.6). Nos pilares, são calculadas as rigidezes à flexão nas duas direções (EI_y e EI_z). Nas vigas, é calculada apenas a rigidez à flexão EI_y. A rigidez lateral EI_z, é mantida idêntica ao pórtico ELU do edifício.

Um valor médio é determinado a partir destes dados indicando um número representativo para rigidez de vigas e um para rigidez de pilares. No cálculo da rigidez média para vigas, não é levada em conta a rigidez lateral (EI_z) das mesmas.

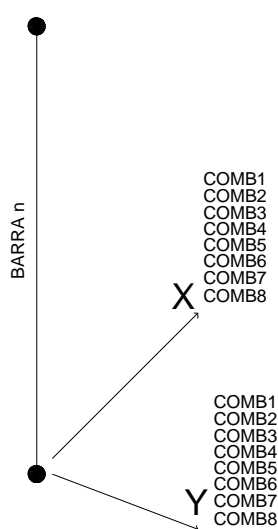


Figura 4.6- Barra n do pórtico analisado para as direções X e Y e combinações de 1 a 8
 Utilizando como exemplo o segmento de viga nº316, pertencente à V205 e o segmento de pilar nº29, pertencente ao P3 ambos do exemplo T1-3P1V2a (Figura 4.8) a Tabela 4.14 apresenta os valores de α (fator de redução da rigidez) determinados para cada um. A Figura 4.7 indica as seções estudadas com as direções consideradas.

Tabela 4.14- Valores do fator de redução de rigidez determinados na análise NLFG para os segmentos 316 e 29

Segmento nº	COMB1		COMB2		COMB3		COMB4	
	α_y	α_z	α_y	α_z	α_y	α_z	α_y	α_z
316	0,13	0,40	0,11	0,40	0,11	0,40	0,11	0,40
29	0,71	1,00	0,74	1,00	0,73	0,70	0,73	0,70

Segmento nº	COMB5		COMB6		COMB7		COMB8	
	α_y	α_z	α_y	α_z	α_y	α_z	α_y	α_z
316	0,14	0,40	0,11	0,40	0,11	0,40	0,11	0,40
29	0,60	1,00	0,71	1,00	0,73	0,70	0,73	0,70

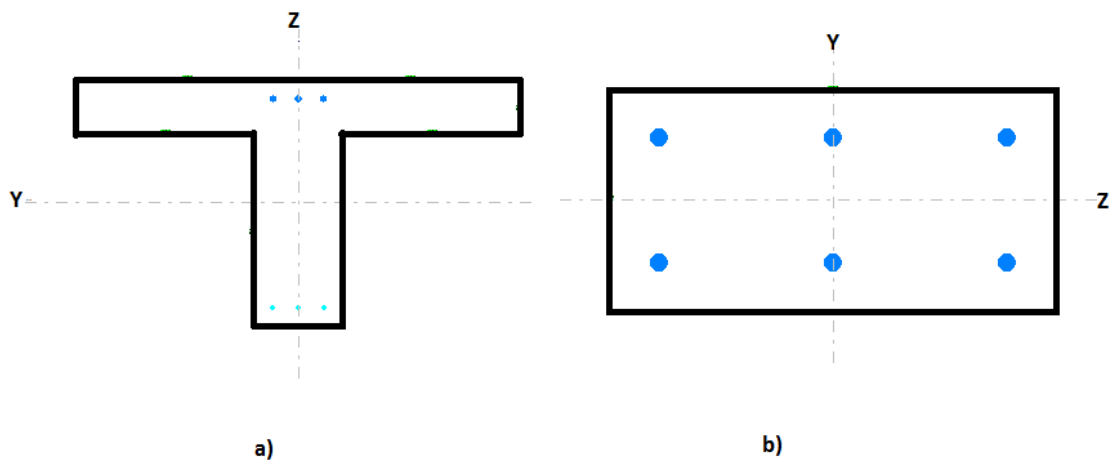


Figura 4.7- Seção transversal a) viga, segmento nº316 e b) pilar, segmento nº29

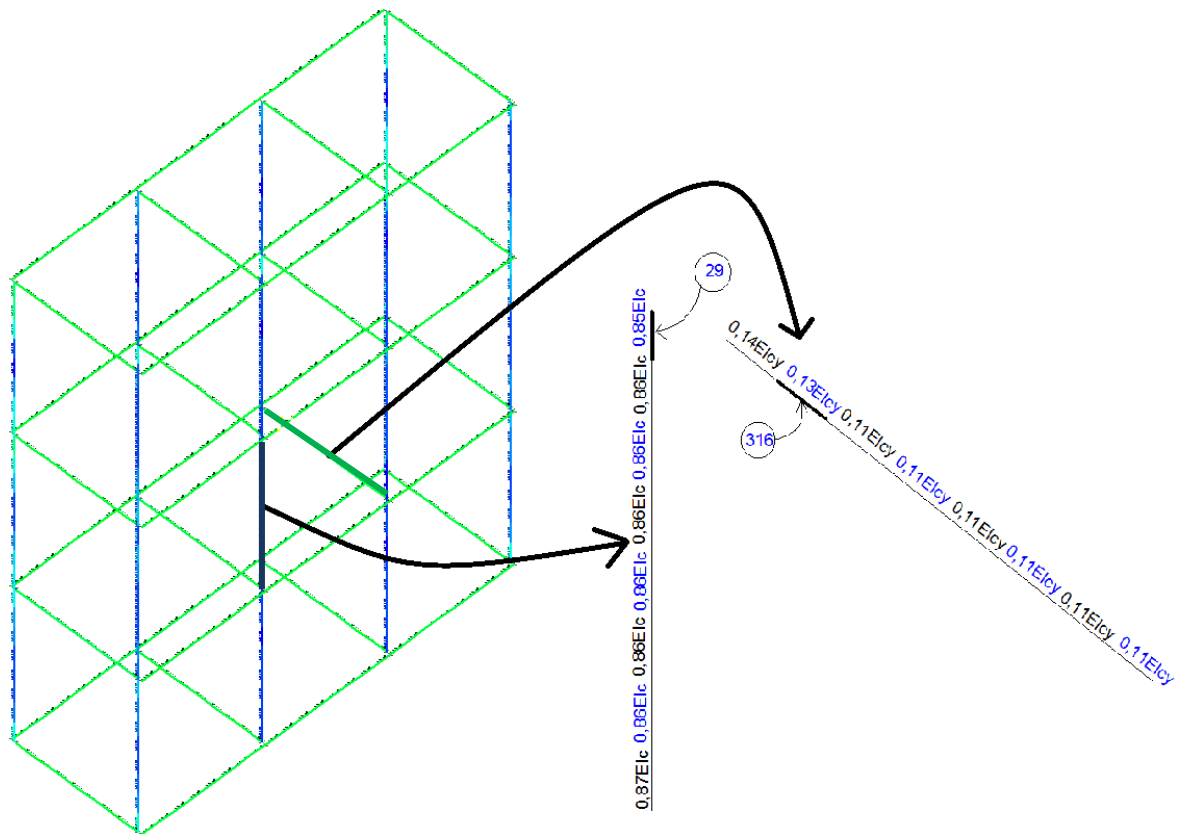


Figura 4.8- Pórtico espacial de T1-3P1V2a com os segmentos 29 de P3 e 316 de V205 no detalhe

O diagrama M-N-1/r de pilares utilizado neste processamento é montado com $1,1f_{cd}$ e $\gamma_{f3} = 1,1$. A flexão composta oblíqua de pilares é determinada de forma mais precisa ao considerar a ação simultânea dos momentos fletores nas duas direções. Esta superfície formada pelas curvas está apresentada na Figura 4.9. Dessa forma não é necessário desacoplar as direções ortogonais para o cálculo.

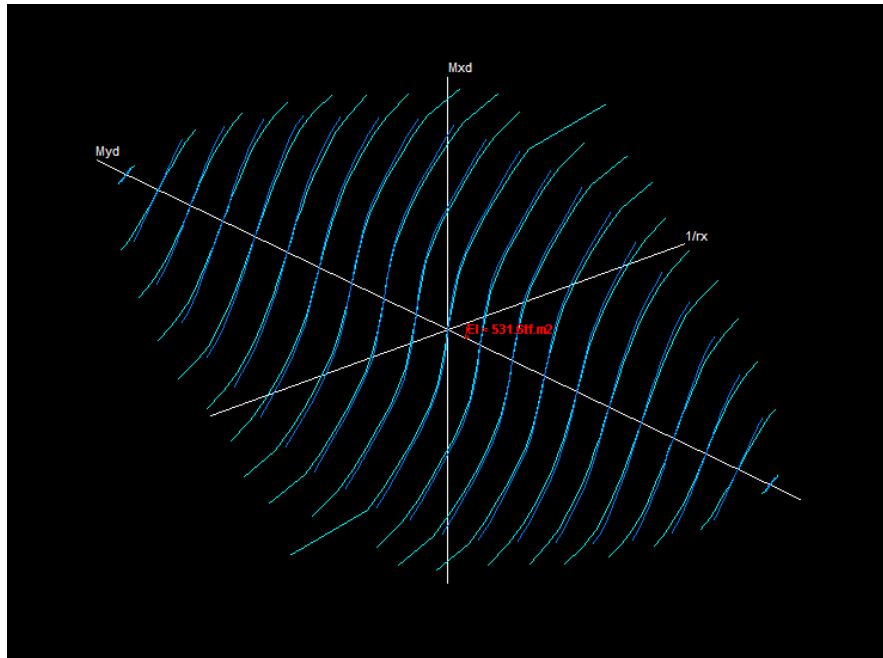


Figura 4.9- Superfície M-N-1/r

O Processamento 2 é basicamente de verificação. Após esta análise não-linear física e geométrica as armaduras A_{si}^2 de cada exemplo que passaram representam uma solução que atende a análise mais refinada da estrutura. Os valores utilizados como fator de redução de rigidez devem ser tais que ao utilizá-los na análise simplificada (Processamento 1) determinem o dimensionamento necessário para a análise mais refinada (Processamento 2).

Nesta etapa o resultado do pórtico não-linear físico e geométrico (PNLFG) indica duas possibilidades para cada segmento: passou ou não passou nas combinações analisadas na verificação do ELU. Para cada um pode ser visualizado o diagrama de interação como mostra a Figura 4.10 para dois segmentos de viga. Naqueles que não passaram pode ser observado o ponto fora do diagrama. No caso da Figura 4.10 são apresentados os diagramas de interação de dois segmentos da viga 203 do exemplo 5P1V1g e os valores do momento fletor no início e no fim dos segmentos podem ser observados na Tabela 4.15. Observa-se que para o segmento 38 o momento de 134,9kNm situa-se fora da curva de interação, portanto não passou na análise.

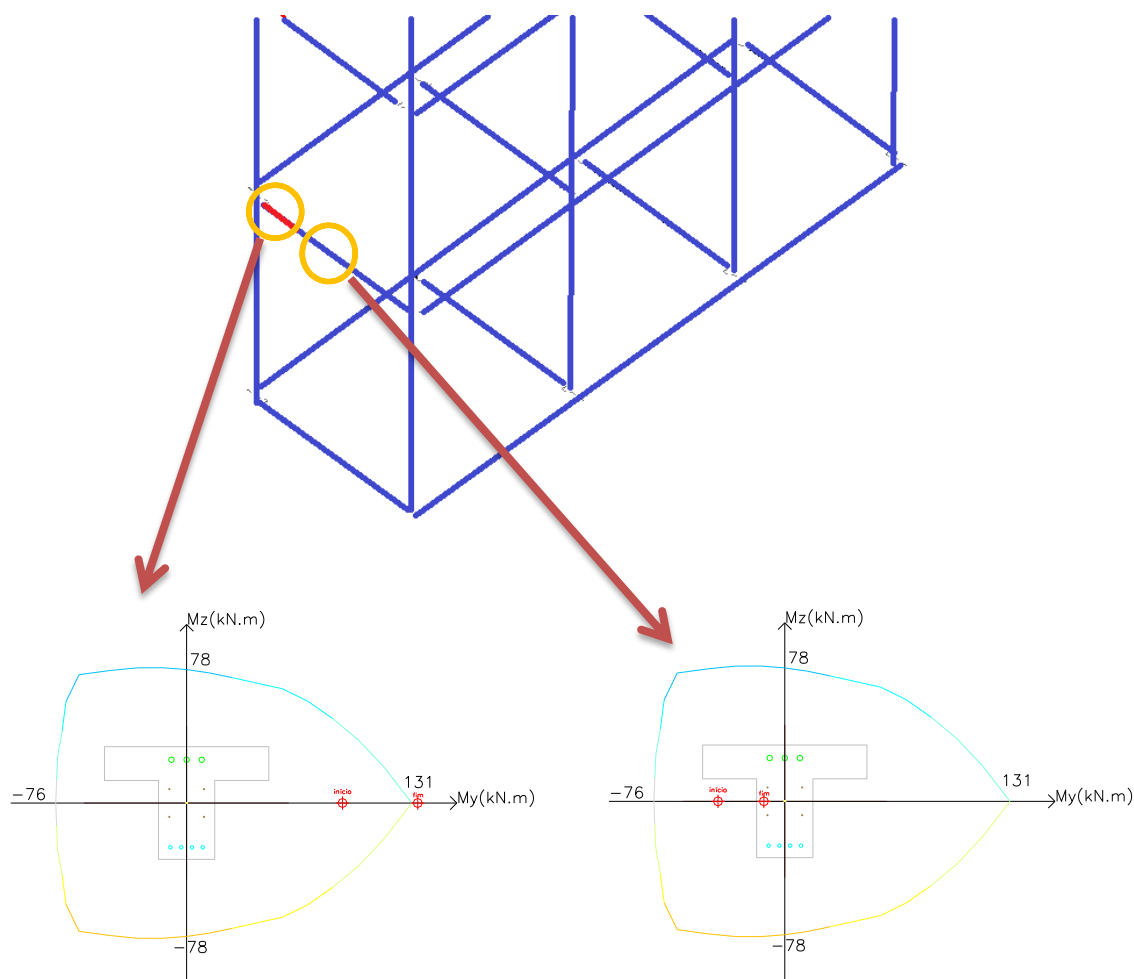


Figura 4.10- Diagrama de interação de dois segmentos da V203, exemplo 5P1V1g

Tabela 4.15 – Valores de momento fletor para os segmentos 38 e 210 da V203, exemplo 5P1V1g

Segmento	M _{sd} y [kNm]	
	Nó inicial	Nófinal
38	91,00	134,90
210	-37,70	-13,40

Nos casos em que o edifício dimensionado no processamento 1 não passou no processamento 2, foi preciso modificar as armaduras nas seções que não passaram até que o dimensionamento atenda os dois tipos de análise. Esta situação indica que os valores utilizados na consideração simplificada da rigidez (Processamento 1) não estão bem ajustados para estes casos, pois a análise simplificada deve ser sempre a favor da segurança.

Houve ainda algumas situações em que não foi possível encontrar dimensionamento que atendesse o Processamento 2 e por isso não aparecem nas tabelas a seguir. Nestes casos a análise simplificada (Processamento 1) está contra a segurança, pois indicou dimensionamento que não foi possível na análise mais refinada.

Ao final do Processamento 2 são calculados valores médios de rigidez, um para vigas e um para pilares, utilizando a média aritmética de todos os valores determinados. Estes resultados médios são utilizados como ponto de partida para a próxima etapa, o Processamento 3. As tabelas a seguir apresentam os valores médios determinados nesta etapa da T1. Para efeito de comparação entre as três etapas determinaram-se também quais seriam os valores de γ_z desse processamento, considerando a carga de vento para cálculo de M_{1d} e os deslocamentos no pórtico da análise não linear física e geométrica para o cálculo de ΔM_{2d} . Para este cálculo de $\gamma_{z,P-\Delta}$ a formulação utilizada está apresentada em (4-2), pois os valores de momento de segunda ordem utilizados são oriundos da análise final do $P-\Delta$ (deslocamentos finais $a_{d,P-\Delta}$) diferente da formulação original do γ_z , na qual é considerada apenas a primeira iteração desta análise e supõem-se um crescimento em progressão geométrica.

$$\gamma_{z,P-\Delta} = \frac{\sum P_d \cdot a_{d,P-\Delta}}{\sum F_d \cdot h} + 1 \quad (4-2)$$

Tabela 4.16- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFM para os exemplos T1, caso inicial

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1	3	12,00	20x40	20x40	0,16	0,69
T1- 4P1V1	4	16,00	20x40	20x40	0,17	0,70
T1- 5P1V1	5	20,00	20x40	20x40	0,18	0,73
T1- 3P2V1	3	12,00	25x60	20x40	0,15	0,69
T1- 4P2V1	4	16,00	25x60	20x40	0,15	0,69
T1- 5P2V1	5	20,00	25x60	20x40	0,17	0,69
T1- 8P2V1	8	32,00	25x60	20x40	0,24	0,71
T1- 3P1V2	3	12,00	20x40	20x55	0,12	0,75
T1- 4P1V2	4	16,00	20x40	20x55	0,12	0,75
T1- 5P1V2	5	20,00	20x40	20x55	0,13	0,75
T1- 3P2V2	3	12,00	25x60	20x55	0,16	0,73
T1- 4P2V2	4	16,00	25x60	20x55	0,16	0,73
T1- 5P2V2	5	20,00	25x60	20x55	0,16	0,73
T1- 8P2V2	8	32,00	25x60	20x55	0,21	0,73

Tabela 4.17- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFM para os exemplos T1, caso $V_0=45\text{m/s}$

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1a	3	12,00	20x40	20x40	0,17	0,69
T1- 4P1V1a	4	16,00	20x40	20x40	0,19	0,73
T1- 3P2V1a	3	12,00	25x60	20x40	0,16	0,67
T1- 4P2V1a	4	16,00	25x60	20x40	0,17	0,67
T1- 5P2V1a	5	20,00	25x60	20x40	0,20	0,68
T1- 8P2V1a	8	32,00	25x60	20x40	0,32	0,73
T1- 3P1V2a	3	12,00	20x40	20x55	0,12	0,74
T1- 4P1V2a	4	16,00	20x40	20x55	0,14	0,76
T1- 3P2V2a	3	12,00	25x60	20x55	0,16	0,72
T1- 4P2V2a	4	16,00	25x60	20x55	0,17	0,61
T1- 5P2V2a	5	20,00	25x60	20x55	0,19	0,71
T1- 8P2V2a	8	32,00	25x60	20x55	0,28	0,76

Tabela 4.18- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso carga distribuída Q2

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1b	3	12,00	20x40	20x40	0,17	0,65
T1- 4P1V1b	4	16,00	20x40	20x40	0,18	0,68
T1- 3P2V1b	3	12,00	25x60	20x40	0,15	0,66
T1- 4P2V1b	4	16,00	25x60	20x40	0,16	0,66
T1- 5P2V1b	5	20,00	25x60	20x40	0,17	0,66
T1- 8P2V1b	8	32,00	25x60	20x40	0,27	0,69
T1- 3P1V2b	3	12,00	20x40	20x55	0,12	0,72
T1- 4P1V2b	4	16,00	20x40	20x55	0,13	0,74
T1- 3P2V2b	3	12,00	25x60	20x55	0,16	0,70
T1- 4P2V2b	4	16,00	25x60	20x55	0,16	0,70
T1- 5P2V2b	5	20,00	25x60	20x55	0,16	0,70
T1- 8P2V2b	8	32,00	25x60	20x55	0,22	0,72

Tabela 4.19- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso $f_{ck}=50\text{MPa}$

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1c	3	12,00	20x40	20x40	0,13	0,86
T1- 4P1V1c	4	16,00	20x40	20x40	0,14	0,87
T1- 5P1V1c	5	20,00	20x40	20x40	0,15	0,88
T1- 3P2V1c	3	12,00	25x60	20x40	0,13	0,89
T1- 4P2V1c	4	16,00	25x60	20x40	0,13	0,90
T1- 5P2V1c	5	20,00	25x60	20x40	0,13	0,91
T1- 8P2V1c	8	32,00	25x60	20x40	0,19	0,91
T1- 3P1V2c	3	12,00	20x40	20x55	0,10	0,93
T1- 4P1V2c	4	16,00	20x40	20x55	0,10	0,93
T1- 5P1V2c	5	20,00	20x40	20x55	0,11	0,92
T1- 3P2V2c	3	12,00	25x60	20x55	0,15	0,93
T1- 4P2V2c	4	16,00	25x60	20x55	0,15	0,94
T1- 5P2V2c	5	20,00	25x60	20x55	0,14	0,94
T1- 8P2V2c	8	32,00	25x60	20x55	0,18	0,94

Tabela 4.20- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso altura de piso a piso 5m

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1d	3	12,00	20x40	20x40	0,15	0,70
T1- 3P2V1d	3	12,00	25x60	20x40	0,16	0,69
T1- 4P2V1d	4	16,00	25x60	20x40	0,17	0,69
T1- 5P2V1d	5	20,00	25x60	20x40	0,20	0,69
T1- 3P1V2d	3	12,00	20x40	20x55	0,13	0,75
T1- 4P1V2d	4	16,00	20x40	20x55	0,14	0,77
T1- 3P2V2d	3	12,00	25x60	20x55	0,15	0,73
T1- 4P2V2d	4	16,00	25x60	20x55	0,16	0,72
T1- 5P2V2d	5	20,00	25x60	20x55	0,18	0,73
T1- 8P2V2d	8	32,00	25x60	20x55	0,29	0,76

Tabela 4.21- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso altura de piso a piso 3m

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1e	3	12,00	20x40	20x40	0,15	0,68
T1- 4P1V1e	4	16,00	20x40	20x40	0,15	0,68
T1- 5P1V1e	5	20,00	20x40	20x40	0,15	0,68
T1- 3P2V1e	3	12,00	25x60	20x40	0,15	0,68
T1- 4P2V1e	4	16,00	25x60	20x40	0,15	0,69
T1- 5P2V1e	5	20,00	25x60	20x40	0,17	0,69
T1- 8P2V1e	8	32,00	25x60	20x40	0,19	0,69
T1- 3P1V2e	3	12,00	20x40	20x55	0,13	0,74
T1- 4P1V2e	4	16,00	20x40	20x55	0,13	0,74
T1- 5P1V2e	5	20,00	20x40	20x55	0,13	0,74
T1- 3P2V2e	3	12,00	25x60	20x55	0,15	0,72
T1- 4P2V2e	4	16,00	25x60	20x55	0,15	0,73
T1- 5P2V2e	5	20,00	25x60	20x55	0,15	0,72
T1- 8P2V2e	8	32,00	25x60	20x55	0,17	0,72

Tabela 4.22- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso vão das vigas 01/02 de 6m

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1f	3	12,00	20x40	20x40	0,19	0,63
T1- 3P2V1f	3	12,00	25x60	20x40	0,19	0,62
T1- 4P2V1f	4	16,00	25x60	20x40	0,19	0,62
T1- 5P2V1f	5	20,00	25x60	20x40	0,21	0,64
T1- 3P1V2f	3	12,00	20x40	20x55	0,15	0,68
T1- 3P2V2f	3	12,00	25x60	20x55	0,16	0,66
T1- 4P2V2f	4	16,00	25x60	20x55	0,15	0,66
T1- 5P2V2f	5	20,00	25x60	20x55	0,16	0,67
T1- 8P2V2f	8	32,00	25x60	20x55	0,22	0,71

Tabela 4.23- Fator de redução de rigidez médio da análise NLFG para os exemplos T1, caso direção dos pilares centrais 0°

Exemplos	Número de pavimentos	Altura total (m)	Seção transversal (cm)		Fator de redução de rigidez médio	
			Pilares	Vigas	α_v	α_p
T1- 3P1V1g	3	12,00	20x40	20x40	0,17	0,66
T1- 4P1V1g	4	16,00	20x40	20x40	0,18	0,68
T1- 3P2V1g	3	12,00	25x60	20x40	0,15	0,64
T1- 4P2V1g	4	16,00	25x60	20x40	0,16	0,65
T1- 5P2V1g	5	20,00	25x60	20x40	0,17	0,66
T1- 8P2V1g	8	32,00	25x60	20x40		
T1- 3P1V2g	3	12,00	20x40	20x55	0,14	0,72
T1- 4P1V2g	4	16,00	20x40	20x55	0,15	0,73
T1- 3P2V2g	3	12,00	25x60	20x55	0,15	0,69
T1- 4P2V2g	4	16,00	25x60	20x55	0,15	0,70
T1- 5P2V2g	5	20,00	25x60	20x55	0,16	0,70
T1- 8P2V2g	8	32,00	25x60	20x55	0,20	0,72

4.4 PROCESSAMENTO 3 - ANÁLISE ESTRUTURAL COM NOVOS VALORES DE REDUÇÃO DE RIGIDEZ

Para chegar a valores de redução de rigidez que pela análise simplificada determinem o mesmo dimensionamento necessário para a análise mais refinada foi criado o Processamento 3, análogo ao Processamento 1 porém utilizando diferentes valores de redução de rigidez afim de atender este quesito. Neste processamento a análise dos pavimentos foi feita via modelagem de grelha e o edifício como pórtico espacial, calculados de acordo com a NBR 6118:2007, porém não foram utilizados métodos aproximados para a determinação dos efeitos de segunda ordem locais de pilares, o cálculo foi sempre feito utilizando diagrama momento-normal-curvatura ou o método geral, equivalente àquele realizado no Processamento 2.

Considerando que os resultados provenientes do Processamento 2 representam uma análise mais precisa, apesar da limitação já mencionada, buscou-se obter valores de α no Processamento 3 que reproduzissem o comportamento do Processamento 2. O parâmetro utilizado para verificação foi o γ_z , pois este coeficiente avalia a sensibilidade ao vento nas edificações e ao comparar o resultado do Processamento 3 com o $\gamma_{z,P-\Delta}$ determinado pela análise não-linear física e geométrica é possível identificar quais valores de α reproduzem melhor a amplificação de esforços que o γ_z indica. Apesar da armadura utilizada no Processamento 2 estar superdimensionada em alguns pontos devido à necessidade de considerar a plastificação nos apoios para resultados de mais coerentes do dimensionamento de armaduras, admitiu-se que o erro nos deslocamentos oriundos dessa análise não seria importantes e poderiam ser utilizados para o cálculo de $\gamma_{z,P-\Delta}$.

Inicialmente no Processamento 3 foram utilizados os valores médios do fator de redução de rigidez obtidos do Processamento 2 (Tabela 4.16 à Tabela 4.23) como primeira tentativa e estes números foram sendo modificados manualmente até encontrar qual α seja capaz de reproduzir a armadura A_{si}^2 . A busca desses valores foi feita variando os respectivos α tendo como base aqueles do Processamento 1 e a observação de como o dimensionamento de armaduras sofre variação de acordo com a modificação destes valores. Esta forma de busca dos valores α não obteve sucesso e está apresentada no 5 -APÊNDICE B- como Processamento 3'. Diante disto foi feita uma reformulação do processo e ao invés de buscar o valor α que satisfaça a comparação com o comportamento pelo Processamento 2,

alguns valores são testados tendo como base aqueles já utilizados na NBR 6118:2007. Além disso, a inserção do erro admitido na utilização dessa simplificação aparece no limite de utilização de γ_z e deve ser observado. Para tanto foram formuladas algumas hipóteses que associam valores de α para certo número de andares com o γ_z limite a ser utilizado.

A NBR 6118:2007 recomenda o uso dos valores α iguais a 0,4 para vigas e 0,8 para pilares a partir de 4 pavimentos e $\gamma_z \leq 1,3$. No Processamento 3 outros valores são avaliados de forma que na hipótese 3a a indicação da norma é mantida e são sugeridos novos valores para menor número de andares; na 3b a aplicação de 0,4 e 0,8 se dá a partir de 5 andares; e em 3c os valores de norma são atingidos a partir de 7 pavimentos. Tanto em 3a, quanto em 3b e 3c a proposta também é alterar o limite superior de γ_z passando para 1,2 onde é sugerida a alteração nos valores α e a utilização de γ_z como majorador adicional dos esforços horizontais para determinação aproximada dos esforços de segunda ordem globais, ao invés de $0,95\gamma_z$. A Tabela 4.24 indica os valores de α e γ_z para as três hipóteses avaliadas no processamento 3.

Tabela 4.24 – Valores do fator de redução de rigidez e γ_z utilizados no Processamento 3

Processamento 3a	PAVIMENTOS	α_v	α_p	$\gamma_{z,lim}$
	1	0,20	0,60	1,2
	2	0,30	0,60	
	3	0,30	0,70	
	4	0,40	0,80	1,3
	5	0,40	0,80	
	6	0,40	0,80	
	7	0,40	0,80	
	8 ou mais	0,40	0,80	

Processamento 3b	PAVIMENTOS	α_v	α_p	$\gamma_{z,lim}$
	1	0,20	0,60	1,2
	2	0,25	0,65	
	3	0,30	0,70	
	4	0,35	0,75	
	5	0,40	0,80	1,3
	6	0,40	0,80	
	7	0,40	0,80	
	8 ou mais	0,40	0,80	

Processamento 3c	PAVIMENTOS	α_v	α_p	$\gamma_{z,lim}$
	1	0,20	0,60	1,2
	2	0,20	0,60	
	3	0,25	0,60	
	4	0,25	0,60	
	5	0,30	0,70	
	6	0,30	0,70	
	7	0,40	0,80	1,3
	8 ou mais	0,40	0,80	

O esquema dos processamentos do trabalho foi modificado e o modelo final com a modificação do Processamento 3 está representada na Figura 4.11. A comparação feita no final do Processamento 3 dos valores de γ_z 2 e 3 indica o erro de 10% admitido nesta análise, compatível com a margem de erro já utilizada na NBR 6118:2007 na análise de segunda ordem.

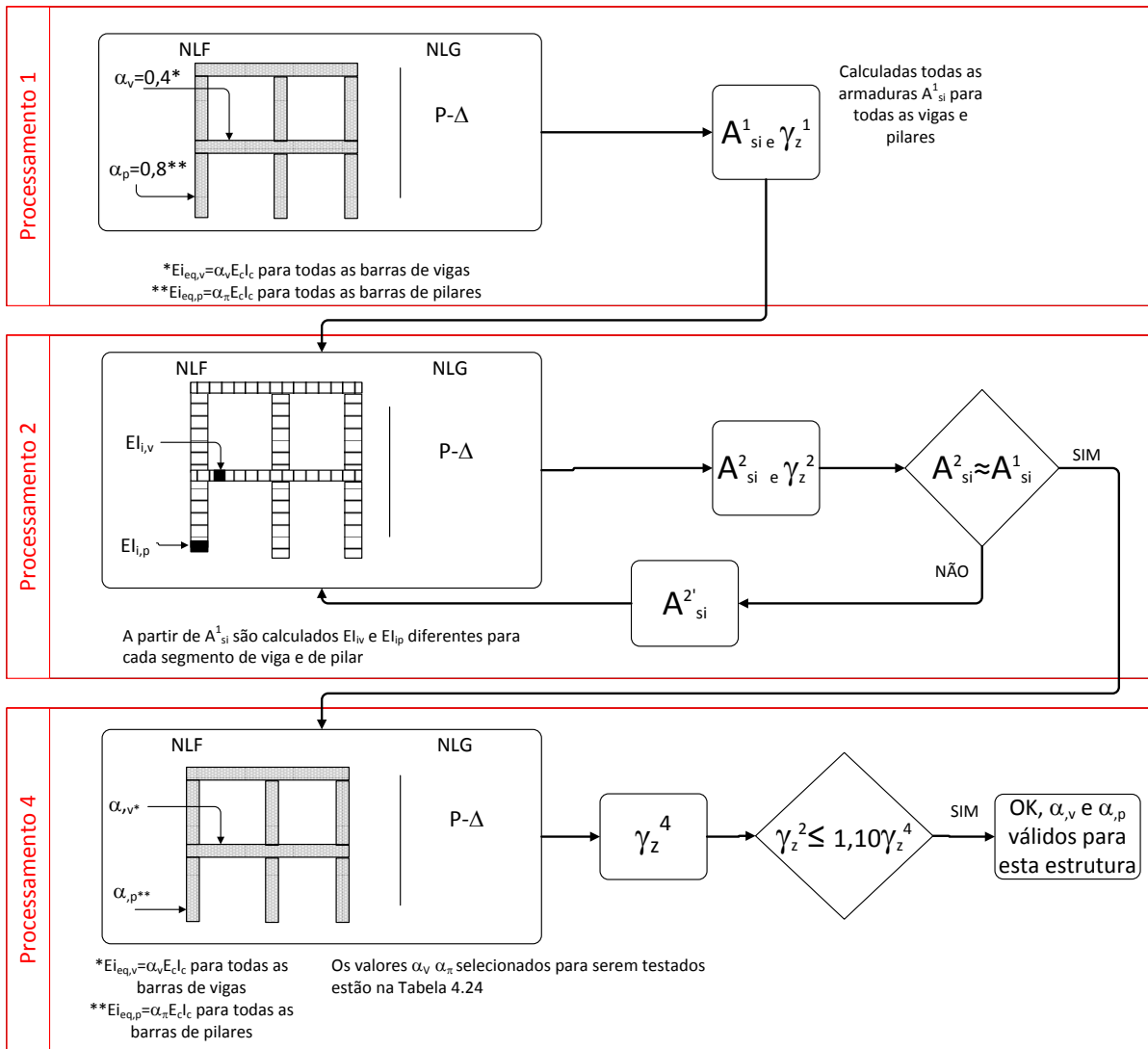


Figura 4.11- Novo esquema dos processamentos desenvolvidos no trabalho – 1, 2 e 3

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o esquema apresentado na Figura 4.11 foram processados para a tipologia T1 14 exemplos para o caso inicial e mais 8 casos, definidos na Tabela 4.1 de a até g . Para a tipologia T2 os exemplos com pilar do tipo 1 (20x40) não alcançaram dimensionamento em sua maioria e por isso foram excluídos dos processamentos, resultando em 8 exemplos para as mesmas situações de T1.

Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados dos Processamentos 1, 2, 4a, 4b e 4c. As colunas 11, 12, 19, 20, 23, 24, 27 e 28 indicam o valor de α utilizado. No Processamento 1 (colunas 11 e 12) este valor é fixo em 0,4 para vigas e 0,8 para pilares, no Processamento 2 são indicados os valores máximos e mínimos determinados na análise

(colunas 15 e 16) e nos Processamentos 3a, 3b e 3c as colunas 19, 20, 23, 24, 27 e 28 apresentam os valores avaliados neste trabalho. Os parâmetros variados em cada exemplo estão apresentados nas colunas 2 a 10 das tabelas.

As colunas 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29 e 30 apresentam o resultado do γ_z para as direções 90°/270° e 0°/180° dos Processamentos 1, 2 3a, 3b e 3c respectivamente.

A linhas indicadas por SEM DIM representam os exemplos que não foram dimensionados nos Processamentos 1 (SEM DIM P1), 2 (SEM DIM P2) ou 3 (SEM DIM P3).

Tabela 4.25- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P1V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z			
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T1- 3P1V1	3	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,041	1,148	0,14-0,18	0,67-0,71	1,084	1,236	0,30	0,70	1,048	1,168	0,30	0,70	1,048	1,168	0,25	0,60	1,056	1,191		
T1- 3P1V1a	3	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,041	1,148	0,16-0,18	0,65-0,73	1,076	1,123			1,048	1,168			1,048	1,168			1,048	1,168	1,056	1,191
T1- 3P1V1b	3	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,048	1,180	0,16-0,18	0,64-0,66	1,089	1,292			1,057	1,204			1,057	1,204			1,057	1,204	1,067	1,234
T1- 3P1V1c	3	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,029	1,100	0,12-0,15	0,82-0,88	1,056	1,140			1,034	1,113			1,034	1,113			1,034	1,113	1,039	1,128
T1- 3P1V1d	3	5,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,062	1,251	0,15-0,15	0,67-0,75	1,113	1,397			1,073	1,286			1,073	1,286			1,073	1,286	1,085	1,330
T1- 3P1V1e	3	3,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,025	1,08	0,14-0,15	0,67-0,68	1,048	1,142			1,029	1,090			1,029	1,090			1,029	1,090	1,034	1,102
T1- 3P1V1f	3	4,00	20x40	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,057	1,227	0,18-0,19	0,60-0,65	1,111	1,365			1,068	1,261			1,068	1,261			1,068	1,261	1,079	1,303
T1- 3P1V1g	3	4,00	20x40	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,066	1,058	0,15-0,18	0,62-0,68	1,128	1,104			1,077	1,068			1,077	1,068			1,077	1,068	1,089	1,077

Tabela 4.26- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P1V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z			
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T1- 4P1V1	4	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,061	1,223	0,16-0,18	0,68-0,73	1,109	1,344	0,40	0,80	1,061	1,223	0,35	0,75	1,066	1,237	0,25	0,60	1,084	1,291		
T1- 4P1V1a	4	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,061	1,223	0,18-0,20	0,69-0,79	1,083	1,321			1,061	1,223			1,066	1,237			1,066	1,237	1,084	1,291
T1- 4P1V1b	4	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,074	1,283	0,17-0,19	0,67-0,70	1,116	1,429			1,074	1,283			1,081	1,302			1,081	1,302	1,103	1,375
T1- 4P1V1c	4	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,042	1,148	0,13-0,16	0,82-0,90	1,077	1,206			1,042	1,148			1,046	1,157			1,046	1,157	1,058	1,190
T1- 4P1V1d	4	5,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*											
T1- 4P1V1e	4	3,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,037	1,117	0,14-0,15	0,67-0,70	1,069	1,200			1,037	1,117			1,040	1,124			1,040	1,124	1,051	1,150
T1- 4P1V1f	4	4,00	20x40	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*											
T1- 4P1V1g	4	4,00	20x40	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,098	1,085	0,17-0,20	0,63-0,71	1,148	1,150			1,098	1,085			1,106	1,092			1,106	1,092	1,135	1,114

Tabela 4.27- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P1V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 5P1V1	5	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,083	1,312	0,17-0,21	0,70-0,77	1,117	1,459	0,40	0,80	1,083	1,312	0,40	0,80	1,083	1,312	0,30	0,70	1,099	1,357
T1- 5P1V1a	5	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*		*SEM DIM*		*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*					
T1- 5P1V1b	5	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			*SEM DIM P1*		*SEM DIM*		*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*					
T1- 5P1V1c	5	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,057	1,202	0,14 -0,17	0,82 -0,92	1,094	1,283			1,057	1,202			1,057	1,202			1,068	1,229
T1- 5P1V1d	5	5,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*		*SEM DIM*		*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*					
T1- 5P1V1e	5	3,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,05	1,158	0,14 -0,16	0,67 -0,70	1,090	1,263			1,050	1,158			1,050	1,158			1,060	1,180
T1- 5P1V1f	5	4,00	20x40	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*		*SEM DIM*		*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*					
T1- 5P1V1g	5	4,00	20x40	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*		*SEM DIM*		*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*					

Tabela 4.28- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 3P2V1	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,016	1,066	0,15 -0,16	0,68 -0,71	1,035	1,115	0,30	0,70	1,020	1,075	0,30	0,70	1,020	1,075	0,25	0,60	1,023	1,085
T1- 3P2V1a	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,016	1,066	0,15 -0,17	0,63 -0,71	1,038	1,058			1,020	1,075			1,020	1,075			1,023	1,085
T1- 3P2V1b	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,019	1,077	0,15 -0,16	0,65 -0,67	1,037	1,129			1,023	1,088			1,023	1,088			1,027	1,100
T1- 3P2V1c	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,011	1,046	0,12 -0,13	0,86 -0,90	1,024	1,074			1,014	1,052			1,014	1,052			1,016	1,058
T1- 3P2V1d	3	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,024	1,106	0,15 -0,16	0,65 -0,72	1,052	1,166			1,029	1,120			1,029	1,120			1,034	1,136
T1- 3P2V1e	3	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,01	1,037	0,14 -0,16	0,68 -0,69	1,022	1,070			1,012	1,042			1,012	1,042			1,014	1,048
T1- 3P2V1f	3	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,022	1,099	0,17 -0,19	0,59 -0,63	1,044	1,181			1,027	1,114			1,027	1,114			1,032	1,131
T1- 3P2V1g	3	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,027	1,023	0,14 -0,16	0,59 -0,66	1,067	1,049			1,032	1,027			1,032	1,027			1,037	1,032

Tabela 4.29- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c			
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 4P2V1	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,025	1,099	0,15 -0,22	0,64 -0,70	1,054	1,168	0,40	0,80	1,025	1,099	0,35	0,75	1,028	1,105	0,25	0,60	1,037	1,129
T1- 4P2V1a	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,025	1,099	0,16 -0,18	0,62 -0,72	1,050	1,171			1,025	1,099			1,028	1,105			1,037	1,129
T1- 4P2V1b	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,030	1,121	0,15 -0,17	0,65 -0,67	1,056	1,201			1,030	1,121			1,033	1,129			1,044	1,158
T1- 4P2V1c	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,018	1,068	0,12 -0,14	0,86 -0,92	1,037	1,106			1,018	1,068			1,020	1,072			1,026	1,088
T1- 4P2V1d	4	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,037	1,162	0,17 -0,18	0,64 -0,73	1,068	1,262			1,037	1,162			1,042	1,178			1,053	1,211
T1- 4P2V1e	4	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,016	1,055	0,14 -0,19	0,68 -0,70	1,034	1,106			1,016	1,055			1,018	1,059			1,023	1,072
T1- 4P2V1f	4	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,035	1,152	0,18 -0,20	0,58 -0,64	1,065	1,267			1,035	1,152			1,039	1,164			1,051	1,205
T1- 4P2V1g	4	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,042	1,035	0,15 -0,16	0,61 -0,68	1,081	1,072			1,042	1,035			1,046	1,038			1,059	1,049

Tabela 4.30- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c			
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 5P2V1	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,036	1,137	0,16 -0,18	0,66 -0,72	1,067	1,240	0,40	0,80	1,036	1,137	0,40	0,80	1,036	1,137	0,30	0,70	1,044	1,157
T1- 5P2V1a	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,036	1,137	0,19 -0,21	0,62 -0,73	1,051	1,224			1,036	1,137			1,036	1,137			1,044	1,157
T1- 5P2V1b	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,044	1,171	0,16 -0,18	0,64 -0,68	1,074	1,278			1,044	1,171			1,044	1,171			1,054	1,197
T1- 5P2V1c	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,025	1,093	0,12 -0,15	0,85 -0,93	1,048	1,150			1,025	1,093			1,025	1,093			1,031	1,106
T1- 5P2V1d	5	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,052	1,228	0,20 -0,21	0,64 -0,75	1,075	1,362			1,052	1,228			1,052	1,228			1,064	1,262
T1- 5P2V1e	5	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,023	1,075	0,14 -0,20	0,69 -0,70	1,047	1,134			1,023	1,075			1,023	1,075			1,028	1,087
T1- 5P2V1f	5	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,05	1,215	0,21 -0,21	0,60 -0,66	1,072	1,346			1,05	1,215			1,050	1,215			1,062	1,253
T1- 5P2V1g	5	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,059	1,048	0,17 -0,19	0,60 -0,68	1,087	1,100			1,059	1,048			1,059	1,048			1,072	1,058

Tabela 4.31- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –8P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z			
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T1- 8P2V1	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,074	1,271	*SEM DIM P2*		1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271		
T1- 8P2V1a	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,074	1,271	*SEM DIM P2*		1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271	1,074	1,271
T1- 8P2V1b	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,093	1,360	0,27 -0,29	0,66 -0,72	1,096	1,531	1,093	1,360	1,051	1,178	1,093	1,360	1,051	1,178	1,093	1,360	1,051	1,178	1,093	1,360
T1- 8P2V1c	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,051	1,178	0,18 -0,21	0,82 -0,95	1,067	1,275	1,109	1,489	1,051	1,178	1,109	1,489	1,051	1,178	1,109	1,489	1,051	1,178	1,109	1,489
T1- 8P2V1d	8	5,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,109	1,489	*SEM DIM*		1,109	1,489	1,046	1,143	1,109	1,489	1,046	1,143	1,109	1,489	1,046	1,143	1,109	1,489	1,046	1,143
T1- 8P2V1e	8	3,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,046	1,143	0,17 -0,22	0,68 -0,71	1,074	1,266	1,046	1,143	1,046	1,143	1,046	1,143	1,046	1,143	1,046	1,143	1,046	1,143	1,046	1,143
T1- 8P2V1f	8	4,00	25x60	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*		*SEM DIM*	
T1- 8P2V1g	8	4,00	25x60	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,121	1,091	*SEM DIM P2*		1,121	1,091	1,121	1,091	1,121	1,091	1,121	1,091	1,121	1,091	1,121	1,091	1,121	1,091	1,121	1,091

Tabela 4.32- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P1V2

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c			
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 3P1V2	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,034	1,142	0,10 -0,14	0,72 -0,79	1,064	1,198	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158
T1- 3P1V2a	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,034	1,142	0,11 -0,14	0,71 -0,80	1,064	1,106	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158	1,039	1,158
T1- 3P1V2b	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,040	1,171	0,11 -0,14	0,70 -0,76	1,072	1,250	1,046	1,191	1,046	1,191	1,046	1,191	1,046	1,191	1,046	1,191	1,046	1,191
T1- 3P1V2c	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,024	1,096	0,08 -0,12	0,90 -0,95	1,042	1,109	1,027	1,107	1,027	1,107	1,027	1,107	1,027	1,107	1,027	1,107	1,027	1,107
T1- 3P1V2d	3	5,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,053	1,243	0,11 -0,14	0,72 -0,82	1,091	1,344	1,061	1,272	1,061	1,272	1,061	1,272	1,061	1,272	1,061	1,272	1,061	1,272
T1- 3P1V2e	3	3,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,02	1,075	0,12 -0,14	0,72 -0,76	1,038	1,109	1,023	1,083	1,023	1,083	1,023	1,083	1,023	1,083	1,023	1,083	1,023	1,083
T1- 3P1V2f	3	4,00	20x40	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,048	1,211	0,14 -0,17	0,64 -0,70	1,083	1,320	1,055	1,237	1,055	1,237	1,055	1,237	1,055	1,237	1,055	1,237	1,055	1,237
T1- 3P1V2g	3	4,00	20x40	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,056	1,052	0,12 -0,14	0,67 -0,75	1,109	1,083	1,064	1,059	1,064	1,059	1,064	1,059	1,064	1,059	1,064	1,059	1,064	1,059

Tabela 4.33- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P1V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 4P1V2	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,049	1,211	0,11 -0,14	0,72 -0,79	1,086	1,296	0,40	0,80	1,049	1,211	0,35	0,75	1,053	1,222	0,25	0,60	1,064	1,265
T1- 4P1V2a	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,049	1,211	0,12 -0,15	0,74 -0,83	1,076	1,284			1,049	1,211			1,053	1,222			1,064	1,265
T1- 4P1V2b	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,060	1,265	0,12 -0,14	0,71 -0,77	1,096	1,376			1,060	1,265			1,064	1,279			1,078	1,338
T1- 4P1V2c	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,035	1,140	0,09 -0,12	0,88 -0,96	1,061	1,161			1,035	1,140			1,037	1,147			1,045	1,174
T1- 4P1V2d	4	5,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,077	1,377	0,12 -0,16	0,74 -0,84	1,115	1,514			1,077	1,377			1,082	1,399			1,100	1,488
T1- 4P1V2e	4	3,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,038	1,145	0,11 -0,13	0,71 -0,77	1,054	1,158			1,038	1,145			1,031	1,114			1,038	1,135
T1- 4P1V2f	4	4,00	20x40	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*					
T1- 4P1V2g	4	4,00	20x40	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,082	1,074	0,13 -0,16	0,68 -0,77	1,125	1,121			1,082	1,074			1,087	1,079			1,106	1,095

Tabela 4.34- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P1V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T1- 5P1V2	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,066	1,291	0,12 -0,15	0,72 -0,80	1,099	1,386	0,40	0,80	1,066	1,291	0,40	0,80	1,066	1,291	0,30	0,70	1,076	1,325
T1- 5P1V2a	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*									
T1- 5P1V2b	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*									
T1- 5P1V2c	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,046	1,190	0,10 -0,13	0,87 -0,96	1,074	1,213			1,046	1,190			1,046	1,190			1,053	1,210
T1- 5P1V2d	5	5,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM*				*SEM DIM*				*SEM DIM*									
T1- 5P1V2e	5	3,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,038	1,145	0,11 -0,14	0,71 -0,78	1,068	1,206			1,038	1,145			1,038	1,145			1,044	1,161
T1- 5P1V2f	5	4,00	20x40	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*									
T1- 5P1V2g	5	4,00	20x40	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*				*SEM DIM*				*SEM DIM*									

Tabela 4.35- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –3P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3a		P3b		P3c																
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z																
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°													
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)							
T1- 3P2V2	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,012	1,059	0,15 -0,17	0,72 -0,75	1,026	1,088	0,30	0,70	1,014	1,066	0,30	0,70	1,014	1,066	0,25	0,60	1,016	1,073							
T1- 3P2V2a	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,012	1,059	0,15 -0,18	0,69 -0,73	1,027	1,047			1,014	1,066			1,014	1,066			1,014	1,066	1,016	1,077	1,016	1,086			
T1- 3P2V2b	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,014	1,070	0,14 -0,17	0,69 -0,71	1,027	1,103			1,016	1,077			1,010	1,046			1,010	1,046	1,021	1,107	1,009	1,036	1,010	1,040	
T1- 3P2V2c	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,008	1,041	0,13 -0,16	0,91 -0,94	1,016	1,052			1,010	1,046			1,021	1,107			1,021	1,107	1,009	1,036	1,019	1,096	1,024	1,120	
T1- 3P2V2d	3	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,017	1,097	0,15 -0,16	0,71 -0,77	1,039	1,142			1,009	1,036			1,019	1,096			1,024	1,120	1,009	1,036	1,019	1,096	1,024	1,120	
T1- 3P2V2e	3	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,007	1,033	0,14 -0,17	0,71 -0,73	1,017	1,055			1,009	1,036			1,019	1,096			1,024	1,120	1,009	1,036	1,019	1,096	1,024	1,120	
T1- 3P2V2f	3	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,016	1,086	0,15 -0,16	0,64 -0,68	1,034	1,139			1,019	1,096			1,024	1,120			1,009	1,036	1,019	1,096	1,024	1,120			
T1- 3P2V2g	3	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,020	1,018	0,14 -0,15	0,66 -0,71	1,048	1,036			1,024	1,021			1,024	1,021			1,024	1,021	1,024	1,021	1,024	1,021	1,024	1,021	1,024

Tabela 4.36- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –4P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z											
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T1- 4P2V2	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,018	1,088	0,14 -0,17	0,71 -0,75	1,037	1,131	0,40	0,80	1,018	1,088	0,35	0,75	1,019	1,092	0,25	0,60	1,024	1,108		
T1- 4P2V2a	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,018	1,088	0,16 -0,18	0,69 -0,76	1,036	1,133			1,018	1,088			1,019	1,092			1,024	1,108		
T1- 4P2V2b	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,021	1,106	0,14 -0,17	0,69 -0,72	1,041	1,157			1,021	1,106			1,023	1,112			1,023	1,112	1,029	1,131
T1- 4P2V2c	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,012	1,061	0,13 -0,16	0,91 -0,95	1,026	1,077			1,012	1,061			1,013	1,063			1,013	1,063	1,017	1,074
T1- 4P2V2d	4	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,026	1,146	0,15 -0,17	0,69 -0,77	1,052	1,217			1,026	1,146			1,028	1,153			1,028	1,153	1,036	1,180
T1- 4P2V2e	4	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,011	1,048	0,14 -0,16	0,71 -0,74	1,026	1,075			1,011	1,048			1,012	1,050			1,012	1,050	1,015	1,059
T1- 4P2V2f	4	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,024	1,129	0,15 -0,15	0,64 -0,68	1,048	1,213			1,024	1,129			1,026	1,136			1,026	1,136	1,033	1,162
T1- 4P2V2g	4	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,030	1,026	0,14 -0,16	0,66 -0,72	1,060	1,053			1,030	1,026			1,033	1,028			1,033	1,028	1,041	1,035

Tabela 4.37- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –5P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c									
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z							
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)						
T1- 5P2V2	5	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,024	1,119	0,14 -0,17	0,70 -0,75	1,046	1,176	0,40	0,80	1,024	1,119	0,40	0,80	1,024	1,119	0,30	0,70	1,029	1,132						
T1- 5P2V2a	5	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,024	1,119	0,17 -0,20	0,68 -0,76	1,040	1,176			1,024	1,119			1,024	1,119			1,029	1,147	1,029	1,147	1,043	1,224		
T1- 5P2V2b	5	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,029	1,147	0,15 -0,18	0,68 -0,71	1,053	1,215			1,029	1,147			1,017	1,081			1,017	1,081	1,015	1,064	1,015	1,064	1,018	1,071
T1- 5P2V2c	5	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,017	1,081	0,12 -0,15	0,91 -0,96	1,035	1,103			1,036	1,201			1,036	1,201			1,015	1,064	1,015	1,064	1,033	1,177	1,033	1,177
T1- 5P2V2d	5	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,036	1,201	0,17 -0,19	0,69 -0,78	1,059	1,304			1,015	1,064			1,033	1,177			1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035
T1- 5P2V2e	5	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,015	1,064	0,13 -0,17	0,71 -0,73	1,033	1,098			1,033	1,177			1,041	1,035			1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035
T1- 5P2V2f	5	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,033	1,177	0,16 -0,17	0,64 -0,69	1,054	1,281			1,033	1,177			1,041	1,035			1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035
T1- 5P2V2g	5	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,041	1,035	0,16 -0,17	0,66 -0,72	1,069	1,071			1,041	1,035			1,041	1,035			1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035	1,041	1,035

Tabela 4.38- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 –8P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c									
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z		αv	α p	γ _z							
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)						
T1- 8P2V2	8	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,048	1,229	0,21 -0,22	0,71 -0,78	1,064	1,335	0,40	0,80	1,048	1,229	0,40	0,80	1,048	1,229	0,40	0,80	1,048	1,229						
T1- 8P2V2a	8	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,048	1,229	0,27 -0,28	0,70 -0,84	1,052	1,288			1,048	1,229			1,048	1,229			1,048	1,229	1,048	1,229	1,048	1,229		
T1- 8P2V2b	8	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,060	1,298	0,20 -0,23	0,70 -0,75	1,077	1,434			1,060	1,298			1,034	1,152			1,034	1,152	1,034	1,152	1,034	1,152	1,034	1,152
T1- 8P2V2c	8	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,034	1,152	0,17 -0,19	0,88 -0,96	1,048	1,203			1,034	1,152			1,034	1,152			1,034	1,152	1,034	1,152	1,034	1,152	1,034	1,152
T1- 8P2V2d	8	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,073	1,414	0,28 -0,31	0,72 -0,82	1,079	1,509			1,073	1,414			1,073	1,414			1,073	1,414	1,073	1,414	1,073	1,414	1,073	1,414
T1- 8P2V2e	8	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,029	1,118	0,14 -0,19	0,69 -0,74	1,053	1,198			1,029	1,118			1,029	1,118			1,029	1,118	1,029	1,118	1,029	1,118	1,029	1,118
T1- 8P2V2f	8	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,067	1,357	0,22 -0,23	0,66 -0,74	1,072	1,512			1,067	1,357			1,067	1,357			1,067	1,357	1,067	1,357	1,067	1,357	1,067	1,357
T1- 8P2V2g	8	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,082	1,063	0,19 -0,22	0,65 -0,76	1,092	1,125			1,082	1,063			1,082	1,063			1,082	1,063	1,082	1,063	1,082	1,063	1,082	1,063

Tabela 4.39- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –3P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c			
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]		Viga [cm]		Direção pilares centrais	vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z			
			90°, 270°	0°, 180°	α_v	α_p								90°, 270°	0°, 180°			α_v	α_p			90°, 270°	0°, 180°						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T2- 3P2V1	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,017	1,077	0,14 -0,17	0,71 -0,77	1,038	1,128	0,30	0,70	1,021	1,087	0,30	0,70	1,021	1,087	0,25	0,60	1,025	1,099
T2- 3P2V1a	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,017	1,077	0,16 -0,18	0,69 -0,77	1,037	1,135			1,021	1,087			1,021	1,087			1,025	1,099
T2- 3P2V1b	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,021	1,094	0,15 -0,17	0,68 -0,73	1,042	1,149			1,025	1,105			1,025	1,105			1,029	1,119
T2- 3P2V1c	3	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,013	1,054	0,12 -0,14	0,91 -0,93	1,024	1,085			1,015	1,060			1,015	1,060			1,017	1,068
T2- 3P2V1d	3	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,026	1,126	0,15 -0,16	0,70 -0,77	1,053	1,213			1,031	1,141			1,031	1,141			1,036	1,160
T2- 3P2V1e	3	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,011	1,044	0,14 -0,16	0,70 -0,75	1,025	1,085			1,013	1,049			1,013	1,049			1,015	1,056
T2- 3P2V1f	3	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,025	1,118	0,18 -0,19	0,62 -0,69	1,050	1,200			1,029	1,133			1,029	1,133			1,034	1,153
T2- 3P2V1g	3	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,030	1,027	0,14 -0,15	0,67 -0,74	1,065	1,057			1,035	1,031			1,035	1,031			1,041	1,036

Tabela 4.40- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –4P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1				P2				P3a				P3b				P3c					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]		Viga [cm]		Direção pilares centrais	vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z					
			90°, 270°	0°, 180°	α_v	α_p								90°, 270°	0°, 180°			α_v	α_p			90°, 270°	0°, 180°								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T2- 4P2V1	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,028	1,119	0,14 -0,17	0,70 -0,77	1,058	1,192	0,40	0,80	1,028	1,119	0,35	0,75	1,031	1,126	0,25	0,60	1,040	1,154		
T2- 4P2V1a	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,028	1,119	0,15 -0,18	0,68 -0,77	1,056	1,198			1,028	1,119			1,031	1,126			1,037	1,158	1,040	1,154
T2- 4P2V1b	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,034	1,148	0,15 -0,18	0,68 -0,74	1,064	1,241			1,034	1,148			1,037	1,158			1,049	1,194		
T2- 4P2V1c	4	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,020	1,081	0,11 -0,15	0,92 -0,94	1,040	1,126			1,020	1,081			1,021	1,086			1,028	1,104		
T2- 4P2V1d	4	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,041	1,195	0,15 -0,18	0,70 -0,78	1,081	1,324			1,041	1,195			1,045	1,208			1,058	1,255		
T2- 4P2V1e	4	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,017	1,066	0,14 -0,17	0,71 -0,76	1,040	1,114			1,017	1,066			1,019	1,070			1,025	1,086		
T2- 4P2V1f	4	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,038	1,183	0,19 -0,20	0,62 -0,70	1,071	1,306			1,038	1,183			1,042	1,197			1,055	1,248		
T2- 4P2V1g	4	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,047	1,041	0,14 -0,16	0,66 -0,73	1,099	1,083			1,047	1,041			1,051	1,044			1,066	1,057		

Tabela 4.41- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –5P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c													
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z											
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T2- 5P2V1	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,039	1,164	0,15-0,18	0,70-0,75	1,080	1,226	0,40	0,80	1,039	1,164	0,40	0,80	1,039	1,164	0,30	0,70	1,046	1,185		
T2- 5P2V1a	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,039	1,164	0,17-0,19	0,67-0,77	1,071	1,268			1,039	1,164			1,039	1,164			1,039	1,164	1,046	1,185
T2- 5P2V1b	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,048	1,211	0,15-0,19	0,69-0,75	1,085	1,339			1,048	1,211			1,048	1,211			1,048	1,211	1,059	1,244
T2- 5P2V1c	5	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,027	1,111	0,12-0,15	0,92-0,95	1,050	1,178			1,027	1,111			1,027	1,111			1,027	1,111	1,033	1,127
T2- 5P2V1d	5	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,057	1,277	0,18-0,21	0,69-0,78	1,101	1,345			1,057	1,277			1,057	1,277			1,057	1,277	1,069	1,320
T2- 5P2V1e	5	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,024	1,09	0,14-0,17	0,72-0,78	1,055	1,160			1,034	1,147			1,034	1,147			1,034	1,147	1,030	1,104
T2- 5P2V1f	5	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,054	1,261	0,19-0,21	0,63-0,70	1,093	1,270			1,054	1,261			1,054	1,261			1,054	1,261	1,066	1,309
T2- 5P2V1g	5	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,065	1,056	0,15-0,18	0,66-0,74	1,114	1,111			1,065	1,056			1,065	1,056			1,065	1,056	1,077	1,066

Tabela 4.42- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –8P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c													
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z											
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)		
T2- 8P2V1	8	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,074	1,327	0,23-0,27	0,71-0,77	1,110	1,465	0,40	0,80	1,074	1,327	0,40	0,80	1,074	1,327	0,40	0,80	1,074	1,327		
T2- 8P2V1a	8	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,074	1,327	0,32-0,35	0,68-0,79	1,082	1,430			1,074	1,327			1,074	1,327			1,074	1,327	1,074	1,327
T2- 8P2V1b	8	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,095	1,451	0,25-0,28	0,70-0,75	1,138	1,487			1,095	1,451			1,095	1,451			1,095	1,451	1,095	1,451
T2- 8P2V1c	8	4,00	25x60	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,051	1,211	0,16-0,22	0,91-0,95	1,088	1,245			1,051	1,211			1,051	1,211			1,051	1,211	1,051	1,211
T2- 8P2V1d	8	5,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,108	1,606	0,35-0,38	0,73-0,82	1,118	1,738			1,108	1,606			1,108	1,606			1,108	1,606	1,108	1,606
T2- 8P2V1e	8	3,00	25x60	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,046	1,169	0,16-0,23	0,70-0,75	1,103	1,240			1,046	1,169			1,046	1,169			1,046	1,169	1,046	1,169
T2- 8P2V1f	8	4,00	25x60	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,104	1,57	0,30-0,33	0,66-0,74	1,116	1,815			1,104	1,570			1,104	1,570			1,104	1,570	1,104	1,570
T2- 8P2V1g	8	4,00	25x60	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,125	1,105	0,22-0,24	0,66-0,75	1,159	1,114			1,125	1,105			1,125	1,105			1,125	1,105	1,125	1,105

Tabela 4.43- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –3P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3a		P3b		P3c									
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T2- 3P2V2	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,013	1,070	0,14-0,16	0,76-0,80	1,030	1,105	0,30	0,70	1,015	1,077	0,30	0,70	1,015	1,077	0,25	0,60	1,018	1,086
T2- 3P2V2a	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,013	1,070	0,14-0,17	0,74-0,81	1,019	1,078			1,015	1,077			1,015	1,077			1,018	1,086
T2- 3P2V2b	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,016	1,085	0,14-0,16	0,72-0,77	1,028	1,107			1,018	1,092			1,018	1,092			1,021	1,103
T2- 3P2V2c	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,009	1,049	0,12-0,15	0,95-0,96	1,018	1,063			1,011	1,053			1,011	1,053			1,012	1,059
T2- 3P2V2d	3	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,02	1,116	0,12-0,13	0,74-0,82	1,040	1,178			1,023	1,126			1,023	1,126			1,026	1,141
T2- 3P2V2e	3	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,008	1,039	0,13-0,14	0,74-0,78	1,059	1,063			1,009	1,042			1,009	1,042			1,011	1,047
T2- 3P2V2f	3	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,018	1,102	0,15-0,16	0,67-0,73	1,038	1,161			1,021	1,113			1,021	1,113			1,024	1,126
T2- 3P2V2g	3	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,023	1,021	0,15-0,16	0,72-0,78	1,047	1,042			1,026	1,024			1,026	1,024			1,030	1,027

Tabela 4.44- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –4P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3a		P3b		P3c									
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			α_v (máx-min)	α_p (máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T2- 4P2V2	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,020	1,105	0,14-0,16	0,75-0,81	1,041	1,157	0,40	0,80	1,020	1,105	0,35	0,75	1,021	1,108	0,25	0,60	1,026	1,127
T2- 4P2V2a	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,020	1,105	0,14-0,16	0,73-0,81	1,028	1,114			1,020	1,105			1,021	1,108			1,026	1,127
T2- 4P2V2b	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,024	1,130	0,14-0,17	0,72-0,77	1,041	1,159			1,024	1,130			1,025	1,134			1,032	1,158
T2- 4P2V2c	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,014	1,072	0,13-0,15	0,95-0,97	1,026	1,093			1,014	1,072			1,015	1,074			1,018	1,087
T2- 4P2V2d	4	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,029	1,176	0,12-0,14	0,74-0,82	1,057	1,267			1,029	1,176			1,031	1,181			1,039	1,214
T2- 4P2V2e	4	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,012	1,057	0,13-0,14	0,74-0,78	1,030	1,089			1,012	1,057			1,013	1,059			1,016	1,069
T2- 4P2V2f	4	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,027	1,155	0,15-0,16	0,67-0,73	1,055	1,246			1,027	1,155			1,029	1,160			1,036	1,192
T2- 4P2V2g	4	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,034	1,03	0,14-0,16	0,71-0,78	1,069	1,063			1,034	1,030			1,036	1,032			1,045	1,040

Tabela 4.45- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –5P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T2- 5P2V2	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,027	1,143	0,16-0,17	0,74-0,80	1,055	1,223	0,40	0,80	1,027	1,143	0,40	0,80	1,027	1,143	0,30	0,70	1,031	1,156
T2- 5P2V2a	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,027	1,143	0,16-0,18	0,72-0,80	1,035	1,152			1,027	1,143			1,027	1,143			1,031	1,156
T2- 5P2V2b	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,033	1,182	0,16-0,17	0,72-0,77	1,050	1,283			1,033	1,182			1,033	1,182			1,038	1,199
T2- 5P2V2c	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,019	1,097	0,14-0,16	0,94-0,97	1,034	1,167			1,019	1,097			1,019	1,097			1,022	1,106
T2- 5P2V2d	5	5,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,04	1,245	0,15-0,16	0,71-0,82	1,071	1,369			1,040	1,245			1,040	1,245			1,046	1,268
T2- 5P2V2e	5	3,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,016	1,077	0,13-0,16	0,74-0,78	1,041	1,123			1,016	1,077			1,016	1,077			1,019	1,084
T2- 5P2V2f	5	4,00	25x60	20x55	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,037	1,215	0,15-0,17	0,66-0,73	1,070	1,215			1,037	1,215			1,037	1,215			1,042	1,238
T2- 5P2V2g	5	4,00	25x60	20x55	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,046	1,041	0,15-0,17	0,71-0,78	1,085	1,102			1,046	1,041			1,046	1,041			1,053	1,047

Tabela 4.46- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T2 –8P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2		P3a		P3b		P3c											
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z		α_v	α_p	γ_z									
												90°, 270°	0°, 180°			(máx-min)	(máx-min)			90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
T2- 8P2V2	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,40	0,80	1,049	1,275	0,19-0,20	0,72-0,81	1,083	1,396	0,40	0,80	1,049	1,275	0,40	0,80	1,049	1,275	0,40	0,80	1,049	1,275
T2- 8P2V2a	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,049	1,275	0,25-0,27	0,71-0,84	1,041	1,319			1,049	1,275			1,049	1,275			1,049	1,275
T2- 8P2V2b	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,063	1,381	0,19-0,21	0,71-0,77	1,082	1,418			1,063	1,381			1,063	1,381			1,063	1,381
T2- 8P2V2c	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,035	1,184	0,15-0,16	0,92-0,96	1,064	1,245			1,035	1,184			1,035	1,184			1,035	1,184
T2- 8P2V2d	8	5,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,075	1,525	0,26-0,28	0,73-0,85	1,087	1,852			1,075	1,525			1,075	1,525			1,075	1,525
T2- 8P2V2e	8	3,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,03	1,142	0,13-0,17	0,73-0,78	1,067	1,229			1,030	1,142			1,030	1,142			1,030	1,142
T2- 8P2V2f	8	4,00	25x60	20x55	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,069	1,449	0,21-0,22	0,69-0,74	1,087	1,687			1,069	1,449			1,069	1,449			1,069	1,449
T2- 8P2V2g	8	4,00	25x60	20x55	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,087	1,074	0,17-0,19	0,69-0,77	1,120	1,100			1,087	1,074			1,087	1,074			1,087	1,074

Nas tabelas anteriores estão destacados os valores de γ_z maiores que 1,3, limite imposto na NBR 6118:2007 e também aqueles maiores que 1,2, proposto neste trabalho. Para avaliar o comportamento do γ_z foram montadas as tabelas onde estão apresentadas as comparações entre o $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2 e o γ_z do Processamento 3. O erro embutido no γ_z pela simplificação da não-linearidade física deve gerar as diferenças entre os resultados provenientes dos dois processamentos.

Os exemplos nas tabelas a seguir foram agrupados por quantidade de pavimentos, pois as propostas sugerem uma tendência de comportamento de acordo com o número de andares. Os casos que não tiveram dimensionamento nos Processamentos 1 ou 2 foram retirados das tabelas.

Tabela 4.47- Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 43c, 3 pavimentos

Exemplo (1)	P2		P3a		P3b		P3c		P3a/P2		P3b/P2		P3c/P2	
	γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z	
	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
T1- 3P1V1	1,08	1,24	1,05	1,17	1,05	1,17	1,06	1,19	0,97	0,94	0,97	0,94	0,97	0,96
T1- 3P1V1a	1,08	1,12	1,05	1,17	1,05	1,17	1,06	1,19	0,97	1,04	0,97	1,04	0,98	1,06
T1- 3P1V1b	1,09	1,29	1,06	1,20	1,06	1,20	1,07	1,23	0,97	0,93	0,97	0,93	0,98	0,95
T1- 3P1V1c	1,06	1,14	1,03	1,11	1,03	1,11	1,04	1,13	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
T1- 3P1V1d	1,11	1,40	1,07	1,29	1,07	1,29	1,09	1,33	0,96	0,92	0,96	0,92	0,97	0,95
T1- 3P1V1e	1,05	1,14	1,03	1,09	1,03	1,09	1,03	1,10	0,98	0,95	0,98	0,95	0,99	0,97
T1- 3P1V1f	1,11	1,37	1,07	1,26	1,07	1,26	1,08	1,30	0,96	0,92	0,96	0,92	0,97	0,95
T1- 3P1V1g	1,13	1,10	1,08	1,07	1,08	1,07	1,09	1,08	0,96	0,97	0,96	0,97	0,97	0,98
T1- 3P2V1	1,04	1,11	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,09	0,99	0,96	0,99	0,96	0,99	0,97
T1- 3P2V1a	1,04	1,06	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,09	0,98	1,02	0,98	1,02	0,99	1,03
T1- 3P2V1b	1,04	1,13	1,02	1,09	1,02	1,09	1,03	1,10	0,99	0,96	0,99	0,96	0,99	0,97
T1- 3P2V1c	1,02	1,07	1,01	1,05	1,01	1,05	1,02	1,06	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
T1- 3P2V1d	1,05	1,17	1,03	1,12	1,03	1,12	1,03	1,14	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98	0,97
T1- 3P2V1e	1,02	1,07	1,01	1,04	1,01	1,04	1,01	1,05	0,99	0,97	0,99	0,97	0,99	0,98
T1- 3P2V1f	1,04	1,18	1,03	1,11	1,03	1,11	1,03	1,13	0,98	0,94	0,98	0,94	0,99	0,96
T1- 3P2V1g	1,07	1,05	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,03	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98
T1- 3P1V2	1,06	1,20	1,04	1,16	1,04	1,16	1,04	1,18	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98
T1- 3P1V2a	1,06	1,11	1,04	1,16	1,04	1,16	1,04	1,18	0,98	1,05	0,98	1,05	0,98	1,07
T1- 3P1V2b	1,07	1,25	1,05	1,19	1,05	1,19	1,05	1,22	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,97
T1- 3P1V2c	1,04	1,11	1,03	1,11	1,03	1,11	1,03	1,12	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	1,01
T1- 3P1V2d	1,09	1,34	1,06	1,27	1,06	1,27	1,07	1,31	0,97	0,95	0,97	0,95	0,98	0,97
T1- 3P1V2e	1,04	1,11	1,02	1,08	1,02	1,08	1,03	1,09	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
T1- 3P1V2f	1,08	1,32	1,06	1,24	1,06	1,24	1,06	1,27	0,97	0,94	0,97	0,94	0,98	0,96
T1- 3P1V2g	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	0,96	0,98	0,96	0,98	0,97	0,98
T1- 3P2V2	1,03	1,09	1,01	1,07	1,01	1,07	1,02	1,07	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
T1- 3P2V2a	1,03	1,05	1,01	1,07	1,01	1,07	1,02	1,07	0,99	1,02	0,99	1,02	0,99	1,02
T1- 3P2V2b	1,03	1,10	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,09	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98
T1- 3P2V2c	1,02	1,05	1,01	1,05	1,01	1,05	1,01	1,05	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
T1- 3P2V2d	1,04	1,14	1,02	1,11	1,02	1,11	1,02	1,12	0,98	0,97	0,98	0,97	0,99	0,98
T1- 3P2V2e	1,02	1,06	1,01	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
T1- 3P2V2f	1,03	1,14	1,02	1,10	1,02	1,10	1,02	1,11	0,99	0,96	0,99	0,96	0,99	0,97
T1- 3P2V2g	1,05	1,04	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,02	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99
T2- 3P2V1	1,04	1,13	1,02	1,09	1,02	1,09	1,03	1,10	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97
T2- 3P2V1a	1,04	1,14	1,02	1,09	1,02	1,09	1,03	1,10	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97
T2- 3P2V1b	1,04	1,15	1,03	1,11	1,03	1,11	1,03	1,12	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97
T2- 3P2V1c	1,02	1,08	1,02	1,06	1,02	1,06	1,02	1,07	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98
T2- 3P2V1d	1,05	1,21	1,03	1,14	1,03	1,14	1,04	1,16	0,98	0,94	0,98	0,94	0,98	0,96
T2- 3P2V1e	1,03	1,09	1,01	1,05	1,01	1,05	1,02	1,06	0,99	0,97	0,99	0,97	0,99	0,97
T2- 3P2V1f	1,05	1,20	1,03	1,13	1,03	1,13	1,03	1,15	0,98	0,94	0,98	0,94	0,98	0,96
T2- 3P2V1g	1,06	1,06	1,04	1,03	1,04	1,03	1,04	1,04	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98
T2- 3P2V2	1,03	1,11	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,09	0,99	0,97	0,99	0,97	0,99	0,98
T2- 3P2V2a	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
T2- 3P2V2b	1,03	1,11	1,02	1,09	1,02	1,09	1,02	1,10	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
T2- 3P2V2c	1,02	1,06	1,01	1,05	1,01	1,05	1,01	1,06	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
T2- 3P2V2d	1,04	1,18	1,02	1,13	1,02	1,13	1,03	1,14	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97
T2- 3P2V2e	1,06	1,06	1,01	1,04	1,01	1,04	1,01	1,05	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98
T2- 3P2V2f	1,04	1,16	1,02	1,11	1,02	1,11	1,02	1,13	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97

Tabela 4.48- Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 3c, 4 pavimentos

Exemplo (1)	P2		P3a		P3b		P3c		P3a/P2		P3b/P2		P3c/P2	
	γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z	
	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
T1- 4P1V1	1,11	1,34	1,06	1,22	1,07	1,24	1,08	1,29	0,96	0,91	0,96	0,92	0,98	0,96
T1- 4P1V1a	1,08	1,32	1,06	1,22	1,07	1,24	1,08	1,29	0,98	0,93	0,98	0,94	1,00	0,98
T1- 4P1V1b	1,12	1,43	1,07	1,28	1,08	1,30	1,10	1,38	0,96	0,90	0,97	0,91	0,99	0,96
T1- 4P1V1c	1,08	1,21	1,04	1,15	1,05	1,16	1,06	1,19	0,97	0,95	0,97	0,96	0,98	0,99
T1- 4P1V1e	1,07	1,20	1,04	1,12	1,04	1,12	1,05	1,15	0,97	0,93	0,97	0,94	0,98	0,96
T1- 4P1V1g	1,15	1,15	1,10	1,09	1,11	1,09	1,14	1,11	0,96	0,94	0,96	0,95	0,99	0,97
T1- 4P2V1	1,05	1,17	1,03	1,10	1,03	1,11	1,04	1,13	0,97	0,94	0,98	0,95	0,98	0,97
T1- 4P2V1a	1,05	1,17	1,03	1,10	1,03	1,11	1,04	1,13	0,98	0,94	0,98	0,94	0,99	0,96
T1- 4P2V1b	1,06	1,20	1,03	1,12	1,03	1,13	1,04	1,16	0,98	0,93	0,98	0,94	0,99	0,96
T1- 4P2V1c	1,04	1,11	1,02	1,07	1,02	1,07	1,03	1,09	0,98	0,97	0,98	0,97	0,99	0,98
T1- 4P2V1d	1,07	1,26	1,04	1,16	1,04	1,18	1,05	1,21	0,97	0,92	0,98	0,93	0,99	0,96
T1- 4P2V1e	1,03	1,11	1,02	1,06	1,02	1,06	1,02	1,07	0,98	0,95	0,98	0,96	0,99	0,97
T1- 4P2V1f	1,06	1,27	1,04	1,15	1,04	1,16	1,05	1,21	0,97	0,91	0,98	0,92	0,99	0,95
T1- 4P2V1g	1,08	1,07	1,04	1,04	1,05	1,04	1,06	1,05	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
T1- 4P1V2	1,09	1,30	1,05	1,21	1,05	1,22	1,06	1,27	0,97	0,93	0,97	0,94	0,98	0,98
T1- 4P1V2a	1,08	1,28	1,05	1,21	1,05	1,22	1,06	1,27	0,97	0,94	0,98	0,95	0,99	0,99
T1- 4P1V2b	1,10	1,38	1,06	1,27	1,06	1,28	1,08	1,34	0,97	0,92	0,97	0,93	0,98	0,97
T1- 4P1V2c	1,06	1,16	1,04	1,14	1,04	1,15	1,05	1,17	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98	1,01
T1- 4P1V2d	1,12	1,51	1,08	1,38	1,08	1,40	1,10	1,49	0,97	0,91	0,97	0,92	0,99	0,98
T1- 4P1V2e	1,05	1,16	1,04	1,15	1,03	1,11	1,04	1,14	0,98	0,99	0,98	0,96	0,98	0,98
T1- 4P1V2g	1,12	1,12	1,08	1,07	1,09	1,08	1,11	1,10	0,96	0,96	0,97	0,96	0,98	0,98
T1- 4P2V2	1,04	1,13	1,02	1,09	1,02	1,09	1,02	1,11	0,98	0,96	0,98	0,97	0,99	0,98
T1- 4P2V2a	1,04	1,13	1,02	1,09	1,02	1,09	1,02	1,11	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,98
T1- 4P2V2b	1,04	1,16	1,02	1,11	1,02	1,11	1,03	1,13	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,98
T1- 4P2V2c	1,03	1,08	1,01	1,06	1,01	1,06	1,02	1,07	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
T1- 4P2V2d	1,05	1,22	1,03	1,15	1,03	1,15	1,04	1,18	0,98	0,94	0,98	0,95	0,99	0,97
T1- 4P2V2e	1,03	1,08	1,01	1,05	1,01	1,05	1,02	1,06	0,99	0,97	0,99	0,98	0,99	0,98
T1- 4P2V2f	1,05	1,21	1,02	1,13	1,03	1,14	1,03	1,16	0,98	0,93	0,98	0,94	0,99	0,96
T1- 4P2V2g	1,06	1,05	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
T2- 4P2V1	1,06	1,19	1,03	1,12	1,03	1,13	1,04	1,15	0,97	0,94	0,97	0,94	0,98	0,97
T2- 4P2V1a	1,06	1,20	1,03	1,12	1,03	1,13	1,04	1,15	0,97	0,93	0,98	0,94	0,99	0,96
T2- 4P2V1b	1,06	1,24	1,03	1,15	1,04	1,16	1,05	1,19	0,97	0,93	0,97	0,93	0,99	0,96
T1- 4P2V1c	1,04	1,13	1,02	1,08	1,02	1,09	1,03	1,10	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,98
T1- 4P2V1d	1,08	1,32	1,04	1,20	1,05	1,21	1,06	1,26	0,96	0,90	0,97	0,91	0,98	0,95
T1- 4P2V1e	1,04	1,11	1,02	1,07	1,02	1,07	1,03	1,09	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97
T1- 4P2V1f	1,07	1,31	1,04	1,18	1,04	1,20	1,06	1,25	0,97	0,91	0,97	0,92	0,99	0,96
T1- 4P2V1g	1,10	1,08	1,05	1,04	1,05	1,04	1,07	1,06	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,98
T2- 4P2V2	1,04	1,16	1,02	1,11	1,02	1,11	1,03	1,13	0,98	0,96	0,98	0,96	0,99	0,97
T2- 4P2V2a	1,03	1,11	1,02	1,11	1,02	1,11	1,03	1,13	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,01
T2- 4P2V2b	1,04	1,16	1,02	1,13	1,03	1,13	1,03	1,16	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00
T2- 4P2V2c	1,03	1,09	1,01	1,07	1,02	1,07	1,02	1,09	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99
T2- 4P2V2d	1,06	1,27	1,03	1,18	1,03	1,18	1,04	1,21	0,97	0,93	0,98	0,93	0,98	0,96
T2- 4P2V2e	1,03	1,09	1,01	1,06	1,01	1,06	1,02	1,07	0,98	0,97	0,98	0,97	0,99	0,98
T2- 4P2V2f	1,05	1,25	1,03	1,16	1,03	1,16	1,04	1,19	0,97	0,93	0,98	0,93	0,98	0,96

Tabela 4.49 - Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 3c, 5 pavimentos

Exemplo (1)	P2		P3a		P3b		P3c		P3a/P2		P3b/P2		P3c/P2	
	γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z	
	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°	90°, 270°	0°, 180°
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
T1- 5P1V1	1,12	1,46	1,08	1,31	1,08	1,31	1,10	1,36	0,97	0,90	0,97	0,90	0,98	0,93
T1- 5P1V1c	1,09	1,28	1,06	1,20	1,06	1,20	1,07	1,23	0,97	0,94	0,97	0,94	0,98	0,96
T1- 5P1V1e	1,09	1,26	1,05	1,16	1,05	1,16	1,06	1,18	0,96	0,92	0,96	0,92	0,97	0,93
T1- 5P2V1	1,07	1,24	1,04	1,14	1,04	1,14	1,04	1,16	0,97	0,92	0,97	0,92	0,98	0,93
T1- 5P2V1a	1,05	1,22	1,04	1,14	1,04	1,14	1,04	1,16	0,99	0,93	0,99	0,93	0,99	0,95
T1- 5P2V1b	1,07	1,28	1,04	1,17	1,04	1,17	1,05	1,20	0,97	0,92	0,97	0,92	0,98	0,94
T1- 5P2V1c	1,05	1,15	1,03	1,09	1,03	1,09	1,03	1,11	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,96
T1- 5P2V1d	1,07	1,36	1,05	1,23	1,05	1,23	1,06	1,26	0,98	0,90	0,98	0,90	0,99	0,93
T1- 5P2V1e	1,05	1,13	1,02	1,08	1,02	1,08	1,03	1,09	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,96
T1- 5P2V1f	1,07	1,35	1,05	1,22	1,05	1,22	1,06	1,25	0,98	0,90	0,98	0,90	0,99	0,93
T1- 5P2V1g	1,09	1,10	1,06	1,05	1,06	1,05	1,07	1,06	0,97	0,95	0,97	0,95	0,99	0,96
T1- 5P1V2	1,10	1,39	1,07	1,29	1,07	1,29	1,08	1,33	0,97	0,93	0,97	0,93	0,98	0,96
T1- 5P1V2c	1,07	1,21	1,05	1,19	1,05	1,19	1,05	1,21	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98	1,00
T1- 5P1V2e	1,07	1,21	1,04	1,15	1,04	1,15	1,04	1,16	0,97	0,95	0,97	0,95	0,98	0,96
T1- 5P2V2	1,05	1,18	1,02	1,12	1,02	1,12	1,03	1,13	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,96
T1- 5P2V2a	1,04	1,18	1,02	1,12	1,02	1,12	1,03	1,13	0,98	0,95	0,98	0,95	0,99	0,96
T1- 5P2V2b	1,05	1,21	1,03	1,15	1,03	1,15	1,04	1,16	0,98	0,94	0,98	0,94	0,98	0,96
T1- 5P2V2c	1,03	1,10	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,09	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
T1- 5P2V2d	1,06	1,30	1,04	1,20	1,04	1,20	1,04	1,22	0,98	0,92	0,98	0,92	0,98	0,94
T1- 5P2V2e	1,03	1,10	1,02	1,06	1,02	1,06	1,02	1,07	0,98	0,97	0,98	0,97	0,99	0,98
T1- 5P2V2f	1,05	1,28	1,03	1,18	1,03	1,18	1,04	1,20	0,98	0,92	0,98	0,92	0,99	0,94
T1- 5P2V2g	1,07	1,07	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,04	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97
T2- 5P2V1	1,08	1,23	1,04	1,16	1,04	1,16	1,05	1,19	0,96	0,95	0,96	0,95	0,97	0,97
T2- 5P2V1a	1,07	1,27	1,04	1,16	1,04	1,16	1,05	1,19	0,97	0,92	0,97	0,92	0,98	0,93
T2- 5P2V1b	1,08	1,34	1,05	1,21	1,05	1,21	1,06	1,24	0,97	0,90	0,97	0,90	0,98	0,93
T2- 5P2V1c	1,05	1,18	1,03	1,11	1,03	1,11	1,03	1,13	0,98	0,94	0,98	0,94	0,98	0,96
T2- 5P2V1d	1,10	1,35	1,06	1,28	1,06	1,28	1,07	1,32	0,96	0,95	0,96	0,95	0,97	0,98
T2- 5P2V1e	1,05	1,16	1,03	1,15	1,03	1,15	1,03	1,10	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,95
T2- 5P2V1f	1,09	1,27	1,05	1,26	1,05	1,26	1,07	1,31	0,96	0,99	0,96	0,99	0,98	1,03
T2- 5P2V1g	1,11	1,11	1,07	1,06	1,07	1,06	1,08	1,07	0,96	0,95	0,96	0,95	0,97	0,96
T2- 5P2V2	1,06	1,22	1,03	1,14	1,03	1,14	1,03	1,16	0,97	0,93	0,97	0,93	0,98	0,95
T2- 5P2V2a	1,04	1,15	1,03	1,14	1,03	1,14	1,03	1,16	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
T2- 5P2V2b	1,05	1,28	1,03	1,18	1,03	1,18	1,04	1,20	0,98	0,92	0,98	0,92	0,99	0,93
T2- 5P2V2c	1,03	1,17	1,02	1,10	1,02	1,10	1,02	1,11	0,99	0,94	0,99	0,94	0,99	0,95
T2- 5P2V2d	1,07	1,37	1,04	1,25	1,04	1,25	1,05	1,27	0,97	0,91	0,97	0,91	0,98	0,93
T2- 5P2V2e	1,04	1,12	1,02	1,08	1,02	1,08	1,02	1,08	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98	0,96
T2- 5P2V2f	1,07	1,22	1,04	1,22	1,04	1,22	1,04	1,24	0,97	1,00	0,97	1,00	0,97	1,02

Tabela 4.50- Comparação entre os resultados de γ_z do Processamento 2 e de 3a, 3b e 3c, 8 pavimentos

Exemplo (1)	P2		P3a		P3b		P3c		P3a/P2		P3b/P2		P3c/P2	
	γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z		γ_z	
	90°, 270° (2)	0°, 180° (3)	90°, 270° (4)	0°, 180° (5)	90°, 270° (6)	0°, 180° (7)	90°, 270° (8)	0°, 180° (9)	90°, 270° (10)	0°, 180° (11)	90°, 270° (12)	0°, 180° (13)	90°, 270° (14)	0°, 180° (15)
T1- 8P2V1b	1,10	1,53	1,09	1,36	1,09	1,36	1,09	1,36	1,00	0,89	1,00	0,89	1,00	0,89
T1- 8P2V1c	1,07	1,27	1,05	1,18	1,05	1,18	1,05	1,18	0,99	0,92	0,99	0,92	0,99	0,92
T1- 8P2V1e	1,07	1,27	1,05	1,14	1,05	1,14	1,05	1,14	0,97	0,90	0,97	0,90	0,97	0,90
T1- 8P2V2	1,06	1,33	1,05	1,23	1,05	1,23	1,05	1,23	0,98	0,92	0,98	0,92	0,98	0,92
T1- 8P2V2a	1,05	1,29	1,05	1,23	1,05	1,23	1,05	1,23	1,00	0,95	1,00	0,95	1,00	0,95
T1- 8P2V2b	1,08	1,43	1,06	1,30	1,06	1,30	1,06	1,30	0,98	0,91	0,98	0,91	0,98	0,91
T1- 8P2V2c	1,05	1,20	1,03	1,15	1,03	1,15	1,03	1,15	0,99	0,96	0,99	0,96	0,99	0,96
T1- 8P2V2d	1,08	1,51	1,07	1,41	1,07	1,41	1,07	1,41	0,99	0,94	0,99	0,94	0,99	0,94
T1- 8P2V2e	1,05	1,20	1,03	1,12	1,03	1,12	1,03	1,12	0,98	0,93	0,98	0,93	0,98	0,93
T1- 8P2V2f	1,07	1,51	1,07	1,36	1,07	1,36	1,07	1,36	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90
T1- 8P2V2g	1,09	1,13	1,08	1,06	1,08	1,06	1,08	1,06	0,99	0,94	0,99	0,94	0,99	0,94
T2- 8P2V1	1,11	1,47	1,07	1,33	1,07	1,33	1,07	1,33	0,97	0,91	0,97	0,91	0,97	0,91
T2- 8P2V1a	1,08	1,43	1,07	1,33	1,07	1,33	1,07	1,33	0,99	0,93	0,99	0,93	0,99	0,93
T2- 8P2V1b	1,14	1,49	1,10	1,45	1,10	1,45	1,10	1,45	0,96	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98
T2- 8P2V1c	1,09	1,25	1,05	1,21	1,05	1,21	1,05	1,21	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
T2- 8P2V1d	1,12	1,74	1,11	1,61	1,11	1,61	1,11	1,61	0,99	0,92	0,99	0,92	0,99	0,92
T2- 8P2V1e	1,10	1,24	1,05	1,17	1,05	1,17	1,05	1,17	0,95	0,94	0,95	0,94	0,95	0,94
T2- 8P2V1f	1,12	1,81	1,10	1,57	1,10	1,57	1,10	1,57	0,99	0,87	0,99	0,87	0,99	0,87
T2- 8P2V1g	1,16	1,11	1,13	1,11	1,13	1,11	1,13	1,11	0,97	0,99	0,97	0,99	0,97	0,99
T2- 8P2V2	1,08	1,40	1,05	1,28	1,05	1,28	1,05	1,28	0,97	0,91	0,97	0,91	0,97	0,91
T2- 8P2V2a	1,04	1,32	1,05	1,28	1,05	1,28	1,05	1,28	1,01	0,97	1,01	0,97	1,01	0,97
T2- 8P2V2b	1,08	1,42	1,06	1,38	1,06	1,38	1,06	1,38	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97
T2- 8P2V2c	1,06	1,24	1,04	1,18	1,04	1,18	1,04	1,18	0,97	0,95	0,97	0,95	0,97	0,95
T2- 8P2V2d	1,09	1,85	1,08	1,53	1,08	1,53	1,08	1,53	0,99	0,82	0,99	0,82	0,99	0,82
T2- 8P2V2e	1,07	1,23	1,03	1,14	1,03	1,14	1,03	1,14	0,96	0,93	0,96	0,93	0,96	0,93
T2- 8P2V2f	1,09	1,69	1,07	1,45	1,07	1,45	1,07	1,45	0,98	0,86	0,98	0,86	0,98	0,86

A partir das tabelas Tabela 4.47 a Tabela 4.50 foram montados gráficos que relacionam o valor determinado para γ_z (colunas 4, 5, 6, 7, 8 e 9) em cada proposta com o erro do Processamento 3 em relação ao Processamento 2 (colunas 10,11, 12, 13, 14 e 15). Estes gráficos estão apresentados nas figuras Figura 4.12 a Figura 4.14.

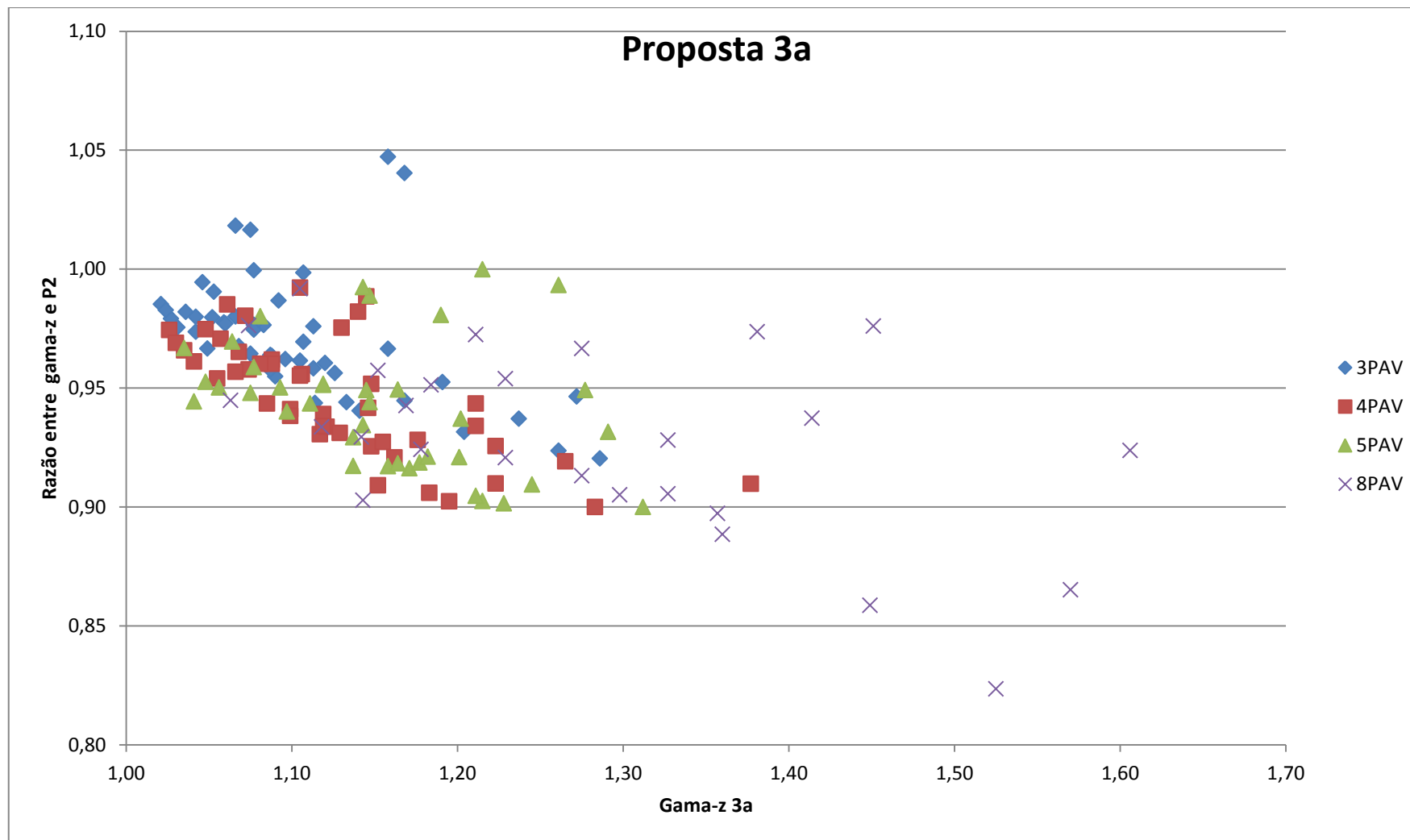


Figura 4.12- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3a e o erro calculado em relação a $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2

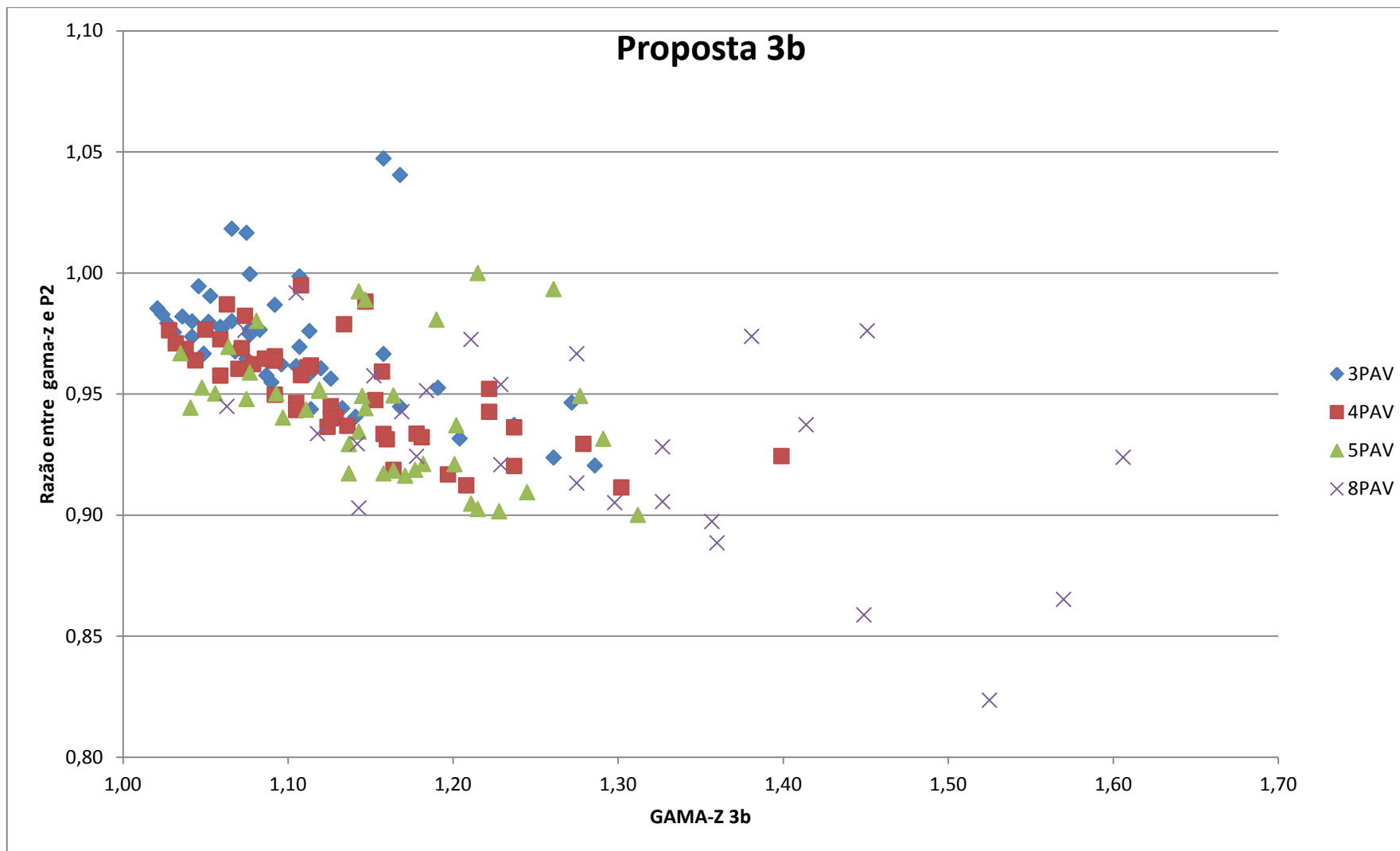


Figura 4.13- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3b e o erro calculado em relação a $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2

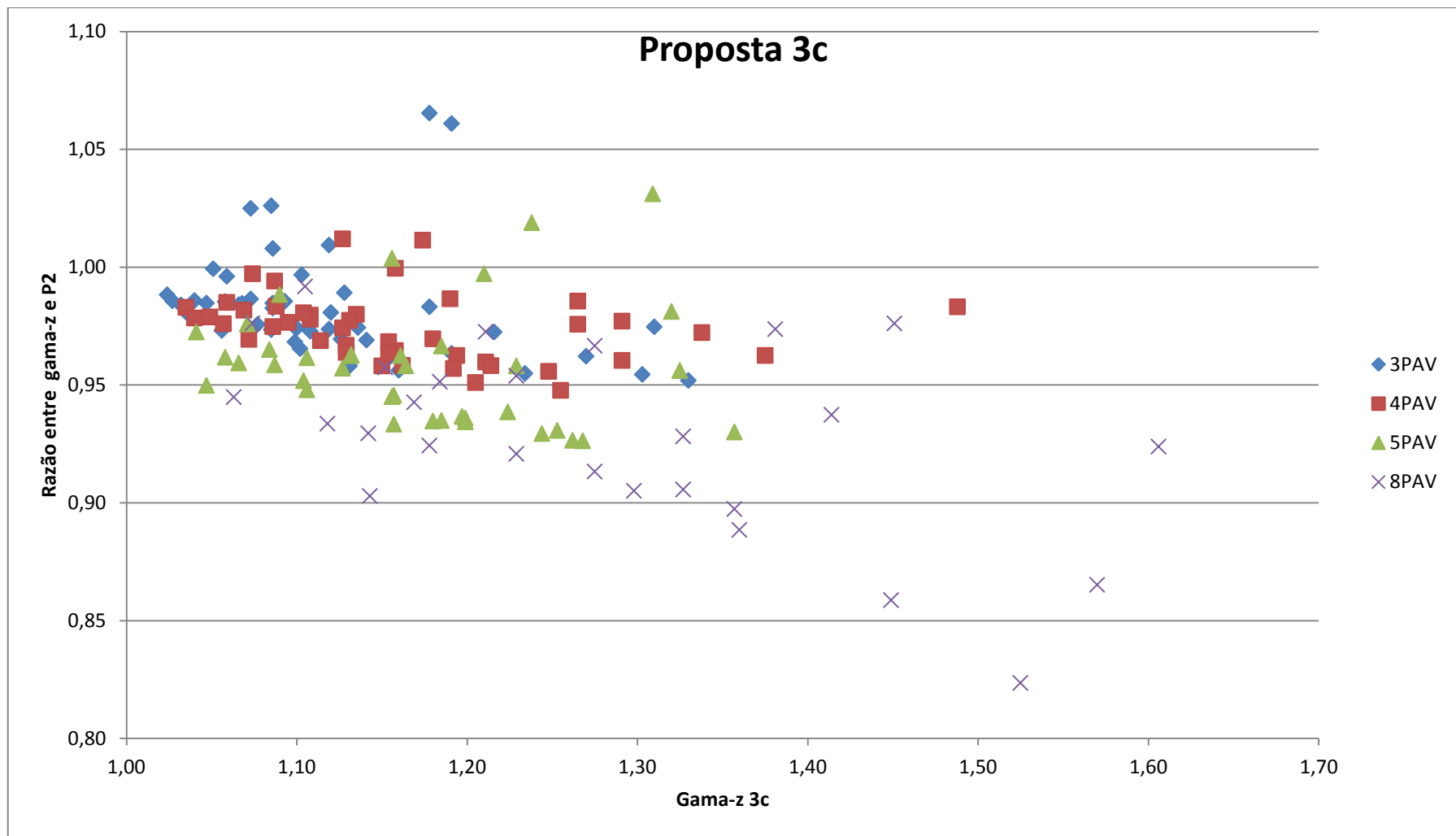


Figura 4.14- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3c e o erro calculado em relação a $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2

Os resultados das tabelas anteriores também estão representados graficamente comparando $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2 e γ_z da proposta 3c nas figuras a seguir. Quanto mais parecidos estes dois valores forem para o mesmo edifício, mais próximos da linha central estarão os pontos.

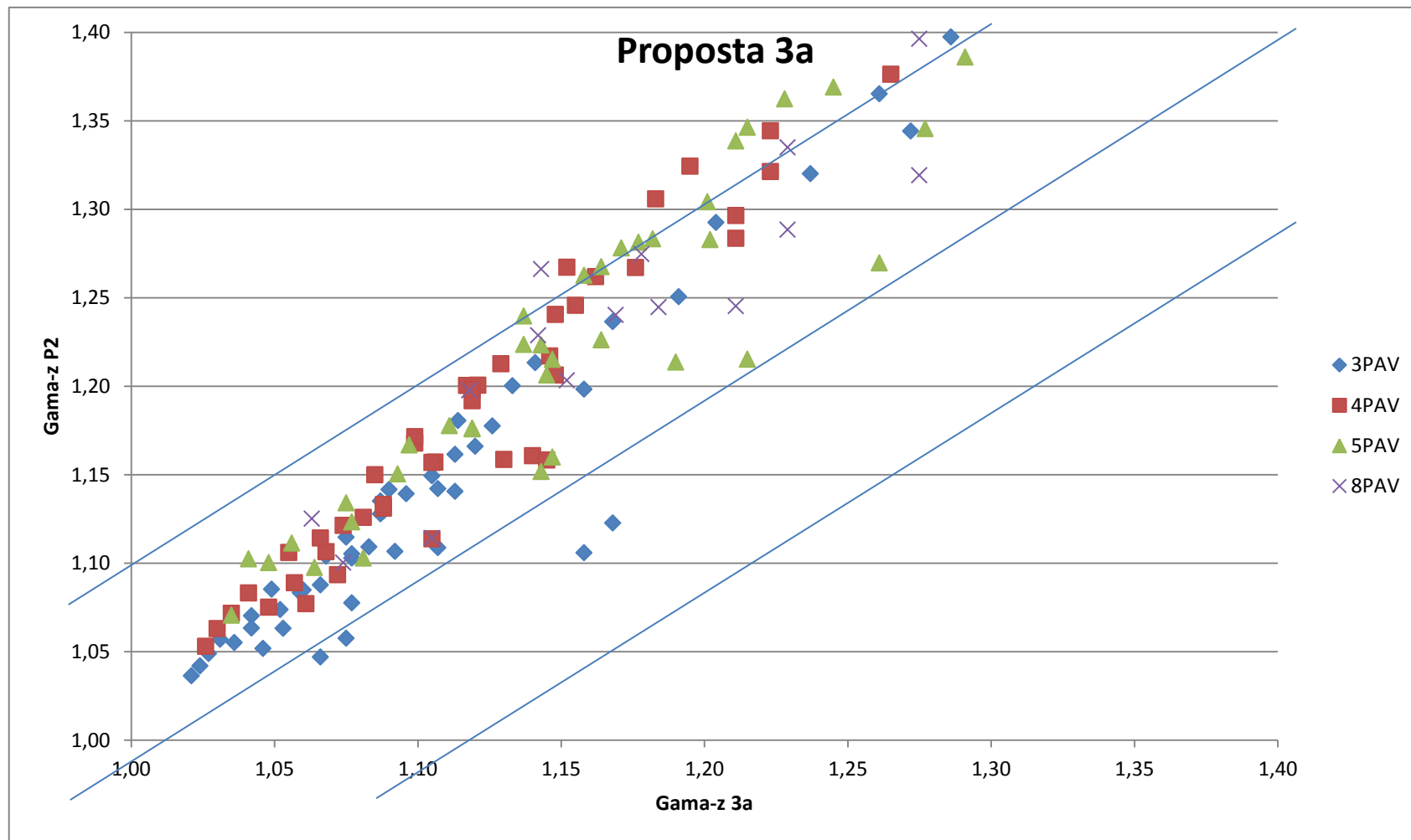


Figura 4.15- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3a e $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2

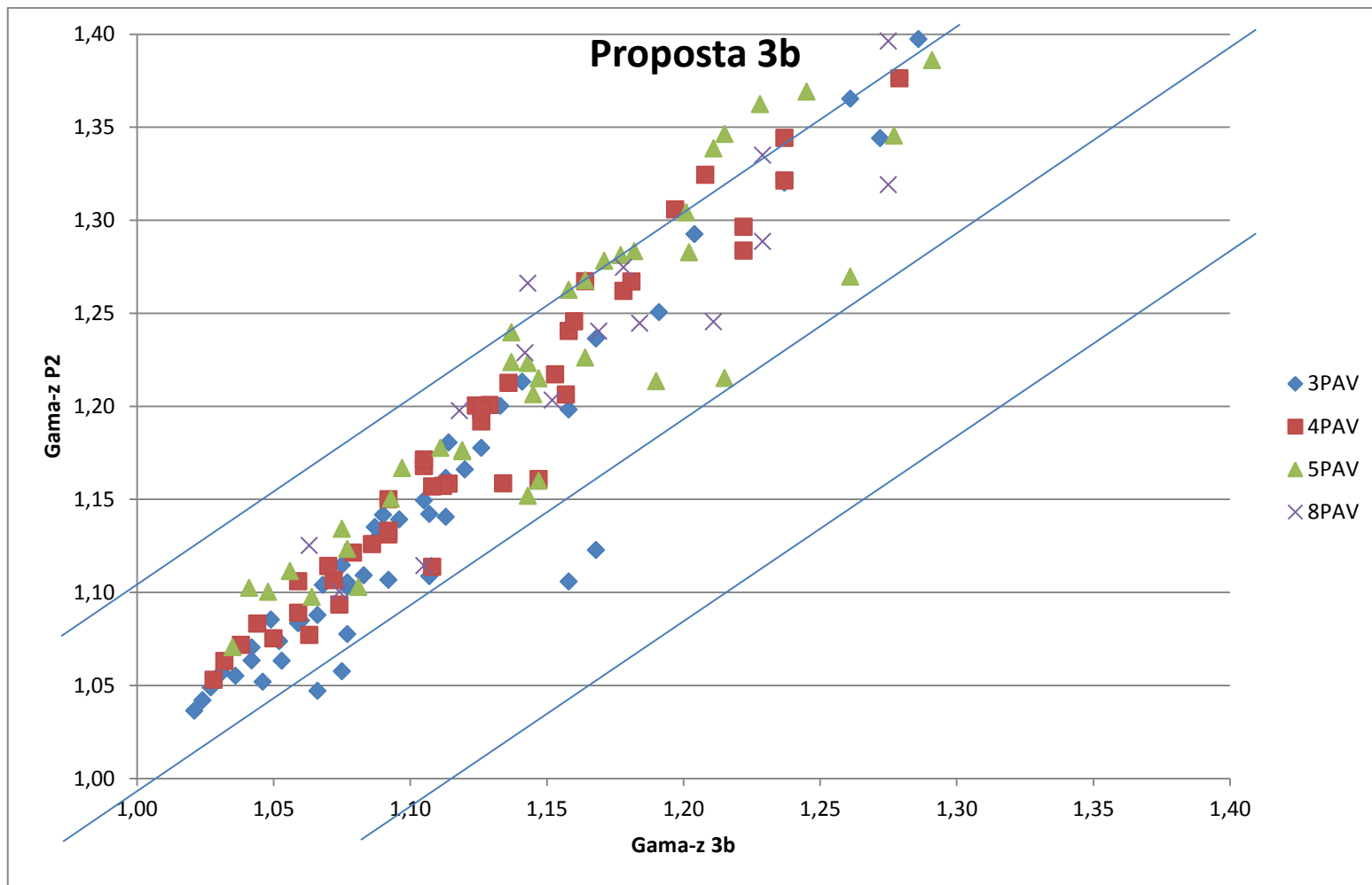


Figura 4.16- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3b e $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2

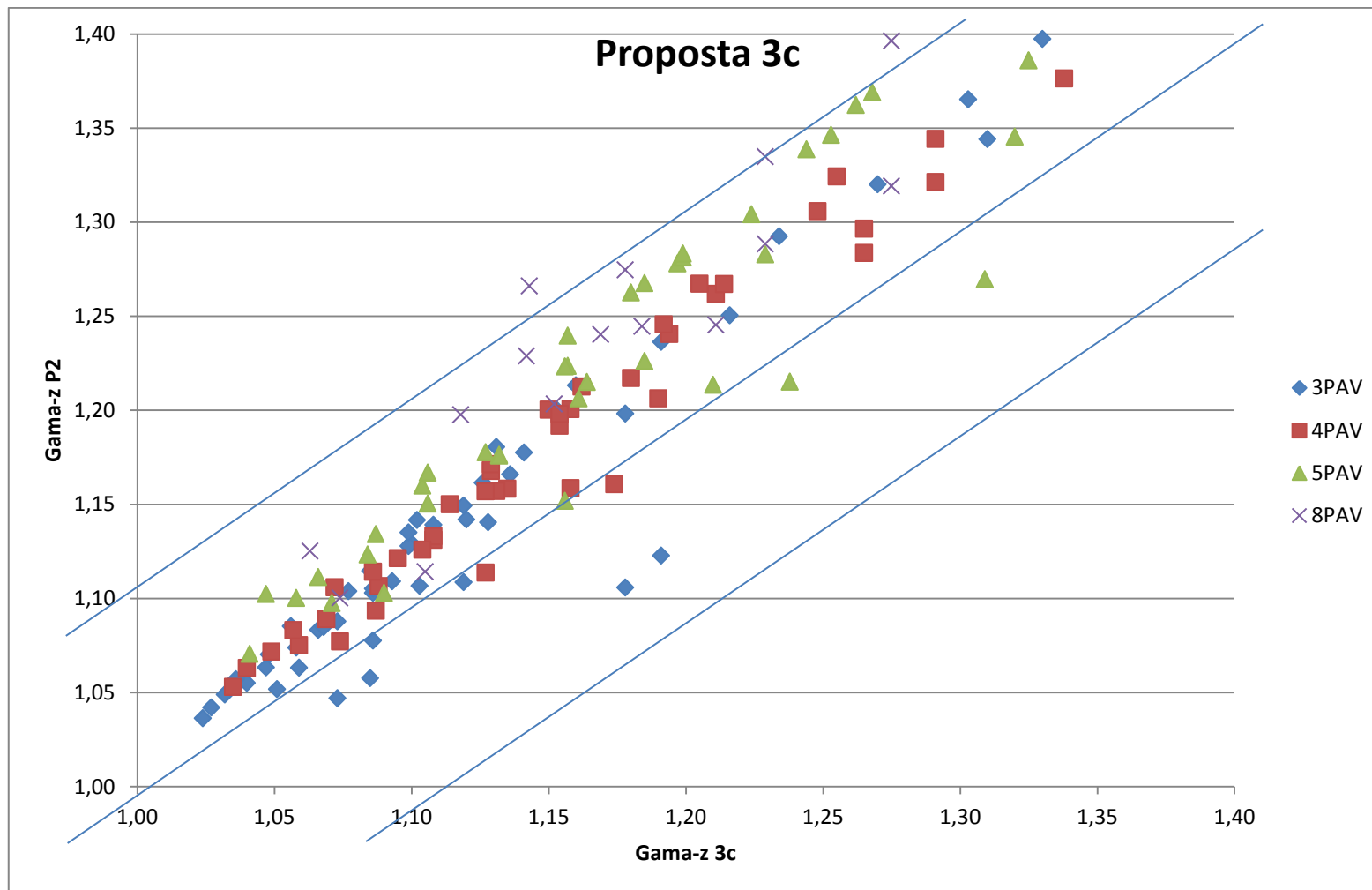


Figura 4.17- Gráfico da relação entre o γ_z da proposta 3c e $\gamma_{z,P-\Delta}$ do Processamento 2

Os resultados apresentados nas tabelas Tabela 4.47 e Tabela 4.50 indicam que nas três propostas 3a, 3b e 3c considerando $\gamma_z \leq 1,3$ não foram determinados erros maiores do que 10%, correspondente a valores menores do que 0,90 nos gráficos das figuras Figura 4.12 a Figura 4.14. Dentre as hipóteses testadas, 3c é aquela que apresenta os melhores resultados com menores erros entre $\gamma_{z,P-\Delta}$ e γ_z , porém a hipótese 3a também apresenta resultados satisfatórios e mantém a indicação da NBR 6118:2007 de $\alpha_v = 0,4$ e $\alpha_p = 0,8$ para 4 ou mais pavimentos e sugere valores para menor número de andares, podendo estender a utilização de γ_z até 1,3 e não como o valor sugerido inicialmente na proposta de 1,2.

É importante notar que pelos resultados encontrados o erro embutido no uso da hipótese 3a é de 10%. Dessa forma ao utilizar o coeficiente γ_z como majorador de esforços na análise simplificada de segunda ordem global calculado a partir destes valores de α_v e α_p , deve-se utilizar o valor integral de γ_z e não $0,95\gamma_z$ como indica a NBR 6118:2007 atualmente. Além disso a condição para classificar em nós fixos ou móveis que leva a considerar ou desprezar os efeitos de segunda ordem deve passar a utilizar o limite $\gamma_z > 1,05$, pois os novos resultados baseados nesta forma de analisar apresentam menor margem de segurança.

Como não foram estudados edifícios com mais de 8 pavimentos, a aplicação desta proposta será estendida apenas até 10 pavimentos, pois não foi avaliado o erro embutido para maior número de andares. A partir de 10 as indicações da norma continuam as mesmas.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo da consideração da não-linearidade física na análise global de estruturas de concreto armado é um tema que possui uma linha de pesquisas que se complementam e compõem atualmente os códigos e normas utilizados na engenharia de vários países. No entanto estudos nessa área trazem novas abordagens e são necessários para investigar e preencher as lacunas que ainda precisam de respostas e se ajustem melhor aos projetos de edificações atuais.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a não-linearidade física utilizada na NBR 6118:2007 para análises globais através de redutores de rigidez α . Por meio de um procedimento desenvolvido para esta finalidade procurou-se investigar o comportamento de certa tipologia de edificação variando o número de pavimentos próximo ao limite apresentado, atualmente de 4. Outras características de geometria, materiais e de carregamento também foram empregadas gerando uma série de exemplos.

Na busca por valores aproximados de redução de rigidez de vigas e pilares de concreto armado para análises globais foi desenvolvida uma sequências de processamentos compostas por análises com abordagens mais simplificadas e mais refinadas visando obter resultados que representem de forma simplificada a análise refinada.

Inicialmente este estudo visava determinar valores para os redutores de rigidez α de vigas e pilares no Processamento 3 que reproduzissem o dimensionamento da análise não-linear mais refinada do Processamento 2 deste trabalho. Porém alguns problemas foram detectados na forma como é considerada a não-linearidade física local que impediram alcançar resultados satisfatórios pelo Processamento 3. Diante deste problema partiu-se para uma nova abordagem e ao invés de buscar os valores para os redutores de rigidez α , utilizando os valores da NBR 6118:2007 foram formuladas três hipóteses com sugestões de valores α para vigas e para pilares de estruturas entre 3 e 8 pavimentos a serem verificadas. O coeficiente γ_z foi o parâmetro utilizado para avaliar a validade dos valores propostos, pois ele mede a sensibilidade das estruturas frente aos efeitos de segunda ordem e tem resultados mais precisos quanto mais adequados estiverem os valores de α .

Após uma série de análises as conclusões do estudo são apresentadas a seguir.

- A sequencia de análises final (Processamentos 1, 2 e 3) utilizando o coeficiente γ_z das análises simplificadas para três hipóteses e comparando com $\gamma_{z,P-\Delta}$ da análise mais refinada foi considerado satisfatório para identificar as situações nas quais os valores de redução de rigidez atuais estão bem ajustados e aquelas em que estes não representam bem o processamento mais refinado, ficando inclusive contra a segurança.
- Dentre as hipóteses avaliadas a que foi escolhida como proposta mais adequada sugere a utilização dos valores α de acordo com a Tabela 5.1.

Tabela 5.1- Proposta final

PAVIMENTOS	α_v	α_p	$\gamma_{z,lim}$
1	0,20	0,60	1,3
2	0,30	0,60	
3	0,30	0,70	
4 a 10	0,40	0,80	

Na análise simplificada de segunda ordem global com γ_z como majorador de esforços deve ser utilizado o seu valor integral. Para mais de 10 pavimentos continua-se a utilizar $0,95\gamma_z$.

Seguem algumas recomendações para trabalhos futuros:

- Ajustar o Processamento 2 para que ele consiga captar as características de plastificação e redistribuição necessárias para a correta avaliação não linear física e geométrica;
- Desenvolver uma ferramenta pra otimizar a determinação da armadura do Processamento 2.
- Investigar outras tipologias de edificações para aumentar o universo de estudo;
- Estudar maior número de pavimentos para verificar a aplicação da hipótese 3a para edifícios mais altos;
- Na atualização da NBR 6118 está prevista a inserção de concretos com fck maiores que 50MPa, fato que modificará a determinação do Eci. Logo será necessário realizar novos estudos neste tema para concretos com resistências características do concreto fck maiores.

Bibliografia

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMMITTEE 318. *Building code requirements for structural concrete and commentary*. Farmington Hills, MI, 2011.
- ARAÚJO, J. M. *Pilares esbeltos de concreto armado: algoritmos para análise e dimensionamento*. Rio Grande : Fundação Universidade do Rio Grande, 1993.
- ARAÚJO, J. M. *Projeto estrutural de edifícios de concreto armado: Um exemplo completo*. 1ª ed. Rio Grande: Dunas, 2004. 216 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações*, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações*. Rio de Janeiro, 1988.
- CECCON, J. L. *Análise dos efeitos de segunda ordem em pilares solicitados à flexão composta oblíqua*. 2008. 306 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CHEREM, M. *Contribuição ao estudo dos pilares com seção transversal em formato geométrico de L considerando a não-linearidade física e geométrica*. 2010. 236 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. *CEB- FIP Model code 1990: Design code*. Lausanne, 1993.
- CRESPO, S. L. F. *Estudo de valores da rigidez equivalente de tramos de vigas de concreto armado para análises não-lineares*. 2002. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

- FONTES, F.F.; PINHEIRO, L. M.; BITTENCOURT, T. Conceitos de análise estrutural, In: ISAIA, G. C.(Ed.). *Concreto: Ensino, pesquisas e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 1, p. 109- 141.
- FRANÇA, R. L. S. *Contribuição ao estudo dos efeitos de segunda ordem em pilares de concreto armado*. 1991. 228 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- FRANÇA, R. L. S. Exemplo de cálculo do esforço de segunda ordem global em um edifício de concreto armado. Colóquio sobre estabilidade global das estruturas de concreto armado. *Anais...* São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, julho de 1985.
- FRANÇA, R. L. S. São Paulo, 23 out 2012. Entrevista concedida a Mônica Maria Emerenciano Bueno.
- FRANCO, M.; VASCONCELLOS, A. C. Practical assessment of second order effects in tall buildings. In: COLLOQUIUM ON THE CEB-FIP MC90, 1991, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1991. p. 307-324.
- FUSCO, P. B. *Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados*. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008. 179 p.
- GHOSH, S. K. Significant changes to ACI 318-08 relative to precast/ prestressed concrete: part 2. *PCI Journal*. Special supplement, p. S3-S13, May-June 2008.
- HAGE, S. E.; MACGREGOR, J. G. *The second order analysis of reinforced concrete frames*. 1974. 342 f. Structural engineering report No.49. Thesis (Master) – University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canadá, 1974.
- KHUNTIA, M.; GHOSH, S. K. Flexural stiffness of reinforced concrete columns and beams: analytical approach. *ACI Structural Journal*. Vol 101, n. 3, p. 351-363, May-June 2004a.
- KHUNTIA, M.; GHOSH, S. K. Flexural stiffness of reinforced concrete columns and beams: experimental verification. *ACI Structural Journal*. Vol 101, n. 3, p. 364-374, May-June 2004b.

- KIMURA, A. *Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais*. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2007. 624 p.
- KORDINA, K. Discussion n. 3- Cracking and crack control. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANNING AND DESIGN OF TALL BUILDINGS, 1972, Bethlehem. *Proceedings...* New York: American Society of Engineers, 1972. Vol III, p. 721-722.
- MACGREGOR, J. G. Design of slender columns – revisited. *ACI Structural Journal*. Vol. 90, n. 3, p. 302-309, May-june 1993.
- MACGREGOR, J. G.; HAGE, S. E. Stability analysis and design of concrete frames. *Journal of the structural division, ASCE*, v. 103, n. ST10, p. 1953-1970, 1977.
- MACGREGOR, J. G.; WIGHT, J. K. *Reinforced concrete: Mechanics and design*. 4th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005. 1132 p.
- MARTHA, L. F. *Análise de estruturas: conceitos e métodos*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 524 p.
- MARTINS, C. H. Consideração da não-linearidade física para vigas de concreto armado, pelo procedimento refinado da NB1. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 15-18, 2008.
- OLIVEIRA, R. M. *Contribuição ao estudo da rigidez de vigas de concreto armado em análise de segunda ordem*. 2000. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- OLIVEIRA, P. H. A. S. *Processo aproximado para consideração da não-linearidade física de pilares em concreto armado*. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- PINTO, R. S. *Análise não-linear das estruturas de contraventamento de edifícios em concreto armado*. 2002. 189 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

PINTO, R. S. *Não-linearidade física e geométrica no projeto de edifícios usuais de concreto armado*. 1997. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE A- CARACTERIZAÇÃO DOS EXEMPLOS ESTUDADOS

A.1 EXEMPLO T1- 3P1V1

A.1.1 Descrição

O Exemplo T1- 3P1V1 é composto por pavimento-tipo com duas repetições e cobertura, totalizando três pavimentos com altura total de 12,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 20x40 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados na Figura A.1 e na Figura A.2.

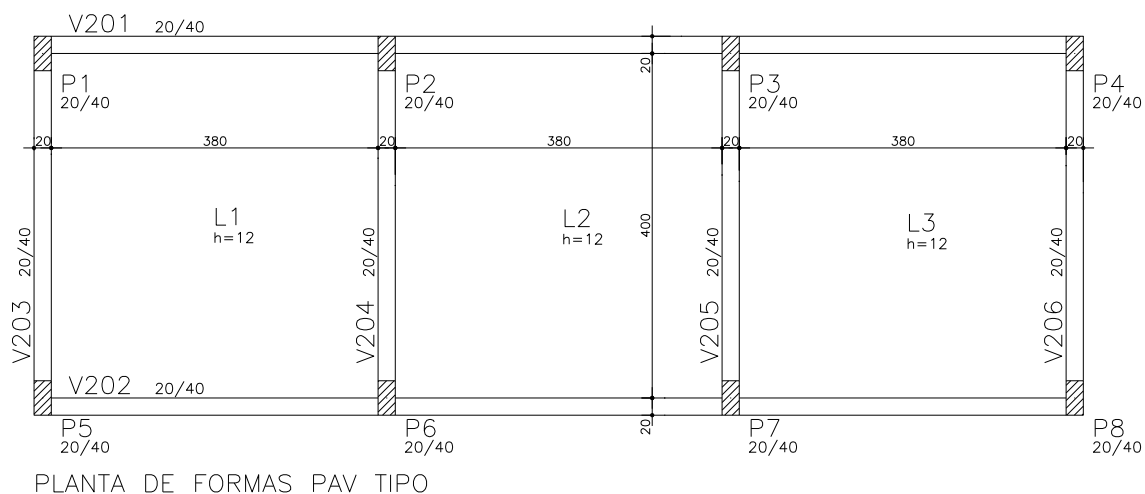


Figura A.1- Planta de formas do pavimento tipo: T1- 3P1V1

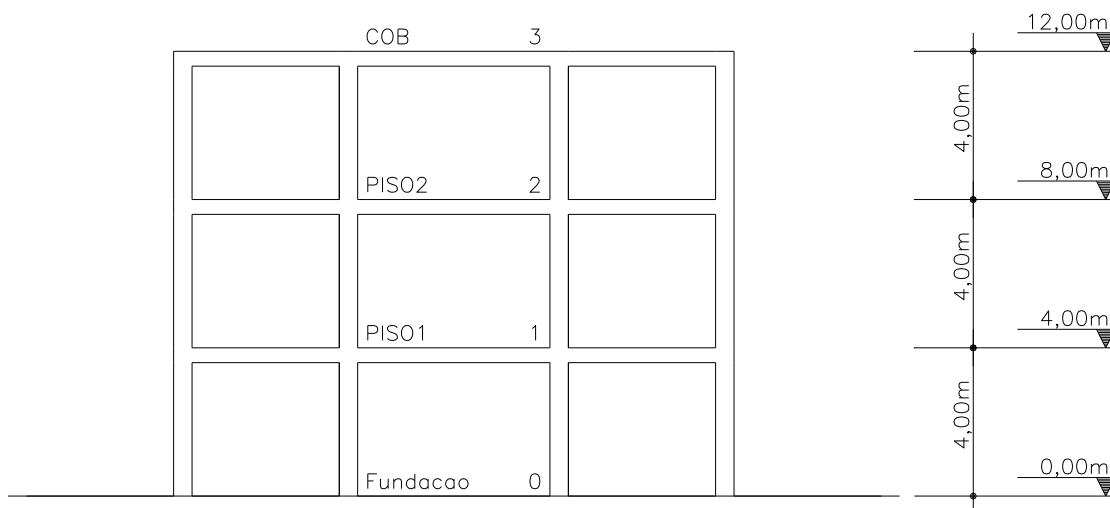


Figura A.2- Corte esquemático: T1- 3P1V1

A.1.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, como ilustrado na Figura A.3.

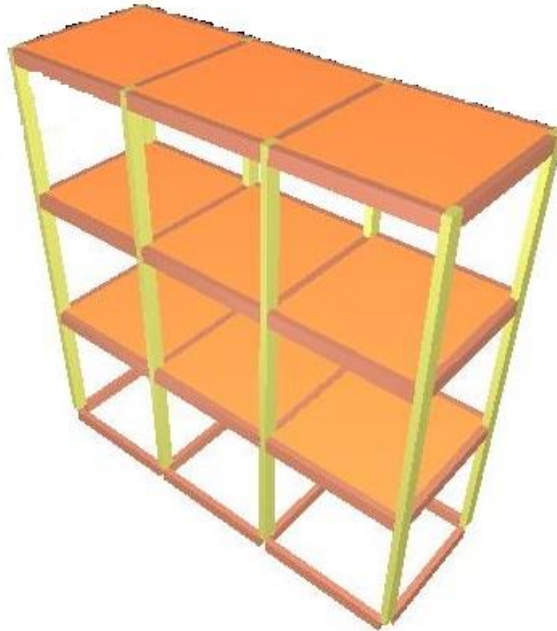


Figura A.3- Modelo de pórtico espacial: T1- 3P1V1

A.1.3 Variações de T1 -3P1V1

A Tabela A.1 apresenta as variações de T1-3P1V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.1- Exemplo T1 -3P1V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 3P1V1	3	4.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 3P1V1a	3	4.00	20x40	20x40		4.0	25	45.0	2,0/3,0
T1- 3P1V1b	3	4.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	5,0/5,0
T1- 3P1V1c	3	4.00	20x40	20x40		4.0	50	35.0	2,0/3,0
T1- 3P1V1d	3	5.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 3P1V1e	3	3.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 3P1V1f	3	4.00	20x40	20x40		6.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 3P1V1g	3	4.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0

A.1.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na tabela Tabela A.1 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 44 -. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas Tabela A.2 a Tabela A.5.

Tabela A.2- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1 -3P1V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P1/ P4/ P5 / P8		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P1V1	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1a	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1b	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1d	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,92%	0,59%
T1- 3P1V1e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1f	2	20x40	800	1,23%	0,92%	0,59%
	3			2,01%	1,51%	1,51%
T1- 3P1V1g	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,59%	0,59%

Tabela A.3- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1 -3P1V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P2/ P3/ P6 / P7		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P1V1	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1a	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			2,01%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1b	2	20x40	800	0,79%	0,59%	0,59%
	3			0,79%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1d	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			2,01%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V1f	2	20x40	800	2,01%	0,59%	0,59%
	3			2,36%	0,92%	0,59%
T1- 3P1V1g	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%

Tabela A.4- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1 -3P1V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1			PAV2			PAV3								
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3						
T1 -3P1V1	2	20x40	800	-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P1V1a	2	20x40	800	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P1V1b	2	20x40	800	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,49%	0,49%	0,49%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,49%	0,49%	0,49%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P1V1c	2	20x40	800	-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P1V1d	2	20x40	800	-	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
				+	0,31%	0,29%	0,31%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
T1 -3P1V1e	2	20x40	800	-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
T1 -3P1V1f	2	20x40	800	-	0,46%	1,01%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%	1,01%	1,01%	1,01%	0,46%	0,20%	0,75%	0,75%	0,75%	0,20%
				+	0,61%	0,29%	0,29%	0,61%	0,46%	0,46%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,75%	0,75%
	3			-	0,61%	1,01%	1,01%	1,01%	0,61%	0,46%	1,01%	1,01%	1,01%	0,46%	0,29%	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%
				+	0,46%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,46%	0,46%	
T1 -3P1V1g	2	20x40	800	-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	

Tabela A.5- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1 - 3P1V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAV2		PAV3			PAV1		PAV2		PAV3	
T1 -3P1V1	2	20x40	800	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%
	3			-	0,77%	0,77%	0,50%	0,50%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%
				+	0,29%		0,29%		0,29%		+	0,39%		0,39%		0,39%	
T1 -3P1V1a	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	0,77%	0,77%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,18%	1,18%	0,39%	0,39%
	3			-	1,01%	1,01%	0,77%	0,77%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%
				+	0,61%		0,29%		0,29%		+	0,61%		0,39%		0,39%	
T1 -3P1V1b	2	20x40	800	-	0,77%	0,77%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,31%	0,31%
	3			-	0,77%	0,77%	0,61%	0,61%	0,29%	0,29%	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%
				+	0,31%		0,29%		0,29%		+	0,61%		0,50%		0,39%	
T1 -3P1V1c	2	20x40	800	-	0,61%	0,61%	0,49%	0,49%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%
	3			-	0,61%	0,61%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%
				+	0,29%		0,29%		0,29%		+	0,39%		0,39%		0,39%	
T1 -3P1V1d	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%
	3			-	1,18%	1,18%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%	-	1,57%	1,57%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%
				+	0,61%		0,31%		0,29%		+	0,61%		0,46%		0,39%	
T1 -3P1V1e	2	20x40	800	-	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%
	3			-	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	-	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%
				+	0,29%		0,29%		0,29%		+	0,39%		0,39%		0,39%	
T1 -3P1V1f	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	0,77%	0,77%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,18%	1,18%	0,46%	0,46%
	3			-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	1,57%	1,57%	1,18%	1,18%	0,46%	0,46%
				+	0,46%		0,46%		0,29%		+	0,50%		0,46%		0,39%	
T1 -3P1V1g	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	0,61%	0,61%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%
	3			-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	0,61%	0,61%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%
				+	0,61%		0,29%		0,29%		+	0,61%		0,50%		0,46%	

A.2 EXEMPLO T1- 4P1V1

A.2.1 Descrição

O Exemplo T1 -4P1V1 é composto por pavimento-tipo com três repetições e cobertura, totalizando quatro pavimentos com altura total de 16,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 20x40 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas Figura A.4 e Figura A.5.

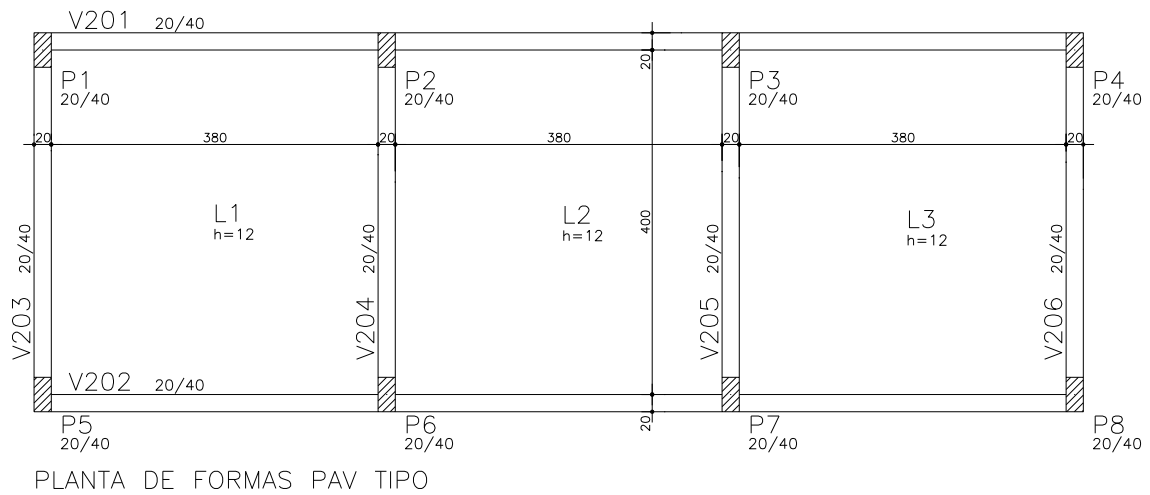


Figura A.4- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -4P1V1

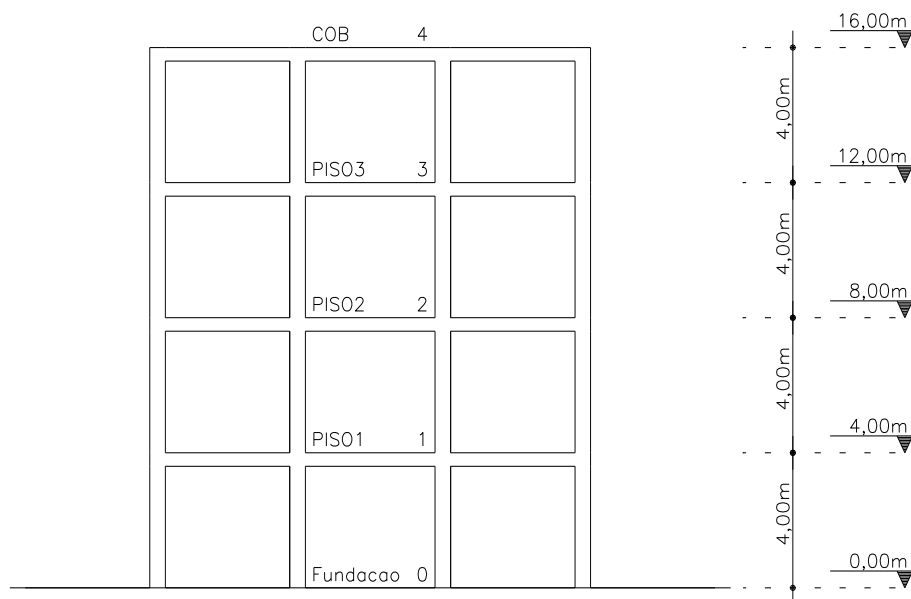


Figura A.5- Corte esquemático: T1 -4P1V1

A.2.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, como na Figura A.6.

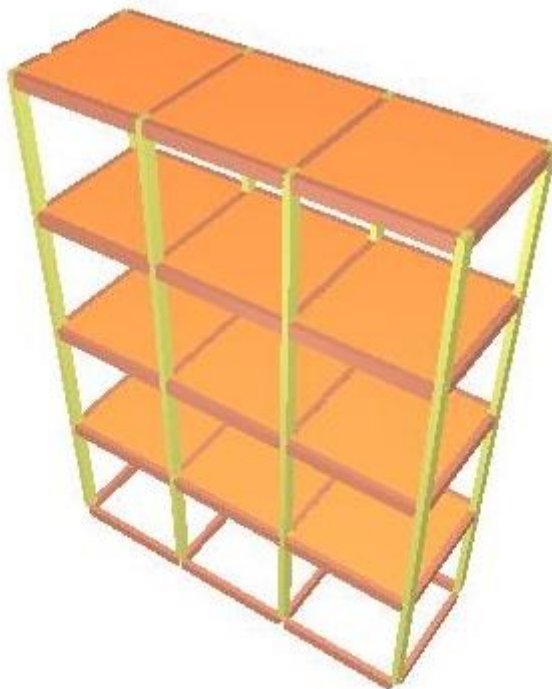


Figura A.6- Modelo de pórtico espacial: T1 -4P1V1

A.2.3 Variações de T1 -4P1V1

A Tabela A.6 apresenta as variações de T1-4P1V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.6- Exemplo T1 -4P1V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 4P1V1	4	4.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 4P1V1a	4	4.00	20x40	20x40		4.0	25	45.0	2,0/3,0
T1- 4P1V1b	4	4.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	5,0/5,0
T1- 4P1V1c	4	4.00	20x40	20x40		4.0	50	35.0	2,0/3,0
T1- 4P1V1d	4	5.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 4P1V1e	4	3.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 4P1V1f	4	4.00	20x40	20x40		6.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 4P1V1g	4	4.00	20x40	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0

A.2.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na tabela Tabela A.6 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{st}^2 e A_{st}^3 estão nas tabelas de Tabela A.7 a Tabela A.10.

Tabela A.7- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-4P1V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P1/ P4/ P5 / P8			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P1V1	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			1,23%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1a	2	20x40	800	3,14%	1,51%	0,92%	0,59%
	3			3,14%	1,51%	0,92%	0,59%
T1- 4P1V1b	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,79%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1d	2	20x40	800				
	3						
T1- 4P1V1e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1f	2	20x40	800				
	3						
T1- 4P1V1g	2	20x40	800	3,14%	1,51%	0,92%	0,59%
	3			3,14%	1,51%	0,92%	0,59%

Tabela A.8- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-4P1V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P2/ P3/ P6 / P7			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P1V1	2	20x40	800	2,01%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			2,01%	0,92%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1a	2	20x40	800	3,68%	2,36%	0,92%	0,59%
	3			3,68%	2,36%	0,92%	0,59%
T1- 4P1V1b	2	20x40	800	2,36%	1,51%	0,59%	0,59%
	3			2,36%	1,51%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1d	2	20x40	800				
	3						
T1- 4P1V1e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V1f	2	20x40	800				
	3						
T1- 4P1V1g	2	20x40	800	0,98%	0,79%	0,59%	0,59%
	3			0,98%	0,79%	0,59%	0,59%

Tabela A.9- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-4P1V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02																						
					PAV1			PAV2			PAV3			PAV4													
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3											
T1 -4P1V1	2	20x40	800	-	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%		
				+	0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%
				-	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
T1 -4P1V1a	2	20x40	800	-	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%		
				+	0,39%		0,29%		0,39%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		
				-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,39%	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
T1 -4P1V1b	2	20x40	800	-	0,29%	0,50%	0,50%	0,50%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%		
				+	0,39%		0,29%		0,39%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		
				-	0,49%	0,61%	0,61%	0,61%	0,49%	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,39%	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
T1 -4P1V1c	2	20x40	800	-	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%		
				+	0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		
				-	0,39%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,46%	0,49%	0,49%	0,49%	0,46%	0,46%	0,46%	0,49%	0,49%	0,49%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	
T1 -4P1V1d	2	20x40	800	-																							
				+																							
				-																							
T1 -4P1V1e	2	20x40	800	-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%		
				+	0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		
				-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
T1 -4P1V1f	2	20x40	800	-																							
				+																							
				-																							
T1 -4P1V1g	2	20x40	800	-	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%		
				+	0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		
				-	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,49%	0,49%	0,49%	0,20%	0,20%	0,49%	0,49%	0,49%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	

Tabela A.10- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-4P1V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIPO (X2)		PAV4			PAV1		PAVTIPO (X2)		PAV4	
T1 -4P1V1	2	20x40	800	-	0,75%	0,75%	1,01%	1,01%	0,29%	0,29%	-	1,51%	1,51%	1,18%	1,18%	0,31%	0,31%
				+		0,39%		0,46%		0,29%		+	0,46%		0,50%		0,39%
	-			1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,29%	0,29%	-	1,26%	1,26%	1,18%	1,18%	0,39%	0,39%	
	+				0,46%		0,39%		0,29%		+	0,50%		0,46%		0,39%	
T1 -4P1V1a	2	20x40	800	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%	-	1,96%	1,96%	1,84%	1,84%	0,39%	0,39%
				+		1,01%		0,75%		0,29%		+	1,01%		0,61%		0,39%
	-			1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,29%	0,29%	-	1,96%	1,96%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%	
	+				1,18%		0,75%		0,29%		+	1,01%		0,75%		0,39%	
T1 -4P1V1b	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%
				+		0,46%		0,39%		0,29%		+	0,75%		0,61%		0,39%
	-			1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%	
	+				0,61%		0,39%		0,29%		+	0,75%		0,61%		0,39%	
T1 -4P1V1c	2	20x40	800	-	1,18%	1,18%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,18%	1,18%	1,18%	1,18%	0,39%	0,39%
				+		0,46%		0,39%		0,29%		+	0,50%		0,46%		0,39%
	-			1,01%	1,01%	0,79%	0,79%	0,29%	0,29%	-	1,26%	1,26%	1,18%	1,18%	0,46%	0,46%	
	+				0,61%		0,39%		0,29%		+	0,61%		0,46%		0,39%	
T1 -4P1V1d	2	20x40	800	-							-						
				+								+					
	-																
	+																
T1 -4P1V1e	2	20x40	800	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	0,79%	0,79%	0,29%	0,29%
				+		0,29%		0,29%		0,29%		+	0,39%		0,39%		0,39%
	-			0,61%	0,61%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	0,79%	0,79%	0,39%	0,39%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%		+	0,39%		0,39%		0,39%	
T1 -4P1V1f	2	20x40	800	-							-						
				+								+					
	-																
	+																
T1 -4P1V1g	2	20x40	800	-	1,57%	1,57%	1,18%	1,18%	0,29%	0,29%	-	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,20%	0,20%
				+		1,01%		0,75%		0,29%		+	0,61%		0,61%		0,50%
	-			1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,29%	0,29%	-	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,20%	0,20%	
	+				1,01%		0,75%		0,29%		+	0,61%		0,61%		0,50%	

A.3 EXEMPLO T1- 5P1V1

A.3.1 Descrição

O Exemplo T1 -5P1V1 é composto por pavimento-tipo com quatro repetições e cobertura, totalizando cinco pavimentos com altura total de 20,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 20x40 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.7 e Figura A.8.

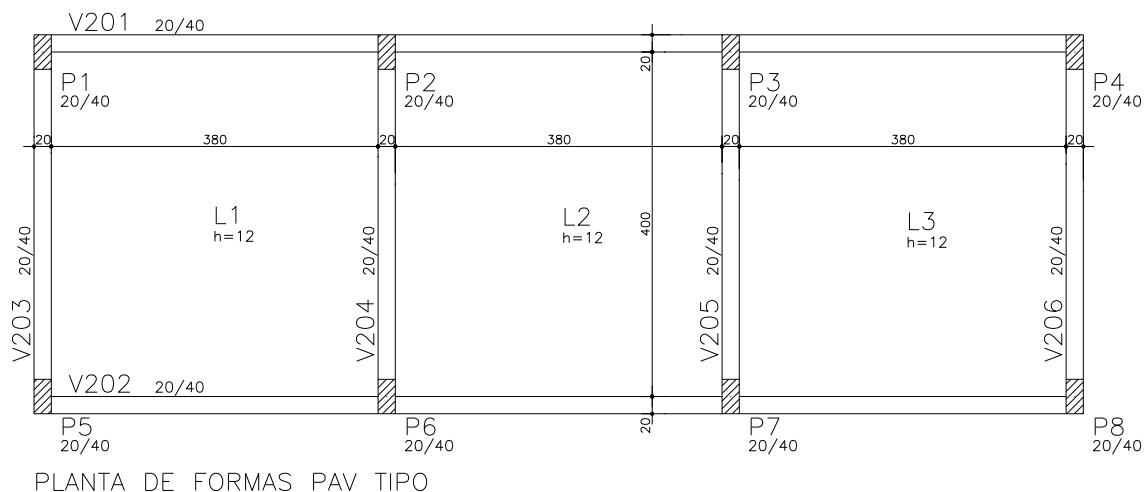


Figura A.7- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -5P1V1

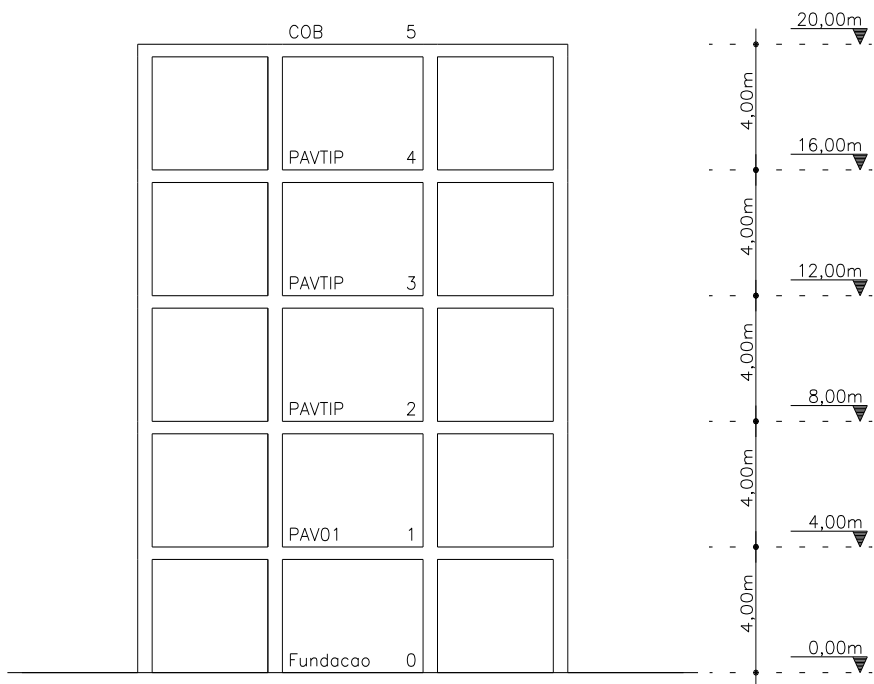


Figura A.8- Corte esquemático: T1 -5P1V1

A.3.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, conforme Figura A.9.

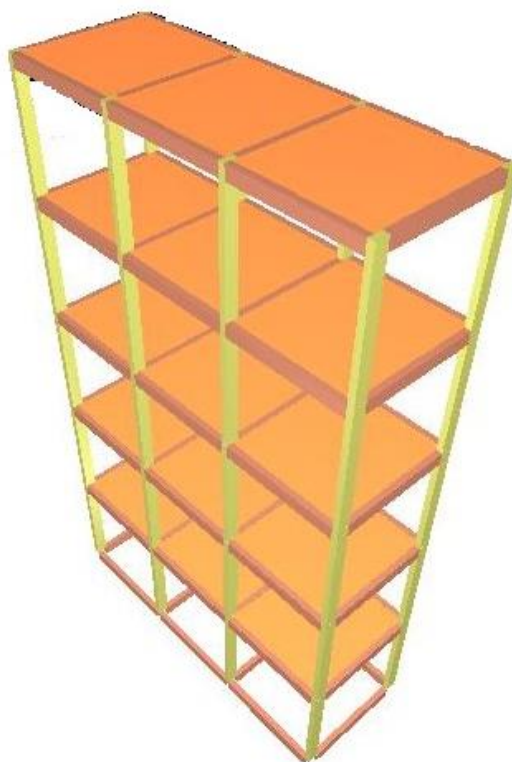


Figura A.9- Modelo de pórtico espacial: T1 -5P1V1

A.3.3 Variações de T1 -5P1V1

A Tabela A.11 apresenta as variações de T1-5P1V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.11- Exemplo T1 -5P1V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 5P1V1	5	4,00	20x40	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V1a	5	4,00	20x40	20x40		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 5P1V1b	5	4,00	20x40	20x40		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 5P1V1c	5	4,00	20x40	20x40		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V1d	5	5,00	20x40	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V1e	5	3,00	20x40	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V1f	5	4,00	20x40	20x40		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V1g	5	4,00	20x40	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.3.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.11 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.12 a Tabela A.15.

Tabela A.12- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-5P1V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P1/ P4/ P5 / P8				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P1V1	2	20x40	800	2,36%	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			2,36%	1,51%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V1a	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1b	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1c	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V1d	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3							
T1- 5P1V1f	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1g	2	20x40	800					
	3							

Tabela A.13- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-5P1V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P2/ P3/ P6 / P7				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P1V1	2	20x40	800	3,68%	2,36%	0,92%	0,59%	0,59%
	3			3,93%	2,36%	0,92%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V1a	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1b	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1c	2	20x40	800	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,92%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V1d	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1e	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3							
T1- 5P1V1f	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V1g	2	20x40	800					
	3							

Tabela A.14- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-5P1V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1				PAV2				PAV5						
					Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2
T1 -5P1V1	2	20x40	800	-	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
	+			0,31%	0,29%	0,31%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	-			0,46%	0,61%	0,61%	0,61%	0,46%	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
	3			+	0,39%	0,29%	0,39%	0,39%	0,31%	0,29%	0,31%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
T1 -5P1V1a	2	20x40	800	-															
	+																		
	-																		
	3			+															
T1 -5P1V1b	2	20x40	800	-															
	+																		
	-																		
	3			+															
T1 -5P1V1c	2	20x40	800	-	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%
	+			0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	-			0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%
	3			+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
T1 -5P1V1d	2	20x40	800	-															
	+																		
	-																		
	3			+															
T1 -5P1V1e	2	20x40	800	-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	+			0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%		
	-																		
	3			+															
T1 -5P1V1f	2	20x40	800	-															
	+																		
	-																		
	3			+															
T1 -5P1V1g	2	20x40	800	-															
	+																		
	-																		
	3			+															

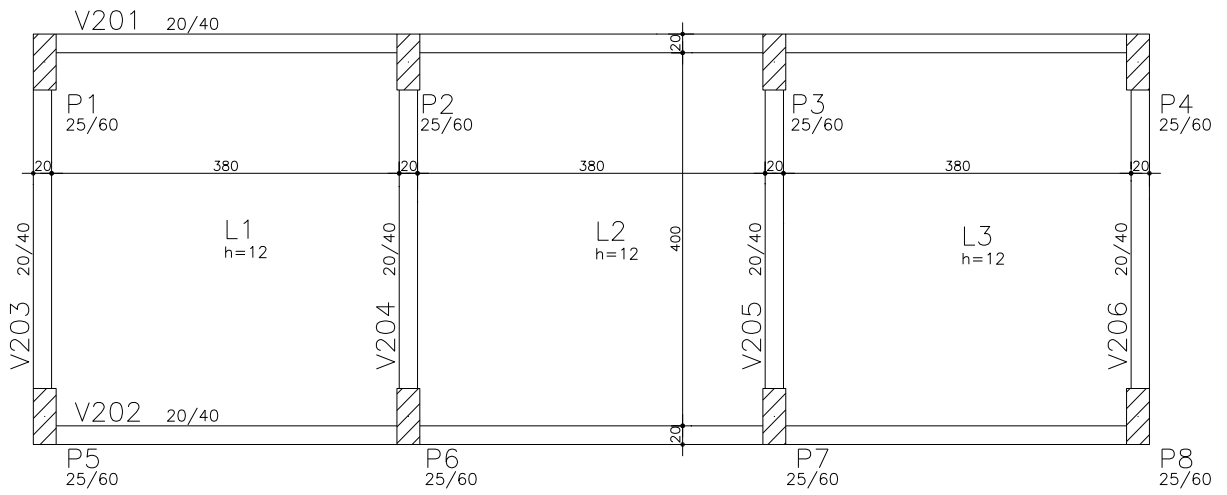
Tabela A.15- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-5P1V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5			PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5	
T1 -5P1V1	2	20x40	800	-	1,57%	1,57%	1,18%	1,18%	0,29%	0,29%	-	1,84%	1,84%	1,84%	1,84%	0,31%	0,31%
				+		0,75%		0,75%		0,29%		+	0,75%		0,61%		0,39%
	-			1,57%	1,57%	1,26%	1,26%	0,29%	0,29%	-	1,84%	1,84%	1,57%	1,57%	0,29%	0,29%	
	+				1,01%		0,75%		0,29%		+	1,57%		0,75%		0,39%	
T1 -5P1V1a	2	20x40	800	-							-						
	+																
	3			-							-						
T1 -5P1V1b	2	20x40	800	-							-						
	+																
	3			-							-						
T1 -5P1V1c	2	20x40	800	-	1,18%	1,18%	1,23%	1,23%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%
				+		0,75%		0,61%		0,29%		+	0,61%		0,61%		0,39%
	-			1,18%	1,18%	1,26%	1,26%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,46%	0,46%	
	+				0,75%		0,61%		0,29%		+	0,61%		0,61%		0,39%	
T1 -5P1V1d	2	20x40	800	-							-						
	+																
	3			-							-						
T1 -5P1V1e	2	20x40	800	-	0,75%	0,75%	0,77%	0,77%	0,20%	0,20%	-	1,18%	1,18%	1,18%	1,18%	0,29%	0,29%
				+		0,29%		0,29%		0,29%		+	0,39%		0,39%		0,39%
	-										-						
	+										+						
T1 -5P1V1f	2	20x40	800	-							-						
	+																
	3			-							-						
T1 -5P1V1g	2	20x40	800	-							-						
	+																
	3			-							-						

A.4 EXEMPLO T1 -3P2V1

A.4.1 Descrição

O Exemplo T1 -3P2V1 é composto por pavimento-tipo com duas repetições e cobertura, totalizando três pavimentos com altura total de 12,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.10 e Figura A.11.



PLANTA DE FORMAS PAV TIPO

Figura A.10- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -3P2V1

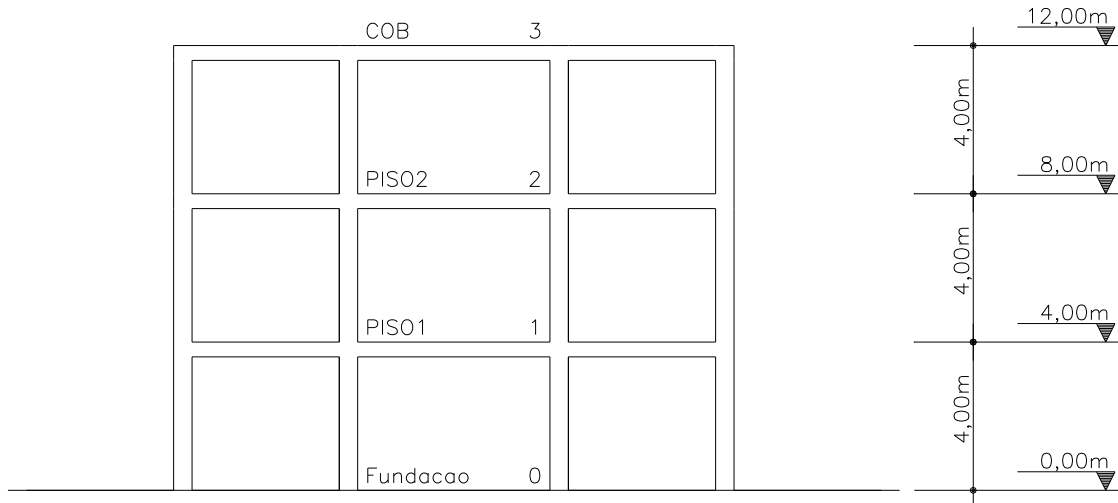


Figura A.11- Corte esquemático: T1 -3P2V1

A.4.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, ilustrado na Figura A.12.

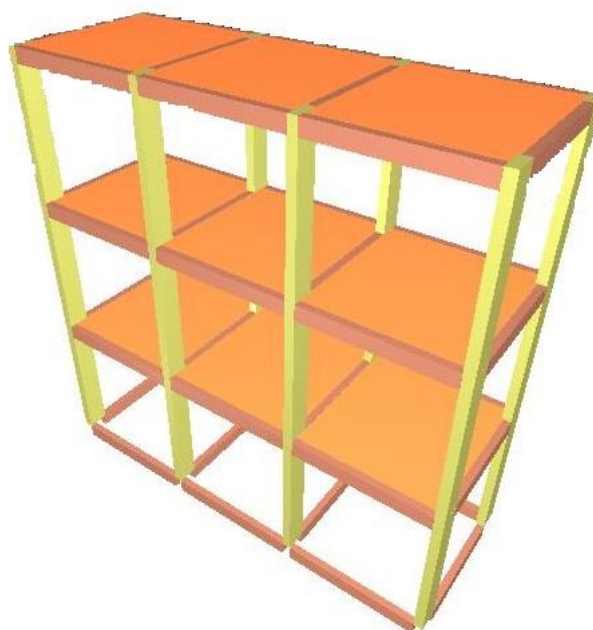


Figura A.12- Modelo de pórtico espacial: T1 -3P2V1

A.4.3 Variações de T1 -3P2V1

A Tabela A.16 apresenta as variações de T1-3P2V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.16- Exemplo T1 -3P2V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 3P2V1	3	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V1a	3	4,00	25x60	20x40		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 3P2V1b	3	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 3P2V1c	3	4,00	25x60	20x40		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V1d	3	5,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V1e	3	3,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V1f	3	4,00	25x60	20x40		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V1g	3	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.4.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.16 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.17 a Tabela A.20.

Tabela A.17- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-3P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P1/ P4/ P5 / P8		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P2V1	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1a	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V1g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.18- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-3P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P2/ P3/ P6 / P7		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P2V1	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1a	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V1f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V1g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.19- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-3P2V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1			PAV2			PAV3			PAV3					
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3			
T1 -3P2V1	2	20x40	800	-	0,29%	0,31%	0,31%	0,31%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P2V1a	2	20x40	800	-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P2V1b	2	20x40	800	-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P2V1c	2	20x40	800	-	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P2V1d	2	20x40	800	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P2V1e	2	20x40	800	-	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
T1 -3P2V1f	2	20x40	800	-	0,39%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,29%	0,77%	0,77%	0,77%	0,29%
				+	0,46%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,77%	0,77%	0,77%	0,39%
	3	-																	
				+															
T1 -3P2V1g	2	20x40	800	-	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3	-	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%

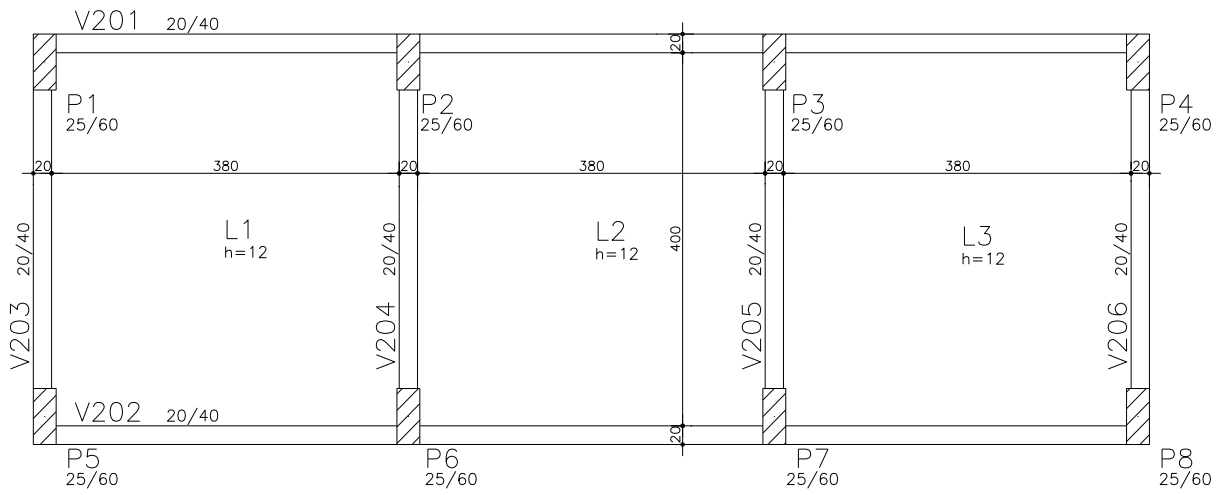
Tabela A.20- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-3P2V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP		PAV3			PAV1		PAVTIP		PAV3	
T1 -3P2V1	2	20x40	800	-	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%	
	-			0,46%	0,46%	0,49%	0,49%	0,29%	0,29%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%		
T1 -3P2V1a	2	20x40	800	-	0,77%	0,77%	0,61%	0,61%	0,46%	0,46%	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%	
	-			0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%	
	+				0,39%		0,29%		0,29%	+	0,39%		0,31%		0,31%		
T1 -3P2V1b	2	20x40	800	-	0,75%	0,75%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,39%		0,39%		0,31%	
	-			0,75%	0,75%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%	+	0,39%		0,39%		0,31%		
T1 -3P2V1c	2	20x40	800	-	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	-	0,61%	0,61%	0,77%	0,77%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%	
	-			0,50%	0,50%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	-	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%		
T1 -3P2V1d	2	20x40	800	-	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,39%		0,31%		0,31%	
	-			0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,29%	0,29%	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%	+	0,39%		0,31%		0,31%		
T1 -3P2V1e	2	20x40	800	-	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%	
	-			0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%	+	0,31%		0,31%		0,31%		
T1 -3P2V1f	2	20x40	800	-	0,77%	0,77%	0,75%	0,75%	0,46%	0,46%	-	1,01%	1,01%	1,18%	1,18%	0,50%	0,50%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,39%		0,31%		0,31%	
	-									-							
	+									+							
T1 -3P2V1g	2	20x40	800	-	0,77%	0,77%	0,61%	0,61%	0,46%	0,46%	-	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,29%	0,29%
				+		0,29%		0,29%		0,29%	+	0,46%		0,46%		0,39%	
	-			0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,46%	0,46%	-	0,61%	0,61%	0,50%	0,50%	0,29%	0,29%	
	+				0,29%		0,29%		0,29%	+	0,46%		0,39%		0,39%		

A.5 EXEMPLO T1 -4P2V1

A.5.1 Descrição

O Exemplo T1 -4P2V1 é composto por pavimento-tipo com três repetições e cobertura, totalizando quatro pavimentos com altura total de 16,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.13 e Figura A.14.



PLANTA DE FORMAS PAV TIPO

Figura A.13- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -4P2V1

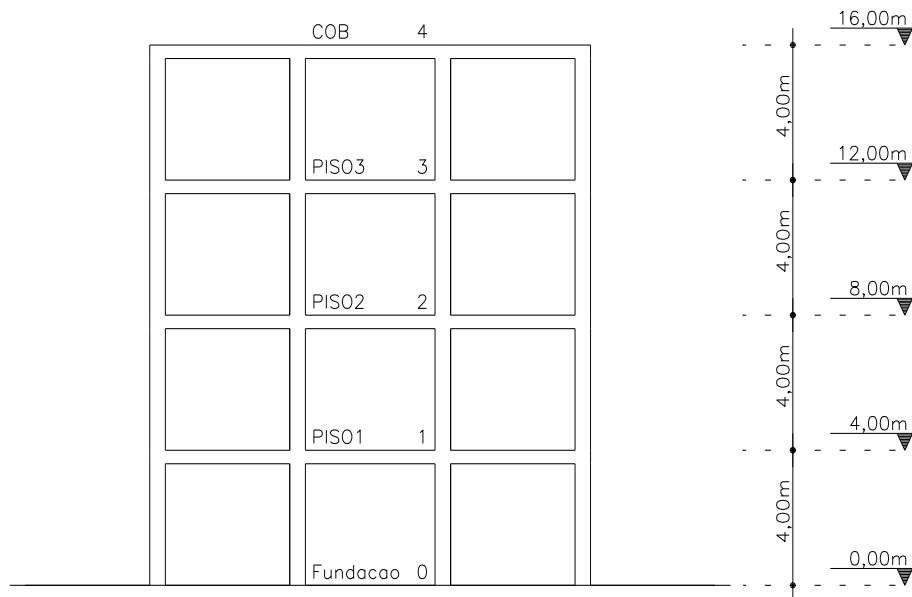


Figura A.14- Corte esquemático: T1 -4P2V1

A.5.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, como na Figura A.15.

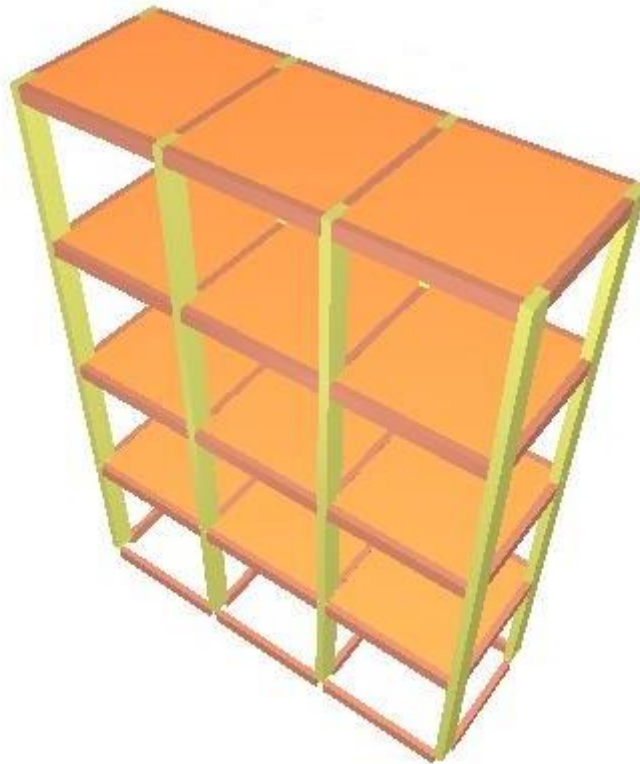


Figura A.15- Modelo de pórtico espacial: T1 -4P2V1

A.5.3 Variações de T1 -4P2V1

A Tabela A.21 apresenta as variações de T1-4P2V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.21- Exemplo T1 -4P2V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 4P2V1	4	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V1a	4	4,00	25x60	20x40		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 4P2V1b	4	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 4P2V1c	4	4,00	25x60	20x40		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V1d	4	5,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V1e	4	3,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V1f	4	4,00	25x60	20x40		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V1g	4	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.5.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.21 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.22 a Tabela A.25.

Tabela A.22- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-4P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P1/ P4/ P5 / P8			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P2V1	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V1a	2	25x60	1500	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,65%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 4P2V1b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V1c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V1d	2	25x60	1500	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 4P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V1f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V1g	2	25x60	1500	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,65%	0,49%	0,49%	0,49%

Tabela A.23- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-4P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P2/ P3/ P6 / P7			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P2V1	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V1a	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V1b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V1c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V1d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V1f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V1g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.24- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-4P2V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02																	
					PAV1						PAVTIPO (X2)						PAV4					
					Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2		Trecho3	
T1 -4P2V1	2	20x40	800	-	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
	3																					
T1 -4P2V1a	2	20x40	800	-	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3																					
T1 -4P2V1b	2	20x40	800	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3																					
T1 -4P2V1c	2	20x40	800	-	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	
	3																					
T1 -4P2V1d	2	20x40	800	-	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3																					
T1 -4P2V1e	2	20x40	800	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3																					
T1 -4P2V1f	2	20x40	800	-	0,46%	1,01%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%	1,18%	1,18%	1,18%	0,46%	0,29%	0,77%	0,77%	0,77%	0,77%	0,29%	0,39%	
	3																					
T1 -4P2V1g	2	20x40	800	-	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3																					

Tabela A.25- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-4P2V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP (X2)		PAV4			PAV1		PAVTIP(X2)		PAV4	
T1 -4P2V1	2	20x40	800	-	0,77%	0,77%	0,61%	0,61%	0,29%	0,29%	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%
				+		0,29%		0,29%			0,31%		0,31%		0,31%		
	3	-									-						
T1 -4P2V1a	2	20x40	800	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,50%	0,50%
				+		0,61%		0,50%		0,29%		0,39%		0,46%		0,31%	
	3	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,50%	0,50%		
T1 -4P2V1b	2	20x40	800	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,18%	1,18%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%		0,39%		0,39%		0,31%	
	3	-	1,01%	1,01%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	1,18%	1,18%	1,18%	1,18%	0,39%	0,39%		
T1 -4P2V1c	2	20x40	800	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%		0,31%		0,31%		0,31%	
	3	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,46%	0,46%		
T1 -4P2V1d	2	20x40	800	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	1,84%	1,84%	1,57%	1,57%	0,46%	0,46%
				+		0,61%		0,50%		0,29%		0,61%		0,50%		0,31%	
	3	-	1,57%	1,57%	1,18%	1,18%	0,39%	0,39%	-	1,84%	1,84%	1,57%	1,57%	0,46%	0,46%		
T1 -4P2V1e	2	20x40	800	-	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,39%
				+		0,29%		0,29%		0,29%		0,31%		0,31%		0,31%	
	3	-									-						
T1 -4P2V1f	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,75%	0,75%
				+		0,61%		0,46%		0,29%		0,46%		0,46%		0,31%	
	3	-									-						
T1 -4P2V1g	2	20x40	800	-	1,18%	1,18%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%
				+		0,61%		0,50%		0,29%		0,46%		0,46%		0,39%	
	3	-	1,26%	1,26%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%		
				+		0,61%		0,50%		0,29%		0,46%		0,46%		0,39%	

A.6 EXEMPLO T1 -5P2V1

A.6.1 Descrição

O Exemplo T1 -5P2V1 é composto por pavimento-tipo com quatro repetições e cobertura, totalizando cinco pavimentos com altura total de 20,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.16 e Figura A.17.

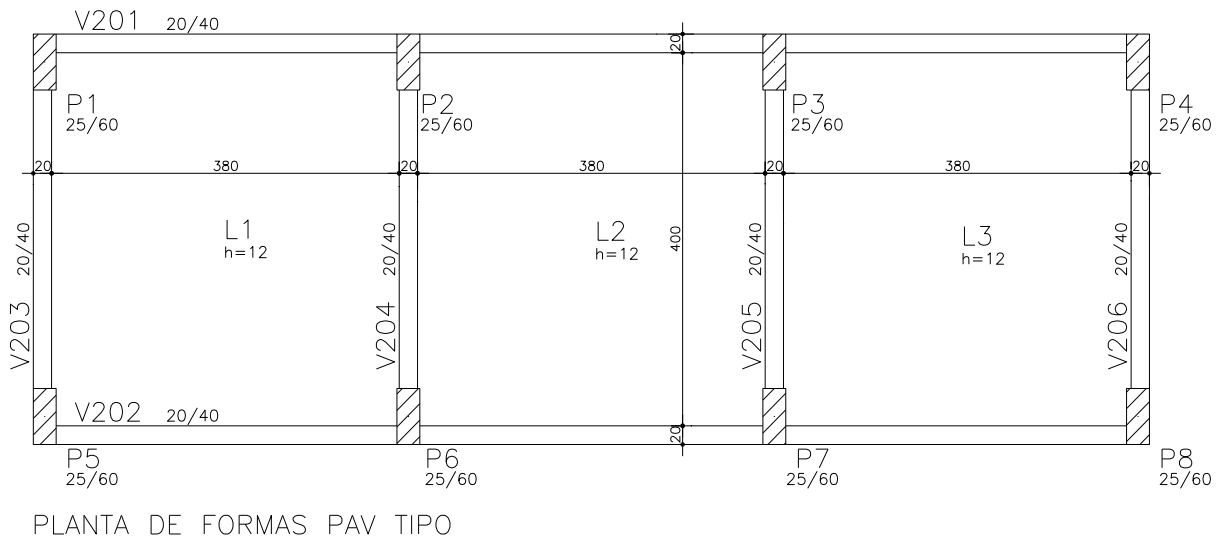


Figura A.16- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -5P2V1

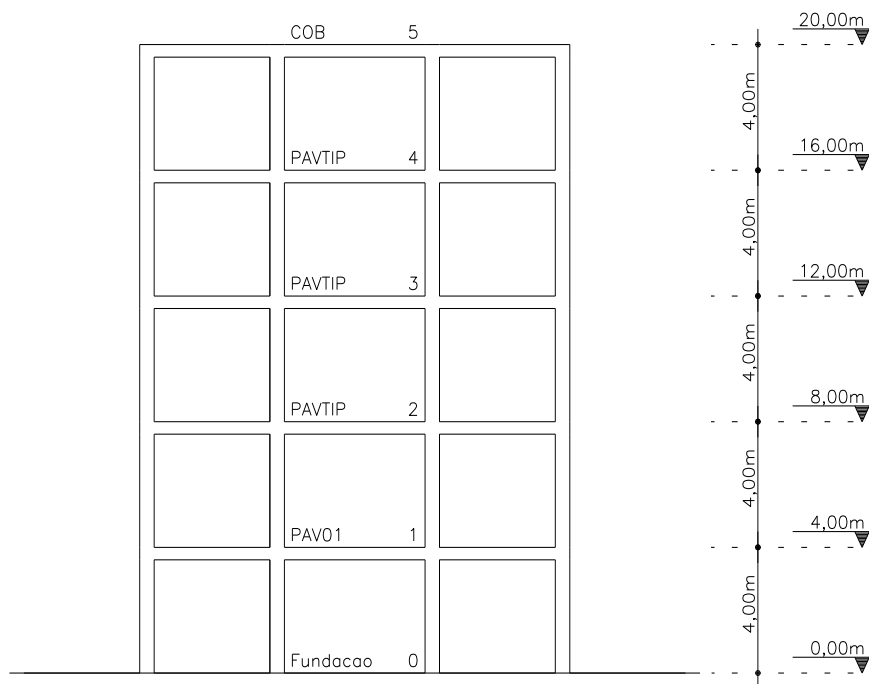


Figura A.17- Corte esquemático: T1 -5P2V1

A.6.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, como na Figura A.18.

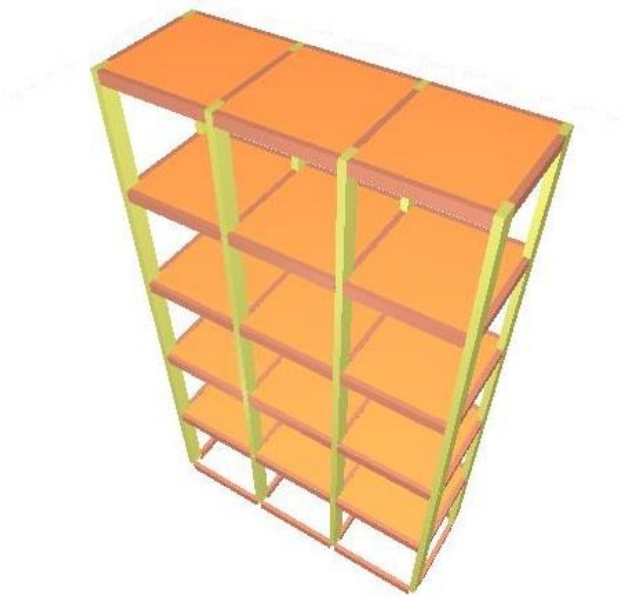


Figura A.18- Modelo de pórtico espacial: T1 -5P2V1

A.6.3 Variações de T1 -5P2V1

A Tabela A.26 apresenta as variações de T1-5P2V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.26- Exemplo T1 -5P2V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 5P2V1	5	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V1a	5	4,00	25x60	20x40		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 5P2V1b	5	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 5P2V1c	5	4,00	25x60	20x40		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V1d	5	5,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V1e	5	3,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V1f	5	4,00	25x60	20x40		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V1g	5	4,00	25x60	20x40		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.6.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.26 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.27 a Tabela A.30.

Tabela A.27- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-5P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P1/ P4/ P5 / P8				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P2V1	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 5P2V1a	2	25x60	1500	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V1b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 5P2V1c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V1d	2	25x60	1500	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,98%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V1f	2	25x60	1500	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V1g	2	25x60	1500	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%

Tabela A.28- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-5P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P2/ P3/ P6 / P7				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P2V1	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 5P2V1a	2	25x60	1500	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V1b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 5P2V1c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V1d	2	25x60	1500	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V1f	2	25x60	1500	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V1g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.29- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-5P2V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1						PAVTIPO (x3)			PAV5					
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3						
T1 -5P2V1	2	20x40	800	-	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
	3			-	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
T1 -5P2V1a	2	20x40	800	-	0,46%	0,75%	0,75%	0,75%	0,46%	0,49%	0,50%	0,50%	0,50%	0,49%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-	0,50%	0,61%	0,61%	0,61%	0,50%	0,46%	0,61%	0,61%	0,61%	0,46%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
T1 -5P2V1b	2	20x40	800	-	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,39%	0,50%	0,50%	0,50%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-	0,46%	0,75%	0,75%	0,75%	0,46%	0,39%	0,61%	0,61%	0,61%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%		
T1 -5P2V1c	2	20x40	800	-	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,46%	0,39%	0,39%	0,39%	0,46%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-															
				+															
T1 -5P2V1d	2	20x40	800	-	0,49%	0,61%	0,61%	0,61%	0,49%	0,49%	0,61%	0,61%	0,61%	0,49%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-	0,61%	0,75%	0,75%	0,75%	0,61%	0,50%	0,61%	0,61%	0,61%	0,50%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,39%	0,29%	0,29%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%		
T1 -5P2V1e	2	20x40	800	-	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,46%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-															
				+															
T1 -5P2V1f	2	20x40	800	-	0,75%	1,18%	1,18%	1,18%	0,75%	0,75%	1,18%	1,18%	1,18%	0,75%	0,29%	0,77%	0,77%	0,77%	0,29%
				+	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,39%	0,77%	0,77%	0,77%	0,39%	0,39%	
	3			-	0,61%	1,18%	1,18%	1,18%	0,61%	0,61%	1,18%	1,18%	1,18%	0,61%	0,29%	0,77%	0,77%	0,77%	0,29%
				+	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,46%	0,39%	0,29%	0,29%	0,29%	0,39%		
T1 -5P2V1g	2	20x40	800	-	0,20%	0,49%	0,49%	0,49%	0,20%	0,29%	0,49%	0,49%	0,49%	0,29%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	
	3			-	0,20%	0,46%	0,46%	0,46%	0,20%	0,20%	0,49%	0,49%	0,49%	0,20%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				+	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%		

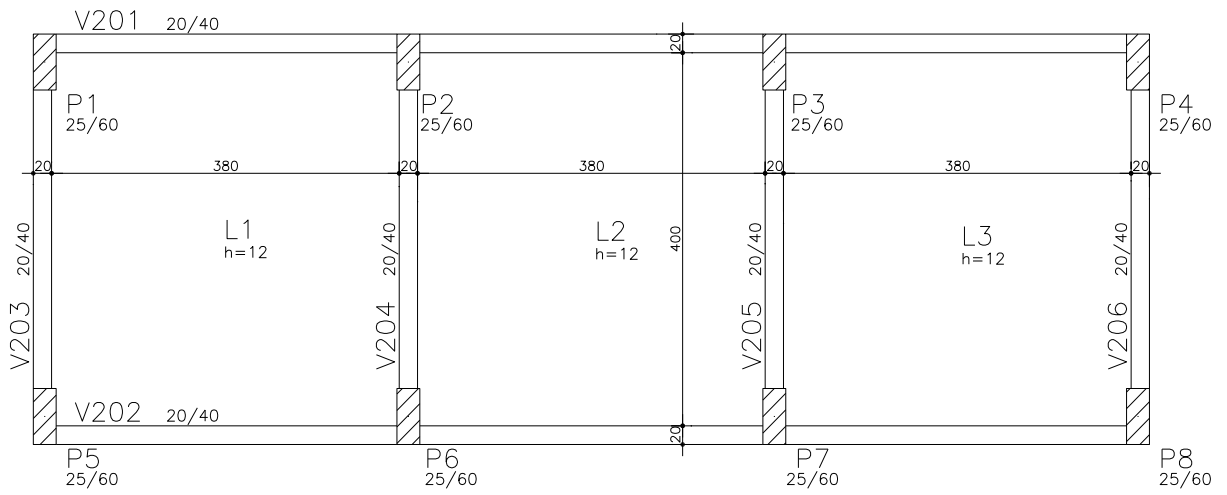
Tabela A.30- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-5P2V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5			PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5	
T1 -5P2V1	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,29%	0,29%	-	1,51%	1,51%	1,57%	1,57%	0,46%	0,46%
				+	0,46%		0,46%		0,29%		+	0,46%		0,46%		0,31%	
	3			-	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%
				+	0,50%		0,50%		0,29%		+	0,46%		0,46%		0,31%	
T1 -5P2V1a	2	20x40	800	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,49%	0,49%	-	2,45%	2,45%	2,45%	2,45%	0,61%	0,61%
				+	1,01%		1,01%		0,29%		+	1,57%		1,01%		0,31%	
	3			-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%	-	1,96%	1,96%	1,96%	1,96%	0,50%	0,50%
				+	1,18%		1,01%		0,29%		+	1,01%		1,01%		0,31%	
T1 -5P2V1b	2	20x40	800	-	1,01%	1,01%	1,18%	1,18%	0,31%	0,31%	-	1,84%	1,84%	1,84%	1,84%	0,46%	0,46%
				+	0,46%		0,46%		0,29%		+	0,46%		0,61%		0,31%	
	3			-	1,18%	1,18%	1,18%	1,18%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%
				+	0,61%		0,50%		0,29%		+	0,61%		0,61%		0,31%	
T1 -5P2V1c	2	20x40	800	-	0,79%	0,79%	1,01%	1,01%	0,39%	0,39%	-	1,18%	1,18%	1,18%	1,18%	0,39%	0,39%
				+	0,46%		0,46%		0,29%		+	0,46%		0,46%		0,31%	
	3			-							-						
				+							+						
T1 -5P2V1d	2	20x40	800	-	1,84%	1,84%	1,84%	1,84%	0,39%	0,39%	-	2,45%	2,45%	2,45%	2,45%	0,50%	0,50%
				+	1,01%		1,01%		0,29%		+	1,01%		1,01%		0,31%	
	3			-	1,84%	1,84%	1,84%	1,84%	0,39%	0,39%	-	2,45%	2,45%	1,96%	1,96%	0,46%	0,46%
				+	1,18%		1,18%		0,29%		+	1,18%		1,01%		0,31%	
T1 -5P2V1e	2	20x40	800	-	0,50%	0,50%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%	-	0,75%	0,75%	0,79%	0,79%	0,39%	0,39%
				+	0,29%		0,29%		0,29%		+	0,31%		0,31%		0,31%	
	3			-							-						
				+							+						
T1 -5P2V1f	2	20x40	800	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,49%	0,49%	-	1,96%	1,96%	1,96%	1,96%	0,61%	0,61%
				+	1,01%		1,01%		0,29%		+	0,75%		0,75%		0,31%	
	3			-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%	-	1,96%	1,96%	1,96%	1,96%	0,61%	0,61%
				+	1,01%		1,01%		0,29%		+	0,79%		0,79%		0,31%	
T1 -5P2V1g	2	20x40	800	-	1,84%	1,84%	1,96%	1,96%	0,39%	0,39%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,29%	0,29%
				+	1,18%		1,18%		0,29%		+	0,61%		0,50%		0,39%	
	3			-	1,84%	1,84%	1,96%	1,96%	0,46%	0,46%	-	0,75%	0,75%	0,75%	0,75%	0,39%	0,39%
				+	1,18%		1,18%		0,29%		+	0,61%		0,50%		0,46%	

A.7 EXEMPLO T1 -8P2V1

A.7.1 Descrição

O Exemplo T1 -8P2V1 é composto por pavimento-tipo com sete repetições e cobertura, totalizando oito pavimentos com altura total de 32,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x40cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.19 e Figura A.20.



PLANTA DE FORMAS PAV TIPO

Figura A.19- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -8P2V1

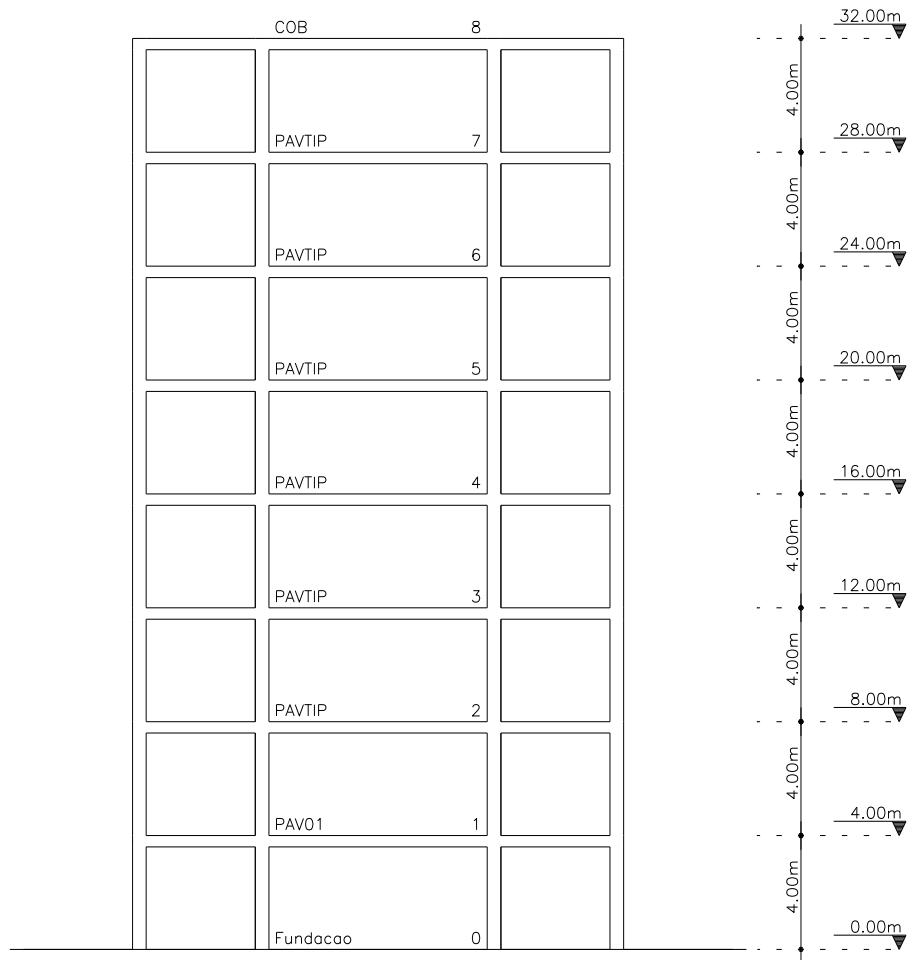


Figura A.20- Corte esquemático: T1 -8P2V1

A.7.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha (Figura A.21).



Figura A.21- Modelo de pórtico espacial: T1 -8P2V1

A.7.3 Variações de T1 -8P2V1

A Tabela A.31 apresenta as variações de T1-8P2V1 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.31- Exemplo T1 -8P2V1 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 8P2V1	8	4.00	25x60	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 8P2V1a	8	4.00	25x60	20x40		4.0	25	45.0	2,0/3,0
T1- 8P2V1b	8	4.00	25x60	20x40		4.0	25	35.0	5,0/5,0
T1- 8P2V1c	8	4.00	25x60	20x40		4.0	50	35.0	2,0/3,0
T1- 8P2V1d	8	5.00	25x60	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 8P2V1e	8	3.00	25x60	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 8P2V1f	8	4.00	25x60	20x40		6.0	25	35.0	2,0/3,0
T1- 8P2V1g	8	4.00	25x60	20x40		4.0	25	35.0	2,0/3,0

A.7.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.31 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.32 a Tabela A.35.

Tabela A.32- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-8P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)								
				P1/ P4/ P5 / P8								
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5	PAV6	PAV7	PAV8	
T1- 8P2V1	2	25x60	1500									
	3											
T1- 8P2V1a	2	25x60	1500									
	3											
T1- 8P2V1b	2	25x60	1500	1,68%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			1,68%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V1c	2	25x60	1500	1,26%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			1,61%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V1d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%						
	3			0,42%	0,42%	0,42%						
T1- 8P2V1e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3											
T1- 8P2V1f	2	25x60	1500									
	3											
T1- 8P2V1g	2	25x60	1500									
	3											

Tabela A.33- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-8P2V1 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)								
				P2/ P3/ P6 / P7								
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5	PAV6	PAV7	PAV8	
T1- 8P2V1	2	25x60	1500									
	3											
T1- 8P2V1a	2	25x60	1500									
	3											
T1- 8P2V1b	2	25x60	1500	3,27%	1,96%	1,26%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			3,27%	1,96%	1,26%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V1c	2	25x60	1500	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V1d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%						
	3			0,42%	0,42%	0,42%						
T1- 8P2V1e	2	25x60	1500	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3											
T1- 8P2V1f	2	25x60	1500									
	3											
T1- 8P2V1g	2	25x60	1500									
	3											

Tabela A.34- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-8P2V1 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02																
					PAV1						PAVTIPO (x6)						PAV8				
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3								
T1 -8P2V1	2	20x40	800	-																	
	3																				
T1 -8P2V1a	2	20x40	800	-																	
	3																				
T1 -8P2V1b	2	20x40	800	-	0,75%	0,79%	0,79%	0,79%	0,79%	0,75%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
				0,46%		0,29%		0,46%		0,46%		0,29%		0,46%		0,29%		0,29%		0,29%	
	3			1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%
T1 -8P2V1c	2	20x40	800	-	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,75%	0,75%	0,75%	0,61%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	
				0,39%		0,29%		0,39%		0,39%		0,29%		0,39%		0,29%		0,39%		0,29%	
	3			0,61%	0,75%	0,75%	0,75%	0,61%	0,61%	0,75%	0,75%	0,75%	0,61%	0,29%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,39%	0,29%	
T1 -8P2V1d	2	20x40	800	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	
				0,21%		0,21%		0,21%		0,21%		0,21%		0,21%		0,21%		0,21%		0,21%	
	3			0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,36%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%
T1 -8P2V1e	2	20x40	800	-	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,46%	0,46%	0,46%	0,39%	0,20%	0,29%	0,29%	0,29%	0,20%	
				0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%		0,29%	
	3																				
T1 -8P2V1f	2	20x40	800	-																	
	3																				
T1 -8P2V1g	2	20x40	800	-																	
	3																				

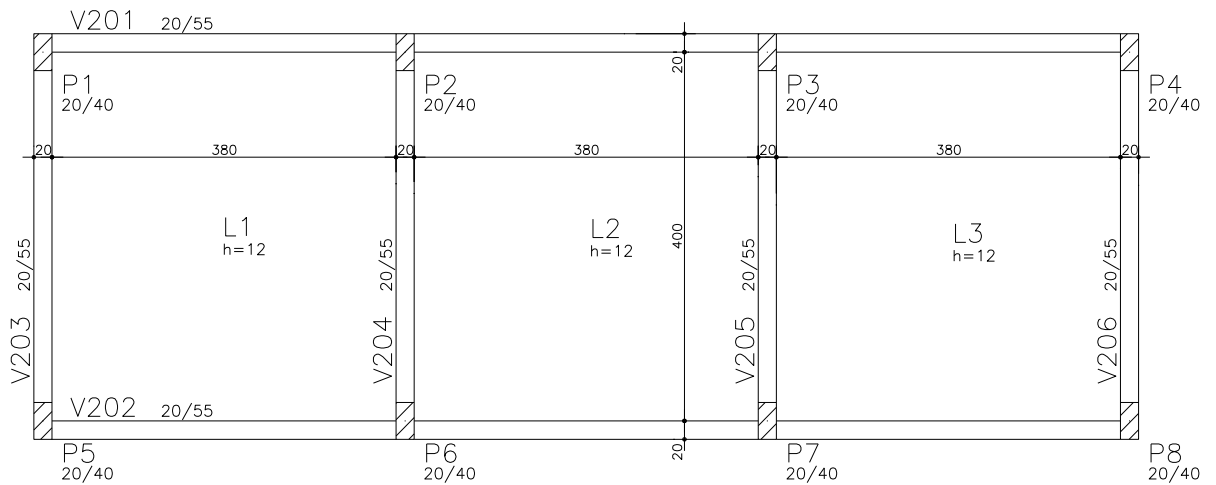
Tabela A.35- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-8P2V1 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP (X6)		PAV8			PAV1		PAVTIP (X6)		PAV8	
T1 -8P2V1	2	20x40	800	-							-						
				+							+						
	3			-							-						
				+							+						
T1 -8P2V1a	2	20x40	800	-							-						
				+							+						
	3			-							-						
				+							+						
T1 -8P2V1b	2	20x40	800	-	2,45%	2,45%	2,45%	2,45%	0,39%	0,39%	-	3,07%	3,07%	3,68%	3,68%	0,46%	0,46%
				+		1,18%		1,57%		0,29%	+		1,57%		2,45%		0,31%
	3			-	2,45%	2,45%	2,45%	2,45%	0,39%	0,39%	-	3,07%	3,07%	3,68%	3,68%	0,46%	0,46%
				+		1,57%		1,84%		0,29%	+		1,84%		2,45%		0,31%
	2			-	1,84%	1,84%	1,96%	1,96%	0,39%	0,39%	-	2,45%	2,45%	3,07%	3,07%	0,46%	0,46%
				+		1,18%		1,57%		0,29%	+		1,18%		1,57%		0,31%
3	-	1,84%	1,84%	2,36%	2,36%	0,39%	0,39%	-	2,45%	2,45%	3,07%	3,07%	0,46%	0,46%			
	+		1,18%		1,57%		0,29%	+		1,18%		1,57%		0,31%			
T1 -8P2V1c	2	20x40	800	-	0,45%	0,45%	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	-	0,21%	0,21%				
				+		0,29%		0,22%		0,22%	+		0,21%				
	3			-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	-	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%		
				+		0,45%		0,33%		0,33%	+		0,33%		0,21%		
	2			-	1,01%	1,01%	1,18%	1,18%	0,29%	0,29%	-	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%	0,39%	0,39%
				+		0,46%		0,61%		0,29%	+		0,46%		0,61%		0,31%
3	-							-									
	+							+									
T1 -8P2V1f	2	20x40	800	-							-						
				+							+						
	3			-							-						
				+							+						
T1 -8P2V1g	2	20x40	800	-							-						
				+							+						
	3			-							-						
				+							+						

A.8 EXEMPLO T1 -3P1V2

A.8.1 Descrição

O Exemplo T1 -3P1V2 é composto por pavimento-tipo com duas repetições e cobertura, totalizando três pavimentos com altura total de 12,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 20x40 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.22 e Figura A.23.



PLANTA DE FORMAS PAV TIPO

Figura A.22- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -3P1V2

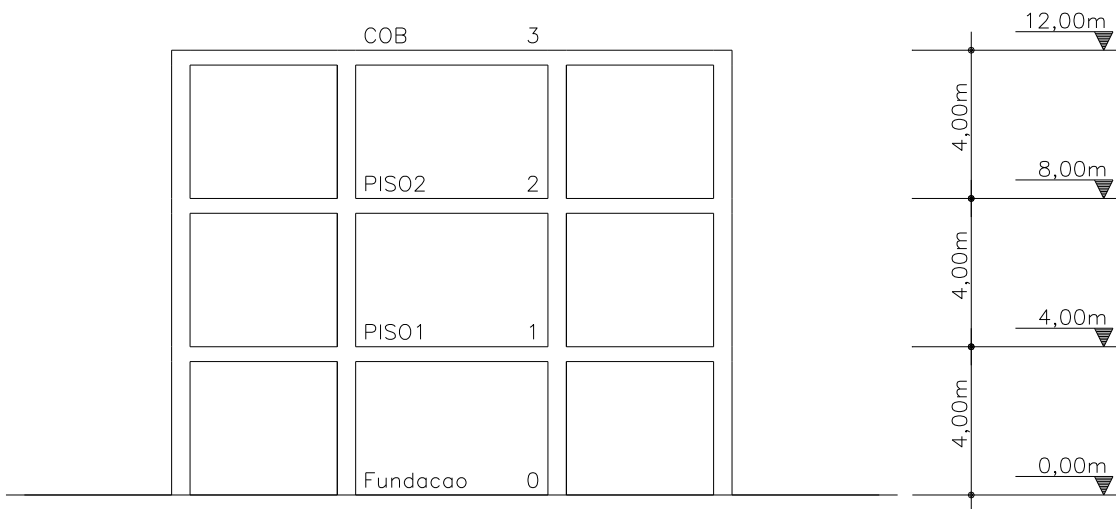


Figura A.23- Corte esquemático: T1 -3P1V2

A.8.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, como a Figura A.24.

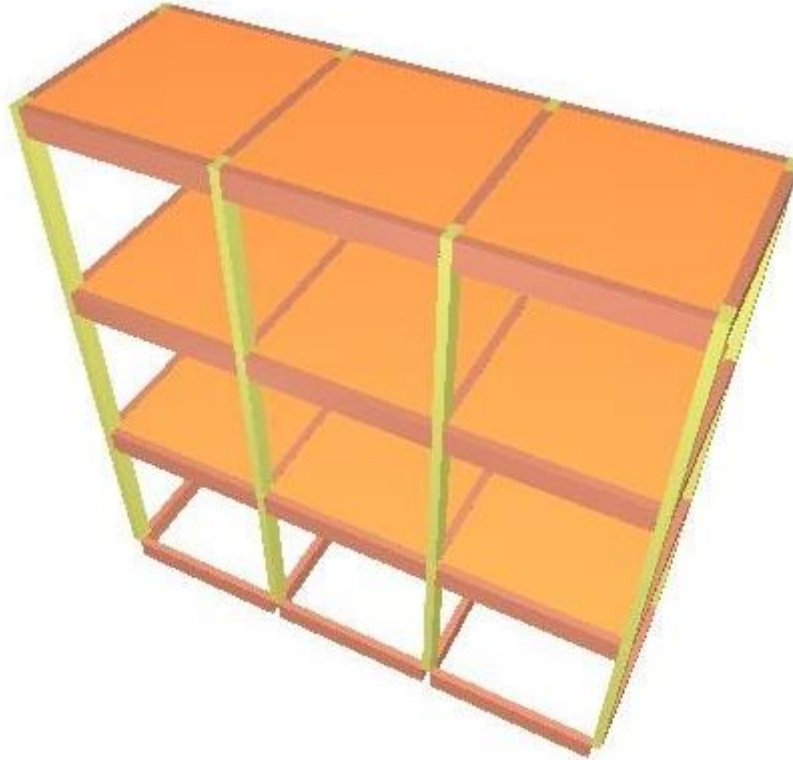


Figura A.24- Modelo de pórtico espacial: T1 -3P1V2

A.8.3 Variações de T1 -3P1V2

A Tabela A.36 apresenta as variações de T1-3P1V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.36- Exemplo T1 -3P1V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 3P1V2	3	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P1V2a	3	4,00	20x40	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 3P1V2b	3	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 3P1V2c	3	4,00	20x40	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 3P1V2d	3	5,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P1V2e	3	3,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P1V2f	3	4,00	20x40	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P1V2g	3	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.8.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.36 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 44 -. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{st}^2 e A_{st}^3 estão nas tabelas de Tabela A.37 a Tabela A.40.

Tabela A.37- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1 -3P1V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P1/ P4/ P5 / P8		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P1V2	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2a	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%
	3			1,23%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2b	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3					
T1- 3P1V2d	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%
	3					
T1- 3P1V2e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2f	2	20x40	800	0,92%	0,59%	0,59%
	3			1,23%	0,92%	0,59%
T1- 3P1V2g	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,59%	0,59%

Tabela A.38- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1 -3P1V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P2/ P3/ P6 / P7		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P1V2	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2a	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2b	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3					
T1- 3P1V2d	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3					
T1- 3P1V2e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2f	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%
	3			2,01%	0,59%	0,59%
T1- 3P1V2g	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%

Tabela A.39- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1 -3P1V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02											
					PAV1			PAV2			PAV3					
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3			
T1 -3P1V2	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	3	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
T1 -3P1V2a	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3	-	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
T1 -3P1V2b	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3	-	0,21%	0,46%	0,46%	0,46%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
T1 -3P1V2c	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%
				+	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	3	-														
T1 -3P1V2d	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3	-														
T1 -3P1V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
T1 -3P1V2f	2	20x55	1100	-	0,21%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	0,45%	
				+	0,33%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,29%	
	3	-	0,21%	0,56%	0,56%	0,56%	0,21%	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,45%		
T1 -3P1V2g	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			

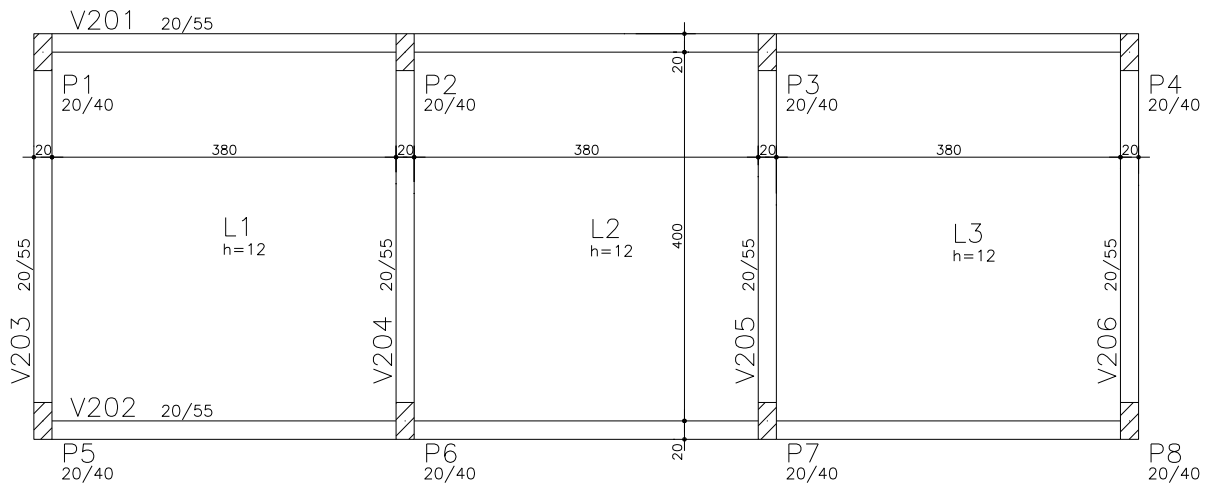
Tabela A.40- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1 - 3P1V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAV2		PAV3			PAV1		PAV2		PAV3	
T1 -3P1V2	2	20x55	1100	-	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%
				+		0,22%		0,22%		0,21%	+		0,29%		0,29%		0,29%
	-			0,46%	0,46%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,75%	0,75%	0,50%	0,50%	0,29%	0,29%	
	+				0,31%		0,22%		0,22%	+		0,29%		0,29%		0,29%	
T1 -3P1V2a	2	20x55	1100	-	0,45%	0,45%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%
				+		0,33%		0,22%		0,21%	+		0,33%		0,29%		0,29%
	-			0,55%	0,55%	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	
	+				0,33%		0,22%		0,22%	+		0,37%		0,29%		0,29%	
T1 -3P1V2b	2	20x55	1100	-	0,36%	0,36%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,57%	0,57%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%
				+		0,22%		0,22%		0,21%	+		0,45%		0,45%		0,29%
	-			0,37%	0,37%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	
	+				0,22%		0,22%		0,22%	+		0,37%		0,37%		0,29%	
T1 -3P1V2c	2	20x55	1100	-	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,33%	0,33%
				+		0,22%		0,22%		0,22%	+		0,29%		0,29%		0,29%
	-									-							
	+									+							
T1 -3P1V2d	2	20x55	1100	-	0,45%	0,45%	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,56%	0,56%	0,21%	0,21%
				+		0,33%		0,22%		0,21%	+		0,37%		0,29%		0,29%
	-									-							
	+									+							
T1 -3P1V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%
				+		0,22%		0,22%		0,22%	+		0,29%		0,29%		0,29%
	-			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	
	+				0,22%		0,22%		0,22%	+		0,29%		0,29%		0,29%	
T1 -3P1V2f	2	20x55	1100	-	0,45%	0,45%	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%
				+		0,29%		0,22%		0,22%	+		0,33%		0,33%		0,29%
	-			0,56%	0,56%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	
	+				0,29%		0,22%		0,33%	+		0,29%		0,29%		0,29%	
T1 -3P1V2g	2	20x55	1100	-	0,56%	0,56%	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	-	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+		0,29%		0,22%		0,22%	+		0,45%		0,45%		0,33%
	-			0,55%	0,55%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+				0,29%		0,22%		0,22%	+		0,33%		0,33%		0,29%	

A.9 EXEMPLO T1 -4P1V2

A.9.1 Descrição

O Exemplo T1 -4P1V2 é composto por pavimento-tipo com três repetições e cobertura, totalizando quatro pavimentos com altura total de 16,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 20x40 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.25 e Figura A.26.



PLANTA DE FORMAS PAV TIPO

Figura A.25- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -4P1V2

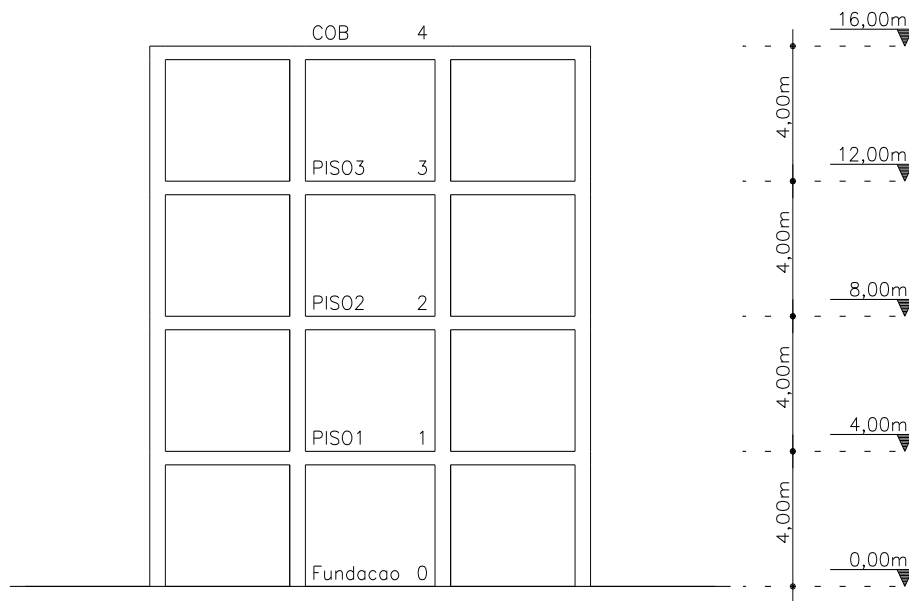


Figura A.26- Corte esquemático: T1 -4P1V2

A.9.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, representada na Figura A.27.

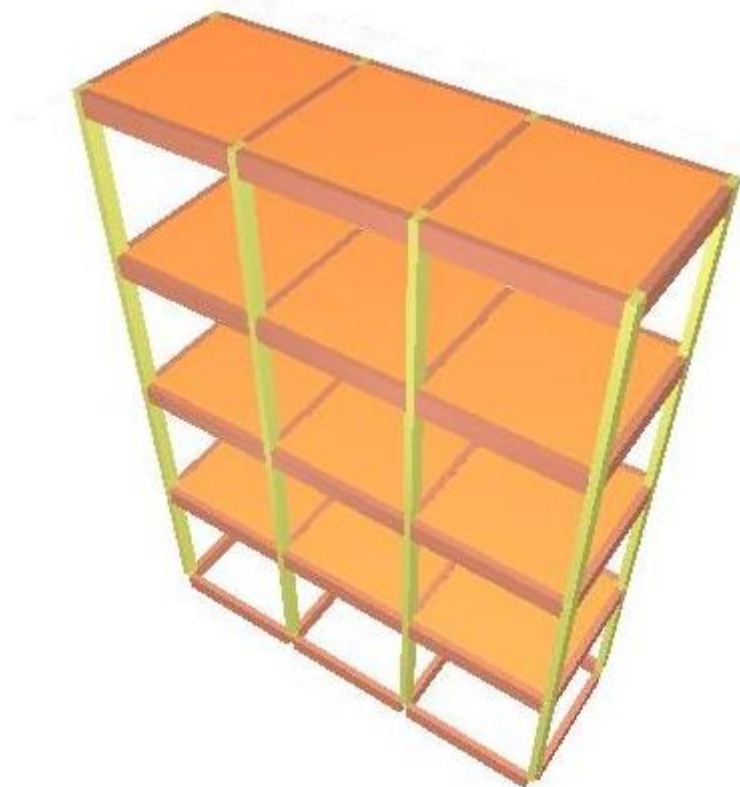


Figura A.27- Modelo de pórtico espacial: T1 -4P1V2

A.9.3 Variações de T1 -4P1V2

A Tabela A.41 apresenta as variações de T1-4P1V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.41- Exemplo T1 -4P1V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 4P1V2	4	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P1V2a	4	4,00	20x40	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 4P1V2b	4	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 4P1V2c	4	4,00	20x40	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 4P1V2d	4	5,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P1V2e	4	3,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P1V2f	4	4,00	20x40	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P1V2g	4	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.9.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.41 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.42 a Tabela A.45.

Tabela A.42- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-4P1V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P1/ P4/ P5 / P8			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P1V2	2	20x40	800	0,79%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			1,23%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2a	2	20x40	800	2,36%	0,92%	0,59%	0,59%
	3			3,14%	1,51%	0,92%	0,59%
T1- 4P1V2b	2	20x40	800	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			1,23%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2d	2	20x40	800	2,36%	1,51%	0,59%	0,59%
	3						
T1- 4P1V2e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2f	2	20x40	800				
	3						
T1- 4P1V2g	2	20x40	800	2,36%	1,51%	0,59%	0,59%
	3			3,14%	1,51%	0,59%	0,59%

Tabela A.43- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-4P1V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P2/ P3/ P6 / P7			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P1V2	2	20x40	800	1,51%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			2,01%	0,92%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2a	2	20x40	800	3,68%	1,51%	0,92%	0,59%
	3			3,68%	2,36%	0,92%	0,59%
T1- 4P1V2b	2	20x40	800	2,36%	0,92%	0,59%	0,59%
	3			3,14%	1,51%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2d	2	20x40	800	3,93%	1,51%	0,59%	0,59%
	3						
T1- 4P1V2e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 4P1V2f	2	20x40	800				
	3						
T1- 4P1V2g	2	20x40	800	0,79%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,92%	0,59%	0,59%	0,59%

Tabela A.44- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-4P1V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1						PAVTIP (x2)			PAV4					
					Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2	Trecho3	Trecho1		Trecho2	Trecho3	
T1 -4P1V2	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -4P1V2a	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -4P1V2b	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,21%	0,36%	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -4P1V2c	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
				+	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
T1 -4P1V2d	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-															
T1 -4P1V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -4P1V2f	2	20x55	1100	-															
				+															
	3			-															
T1 -4P1V2g	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%

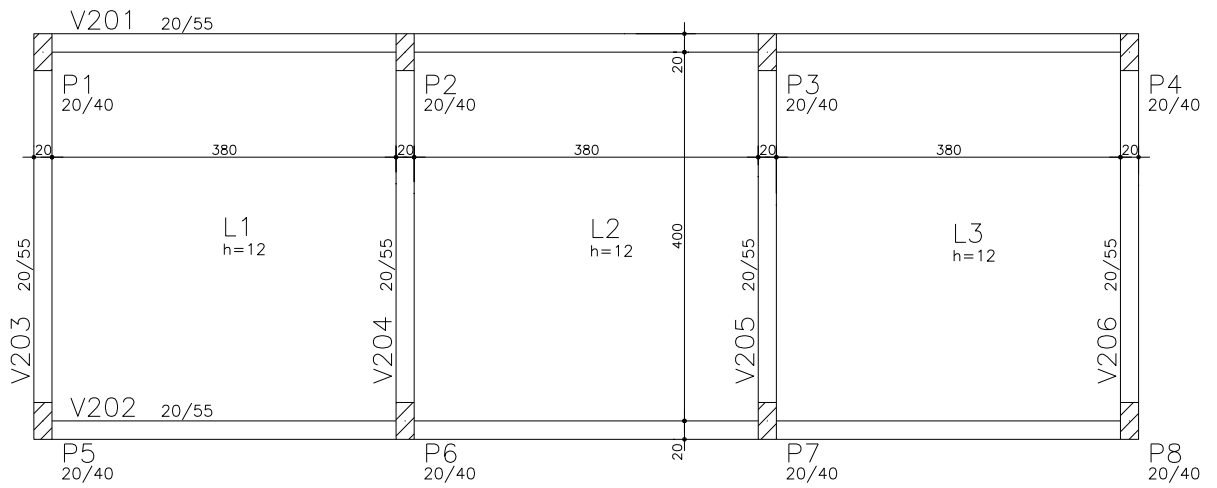
Tabela A.45- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-4P1V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIPO (X2)		PAV4			PAV1		PAVTIPO (X2)		PAV4	
T1 -4P1V2	2	20x40	800	-	0,45%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%
				+			0,29%	0,22%	0,21%	+	0,33%		0,29%		0,29%		
	-			0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	
	+					0,29%	0,22%	0,22%	+	0,29%		0,29%		0,29%			
T1 -4P1V2a	2	20x40	800	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	0,86%	0,86%	0,21%	0,21%
				+			0,37%	0,21%	+	0,45%		0,37%		0,29%			
	-			0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	0,86%	0,86%	0,29%	0,29%	
	+					0,55%	0,37%	0,22%	+	0,45%		0,33%		0,29%			
T1 -4P1V2b	2	20x40	800	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%
				+			0,29%	0,21%	+	0,45%		0,45%		0,29%			
	-			0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	
	+					0,33%	0,29%	0,22%	+	0,45%		0,45%		0,29%			
T1 -4P1V2c	2	20x40	800	-	0,45%	0,45%	0,37%	0,37%	0,29%	0,29%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,33%	0,33%
				+			0,22%	0,22%	+	0,33%		0,29%		0,29%			
	-			0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,29%	0,29%	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,33%	0,33%	
	+					0,29%	0,22%	0,22%	+	0,29%		0,29%		0,29%			
T1 -4P1V2d	2	20x40	800	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	0,86%	0,86%	0,21%	0,21%
				+			0,45%	0,21%	+	0,55%		0,45%		0,29%			
	-									-							
	+								+								
T1 -4P1V2e	2	20x40	800	-	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,45%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%
				+			0,22%	0,22%	+	0,29%		0,29%		0,29%			
	-			0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,45%	0,45%	0,45%	0,45%	0,29%	0,29%	
	+					0,22%	0,22%	0,22%	+	0,29%		0,29%		0,29%			
T1 -4P1V2f	2	20x40	800	-							-						
				+							+						
	-									-							
	+									+							
T1 -4P1V2g	2	20x40	800	-	0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%
				+			0,73%	0,22%	+	0,45%		0,45%		0,33%			
	-			0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	
	+					0,37%	0,22%	+	0,45%		0,37%		0,33%				

A.10 EXEMPLO T1 -5P1V2

A.10.1 Descrição

O Exemplo T1 -5P1V2 é composto por pavimento-tipo com quatro repetições e cobertura, totalizando cinco pavimentos com altura total de 20,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 20x40 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.28 e Figura A.29.



PLANTA DE FORMAS PAV TIPO

Figura A.28- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -5P1V2

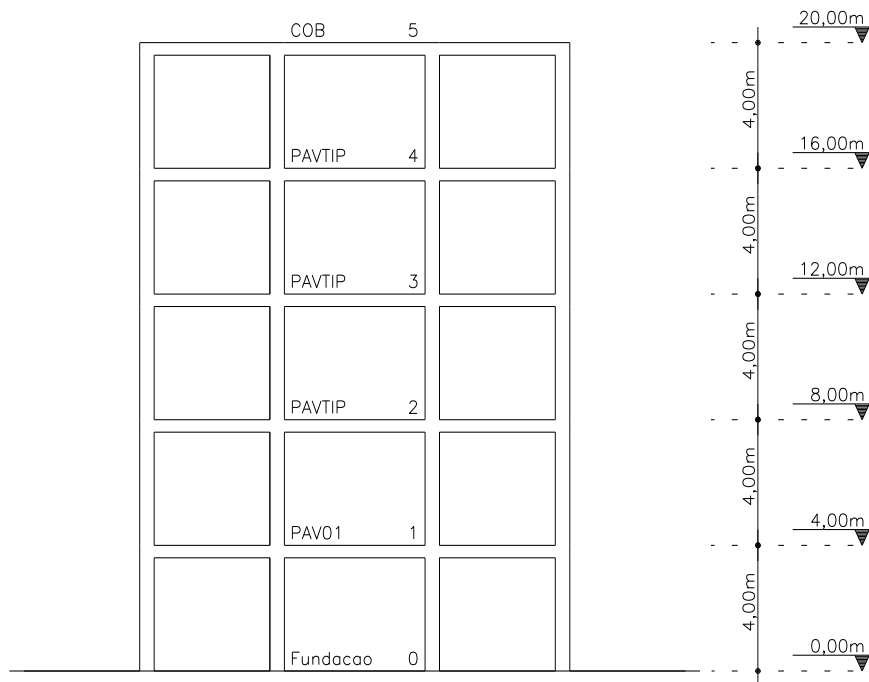


Figura A.29- Corte esquemático: T1 -5P1V2

A.10.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, conforme Figura A.30.

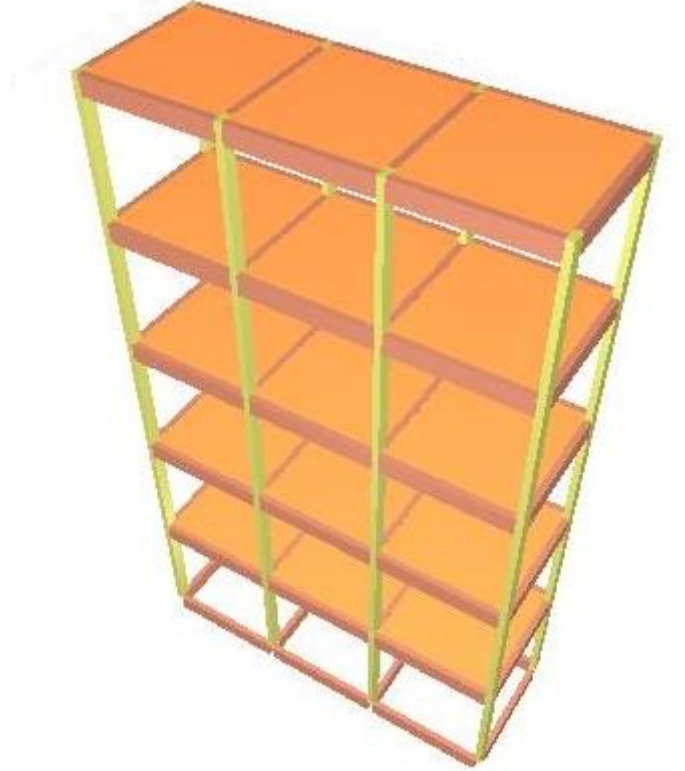


Figura A.30- Modelo de pórtico espacial: T1 -5P1V2

A.10.3 Variações de T1 -5P1V2

A Tabela A.46 apresenta as variações de T1-5P1V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.46- Exemplo T1 -5P1V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 5P1V2	5	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V2a	5	4,00	20x40	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 5P1V2b	5	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 5P1V2c	5	4,00	20x40	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V2d	5	5,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V2e	5	3,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V2f	5	4,00	20x40	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P1V2g	5	4,00	20x40	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.10.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.46 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.47 a Tabela A.50.

Tabela A.47- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-5P1V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P1/ P4/ P5 / P8				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P1V2	2	20x40	800	2,01%	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			2,01%	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V2a	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2b	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2c	2	20x40	800	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,92%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V2d	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2e	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V2f	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2g	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%		
	3			1,51%	0,59%	0,59%		

Tabela A.48- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-5P1V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P2/ P3/ P6 / P7				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P1V2	2	20x40	800	3,14%	1,51%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			3,93%	2,36%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V2a	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2b	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2c	2	20x40	800	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			0,59%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V2d	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2e	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%	0,59%	0,59%
	3			1,51%	0,92%	0,59%	0,59%	0,59%
T1- 5P1V2f	2	20x40	800					
	3							
T1- 5P1V2g	2	20x40	800	1,23%	0,59%	0,59%		
	3			1,51%	0,59%	0,59%		

Tabela A.49- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-5P1V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1						PAVTIPO (x3)			PAV5					
					Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1	Trecho2		Trecho3	Trecho1	Trecho2		Trecho3	
T1 -5P1V2	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
T1 -5P1V2a	2	20x55	1100	-															
				+															
	3			-															
				+															
T1 -5P1V2b	2	20x55	1100	-															
				+															
	3			-															
				+															
T1 -5P1V2c	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
				+	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3			-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
				+	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
T1 -5P1V2d	2	20x55	1100	-															
				+															
	3			-															
				+															
T1 -5P1V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
T1 -5P1V2f	2	20x55	1100	-															
				+															
	3			-															
				+															
T1 -5P1V2g	2	20x55	1100	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,36%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%		
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%				

Tabela A.50- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-5P1V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5			PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5	
T1 -5P1V2	2	20x55	1100	-	0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%
				+		0,45%		0,37%		0,21%		+	0,45%		0,37%		0,29%
	3			-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%
				+		0,45%		0,37%		0,21%		+	0,45%		0,37%		0,29%
T1 -5P1V2a	2	20x55	1100	-							-						
	+										+						
	3			-							-						
T1 -5P1V2b	2	20x55	1100	-							-						
	+										+						
	3			-							-						
T1 -5P1V2c	2	20x55	1100	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,29%	0,29%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,33%	0,33%
				+		0,45%		0,33%		0,22%		+	0,45%		0,33%		0,29%
	3			-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,29%	0,29%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,33%	0,33%
				+		0,45%		0,37%		0,22%		+	0,45%		0,37%		0,29%
T1 -5P1V2d	2	20x55	1100	-							-						
	+										+						
	3			-							-						
T1 -5P1V2e	2	20x55	1100	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%
				+		0,22%		0,22%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%
	3			-	0,37%	0,37%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%
				+		0,22%		0,22%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%
T1 -5P1V2f	2	20x55	1100	-							-						
	+										+						
	3			-							-						
T1 -5P1V2g	2	20x55	1100	-	0,37%	0,37%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	-	0,21%	0,21%				
				+		0,21%		0,21%		0,21%		+	0,21%				
	3			-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	-	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%		
				+		0,33%		0,29%		0,29%		+	0,29%		0,21%		

A.11 EXEMPLO T1 -3P2V2

A.11.1 Descrição

O Exemplo T1 -3P2V2 é composto por pavimento-tipo com duas repetições e cobertura, totalizando três pavimentos com altura total de 12,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.31 e Figura A.32.

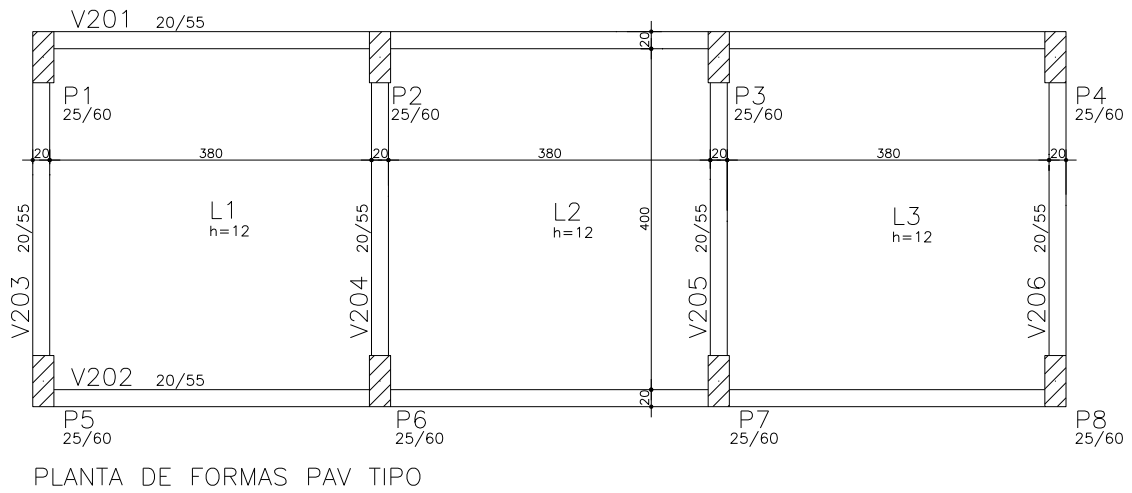


Figura A.31- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -3P2V2

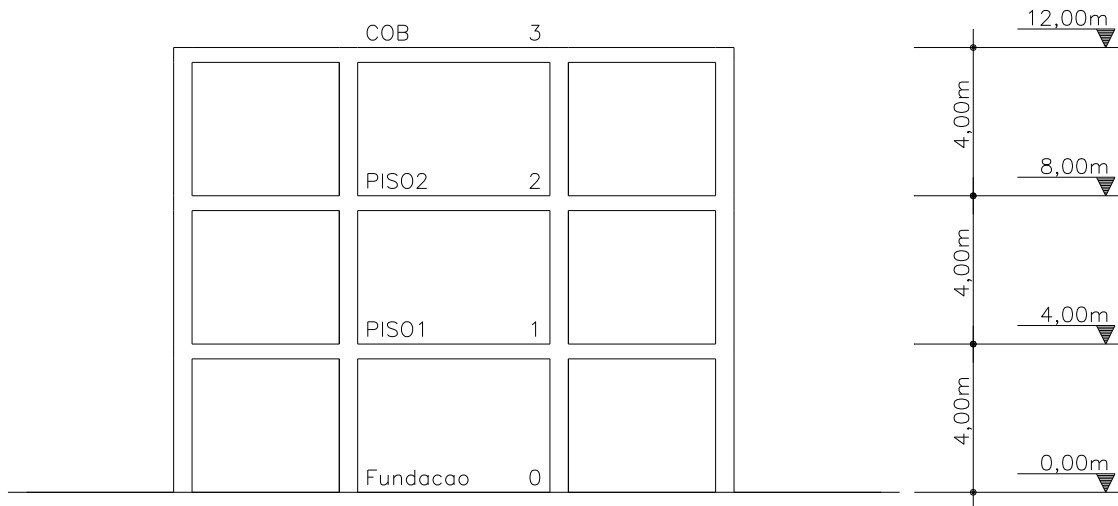


Figura A.32- Corte esquemático: T1 -3P2V2

A.11.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, conforme Figura A.33.

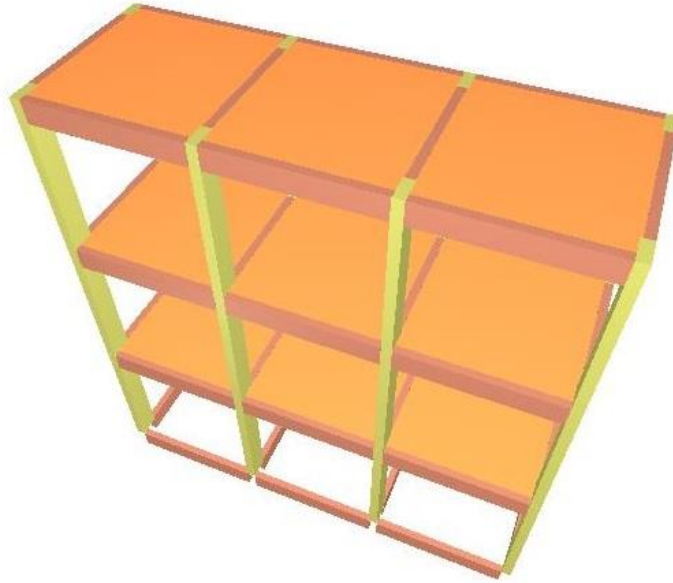


Figura A.33- Modelo de pórtico espacial: T1 -3P2V2

A.11.3 Variações de T1 -3P2V2

A Tabela A.51 apresenta as variações de T1-3P2V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.51- Exemplo T1 -3P2V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 3P2V2	3	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V2a	3	4,00	25x60	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 3P2V2b	3	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 3P2V2c	3	4,00	25x60	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V2d	3	5,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V2e	3	3,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V2f	3	4,00	25x60	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 3P2V2g	3	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.11.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.51 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.52 a Tabela A.55.

Tabela A.52- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1 -3P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P1/ P4/ P5 / P8		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P2V2	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2a	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V2b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V2c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V2g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.53- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1 -3P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)		
				P2/ P3/ P6 / P7		
				PAV1	PAV2	PAV3
T1- 3P2V2	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2a	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V2b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V2c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3					
T1- 3P2V2f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%
T1- 3P2V2g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.54- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1 -3P2V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02													
					PAV1						PAV2			PAV3				
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3					
T1 -3P2V2	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	-																	
T1 -3P2V2a	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	-			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -3P2V2b	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	-			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -3P2V2c	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%
	+			0,29%	0,33%	0,21%	0,29%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	
	-																	
T1 -3P2V2d	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	-																	
T1 -3P2V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	-																	
T1 -3P2V2f	2	20x55	1100	-	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%
	+			0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,21%	0,55%	0,55%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,21%	0,29%	
	-			0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
T1 -3P2V2g	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	-			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%

Tabela A.55- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1 - 3P2V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05						
					PAV1		PAV2		PAV3			PAV1		PAV2		PAV3		
T1 -3P2V2	2	20x55	1100	-	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	-	0,37%	0,37%	0,33%	0,33%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -3P2V2a	2	20x55	1100	-	0,37%	0,37%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -3P2V2b	2	20x55	1100	-	0,36%	0,36%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -3P2V2c	2	20x55	1100	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	-	0,45%	0,45%	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	
	3																	
T1 -3P2V2d	2	20x55	1100	-	0,55%	0,55%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -3P2V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -3P2V2f	2	20x55	1100	-	0,45%	0,45%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,29%	0,29%	
	3																	
T1 -3P2V2g	2	20x55	1100	-	0,55%	0,55%	0,36%	0,36%	0,21%	0,21%	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	
	3																	

A.12 EXEMPLO T1 -4P2V2

A.12.1 Descrição

O Exemplo T1 -4P2V2 é composto por pavimento-tipo com três repetições e cobertura, totalizando quatro pavimentos com altura total de 16,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.34 e Figura A.35.

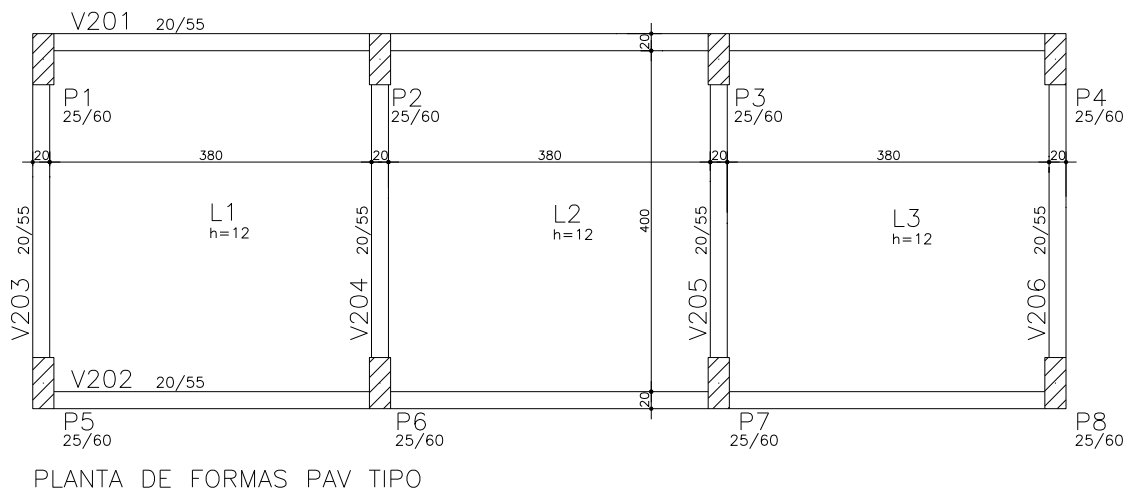


Figura A.34- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -4P2V2

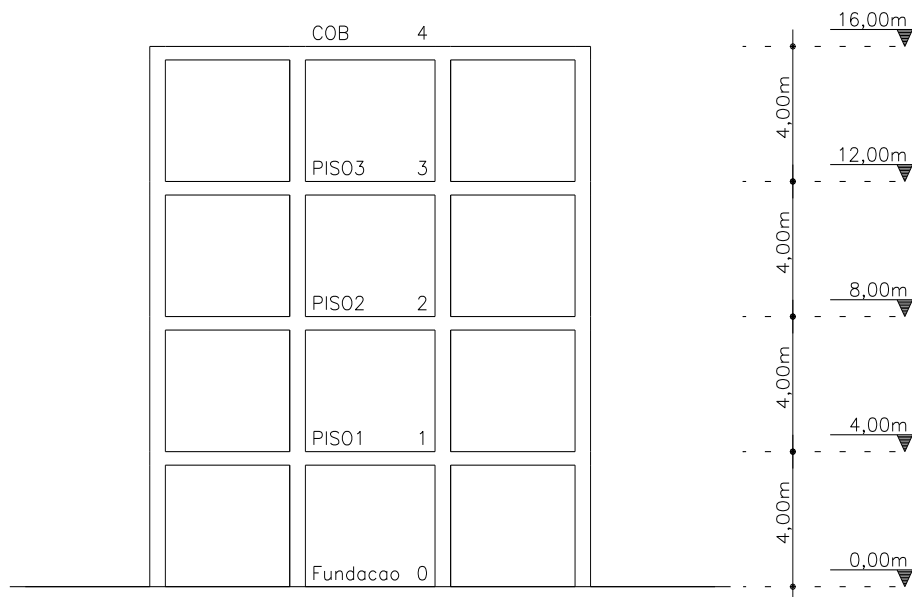


Figura A.35- Corte esquemático: T1 -4P2V2

A.12.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, conforme Figura A.36.

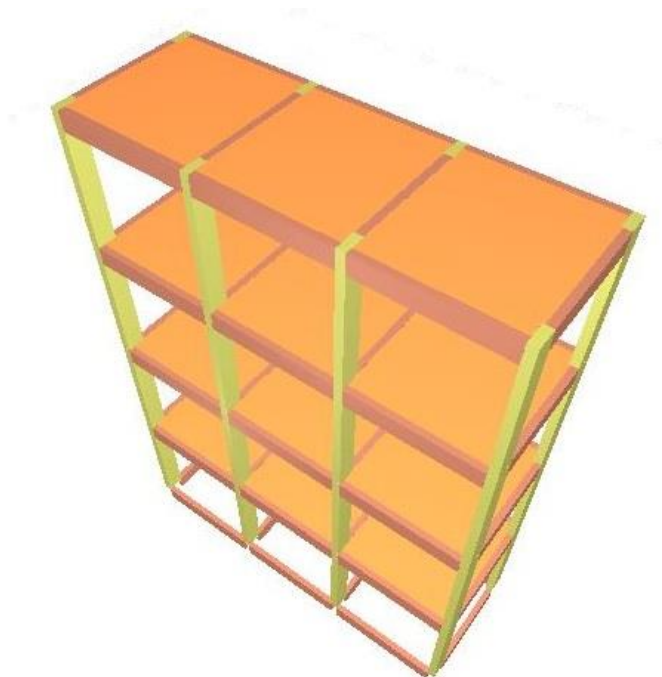


Figura A.36- Modelo de pórtico espacial: T1 -4P2V2

A.12.3 Variações de T1 -4P2V2

A Tabela A.56 apresenta as variações de T1-4P2V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.56- Exemplo T1 -4P2V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 4P2V2	4	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V2a	4	4,00	25x60	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 4P2V2b	4	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 4P2V2c	4	4,00	25x60	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V2d	4	5,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V2e	4	3,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V2f	4	4,00	25x60	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 4P2V2g	4	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.12.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.56 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.57 a Tabela A.60.

Tabela A.57- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-4P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P1/ P4/ P5 / P8			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P2V2	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2a	2	25x60	1500	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 4P2V2b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V2c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V2d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V2f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2g	2	25x60	1500	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,65%	0,49%	0,49%	0,49%

Tabela A.58- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-4P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)			
				P2/ P3/ P6 / P7			
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4
T1- 4P2V2	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2a	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V2c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V2d	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3						
T1- 4P2V2f	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 4P2V2g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.59- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-4P2V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02													
					PAV1						PAVTIP (x2)			PAV4				
					Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3	Trecho1	Trecho2	Trecho3					
T1 -4P2V2	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3			-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -4P2V2a	2	20x55	1100	-	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3			-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
T1 -4P2V2b	2	20x55	1100	-	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-														
T1 -4P2V2c	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%
				+	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
	3			-														
T1 -4P2V2d	2	20x55	1100	-	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		
T1 -4P2V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-														
T1 -4P2V2f	2	20x55	1100	-	0,21%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%
				+	0,33%	0,21%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%		
	3			-	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%
T1 -4P2V2g	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%			
	3			-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%		

Tabela A.60- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-4P2V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIPO (X2)		PAV4			PAV1		PAVTIPO (X2)		PAV4	
T1 -4P2V2	2	20x55	1100	-	0,37%	0,37%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,22%	0,22%
				+		0,21%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%		
	-			0,55%	0,55%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,22%	0,22%	
	+				0,21%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%			
T1 -4P2V2a	2	20x55	1100	-	0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,22%	0,22%
				+		0,37%		0,43%		+	0,33%		0,29%		0,29%		
	-			0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,22%	0,22%	
	+				0,45%		0,33%		+	0,37%		0,29%		0,29%			
T1 -4P2V2b	2	20x55	1100	-	0,45%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,22%	0,22%
				+		0,22%		0,22%		+	0,29%		0,29%		0,29%		
	-								-								
	+								+								
T1 -4P2V2c	2	20x55	1100	-	0,37%	0,37%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	-	0,55%	0,55%	0,45%	0,45%	0,37%	0,37%
				+		0,29%		0,29%		+	0,29%		0,29%		0,29%		
	-								-								
	+								+								
T1 -4P2V2d	2	20x55	1100	-	0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,22%	0,22%
				+		0,45%		0,33%		+	0,37%		0,29%		0,29%		
	-			0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,22%	0,22%	
	+				0,45%		0,33%		+	0,37%		0,29%		0,29%			
T1 -4P2V2e	2	20x55	1100	-	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,22%	0,22%
				+		0,21%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%		
	-								-								
	+								+								
T1 -4P2V2f	2	20x55	1100	-	0,55%	0,55%	0,56%	0,56%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,29%	0,29%
				+		0,33%		0,29%		+	0,29%		0,29%		0,29%		
	-			0,55%	0,55%	0,56%	0,56%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,29%	0,29%	
	+				0,33%		0,29%		+	0,29%		0,29%		0,29%			
T1 -4P2V2g	2	20x55	1100	-	0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%
				+		0,45%		0,33%		+	0,33%		0,33%		0,29%		
	-			0,73%	0,73%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	
	+				0,45%		0,33%		+	0,29%		0,29%		0,29%			

A.13 EXEMPLO T1 -5P2V2

A.13.1 Descrição

O Exemplo T1 -5P2V2 é composto por pavimento-tipo com quatro repetições e cobertura, totalizando cinco pavimentos com altura total de 20,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.37 e Figura A.38.

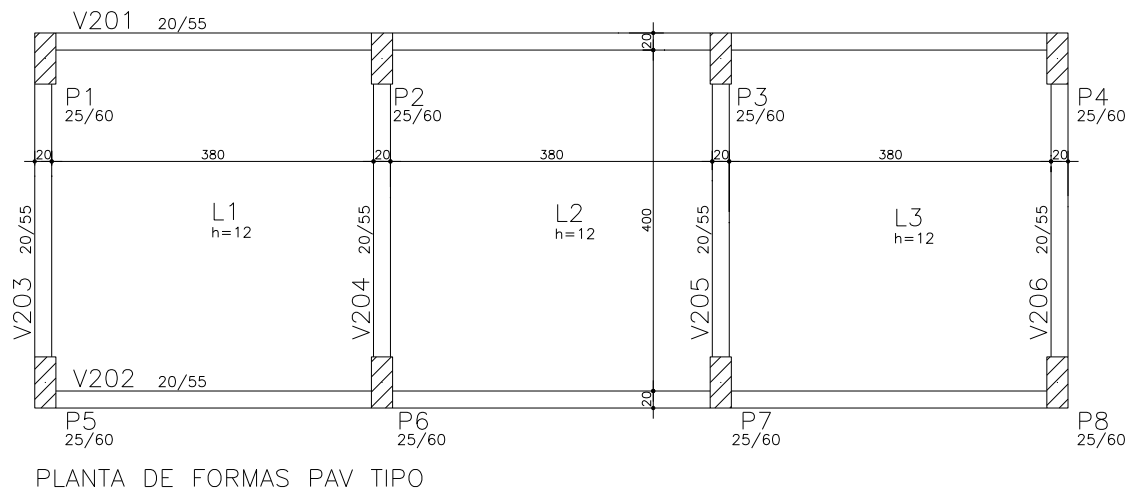


Figura A.37- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -5P2V2

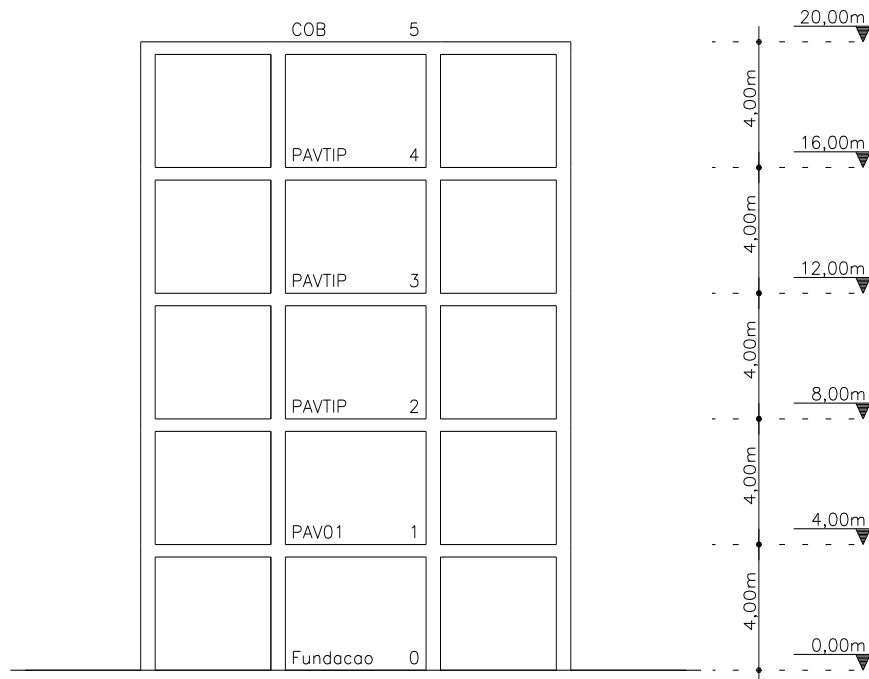


Figura A.38- Corte esquemático: T1 -5P2V2

A.13.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, conforme Figura A.39.

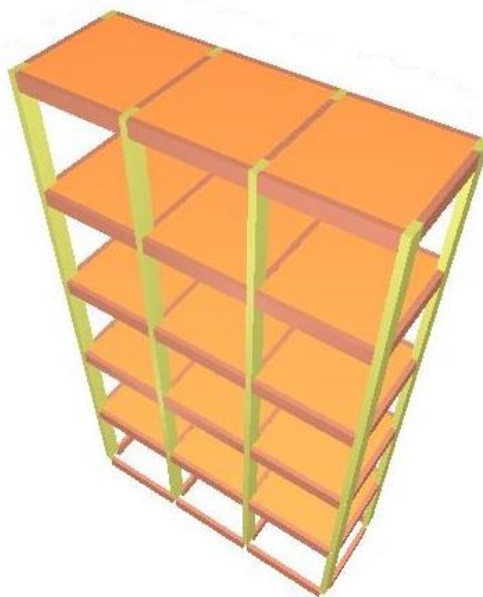


Figura A.39- Modelo de pórtico espacial: T1 -5P2V2

A.13.3 Variações de T1 -5P2V2

A Tabela A.61 apresenta as variações de T1-5P2V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.61- Exemplo T1 -5P2V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 5P2V2	5	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V2a	5	4,00	25x60	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 5P2V2b	5	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 5P2V2c	5	4,00	25x60	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V2d	5	5,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V2e	5	3,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V2f	5	4,00	25x60	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 5P2V2g	5	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.13.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.61 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.62 a Tabela A.65.

Tabela A.62- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-5P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P1/ P4/ P5 / P8				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P2V2	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2a	2	25x60	1500	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3							
T1- 5P2V2b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 5P2V2c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2d	2	25x60	1500	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3							
T1- 5P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2f	2	25x60	1500	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V2g	2	25x60	1500	0,98%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,98%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%

Tabela A.63- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-5P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)				
				P2/ P3/ P6 / P7				
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5
T1- 5P2V2	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2a	2	25x60	1500	0,52%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2b	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 5P2V2c	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2d	2	25x60	1500	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3							
T1- 5P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3							
T1- 5P2V2f	2	25x60	1500	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 5P2V2g	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%

Tabela A.64- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-5P2V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02																		
					PAV1						PAVTIPO (x3)						PAV5						
					Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2		Trecho3		
T1 -5P2V2	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-																			
T1 -5P2V2a	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-																			
T1 -5P2V2b	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -5P2V2c	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%
				+	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-																			
T1 -5P2V2d	2	20x55	1100	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-																			
T1 -5P2V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-																			
T1 -5P2V2f	2	20x55	1100	-	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,22%	0,56%	0,56%	0,56%	0,22%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	
				+	0,33%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,33%	0,33%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	
	3			-	0,33%	0,55%	0,55%	0,55%	0,33%	0,33%	0,56%	0,56%	0,56%	0,33%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -5P2V2g	2	20x55	1100	-	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
				+	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			-	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%

Tabela A.65- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-5P2V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05					
					PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5			PAV1		PAVTIP (X3)		PAV5	
T1 -5P2V2	2	20x55	1100	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,22%	0,22%
				+		0,33%		0,29%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%
	3	-							-								
T1 -5P2V2a	2	20x55	1100	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	0,22%	0,22%
				+		0,55%		0,55%		0,21%		+	0,55%		0,55%		0,29%
	3	-							-								
T1 -5P2V2b	2	20x55	1100	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,86%	0,86%	0,22%	0,22%
				+		0,29%		0,29%		0,21%		+	0,33%		0,29%		0,29%
	3	-	0,86%	0,86%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	-	0,86%	0,86%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%		
T1 -5P2V2c	2	20x55	1100	-	0,56%	0,56%	0,45%	0,45%	0,29%	0,29%	-	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,37%	0,37%
				+		0,33%		0,29%		0,22%		+	0,29%		0,29%		0,29%
	3	-							-								
T1 -5P2V2d	2	20x55	1100	-	0,86%	0,86%	0,91%	0,91%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	0,22%	0,22%
				+		0,27%		0,55%		0,21%		+	0,55%		0,55%		0,29%
	3	-							-								
T1 -5P2V2e	2	20x55	1100	-	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	-	0,45%	0,45%	0,45%	0,45%	0,22%	0,22%
				+		0,21%		0,21%		0,21%		+	0,29%		0,29%		0,29%
	3	-							-								
T1 -5P2V2f	2	20x55	1100	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	0,91%	0,91%	0,29%	0,29%
				+		0,55%		0,67%		0,21%		+	0,45%		0,45%		0,29%
	3	-	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	-	1,14%	1,14%	0,91%	0,91%	0,29%	0,29%		
T1 -5P2V2g	2	20x55	1100	-	0,86%	0,86%	0,86%	0,86%	0,21%	0,21%	-	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	0,21%	0,21%
				+		0,57%		0,55%		0,21%		+	0,33%		0,33%		0,29%
	3	-	0,86%	0,86%	0,86%	0,86%	0,21%	0,21%	-	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	0,21%	0,21%		
				+		0,73%		0,55%		0,21%		+	0,33%		0,33%		

A.14 EXEMPLO T1 -8P2V2

A.14.1 Descrição

O Exemplo T1 -8P2V2 é composto por pavimento-tipo com sete repetições e cobertura, totalizando oito pavimentos com altura total de 32,00m. O pé-direito de todos os pisos é de 4,00m, possui pilares de 25x60 cm e vigas de 20x55cm, conforme planta baixa e corte apresentados nas figuras Figura A.40 e Figura A.41.

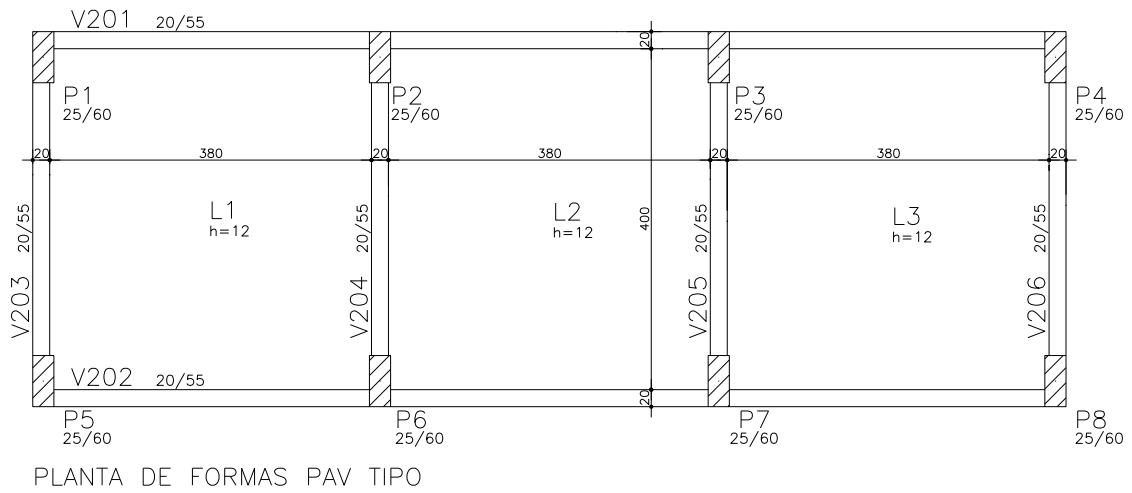


Figura A.40- Planta de formas do pavimento tipo: T1 -8P2V2

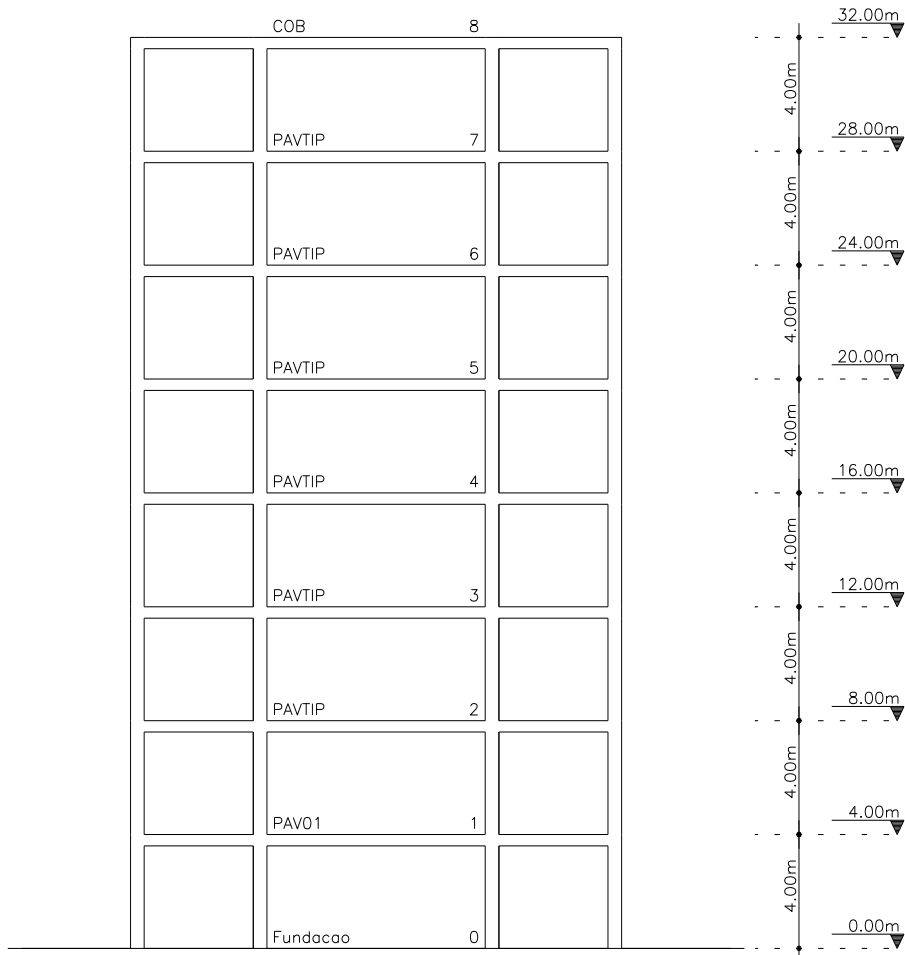


Figura A.41. Corte esquemático: T1 -8P2V2

A.14.2 Modelo estrutural

A estrutura foi modelada utilizando pórtico espacial e o carregamento de lajes foi processado via modelagem de grelha, conforme Figura A.42.



Figura A.42- Modelo de pórtico espacial: T1 -8P2V2

A.14.3 Variações de T1 -8P2V2

A Tabela A.66 apresenta as variações de T1-8P2V2 com as características que definem os exemplos.

Tabela A.66- Exemplo T1 -8P2V2 e suas variações

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal		Direção pilares centrais	Vão das vigas 01 e 02 [m]	fck[MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]
			Pilar [cm]	Viga [cm]					
T1- 8P2V2	8	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 8P2V2a	8	4,00	25x60	20x55		4,0	25	45,0	2,0/3,0
T1- 8P2V2b	8	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	5,0/5,0
T1- 8P2V2c	8	4,00	25x60	20x55		4,0	50	35,0	2,0/3,0
T1- 8P2V2d	8	5,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 8P2V2e	8	3,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 8P2V2f	8	4,00	25x60	20x55		6,0	25	35,0	2,0/3,0
T1- 8P2V2g	8	4,00	25x60	20x55		4,0	25	35,0	2,0/3,0

A.14.4 Dimensionamento

Os exemplos indicados na Tabela A.66 foram analisados pelos Processamentos 1, 2 e 3 conforme apresentado no Capítulo 4. As taxas de armadura de pilares e vigas determinadas para A_{si}^2 e A_{si}^3 estão nas tabelas de Tabela A.67 a Tabela A.70.

Tabela A.67- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P1, P4, P5 e P8 para T1-8P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)							
				P1/ P4/ P5 / P8							
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5	PAV6	PAV7	PAV8
T1- 8P2V2	2	25x60	1500	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2a	2	25x60	1500	3,93%	2,62%	1,68%	1,07%	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			4,58%	2,62%	1,68%	1,07%	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V2b	2	25x60	1500	1,26%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2c	2	25x60	1500	0,98%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2d	2	25x60	1500	3,93%	1,96%	1,26%	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2e	2	25x60	1500	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
	3			0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%	0,42%
T1- 8P2V2f	2	25x60	1500	2,62%	1,26%	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2g	2	25x60	1500	4,58%	2,62%	1,68%	1,07%	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			4,58%	2,62%	1,68%	1,07%	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%

Tabela A.68- Taxa de armadura longitudinal dos pilares P2, P3, P6 e P7 para T1-8P2V2 e suas variações

Exemplos	Processamento	Seção transversal pilares [cm]	Ac pilar [cm ²]	Taxa de armadura dos pilares (ρ)							
				P2/ P3/ P6 / P7							
				PAV1	PAV2	PAV3	PAV4	PAV5	PAV6	PAV7	PAV8
T1- 8P2V2	2	25x60	1500	2,09%	1,26%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2a	2	25x60	1500	4,58%	2,62%	1,68%	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			4,58%	2,62%	1,68%	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V2b	2	25x60	1500	3,27%	1,68%	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2c	2	25x60	1500	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2d	2	25x60	1500	4,58%	2,93%	1,68%	0,80%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2e	2	25x60	1500	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
T1- 8P2V2f	2	25x60	1500	5,24%	3,27%	1,68%	1,07%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3										
T1- 8P2V2g	2	25x60	1500	0,98%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
	3			0,98%	0,65%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%

Tabela A.69- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 01 e 02 para T1-8P2V2 e suas variações

Exemplo	Processament	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V01/ V02														
					PAV1				PAVTIPO (x6)				PAV8						
					Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2		Trecho3		Trecho1		Trecho2
T1 -8P2V2	2	20x55	1100	-	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,29%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	+			0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3																		
T1 -8P2V2a	2	20x55	1100	-	0,55%	0,45%	0,45%	0,45%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	+			0,45%	0,21%	0,45%	0,45%	0,45%	0,21%	0,45%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			0,55%	0,56%	0,56%	0,56%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -8P2V2b	2	20x55	1100	-	0,33%	0,37%	0,37%	0,37%	0,33%	0,33%	0,55%	0,55%	0,55%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	+			0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3																		
T1 -8P2V2c	2	20x55	1100	-	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
	+			0,29%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,29%	0,21%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3																		
T1 -8P2V2d	2	20x55	1100	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,86%	0,55%	0,55%	0,55%	0,86%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	+			0,55%	0,21%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,55%	0,21%	0,55%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3																		
T1 -8P2V2e	2	20x55	1100	-	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
T1 -8P2V2f	2	20x55	1100	-	0,45%	0,73%	0,73%	0,73%	0,45%	0,45%	0,73%	0,73%	0,73%	0,45%	0,21%	0,33%	0,33%	0,33%	0,21%
	+			0,37%	0,21%	0,37%	0,37%	0,37%	0,21%	0,37%	0,21%	0,37%	0,29%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,29%	0,29%
	3																		
T1 -8P2V2g	2	20x55	1100	-	0,21%	0,46%	0,46%	0,46%	0,21%	0,21%	0,46%	0,46%	0,46%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	+			0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
	3			0,21%	0,46%	0,46%	0,46%	0,21%	0,21%	0,46%	0,46%	0,46%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%

Tabela A.70- Taxa de armadura longitudinal das vigas finais 03, 04, 05, e 06 para T1-8P2V2 e suas variações

Exemplo	Processamento	Seção vigas [cm]	Ac viga [cm²]	ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V03/ V06						ρ	Taxa de armadura das vigas (ρ) V04/ V05						
					PAV1		PAVTIP (X6)		PAV8			PAV1		PAVTIP (X6)		PAV8		
T1 -8P2V1	2	20x40	800	-	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	0,21%	0,21%	-	1,34%	1,34%	1,34%	1,34%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -8P2V1a	2	20x40	800	-	1,78%	1,78%	2,23%	2,23%	0,21%	0,21%	-	2,23%	2,23%	2,23%	2,23%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -8P2V1b	2	20x40	800	-	1,14%	1,14%	1,34%	1,34%	0,21%	0,21%	-	1,43%	1,43%	1,43%	1,43%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -8P2V1c	2	20x40	800	-	0,91%	0,91%	1,14%	1,14%	0,29%	0,29%	-	1,14%	1,14%	1,34%	1,34%	0,37%	0,37%	
	3																	
T1 -8P2V1d	2	20x40	800	-	1,78%	1,78%	2,23%	2,23%	0,21%	0,21%	-	2,23%	2,23%	2,23%	2,23%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -8P2V1e	2	20x40	800	-	0,55%	0,55%	0,73%	0,73%	0,21%	0,21%	-	0,73%	0,73%	0,86%	0,86%	0,22%	0,22%	
	3																	
T1 -8P2V1f	2	20x40	800	-	1,78%	1,78%	1,78%	1,78%	0,21%	0,21%	-	2,23%	2,23%	2,23%	2,23%	0,29%	0,29%	
	3																	
T1 -8P2V1g	2	20x40	800	-	2,23%	2,23%	2,23%	2,23%	0,21%	0,21%	-	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,21%	0,21%	
	3																	

APÊNDICE B- PROCESSAMENTO 3 INICIAL (3')

B.1 PROCESSAMENTO 3'

B.1.1 Descrição

A primeira tentativa feita para o Processamento 3, parte componente da sequência de processamentos aplicados aos exemplos estudados do capítulo 4, foi realizada utilizando os valores médios do fator de redução de rigidez obtidos do Processamento 2 (Tabelas 4.16 a 4.23) como primeira tentativa e estes números foram sendo modificados manualmente até encontrar qual α seja capaz de reproduzir a armadura A_{si}^2 . A busca desses valores foi feita variando os respectivos α tendo como base aqueles do Processamento 1 e a observação de como o dimensionamento de armaduras sofre variação de acordo com a modificação destes valores. A denominação utilizada para esta alternativa será Processamento 3'.

Observou-se que na maioria dos exemplos analisados não havia apenas um par de valores α cuja aplicação determina um dimensionamento que passa na verificação do Processamento 2. A solução adotada foi sempre aquela que conduziu a valores do parâmetro de instabilidade γ_z mais próximos daqueles obtidos no Processamento 1.

Nos casos em que se obteve $A_{si}^1 = A_{si}^2$, os valores de redução de rigidez iniciais ($EI_{vigas} = 0,4E_c I_g$ e $EI_{pilares} = 0,8E_c I_g$) caracterizam os Processamentos 1 e 3' e para estes exemplos não foi procurada solução no Processamento 3.

Da tabela 4.24 à tabela 4.37 está apresentado o resumo dos resultados da T1 determinados nos Processamentos 1, 2 e 3'. As colunas 11, 12, 19 e 20 indicam o valor de α utilizado. No Processamento 1 (colunas 11 e 12) este valor é fixo em 0,4 para vigas e 0,8 para pilares. No Processamento 3' (colunas 19 e 20) os valores de α são aqueles que ao serem utilizados na análise de segunda ordem global levam ao dimensionamento que foi determinado no Processamento 2. A busca desses valores foi feita variando os respectivos α tendo como base aqueles do Processamento 1 e a observação de como o dimensionamento de armaduras sofre variação de acordo com a modificação destes valores. As colunas 19 e 20 representam as soluções que conduziram a armadura igual ou maior que A_{si}^2 (ver detalhes no APÊNDICE A-). De cada exemplo foram anotados também os valores do parâmetro de instabilidade global para os Processamentos 1, 2 e 3' (colunas

13, 14, 18, 19, 21 e 22) com o objetivo de verificar seu comportamento diante das modificações nos redutores de rigidez do Processamento 3'.

Tabela B.1- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -3P1V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 3P1V1	3	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,041	1,148	0,14 -0,18	0,67 -0,71	1,092	1,309	*SEM DIM P3*			
T1- 3P1V1a	3	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,041	1,148	0,16 -0,18	0,65 -0,73	1,083	1,140	0,25	0,40	1,070	1,257
T1- 3P1V1b	3	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,048	1,180	0,16 -0,18	0,64 -0,66	1,098	1,413	0,30	0,70	1,057	1,204
T1- 3P1V1c	3	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,029	1,100	0,12 -0,15	0,82 -0,88	1,060	1,163	0,15	0,25	1,077	1,268
T1- 3P1V1d	3	5,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,062	1,251	0,15 -0,15	0,67 -0,75	1,128	1,659	0,30	0,42	1,098	1,434
T1- 3P1V1e	3	3,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,025	1,080	0,14 -0,15	0,67 -0,68	1,050	1,165	*SEM DIM P3*			
T1- 3P1V1f	3	4,00	20x40	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,057	1,227	0,18 -0,19	0,60 -0,65	1,125	1,575	*SEM DIM P3*			
T1- 3P1V1g	3	4,00	20x40	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,066	1,058	0,15 -0,18	0,62 -0,68	1,146	1,116	0,15	0,35	1,147	1,125

Tabela B.2- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -4P1V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 4P1V1	4	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,061	1,223	0,16-0,18	0,68 -0,73	1,122	1,525	0,25	0,60	1,084	1,291
T1- 4P1V1a	4	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,061	1,223	0,18 -0,20	0,69 -0,79	1,091	1,473	0,25	0,35	1,111	1,442
T1- 4P1V1b	4	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,074	1,283	0,17 -0,19	0,67 -0,70	1,132	1,750	0,18	0,30	1,173	1,748
T1- 4P1V1c	4	4,00	20x40	20x40	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,042	1,148	0,13 -0,16	0,82 -0,90	1,084	1,260	*SEM DIM P3*			
T1- 4P1V1d	4	5,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 4P1V1e	4	3,00	20x40	20x40	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,037	1,117	0,14 -0,15	0,67 -0,70	1,074	1,251	*SEM DIM P3*			
T1- 4P1V1f	4	4,00	20x40	20x40	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 4P1V1g	4	4,00	20x40	20x40	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,098	1,085	0,17 - 0,20	0,63-0,71	1,173	1,176	0,26	0,40	1,166	1,143

Tabela B.3- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -5P1V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α _v	α _p	γ _z		α _v	α _p (máx-min)	γ _z		α _v	α _p	γ _z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 5P1V1	5	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,083	1,312	0,17-0,21	0,70-0,77	1,133	1,849	0,30	0,42	1,126	1,522
T1- 5P1V1a	5	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V1b	5	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V1c	5	4,00	20x40	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,057	1,202	0,14 -0,17	0,82 -0,92	1,104	1,394	0,25	0,73	1,073	1,232
T1- 5P1V1d	5	5,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V1e	5	3,00	20x40	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,05	1,158	0,14 -0,16	0,67 -0,70	1,099	1,356	0,40	0,80	1,05	1,158
T1- 5P1V1f	5	4,00	20x40	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V1g	5	4,00	20x40	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									

Tabela B.4- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -3P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α _v	α _p	γ _z		α _v	α _p (máx-min)	γ _z		α _v	α _p	γ _z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 3P2V1	3	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,016	1,066	0,15 -0,16	0,68 -0,71	1,036	1,129	0,15	0,30	1,041	1,145
T1- 3P2V1a	3	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 3P2V1b	3	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			*SEM DIM P1*									
T1- 3P2V1c	3	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,011	1,046	0,12 -0,13	0,86 -0,90	1,025	1,080	0,30	0,25	1,023	1,094
T1- 3P2V1d	3	5,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,024	1,106	0,15 -0,16	0,65 -0,72	1,055	1,199	0,28	0,40	1,039	1,170
T1- 3P2V1e	3	3,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,010	1,037	0,14 -0,16	0,68 -0,69	1,023	1,076	0,05	0,10	1,080	1,248
T1- 3P2V1f	3	4,00	25x60	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,022	1,099	0,17 -0,19	0,59 -0,63	1,047	1,220	0,40	0,80	1,022	1,099
T1- 3P2V1g	3	4,00	25x60	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									

Tabela B.5 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -4P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 4P2V1	4	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,025	1,099	0,15 -0,22	0,64 -0,70	1,057	1,202	0,40	0,80	1,025	1,099
T1- 4P2V1a	4	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,025	1,099	0,16 -0,18	0,62 -0,72	1,052	1,207	0,28	0,53	1,036	1,132
T1- 4P2V1b	4	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,030	1,121	0,15 -0,17	0,65 -0,67	1,059	1,251	0,40	0,60	1,034	1,139
T1- 4P2V1c	4	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,018	1,068	0,12 -0,14	0,86 -0,92	1,039	1,119	0,25	0,58	1,026	1,089
T1- 4P2V1d	4	5,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,037	1,162	0,17 -0,18	0,64 -0,73	1,073	1,355	0,20	0,23	1,092	1,422
T1- 4P2V1e	4	3,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,016	1,055	0,14 -0,19	0,68 -0,70	1,036	1,118	0,40	0,80	1,016	1,055
T1- 4P2V1f	4	4,00	25x60	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,035	1,152	0,18 -0,20	0,58 -0,64	1,069	1,365	0,40	0,80	1,035	1,152
T1- 4P2V1g	4	4,00	25x60	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,042	1,035	0,15 -0,16	0,61 -0,68	1,088	1,077	0,20	0,40	1,079	1,065

Tabela B.6 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -5P2V1

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 5P2V1	5	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,036	1,137	0,16 -0,18	0,66 -0,72	1,072	1,586	0,40	0,68	1,038	1,147
T1- 5P2V1a	5	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,036	1,137	0,19 -0,21	0,62 -0,73	1,053	1,288	0,30	0,40	1,054	1,207
T1- 5P2V1b	5	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,044	1,171	0,16 -0,18	0,64 -0,68	1,080	1,385	0,50	0,55	1,044	1,194
T1- 5P2V1c	5	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,025	1,093	0,12 -0,15	0,85 -0,93	1,051	1,177	0,40	0,80	1,025	1,093
T1- 5P2V1d	5	5,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,052	1,228	0,20 -0,21	0,64 -0,75	1,081	1,568	0,30	0,35	1,084	1,393
T1- 5P2V1e	5	3,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,023	1,075	0,14 -0,20	0,69 -0,70	1,049	1,155	0,40	0,80	1,023	1,075
T1- 5P2V1f	5	4,00	25x60	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,050	1,215	0,21 -0,21	0,60 -0,66	1,078	1,530	0,35	0,50	1,064	1,283
T1- 5P2V1g	5	4,00	25x60	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,059	1,048	0,17 -0,19	0,60 -0,68	1,095	1,111	0,38	0,40	1,079	1,065

Tabela B.7 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -8P2V1

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal							P1				P2				P3			
			Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α _v	α _p	γ _z		α _v (máx-min)	α _p (máx-min)	γ _z		α _v	α _p	γ _z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 8P2V1	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,074	1,271	*SEM DIM P2*							
T1- 8P2V1a	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,074	1,271	*SEM DIM P2*							
T1- 8P2V1b	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,093	1,360	0,27 -0,29	0,66 -0,72	1,107	2,131	0,30	0,40	1,137	1,575
T1- 8P2V1c	8	4,00	25x60	20x40	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,051	1,178	0,18 -0,21	0,82 -0,95	1,072	1,379	0,28	0,60	1,069	1,223
T1- 8P2V1d	8	5,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,109	1,489	*SEM DIM P2*							
T1- 8P2V1e	8	3,00	25x60	20x40	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,046	1,143	0,17 -0,22	0,68 -0,71	1,080	1,362	0,40	0,80	1,046	1,143
T1- 8P2V1f	8	4,00	25x60	20x40	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 8P2V1g	8	4,00	25x60	20x40	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,121	1,091	*SEM DIM P2*							

Tabela B.8- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -3P1V2

Exemplo	Nº PAV	H piso a piso [m]	Seção transversal							P1				P2				P3			
			Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V ₀ [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α _v	α _p	γ _z		α _v (máx-min)	α _p (máx-min)	γ _z		α _v	α _p	γ _z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 3P1V2	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,034	1,142	0,10 -0,14	0,72 -0,79	1,068	1,247	0,05	0,25	1,128	1,461
T1- 3P1V2a	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,034	1,142	0,11 -0,14	0,71 -0,80	1,068	1,118	0,20	0,33	1,068	1,292
T1- 3P1V2b	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,040	1,171	0,11 -0,14	0,70 -0,76	1,077	1,334	0,18	0,40	1,073	1,308
T1- 3P1V2c	3	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,024	1,096	0,08 -0,12	0,90 -0,95	1,043	1,122	*SEM DIM P3*			
T1- 3P1V2d	3	5,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,053	1,243	0,11 -0,14	0,72 -0,82	1,100	1,525	*SEM DIM P3*			
T1- 3P1V2e	3	3,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,020	1,075	0,12 -0,14	0,72 -0,76	1,039	1,122	0,05	0,80	1,043	1,106
T1- 3P1V2f	3	4,00	20x40	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,048	1,211	0,14 -0,17	0,64 -0,70	1,090	1,471	0,10	0,35	1,113	1,490
T1- 3P1V2g	3	4,00	20x40	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,056	1,052	0,12 -0,14	0,67 -0,75	1,123	1,091	0,10	0,40	1,119	1,104

Tabela B.9 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -4P1V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3						
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z		
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	
T1- 4P1V2	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,049	1,211	0,11-0,14	0,72-0,79	1,094	1,421	0,13	0,52	1,086	1,318	
T1- 4P1V2a	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,049	1,211	0,12-0,15	0,74-0,83	1,083	1,396	0,10	0,45	1,102	1,372	
T1- 4P1V2b	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,060	1,265	0,12-0,14	0,71-0,77	1,107	1,603	0,18	0,38	1,112	1,516	
T1- 4P1V2c	4	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,035	1,140	0,09-0,12	0,88-0,96	1,065	1,192	0,10	0,25	1,097	1,384	
T1- 4P1V2d	4	5,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,077	1,377	0,12-0,16	0,74-0,84	1,130	2,056	*SEM DIM P3*				
T1- 4P1V2e	4	3,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,038	1,145	0,11-0,13	0,71-0,77	1,057	1,188	0,10	0,70	1,051	1,142	
T1- 4P1V2f	4	4,00	20x40	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*										
T1- 4P1V2g	4	4,00	20x40	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,082	1,074	0,13-0,16	0,68-0,77	1,142	1,138	0,18	0,40	1,147	1,131	

Tabela B.10 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -5P1V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 5P1V2	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,066	1,291	0,12-0,15	0,72-0,80	1,110	1,628	0,22	0,48	1,101	1,444
T1- 5P1V2a	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V2b	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V2c	5	4,00	20x40	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,046	1,190	0,10-0,13	0,87-0,96	1,080	1,271	0,10	0,25	1,129	1,540
T1- 5P1V2d	5	5,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V2e	5	3,00	20x40	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,038	1,145	0,11-0,14	0,71-0,78	1,073	1,260	0,08	0,30	1,112	1,357
T1- 5P1V2f	5	4,00	20x40	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									
T1- 5P1V2g	5	4,00	20x40	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			*SEM DIM P1*									

Tabela B.11- Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -3P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 3P2V2	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,012	1,059	0,15 -0,17	0,72 -0,75	1,027	1,096	0,40	0,80	1,012	1,059
T1- 3P2V2a	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,012	1,059	0,15 -0,18	0,69 -0,73	1,028	1,049	0,40	0,80	1,012	1,059
T1- 3P2V2b	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,014	1,070	0,14 -0,17	0,69 -0,71	1,028	1,115	0,25	0,52	1,020	1,094
T1- 3P2V2c	3	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,008	1,041	0,13 -0,16	0,91 -0,94	1,017	1,055	0,40	0,80	1,008	1,041
T1- 3P2V2d	3	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,017	1,097	0,15 -0,16	0,71 -0,77	1,040	1,165	0,40	0,80	1,017	1,097
T1- 3P2V2e	3	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,007	1,033	0,14 -0,17	0,71 -0,73	1,017	1,058	0,40	0,80	1,007	1,033
T1- 3P2V2f	3	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,016	1,086	0,15 -0,16	0,64 -0,68	1,035	1,162	0,20	0,70	1,023	1,103
T1- 3P2V2g	3	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,020	1,018	0,14 -0,15	0,66 -0,71	1,050	1,038	0,05	0,20	1,095	1,079

Tabela B.12 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -4P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 4P2V2	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,018	1,088	0,14 -0,17	0,71 -0,75	1,039	1,151	0,18	0,43	1,033	1,137
T1- 4P2V2a	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,018	1,088	0,16 -0,18	0,69 -0,76	1,037	1,154	0,30	0,53	1,024	1,112
T1- 4P2V2b	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,021	1,106	0,14 -0,17	0,69 -0,72	1,043	1,186	*SEM DIM P3*			
T1- 4P2V2c	4	4,00	25x60	20x55	90º	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,012	1,061	0,13 -0,16	0,91 -0,95	1,027	1,083	0,40	0,80	1,012	1,061
T1- 4P2V2d	4	5,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,026	1,146	0,15 -0,17	0,69 -0,77	1,054	1,277	0,25	0,55	1,037	1,189
T1- 4P2V2e	4	3,00	25x60	20x55	90º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,011	1,048	0,14 -0,16	0,71 -0,74	1,026	1,081	0,40	0,80	1,011	1,048
T1- 4P2V2f	4	4,00	25x60	20x55	90º	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,024	1,129	0,15 -0,15	0,64 -0,68	1,051	1,270	0,30	0,80	1,027	1,135
T1- 4P2V2g	4	4,00	25x60	20x55	0º	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,030	1,026	0,14 -0,16	0,66 -0,72	1,063	1,056	*SEM DIM P3*			

Tabela B.13 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -5P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 5P2V2	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,024	1,119	0,14 -0,17	0,70 -0,75	1,048	1,214	0,40	0,80	1,024	1,119
T1- 5P2V2a	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,024	1,119	0,17 -0,20	0,68 -0,76	1,042	1,213	0,40	0,80	1,024	1,119
T1- 5P2V2b	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,029	1,147	0,15 -0,18	0,68 -0,71	1,056	1,274	0,45	0,40	1,037	1,213
T1- 5P2V2c	5	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,017	1,081	0,12 -0,15	0,91 -0,96	1,036	1,115	0,40	0,80	1,017	1,081
T1- 5P2V2d	5	5,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,036	1,201	0,17 -0,19	0,69 -0,78	1,063	1,437	0,40	0,80	1,036	1,201
T1- 5P2V2e	5	3,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,015	1,064	0,13 -0,17	0,71 -0,73	1,034	1,108	0,40	0,80	1,015	1,064
T1- 5P2V2f	5	4,00	25x60	20x55	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,033	1,177	0,16 -0,17	0,64 -0,69	1,057	1,391	0,30	0,70	1,041	1,207
T1- 5P2V2g	5	4,00	25x60	20x55	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,041	1,035	0,16 -0,17	0,66 -0,72	1,074	1,076	0,10	0,23	1,133	1,107

Tabela B.14 - Resumo dos processamentos aplicados aos exemplos do tipo T1 -8P2V2

Exemplo	Seção transversal									P1		P2				P3					
	Nº PAV	H piso a piso [m]	Pilar [cm]	Viga [cm]	Direção pilares centrais	Vão das vigas 01/02 [m]	fck [MPa]	Velocidade do vento V_0 [m/s]	carga distribuída nas lajes [kN/m ²]	α_v	α_p	γ_z		α_v (máx-min)	α_p (máx-min)	γ_z		α_v	α_p	γ_z	
												90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°			90°, 270°	0°, 180°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
T1- 8P2V2	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0	0,4	0,8	1,048	1,229	0,21 -0,22	0,71 -0,78	1,069	1,503	0,40	0,80	1,048	1,229
T1- 8P2V2a	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	45,0	2,0/3,0			1,048	1,229	0,27 -0,28	0,70 -0,84	1,055	1,405	0,40	0,80	1,048	1,229
T1- 8P2V2b	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	5,0/5,0			1,060	1,298	0,20 -0,23	0,70 -0,75	1,083	1,767	0,40	0,80	1,060	1,298
T1- 8P2V2c	8	4,00	25x60	20x55	90°	4,0	50	35,0	2,0/3,0			1,034	1,152	0,17 -0,19	0,88 -0,96	1,051	1,255	0,40	0,80	1,034	1,152
T1- 8P2V2d	8	5,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,073	1,414	0,28 -0,31	0,72 -0,82	1,086	2,035	0,40	0,80	1,073	1,414
T1- 8P2V2e	8	3,00	25x60	20x55	90°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,029	1,118	0,14 -0,19	0,69 -0,74	1,056	1,246	0,20	0,50	1,049	1,166
T1- 8P2V2f	8	4,00	25x60	20x55	90°	6,0	25	35,0	2,0/3,0			1,067	1,357	0,22 -0,23	0,66 -0,74	1,078	2,050	0,40	0,80	1,067	1,357
T1- 8P2V2g	8	4,00	25x60	20x55	0°	4,0	25	35,0	2,0/3,0			1,082	1,063	0,19 -0,22	0,65 -0,76	1,101	1,143	0,30	0,60	1,102	1,079

Na busca pelas soluções do Processamento 3' em muitos casos os pares de valor que conduzem a uma armadura que passa no Processamento 2 foram muito baixos e em alguns exemplos não foi possível determinar valores de α que reproduzissem o dimensionamento de 2 no Processamento 3', identificado na tabela como "SEM DIM P3". Baseado nos resultados encontrados chegou-se à conclusão que o Processamento 2 determina em alguns casos armaduras que pela análise do Processamento 3' somente serão alcançadas baixando muito a rigidez da estrutura. Este fato pode ser resultado de dimensionamento inicial com armadura mínima ou com uma folga grande em relação ao esforço de cálculo da armadura inicial. Ao passar para a etapa de análise não-linear física e geométrica o processo indicado pela NBR 6118:2007 utilizando o gráfico momento -curvatura da figura 2.12 não permite que se alcance valores acima de M_{RD} , pois vai além da resistência admitida pela seção no ELU. Como em quase todos os exemplos que não passaram no Processamento 2 as armaduras que precisaram ser aumentadas para atenderem à análise foram as vigas finais 04 e 05 na tipologia T1 em seus trechos de momento máximo negativo, na análise não-linear seria necessário considerar a plastificação das seções próximas aos apoios e a redistribuição para os vãos centrais. (Figura B.1)

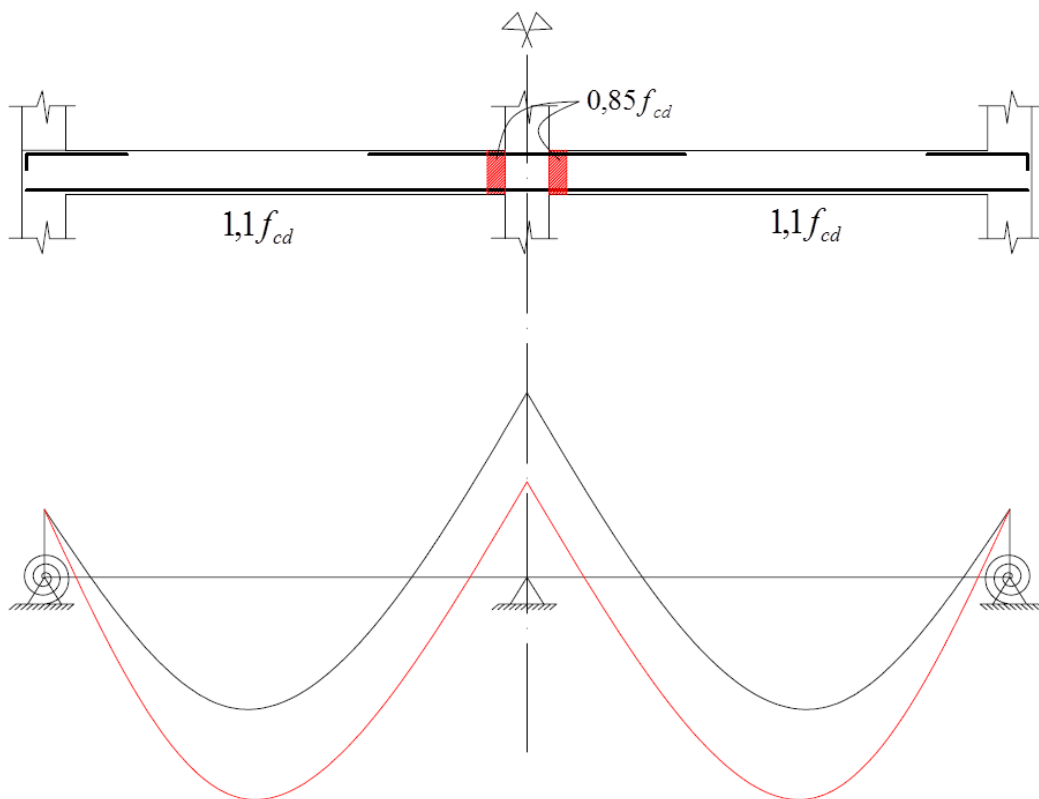


Figura B.1- Viga de concreto armado com a indicação de plastificação dos apoios centrais e redistribuição de esforços

Para conseguir captar esta situação nas vigas seria necessário usar $\gamma_{f3} = 1,0$ e $0,85f_{cd}$ nas seções críticas dos apoios e $\gamma_{f3} = 1,0$ e $1,1f_{cd}$ nas demais seções. Dessa forma se poderia utilizar a parte de grandes deformações do gráfico momento –curvatura e considerar a plastificação dos apoios. O diagrama fictício para examinar a redistribuição está apresentado na figura a seguir.

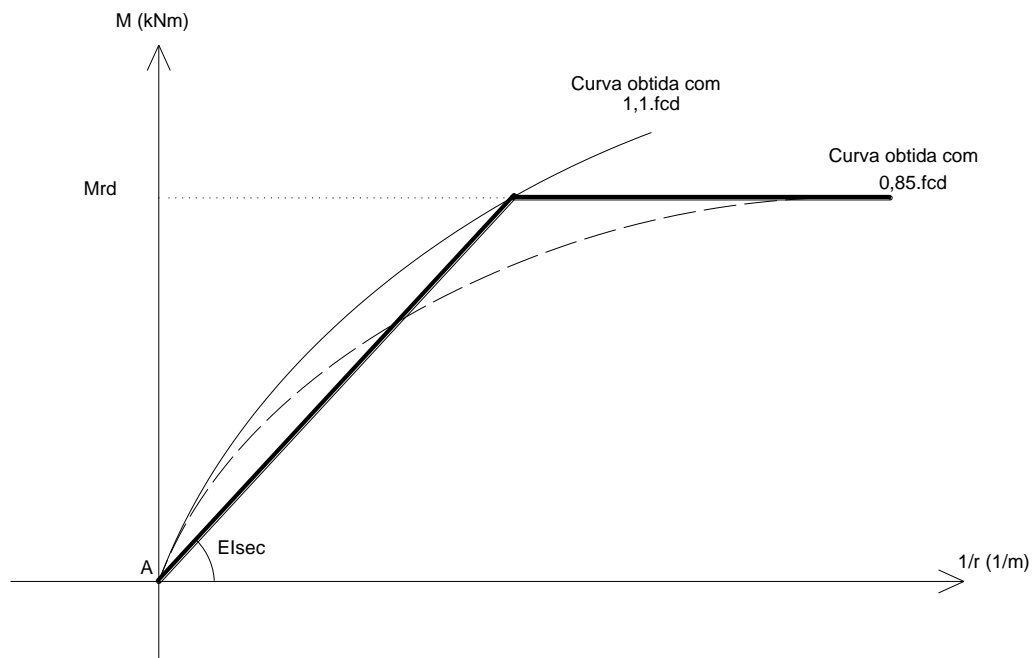


Figura B.2- Diagrama momento- curvatura fictício para examinar a redistribuição de esforços

Para continuar a pesquisa foi preciso abandonar o Processamento 3' e modificar a forma de buscar valores de rigidez equivalente. Para isso foi criado o Processamento 3, similar ao Processamento 1 no qual alguns valores para o fator de redução da rigidez α são testados e avaliados.