

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

MARCELL GUSTAVO CHAGAS SANTOS

Análise Estrutural dos Efeitos dos Deslocamentos dos Apoios de Edifícios de  
Paredes de Concreto Moldadas no Local.

São Carlos

2016



MARCELL GUSTAVO CHAGAS SANTOS

Análise Estrutural dos Efeitos dos Deslocamentos dos Apoios de Edifícios de  
Paredes de Concreto Moldadas no Local.

VERSÃO CORRIGIDA

A versão original encontra-se na Escola de Engenharia de São Carlos

Dissertação apresentada ao Departamento de  
Engenharia de Estruturas da EESC-USP  
como parte integrante dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia  
de Estruturas.

Orientador: Prof. Associado Márcio Roberto  
Silva Corrêa

São Carlos

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Santos, Marcell Gustavo Chagas  
8237a Análise Estrutural dos Efeitos dos Deslocamentos  
dos apoios de Edifício de Paredes de Concreto Moldadas  
no Local / Marcell Gustavo Chagas Santos; orientador  
Márcio Roberto Silva Corrêa. São Carlos, 2016.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Estruturas -- Escola de Engenharia de  
São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

1. Paredes de Concreto Moldadas no Local. 2.  
Análise Estrutural. 3. Interação Solo-Estrutura. I.  
Título.



## FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **MARCELL GUSTAVO CHAGAS SANTOS**.

Título da dissertação: "Análise estrutural dos efeitos dos deslocamentos dos apoios de edifícios de paredes de concreto moldadas no local".

Data da defesa: 22/02/2016

### Comissão Julgadora:

### Resultado:

Prof. Associado **Márcio Roberto Silva Corrêa (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Ricardo Carrazedo**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Alexandre Duarte Gusmão**  
(Universidade de Pernambuco/UPE)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
(Engenharia de Estruturas):

Prof. Titular **Humberto Breves Coda**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Associado **Paulo Sergio Lima Segantine**



*Dedico este trabalho à memória de minha mãe,  
Ana Maria Andrade Chagas Santos.  
Exemplo de vida!*



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me concedido saúde e força para conquistar meus objetivos.

À minha família, especialmente, meus pais Arnaldo José dos Santos e Ana Maria Andrade Chagas Santos, e meus irmãos, Marshall Victor e Marcelle Tanylle, pelo incentivo e amor incondicional.

À minha namorada, Elaine Souza, pelo companheirismo e compreensão nesta etapa da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Associado Márcio Roberto Silva Corrêa, pelo excelente trabalho de orientação e por ser um exemplo de competência e profissionalismo.

Aos Professores do Departamento de Engenharia pelos ensinamentos e incentivos.

Aos Engenheiros Elias Testoni, Ricardo Sampaio e Thales Braguim pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos da República Alagoas, Cleilson, Emerson, Greg, Kétson, Nichollas, Ricardo, e aos amigos desta trajetória, em especial, Andrezão, Arthur, Diedo, Elias, Fernando, Hugão, João (Cowboy), Jacque, Mahl, Pablito, PH, Rafael (El Niño), Sabrina, pelos incentivos e principalmente pelos bons momentos vividos em São Carlos.

Aos Engenheiros e Funcionários do Consórcio Construtor Rio Barra (CCRB), em especial à frente de serviço que fiz parte, Ponte Estaiada, pelos valiosos ensinamentos e pelo amadurecimento profissional.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.



## RESUMO

SANTOS, M. G. C. **Análise Estrutural dos Efeitos da Deslocabilidade dos Apoios de Edifícios de Paredes de Concreto Moldadas no Local**. 271 p. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Neste trabalho é realizado um estudo da sensibilidade de estruturas de paredes de concreto moldadas no local quanto à deslocabilidade dos seus apoios, a fim de determinar sua influência na redistribuição dos esforços nos elementos estruturais. Para tanto, utiliza-se um modelo de referência, que discretiza a superestrutura através de elementos finitos de casca e avalia a interação solo-estrutura através de métodos iterativos, que consideram a rigidez da edificação, a heterogeneidade do solo e o efeito de grupo das fundações. Para quantificar e avaliar os efeitos da interação solo-estrutura realiza-se um estudo paramétrico, em que a influência do tipo de fundação (profunda ou superficial), número de pavimentos (cinco, dez e quinze) e a forma da edificação (quadrada e alongada) são avaliadas. Um modelo simplificado de análise estrutural, em que a interação solo-estrutura é considerada e as paredes de concreto são discretizadas por elementos de barra, acima do segundo pavimento, foi proposto e avaliado, por meio de comparações com os resultados do seu respectivo modelo de referência. Por fim, foram discutidas as implicações e a importância da consideração do efeito da deslocabilidade dos apoios e feitas recomendações sobre a modelagem simplificada. Observa-se: alívio dos apoios com maiores recalques, tendência de uniformização dos recalques, maior influência nas paredes inferiores e suficiência dos cinco primeiros pavimentos na definição de rigidez solo/estrutura.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto moldadas no local. Análise estrutural. Interação solo-estrutura.





## ABSTRACT

SANTOS, M. G. C. **Structural Analysis of the Effects of Displaceability of Concrete Reinforced Wall Building Supports Molded on Site.** 271 p. Master's Thesis – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

In this paper, a sensitivity study was carried out of concrete reinforced walls molded on site regarding the displaceability of their supports, in order to determine their influence on the redistribution of internal forces in structural elements. In order to do this, a reference model was used, which discretizes the superstructure using shell finite elements and evaluates the soil-structure interaction by iterative methods that consider the rigidity of the building, the soil heterogeneity and the group effect of foundations. To quantify and assess the effects of soil-structure interaction, a parametric study was carried out in which the influence of the type of foundation (deep or shallow), number of floors (five, ten and fifteen) and the shape of the building (square, elongated) are evaluated. A simplified model of the structural analysis, in which the soil-structure interaction is considered and the concrete walls are discretized by bar elements, above the second floor, was proposed and evaluated by comparing its respective reference model with the results. Finally, the implications and the importance of considering the effect of displaceability of the supports were discussed and recommendations were made about the simplified modeling. The analysis denotes: relief of reactions on supports with larger settlements, tendency of settlements standardization, larger influence on the lower walls and that the first five floors are enough to define the relative soil/structure stiffness.

**Keywords:** Concrete walls molded on site. Structural analysis. Soil-structure interaction.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
1.2	OBJETIVOS	19
1.3	JUSTIFICATIVA	19
1.4	METODOLOGIA	20
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	21
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>23</b>
2.1	PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL	23
2.1.1	SISTEMA CONSTRUTIVO	24
2.2	MODELOS PARA A ANÁLISE DE PAREDES ESTRUTURAIS	26
2.2.1	MODELO PROPOSTO POR YAGUI	28
2.3	INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA (ISE)	31
2.3.1	EFEITOS DA CONSIDERAÇÃO DA ISE	33
2.3.2	FATORES INFLUENTES NA ISE	35
2.4	METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DA ISE	38
2.4.1	METODOLOGIAS ADOTADAS PARA ANÁLISE DA ISE	41
2.4.1.1	MODELO ITERATIVO PARA FUNDAÇÕES PROFUNDAS (ESTACAS)	42
2.4.1.2	MODELO ITERATIVO PARA FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS (SAPATAS)	56
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>61</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	61
3.2	MODELAGEM NUMÉRICA	62
3.3	EDIFÍCIO COM PLANTA BAIXA QUADRADA	71
3.3.1	GEOMETRIA E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS	71
3.3.2	CONSOLIDAÇÃO DO MODELO SIMPLIFICADO QUADRADO	81
3.3.3	RESULTADOS E ANÁLISES PARA 15 PAVIMENTOS	89
3.3.3.1	PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE	89
3.3.3.2	SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP	99
3.3.4	RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. PROFUNDA	108
3.3.4.1	PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE	108
3.3.4.2	SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP	118

3.3.5	RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. SUPERFICIAL _____	126
3.3.5.1	PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE _____	126
3.3.5.2	SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP ____	137
3.3.6	RESULTADOS E ANÁLISES PARA 5 PAVIMENTOS _____	145
3.3.6.1	PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE _____	145
3.3.6.2	SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP ____	155
<b>3.4</b>	<b>EDIFÍCIO COM PLANTA BAIXA LONGADA _____</b>	<b>163</b>
3.4.1	GEOMETRIA E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS _____	163
3.4.2	CONSOLIDAÇÃO DO MODELO SIMPLIFICADO LONGADO _____	175
3.4.3	RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. PROFUNDA _____	180
3.4.3.1	PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE _____	180
3.4.3.2	SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP ____	192
3.4.4	RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. SUPERFICIAL _____	201
3.4.4.1	PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE _____	201
3.4.4.2	SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP ____	213
<b>3.5</b>	<b>ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS _____</b>	<b>221</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO _____</b>	<b>226</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	226
4.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS _____	227
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>228</b>
	<b>APÊNDICE A – RESULTADOS E ANÁLISES DO EDIFÍCIO ALO-EST-15PAV _____</b>	<b>234</b>
	<b>APÊNDICE B – RESULTADOS E ANÁLISES DO EDIFÍCIO ALO-SAP-5PAV _____</b>	<b>255</b>

# 1 INTRODUÇÃO

---

---

O presente capítulo tem como finalidade efetuar a apresentação da temática da pesquisa. São expostas considerações iniciais, os objetivos do trabalho, a justificativa do tema, a metodologia adotada e a organização do trabalho.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A parede de concreto é um sistema construtivo racionalizado, que oferece as vantagens da produção em alta escala e com rapidez, sem perda de qualidade, em que a estrutura e a vedação são formadas por um único elemento: a parede de concreto. Nela podem também ser incorporadas as instalações e as esquadrias. O sistema de paredes de concreto armado é recomendado para empreendimentos que exigem rapidez de execução, curtos prazos de entrega e para empreendimentos com alta taxa de repetição. Na Figura 1.1 é possível visualizar o sistema racionalizado das paredes e suas respectivas instalações.

As paredes de concretos moldadas no local vêm se apresentando como uma alternativa viável, pois, em função da sua velocidade de execução e da otimização em seu acabamento, o sistema apresenta redução no tempo de execução e no emprego da mão de obra.



Figura 1.1 – Edificação em parede de concreto e suas instalações (Fonte: Faria, 2009)

O método é inspirado em experiências consagradas e bem-sucedidas de construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), que eram mundialmente conhecidas nas décadas de 70 e 80. Porém, devido à falta de qualidade, de continuidade de obras nesses padrões e às limitações financeiras da época, essas tecnologias não se consolidaram no mercado brasileiro. (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

No Brasil, as primeiras ações de pesquisa sobre edificações feitas com paredes de concreto moldadas no local iniciaram-se em 2007, quando três instituições (ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada)) realizaram visitas técnicas a obras na Colômbia (Bogotá) e no Chile (Santiago), países que adotam largamente esse processo (ABCP, 2008).

A viagem constituiu em encontros com empresários e técnicos do setor da construção civil e visitas a uma série de obras, desde residências de pequeno e médio porte, até edifícios de 18 pavimentos, onde foi possível constatar que o sistema realmente é viável sob os pontos de vista técnico e econômico (SILVA; VAQUERO; FONSECA, 2007).

Atualmente encontra-se em vigor a ABNT NBR 16055:2012 – Parede de concreto moldada “in loco” para a construção de edificações – Requisito e procedimentos. Este documento aborda desde os requisitos gerais para qualidade da parede até a propriedade de materiais, análise estrutural e os procedimentos para fabricação.

Aliado à pequena produção científica brasileira a respeito do comportamento estrutural de paredes de concreto destaca-se que a maioria dos escritórios de projetos estruturais desconsideram a interação entre a estrutura e o maciço de solo. Em geral a estrutura é modelada supondo-se apoios indeslocáveis. No entanto, estas fundações, devido à deformação do solo, solicitam a estrutura com um fluxo de carregamento diferente, modificando, assim, os esforços na estrutura e as cargas no solo.

Com relação a interação solo-estrutura em edifícios de paredes de concreto, a pesquisa bibliográfica identificou apenas o trabalho de Testoni (2013).

Apesar da publicação da ABNT NBR 16055:2012 e da existência de normas internacionais com os procedimentos para análise e dimensionamento das paredes de concreto são necessários estudos, para o conhecimento do seu comportamento estrutural, e com isso proporcionar melhorias nos modelos de análise.

Genericamente a denominação “edifícios de paredes de concreto” também é utilizada para o sistema construtivo que utiliza paredes pré-moldadas de concreto. Entretanto, neste trabalho, essa denominação será usada exclusivamente para o caso de paredes de concreto moldadas no local.

## **1.2 OBJETIVOS**

O objetivo geral desta pesquisa é realizar um estudo sobre a influência da deslocabilidade dos apoios da superestrutura na redistribuição dos esforços em edifícios de paredes de concreto moldadas no local sujeitos ao carregamento vertical.

Dentro deste contexto destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- avaliar e quantificar os efeitos da consideração da interação solo-estrutura, em estruturas de paredes de concreto, através de um estudo paramétrico por meio de simulação numérica baseada no Método dos Elementos Finitos;
- desenvolver um modelo numérico simplificado em que se utilizam elementos finitos de barra, acima do segundo pavimento, para discretizar as paredes e que considere os efeitos causados pela interação solo-estrutura;
- avaliar a eficiência do modelo simplificado comparando-o com um modelo numérico de referência, em que todas as paredes são discretizadas em elementos finitos de casca e a interação solo-estrutura é avaliada através de métodos refinados, que consideram a rigidez da estrutura, a heterogeneidade do solo e o efeito de grupo das fundações;
- desenvolver uma rotina computacional para a determinação dos recalques das sapatas e seus respectivos coeficientes de mola.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Este projeto promove uma contribuição à temática de linhas de pesquisas já desenvolvidas pelo Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos (SET/EESC). O trabalho gera uma continuidade ao estudo sobre metodologias para análise de estruturas de paredes de concreto, com enfoque na consideração da interação solo-estrutura e seus respectivos efeitos.

A consideração da interação solo-estrutura é importante, pois aproxima o modelo numérico do real comportamento mecânico da edificação. Além disso, conhecer a redistribuição dos esforços devido ao deslocamento dos apoios viabiliza, em alguns casos, projetos menos onerosos e estruturas mais seguras.

Ao sugerir metodologias simplificadas para a consideração da interação solo-estrutura em projetos de paredes de concreto o presente estudo pode trazer benefícios ao cotidiano de escritórios de projetos estruturais, onde é prática comum a consideração da indeslocabilidade dos apoios da supreestrutura.

A crescente utilização do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local junto com a pequena produção científica sobre sua análise estrutural evidenciam a importância do desenvolvimento de modelos mais adequados à elaboração de projetos estruturais desse tipo de edificação.

Por fim, a norma técnica de paredes de concreto ABNT NBR 16055:2012 determina ser obrigatória a consideração da interação solo-estrutura em edifícios com mais de cinco pavimentos.

## **1.4 METODOLOGIA**

Todos os edifícios considerados no estudo são modelados numericamente utilizando-se o Método dos Elementos Finitos (MEF), sendo que para cada caso é considerado um modelo de referência, em que as paredes são discretizadas em elementos de casca, e um modelo simplificado, com as paredes discretizadas em elementos de barra. Neste último tipo de modelo verifica-se a necessidade de considerar os primeiros pavimentos em elementos de casca, para representar de forma adequada a distribuição de carga para os apoios da edificação. Para realizar esta etapa utiliza-se o programa comercial SAP2000 v14® com o qual são realizadas análises estruturais considerando o comportamento dos materiais como elástico linear.

Para a consideração da interação solo-estrutura são utilizados métodos iterativos, em que a rigidez da edificação, o efeito de grupo e a heterogeneidade do solo são contemplados, sendo que o maciço de solo é representado, no modelo numérico, por um conjunto de molas, dando, com isto, continuidade ao trabalho desenvolvido por Testoni (2013), no Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC/USP. Neste procedimento é desconsiderada a influência da sequência construtiva da edificação.



Para a determinação dos coeficientes de mola e os recalques das sapatas é desenvolvida uma rotina computacional, chamada de programa ISE\_SAPATA 1.0, na qual utilizam-se as equações de Mindlin (1936) e o procedimento de Steinbrenner (1934) para o cálculo de recalques em meios estratificados. Para obter os recalques e os respectivos coeficientes de mola das fundações de blocos sobre estacas utiliza-se o programa desenvolvido por Testoni (2013) e chamado de programa ISE 1.0.

Os efeitos causados pela consideração da interação solo-estrutura nos edifícios de paredes de concreto são analisados por meio de uma série de comparações entre os resultados da análise dos diferentes casos, considerando-se dois tipos de estruturas, diferenciadas pela sua geometria, três alturas diferentes (5, 10 e 15 pavimento) e também dois tipos de fundações (sapatas ou bloco sobre estacas).

Inicialmente, para cada tipo de edificação, consolidam-se os resultados do modelo simplificado, mediante comparações com o seu respectivo modelo de referência, considerando-se nesta fase os apoios indeslocáveis.

Na sequência, avalia-se a influência da interação solo-estrutura através de comparações entre os resultados do modelo, em elementos de casca, com os apoios indeslocáveis e o seu respectivo modelo com apoios flexíveis.

Por fim, é avaliado, através de comparações com o modelo de referência, se o modelo simplificado representa de forma adequada os efeitos da deslocabilidade dos apoios.

## **1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho está estruturado em quatro capítulos. A sequência dos capítulos é organizada para a melhor assimilação das ideias desenvolvidas. No primeiro capítulo foram realizadas as considerações iniciais, assim como descritos os objetivos, as justificativas e a metodologia empregada no trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma breve revisão bibliográfica dos assuntos tratados na pesquisa. Inicia-se apresentando as principais características do sistema construtivo de paredes de concreto. Em seguida são apresentados os modelos de análise de paredes de concreto, dando ênfase às características do modelo de Yagui. Na sequência são apresentadas informações referentes ao estudo da interação solo-estrutura, destacando seus principais fatores e efeitos. No fim do capítulo são apresentadas as metodologias utilizadas para a consideração da interação solo-estrutura.

No capítulo 3, inicialmente, são apresentadas as características gerais dos modelos numéricos e as informações necessárias para a consideração da interação solo-estrutura. Em seguida, são expostas informações sobre cada modelo estudado neste trabalho, apresentando sua geometria, carregamento aplicado e tipo de fundação. Na apresentação de cada edifício, são fornecidos os resultados das séries de comparações e sua respectiva análise dos resultados. No final deste capítulo é feita uma análise geral do comportamento dos edifícios de paredes de concreto tendo em vista a consideração da interação solo-estrutura.

Finalmente, o capítulo 4 é destinado às conclusões finais, no qual se faz uma análise global dos resultados. Também são apresentadas as propostas para continuidade da linha de pesquisa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

---

### 2.1 PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL

Parede de concreto é um sistema construtivo racionalizado, que reduz as atividades artesanais e improvisações, contribuindo para diminuir o número de operários no canteiro. O sistema também induz a qualificação da mão de obra, garantindo, com isso, uma maior produtividade. A qualidade do produto final é melhorada devido ao controle tecnológico e também pela utilização de materiais industrializados.

Uma das principais vantagens do sistema é a racionalização dos serviços. Os operários são multifuncionais e executam todas as tarefas necessárias como armação, instalações, montagem, concretagem e desfôrma.

O sistema é mais recomendável para empreendimentos que tem alta repetitividade, como condomínios e edifícios residenciais altos. Além das obras que, nas grandes cidades, exigem das construtoras prazos de entrega exíguos e otimização da mão de obra (ABCP, 2008).

Um dos possíveis gargalos para a viabilização do sistema, o custo inicial mais alto dos conjuntos de fôrmas, é amortizado pelo grande número de habitações que podem ser construídas com o reaproveitamento de um único conjunto, ou seja, é um sistema que se paga com o uso em escala (SILVA; VAQUERO; FONSECA, 2007). Esse problema pode ser minimizado com a utilização de fôrmas plásticas alugadas, evitando o alto custo de confecção, podendo até viabilizar o sistema em empreendimentos com pequeno número de repetições.

De acordo com Nunes (2011), o sistema de paredes de concreto é amplamente utilizado em países como Chile, Colômbia e México por apresentar vantagens em termos de prazos, custos e qualidade, além de se tratar um sistema estrutural monolítico, característica importante em países que sofrem abalos sísmicos.

No Brasil, o sistema de paredes de concreto voltou a ser utilizado intensamente na construção de casas térreas, sobrados e de pequenos edifícios residenciais. A Rodobens Negócios Imobiliários foi a primeira a adotar o novo sistema construtivo, no final de 2006, quando iniciou a execução das casas de um condomínio localizado em São José do Rio Preto (SP).

### 2.1.1 SISTEMA CONSTRUTIVO

Poucos métodos construtivos podem ser considerados tão sistematizados quanto às paredes de concreto, sistema baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra (ABCP, 2008).

No sistema construtivo de paredes de concreto, a vedação e a estrutura são compostas por esse único elemento. As paredes são moldadas “in loco”, tendo embutidas as instalações elétricas, hidráulicas e as esquadrias (MISURELLE; MASSUDA, 2009). As instalações com tubos de grande diâmetro não são embutidas nas paredes, mas sim alojadas em “*shafts*”, previamente deixados nas paredes, como aberturas. Todas as paredes e lajes de um ciclo construtivo são moldadas em uma única etapa de concretagem.

A parede de concreto é caracterizada ainda por ser monolítica, ou seja, quando solicitada, tem capacidade de distribuir os esforços solicitantes por toda a parede e, contínua, por não apresentar juntas aparentes.

Devido à característica primária do sistema de paredes de concreto, à qualidade do acabamento, a escolha da tipologia adequada e o desenvolvimento e detalhamento do projeto de fôrmas são extremamente importantes para garantir a qualidade de entrega. As paredes obtidas com o uso das fôrmas industrializadas apresentam textura regular, além de terem prumo e nível garantidos. O uso de fôrmas industrializadas tem a capacidade de serem reaproveitadas várias vezes, aumentando a sustentabilidade do processo construtivo. Além disso, o projeto das fôrmas deve abordar o detalhamento dos seguintes itens: posicionamento dos painéis, equipamentos auxiliares, peças de travamento e prumo, escoramento e sequência de montagem e desmontagem.

Após a desfôrma a edificação já está pronta para ser pintada ou ser feita o assentamento cerâmico. Se o acabamento final do concreto não ficar perfeito, é feita a estucagem, que é a correção das falhas e emendas do concreto. Outra característica positiva é a espessura da parede, que quando comparada com a alvenaria estrutural, é menor, obtendo ganho com a área útil, para a mesma área total da unidade.

Segundo a Associação Brasileira de cimento Portland (2008), os tipos de fôrmas recomendados são: metálicas (quadros e chapas em alumínio ou aço), mistas (quadros em alumínio ou aço e chapas de madeira compensada ou material sintético) e plásticas (quadros e chapas de plástico reciclável contraventadas por estruturas metálicas).

A armação normalmente adotada, no sistema paredes de concreto, é em tela soldada posicionada na superfície média da parede, podendo também posicioná-las junto às duas faces, dependendo do projeto estrutural. Bordas, vãos de portas e janelas recebem armadura adicional com telas ou vergalhões.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2008), existem quatro tipos de concreto que podem ser considerados recomendados para o sistema parede de concreto: Concreto celular (tipo L1 – baixa massa específica e bom desempenho térmico e acústico), concreto com alto teor de ar incorporado até 9% (tipo M – características mecânicas e termoacústicas similares às do concreto celular), concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (tipo L2 – bom desempenho térmico e acústico, mas levemente inferior aos dos concretos L1 e M), concreto convencional ou concreto auto-adensável (tipo N – convencional: possuir trabalhabilidade adequada; auto-adensável: possuir aplicação muito rápida).

Após a concretagem deve-se atentar para o procedimento de cura do concreto das paredes, de modo a evitar o aparecimento de fissuras superficiais que podem comprometer a qualidade das peças de concreto.



Figura 2.1 – Montagem das paredes (Fonte: [www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br))

O sistema reduz as atividades artesanais e improvisações, decorrente da gestão do processo construtivo, que contribui para a diminuição do número de operários no canteiro, com maior produção em menos tempo. Enquanto em uma obra tradicional são necessários, por exemplo, carpinteiros, armadores, eletricitas, encanadores e pedreiros, em uma obra de

paredes de concreto um único profissional pode desempenhar todas essas funções, ou seja, atuando como um montador.

O sistema de parede de concreto foi comparado com o sistema em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, em uma obra de Salvador (BA) com 50 prédios, de quatro ou cinco pavimentos. A comparação é possível porque metade dos prédios estava sendo construído com blocos cerâmicos e a outra metade com concreto dosado em central e tela soldada. Segundo o engenheiro responsável pela obra, Guilherme Luz, apesar da alvenaria ser um processo construtivo consagrado no Brasil, ela vem perdendo espaço para o sistema paredes de concreto, por necessitar de grande quantidade de mão de obra. Na sequência, ainda enfatiza a necessidade de racionalização e da industrialização dos processos práticos nos canteiros, economizando, com isso, tempo e reduzindo custos. Ele também evidencia uma menor necessidade de movimentação horizontal e vertical de materiais e a dispensa das etapas de revestimento, gerando maior economia e tornando a obra mais limpa (LUZ, 2012).

Embora o sistema de paredes de concreto apresente as vantagens citadas anteriormente, deve-se atentar para o alto custo das fôrmas industrializadas, bem como o restante dos equipamentos utilizados na execução. O sistema se viabiliza a partir de escala, velocidade, padronização e planejamento sistêmico. Para se obter a qualidade final, produtividade e o prazo desejado, é necessário que o engenheiro faça todo o controle da obra, desde a fase de projetos até a entrega da obra.

## **2.2 MODELOS PARA A ANÁLISE DE PAREDES ESTRUTURAIS**

A análise de paredes estruturais pode ser feita através da técnica do meio contínuo ou por processos discretos.

O processo discreto consiste basicamente na análise da estrutura como um conjunto de subestruturas ou elementos base de comportamento estrutural conhecido (vigas, pilares, pórticos, etc.). A estrutura discretizada pode ser resolvida por técnicas matriciais que utiliza o processo dos esforços ou o processo dos deslocamentos, sendo este último o mais utilizado devido à facilidade de programação (PEREIRA, 2000). Apesar do grande número de incógnitas envolvidas na solução de uma estrutura, este tipo de análise é mais versátil que a anteriormente mencionada, permitindo tratar estruturas de geometrias mais variadas, quer em planta, quer em elevação (BARBOSA, 1978). Dentre os processos discretos, o mais utilizado

é o método dos elementos finitos, que se necessita de ferramentas computacionais, devido ao grande número de incógnitas envolvidas.

Dentro da análise de estruturas pelo tratamento discreto Liu *et al.* (2010) citam a existência de três métodos gerais de análise de paredes estruturais, são eles: modelo de barras equivalentes, modelo de múltiplas barras verticais e elementos planos de casca.

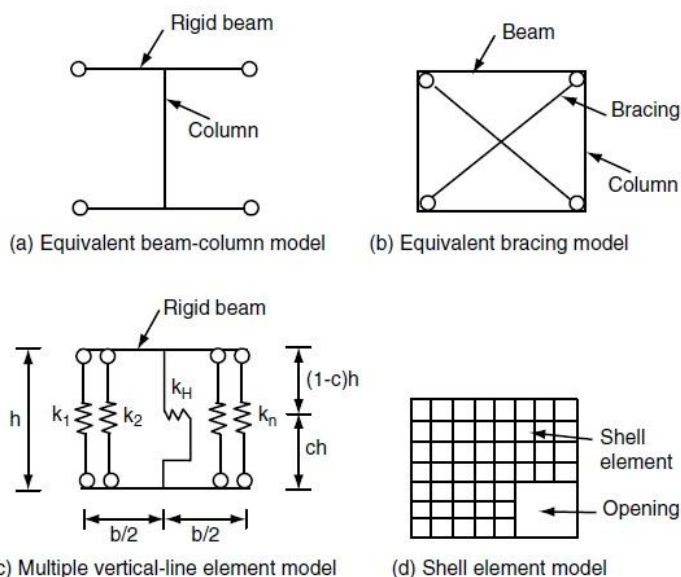


Figura 2.2 – Métodos de modelagem de paredes (Fonte: Liu *et al.*, 2010)

O modelo de múltiplas barras verticais simula a parede estrutural através de um grupo de molas paralelas conectadas a barras rígidas (Figura 2.2 (c)). A maior dificuldade deste modelo é a determinação das rigidezes das molas horizontais ( $K_h$ ) prejudicando o comportamento do modelo ao cisalhamento.

O modelo em elementos planos de casca (Figura 2.2 (d)) se mostra bastante preciso e apresenta alguns resultados que não se consegue obter com elementos de barras, como os fluxos de tensões.

Devido ao aumento da capacidade de processamento dos computadores pessoais e do avanço dos softwares de análise numérica o uso de elementos finitos planos vem sendo incrementado, tornando os projetos estruturais mais realistas e precisos. Porém, muitas vezes o trabalho de modelagem e de análise inviabilizam o uso deste modelo. Portanto, existe a preferência pelo uso de programas com análises estruturais simplificadas.

Nos modelos de barras equivalentes as paredes são discretizadas por elementos lineares (Figura 2.2 (a) e (b)). Os modelos de barras equivalentes podem ser analisados considerando-se as barras isoladas ou ligadas entre si, formando pórticos planos, no caso de paredes com aberturas, por exemplo.

Neste tipo de discretização podem-se citar os trabalhos de YAGUI (1971, 1978), em que as paredes planas são substituídas por pórticos formados por vigas horizontais engastadas, no meio do vão, aos pilares. A estrutura tridimensional formada por grupos de paredes, vigas horizontais e lajes é analisada matricialmente através do processo dos deslocamentos.

### 2.2.1 MODELO PROPOSTO POR YAGUI

O modelo consiste basicamente na análise da estrutura tridimensional, obtida pela substituição de cada parede pelo pórtico plano equivalente. Esses pórticos são travados horizontalmente pelos diafragmas nos níveis dos pisos de modo a constituir um sistema estrutural tridimensional (YAGUI, 1978).

As principais hipóteses assumidas para a modelagem são:

- as paredes planas são comumente desprovidas de rigidez à flexão atuante segundo seus planos transversais, em consequência de suas espessuras relativamente delgadas;
- o comprimento das paredes planas deve ser constante ao longo de sua altura, porém a espessura poderá variar bruscamente nos níveis dos pavimentos;
- as únicas interações a serem consideradas entre as paredes, ao longo de suas ligações, são as forças de cisalhamento longitudinais;
- é permitida a modelagem de uma parede plana através da subdivisão da mesma em várias paredes coplanares, considerando suas linhas divisórias como interseções;
- as lajes são supostas como diafragmas rígidos, impedindo, portanto as distorções das seções transversais do núcleo;
- por causa de sua desprezível rigidez à flexão, as interações entre os diafragmas rígidos e as paredes planas ficam reduzidas aos esforços contidos nos planos horizontais, ao longo das interseções desses elementos.

Na análise, as barras devem possuir as mesmas características geométricas das respectivas paredes que representam, sendo posicionadas no centro de gravidade da seção da parede. As paredes que se interceptam são ligadas por barras horizontais rígidas, dispostas no nível de cada pavimento, de modo a simular o comprimento da parede em planta baixa e de se considerar a interação que efetivamente se desenvolve entre as paredes nas interfaces verticais, conforme Figura 2.3.



Corrêa (1991) recomenda que o valor adotado de rigidez das barras horizontais seja suficientemente grande para simular o efeito do trecho rígido, porém sem ser tão elevado ao ponto de perturbar a estabilidade numérica da solução.

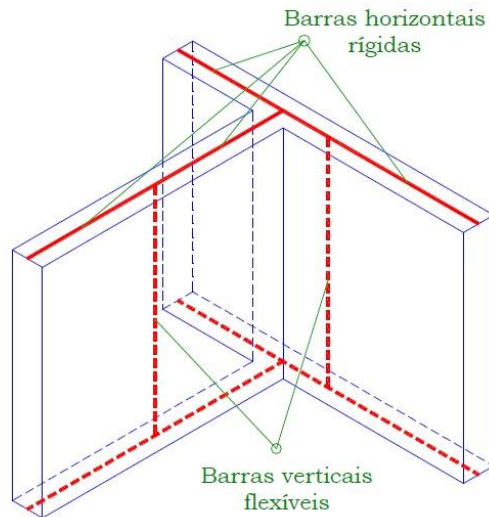


Figura 2.3 – Modelagem das paredes estruturais (Fonte: Nascimento Neto, 1999).

Essa estrutura equivalente é travada horizontalmente pelos diafragmas, de modo que não haja distorções angulares entre as paredes que a compõem, e verticalmente pelos vínculos existentes entre vigas concorrentes, permitindo unicamente a transmissão de forças verticais, ou seja, as extremidades que são comuns a duas paredes são consideradas articuladas, transmitindo apenas forças de cisalhamento verticais, conforme Figura 2.4.

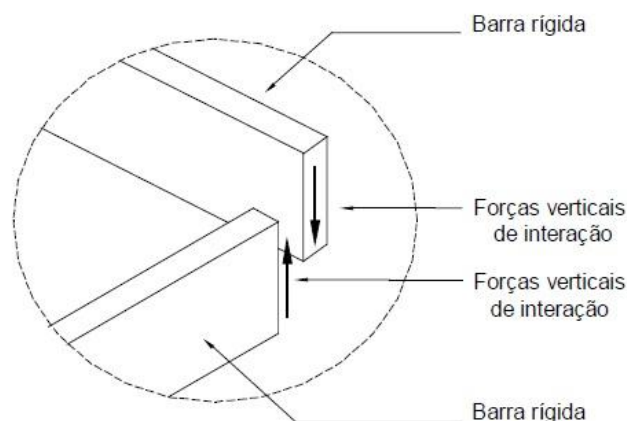


Figura 2.4 – Detalhe da interação das barras horizontais rígidas (Fonte: Pereira, 1997).

Também são consideradas as aberturas de portas e janelas, ou seja, são incorporados ao modelo barras flexíveis com as dimensões dos lintéis, como ilustrado na Figura 2.5.

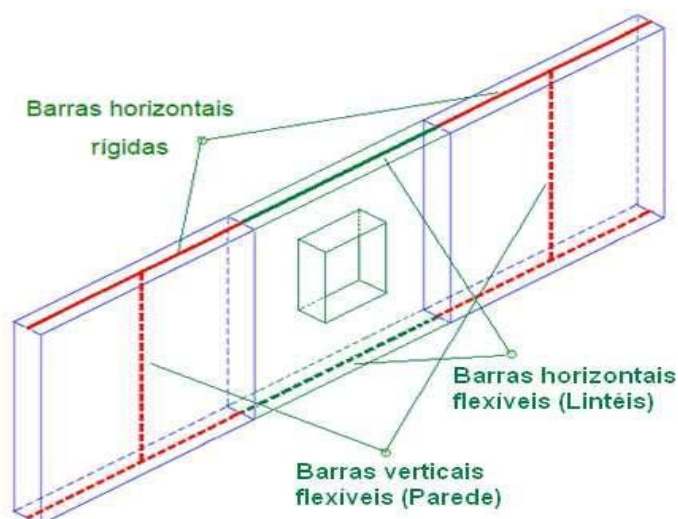


Figura 2.5 – Representação das barras e suas respectivas paredes (Fonte: Nunes, 2011)

Devido à presença de lajes, que são consideradas como diafragmas rígidos, os lintéis são considerados como elementos de barra com rigidez axial infinita e têm coordenadas de deslocamento como ilustrado na Figura 2.6.

As extremidades das barras rígidas que se interceptam com os lintéis não podem ser articuladas, caso contrário a sua efetiva contribuição no acoplamento das paredes adjacentes não seria levada em consideração no modelo.

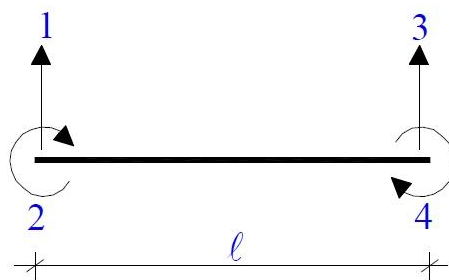


Figura 2.6 – Coordenadas dos lintéis.

Segundo Pereira (1997), a inclusão dos lintéis no pórtico tridimensional aumenta de maneira significativa a rigidez do modelo estrutural frente às ações horizontais e à torção. Também em seu trabalho, Nascimento Neto (1999), conclui que a consideração dos lintéis no modelo de pórtico tridimensional aumenta significativamente a rigidez global da estrutura, diminuindo os deslocamentos horizontais e redistribuindo os esforços entre os painéis de contraventamento.

Segundo a ABNT NBR 16055:2012, a parede do sistema estrutural de contraventamento pode ser representada por elemento linear, desde que se considere, além da

deformação por flexão, a deformação por cisalhamento. Nascimento Neto (1999), sugere, em seu trabalho, um refinamento do modelo proposto por Yagui, em, que a deformação por cisalhamento é considerada de forma simples.

A deformação por cisalhamento é considerada mediante determinação do fator de forma da seção. Com esse fator de forma obtém-se uma área de cisalhamento, equação (2.1), que será utilizada para modificar-se adequadamente a matriz de rigidez do respectivo elemento de barra. Em elementos que possuem seção transversal retangular, como as paredes dos edifícios estudados neste trabalho, o fator de forma da seção é igual a 1,2.

$$A_s = \frac{A}{c} \quad (2.1)$$

Sendo:

$A_s$  = Área de cisalhamento;

$A$  = Área da seção transversal;

$c$  = Fator de forma da seção.

### 2.3 INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA (ISE)

O solo e a estrutura compõem um sistema mecânico integrado. No entanto, pode-se considerar uma edificação como sendo constituída por três partes: superestrutura, infraestrutura e o maciço de solo. O desempenho de uma edificação é governado pela interação entre estas três partes, em um mecanismo denominado de interação solo-estrutura.

Tradicionalmente, os edifícios são calculados considerando a hipótese simplificada de que as fundações estejam apoiadas sobre vínculos indeslocáveis. Desta maneira, o engenheiro é obrigado a se contentar com uma análise limitada e, acima de tudo, confiar em sua experiência, para não considerar hipóteses que fujam muito do comportamento real da estrutura.

No passado, devido à grande quantidade de cálculos exigidos, a consideração da deslocabilidade dos apoios era inviável. Atualmente, com a popularização e o desenvolvimento dos microcomputadores, esse panorama poderia ter mudado significativamente. No entanto, mesmo com a disseminação do cálculo de estruturas por meio de métodos numéricos, ainda pode-se observar que muitos engenheiros procuram seguir a hipótese simplista de apoio indeslocável (SOUZA; REIS, 2008). Esse comportamento assumido no cálculo não condiz com a realidade geotécnica, uma vez que o solo apresenta

deformações e deslocamentos causados pelo carregamento da estrutura e afetados também pela sua rigidez.

O problema inicia-se com o afastamento entre os engenheiros geotécnicos e estruturais, pois o engenheiro geotécnico analisa a complexa interação entre a subestrutura e o maciço de solos, sem considerar as mudanças de configuração que possam ocorrer na superestrutura e que venham a levar a um estado de tensões não previsto no sistema subestrutura/maciço. Em contrapartida, o engenheiro estrutural está voltado para fenômenos que ocorrem na superestrutura, sem levar em conta os efeitos que o meio de apoio está sujeito quando da absorção das ações, e nas posteriores modificações da superestrutura que possa acarretar. Além disso, a consideração do efeito de grupo das fundações, que altera o estado de tensões do sistema envolvido, é negligenciada. Assim, além de se avaliar o sistema superestrutura/subestrutura/maciço de solos de forma desacoplada, considera-se este sistema livre do efeito de vizinhança, o que pode levar a estados de deformação e/ou tensões não previstos nos projetos envolvidos.

Esse procedimento convencional vem sendo alvo de críticas há algum tempo, pois apesar de oferecer um ‘desempenho aceitável’ em função da hipótese de que os apoios das estruturas hiperestáticas têm facilidade de se adaptarem às deformações do solo, o mesmo conduz a resultados que se afastam da realidade, principalmente em casos de edifícios com grande número de pavimentos. (CHAMECKY, 1956).

O problema de interação solo-estrutura, apesar de pouco incorporado na prática cotidiana de projetistas, já vem sendo visado há pelo menos seis décadas. Meyerhof (1953) preocupou-se com a previsão de recalques, considerando no cálculo as características do solo, da fundação e a rigidez da estrutura.

A importância de se avaliar a interação solo-estrutura, para Reis (2000), se deve ao fato de que para uma mesma superestrutura submetida aos mesmos carregamentos, no entanto apoiada sobre maciços com características diferentes, têm-se reações de apoio distintas e, conseqüentemente, uma distribuição de esforços diferentes ao longo de seus elementos.

As normas brasileiras já apresentam recomendações, apesar de serem escassas, quanto à consideração da deslocabilidade dos apoios. A norma de concreto, a ABNT NBR 6118:2014, em seu capítulo que trata da análise estrutural, recomenda que em “casos mais complexos”, a interação solo-estrutura deva ser contemplada no modelo estrutural. Já a ABNT NBR 16055:2012, diz ser obrigatório o uso de modelo com interação solo-estrutura para os casos de edifícios com mais de cinco pavimentos e em casos de fundações em níveis

diferentes. A ABNT NBR 6122:2010, que regulamenta os métodos de dimensionamento das fundações, mostra a preocupação para que haja o monitoramento de recalques em obras civis de importância.

### 2.3.1 EFEITOS DA CONSIDERAÇÃO DA ISE

Um dos principais efeitos provocados pela consideração da interação solo-estrutura é uma redistribuição de esforços nos elementos estruturais, em especial as cargas nos pilares. Em cada estágio da construção atinge-se uma nova configuração de equilíbrio no sistema solo-estrutura, a qual é acompanhada de uma redistribuição das cargas nos elementos. Essa redistribuição se dá, na maioria das vezes, com um aumento de cargas nos pilares externos e diminuição nos pilares internos. Segundo Gusmão (1990), esta redistribuição depende, entre outras coisas, da rigidez relativa estrutura-solo.

Outra consequência importante, decorrente desse efeito, é que a solidariedade existente entre os elementos da estrutura confere à mesma uma considerável rigidez, restringindo o movimento relativo entre os apoios e fazendo com que os recalques diferenciais sejam menores que os estimados convencionalmente (sem a consideração da ISE).

Diversos trabalhos demonstram que a consideração da interação solo-estrutura conduz a esforços distintos daqueles calculados com a hipótese simplista de apoios indeslocáveis.

Gusmão (1990), ao realizar um estudo paramétrico dos principais fatores influentes na interação solo-estrutura e após coletar os dados de diversas obras monitoradas para acompanhamento de recalques, comprova o efeito da interação solo-estrutura na tendência de uniformização dos recalques.

Gusmão Filho (1995), ao monitorar os recalques em edifícios com fundações rasas na cidade de Recife/PE, encontrou diferenças em torno de 30% na força normal dos pilares periféricos.

Reis (2000) estudou a interação solo-estrutura de um grupo de edifícios com fundações superficiais, em maciço de solos de argila mole, na cidade de Santos/SP. Em seu trabalho simulou a distribuição dos esforços nos elementos estruturais ao longo do tempo e concluiu que essa diferença variava de 25% nos andares inferiores a 15% nos andares superiores.

Nadjai e Johnson (1996) analisaram estruturas compostas por pilares-paredes, núcleos e associação de ambos os tipos submetidos a uma análise elástica linear e considerando a flexibilidade da fundação por meio de molas. Verificaram que a flexibilidade da base da estrutura pode desempenhar um importante papel no comportamento da edificação. Afeta, sobretudo, as tensões desenvolvidas nas porções inferiores, não apresentando, entretanto, influência significativa em regiões mais próximas do topo da estrutura. Nesse trabalho afirmam também que, para fins práticos, podem-se considerar fundações em rocha ou areia compacta como rígidas.

Holanda Júnior et al. (1998), por meio da aplicação de ações verticais a dois edifícios sobre fundação rasa, concluíram que os pilares com maiores recalques tendem a ceder parte de suas cargas para os pilares vizinhos com menores recalques. Apesar disso, as reações de apoio não sofrem mudanças significativas, observando-se uma diferença máxima de 7,5%. Em contrapartida, foram observadas mudanças significativas nos momentos fletores dos pilares, notando-se, inclusive, inversão de sentido.

Iwamoto (2000) quantificou os esforços secundários na estrutura provocados pela consideração da flexibilidade das fundações, para tanto, utilizou um modelo tridimensional que considera a contribuição da rigidez transversal à flexão das lajes, a existência de excentricidades das vigas em relação aos pilares e a hipótese de diafragma rígido no plano horizontal de cada pavimento, além de considerar o efeito de grupo das estacas. Em sua análise, verificou que os esforços provenientes da interação são maiores nos pavimentos inferiores e que a rigidez da estrutura contribui para diminuir os recalques diferenciais e as distorções angulares.

Crespo (2004) analisou alguns casos, comparando os resultados do método tradicional de análise estrutural com aqueles que levam em consideração a sensibilidade da estrutura em relação ao solo. E, como conclusão, confirma que os pilares que tendem a sofrer maiores assentamentos transferem parte de seus carregamentos para pilares próximos com menores recalques, além de observar mudanças nos esforços solicitantes nas vigas, principalmente nos primeiros pavimentos.

De acordo com CHAMECKI (1958), a consideração do efeito de uniformização dos recalques diferenciais conduz a projetos mais econômicos e otimizados, podendo também tornar viáveis projetos que não seriam aceitos por uma análise convencional.

### 2.3.2 FATORES INFLUENTES NA ISE

Existem vários fatores que afetam, com maior ou menor intensidade, os efeitos da interação solo-estrutura. Entre eles destacam-se: rigidez relativa estrutura-solo, número de pavimentos da edificação, influência da sequência construtiva e das edificações vizinhas.

Meyerhof (1953) apresentou um dos primeiros trabalhos a considerar a influência da interação solo-estrutura em estudo de recalques em edifícios. Foram realizadas análises paramétricas, com diferentes valores de rigidez relativa estrutura-solo, avaliando o comportamento conjunto da superestrutura e fundação em termos de recalques absolutos e diferenciais. O autor concluiu que o recalque total máximo não é muito afetado pela rigidez estrutura-solo, apesar de sofrer leve decréscimo com o aumento desse índice. Em contrapartida, o recalque diferencial máximo apresenta uma acentuada diminuição com esse aumento. Resulta desse estudo a importância da consideração da rigidez de toda a estrutura, e não apenas da fundação, pois esta última é praticamente desprezível em relação à primeira.

Chamecki (1956) desenvolveu um processo iterativo que considera a interação solo-estrutura de forma pioneira, onde a partir das reações da superestrutura obtidas nas condições de indelocabilidade dos apoios, são utilizadas para estimativa de recalques por métodos convencionais e depois novas reações eram calculadas e o processo continuava até ocorrer convergência dos resultados destas reações e dos recalques, este autor verificou que a rigidez da superestrutura tem importância fundamental na interação solo-estrutura.

Brown (1977) utilizou um modelo visco-elástico linear para o solo e para a superestrutura um modelo elástico linear e verificou que quanto mais rígida for a superestrutura em relação ao solo, os recalques diferenciais são menores e a influência do tempo diminui à medida que a relação entre a rigidez da superestrutura e do solo cresce.

O número de pavimentos é um dos fatores mais influentes na rigidez da estrutura, sendo que quanto maior o número de pavimentos de uma estrutura, maior será a sua rigidez. Porém essa rigidez não cresce linearmente com o número de pavimentos. Em seu trabalho Goshy (1978) conclui que a rigidez da estrutura aumenta gradualmente com o processo de construção e carregamento. Dessa forma, para os primeiros incrementos de carga, a estrutura se comporta como uma viga flexível em meio elástico e sua rigidez é crescente de acordo com o processo construtivo. Foi verificado que a sequência construtiva tem grande influência nos pavimentos inferiores e que as distorções angulares diminuem à medida que havia um aumento gradual da superestrutura.

Gusmão e Gusmão Filho (1994), afirmam que durante a construção, a carga dos pilares cresce e, conseqüentemente, o recalque absoluto também cresce. Porém devido ao aumento da rigidez da estrutura ocorre uma tendência de uniformização dos recalques. Contudo, a rigidez da estrutura não cresce linearmente com o número de pavimentos da estrutura. Há uma rigidez limite, atingida após a construção dos primeiros pavimentos, a partir da qual a distribuição dos recalques passa a ser função apenas do carregamento. Neste estudo foram avaliados edifícios de 18 pavimentos, e segundo os autores, a rigidez limite foi atingida aproximadamente nos seis primeiros pavimentos. Além disso, Moura (1995) também considerou o efeito da seqüência construtiva e afirma que as solicitações nos elementos da superestrutura oriundas da interação com o solo, são mais significativas nos primeiros andares e diminuem nos pavimentos superiores.

Fonte et al. (1994) apud Holanda Júnior (1998), estudaram o comportamento de um edifício de concreto armado de catorze andares sobre fundações superficiais, prevendo os recalques segundo quatro modelos distintos: dois levando em conta tanto o efeito incremental da edificação quanto a interação solo-estrutura, um considerando apenas a interação aplicada a estrutura completa, e outro utilizando métodos empíricos de uso corrente. Os valores obtidos numericamente foram comparados com os medidos “*in situ*”. Os autores concluíram que, com relação aos recalques, o modelo que considera carregamento instantâneo, sem levar em conta a interação solo-estrutura superestimava os recalques diferenciais. Já o modelo que considera o efeito da interação solo-estrutura e aplica carregamento instantâneo subestimava os recalques diferenciais por considerar para a estrutura uma rigidez maior que a real. Os melhores resultados foram obtidos com o uso dos modelos que representam o carregamento progressivo com enrijecimento crescente da estrutura e sua interação com o solo.

Brown e Yu (1977) analisaram estruturas (plana e tridimensional) considerando os efeitos da interação solo-estrutura, com e sem a aplicação de carregamento aplicado progressivamente durante a construção. Concluíram que a rigidez efetiva, para o propósito da interação solo-estrutura, de uma edificação que é carregada progressivamente está em torno de metade da rigidez de uma edificação completa.

Gusmão (1990) observou que a presença das cintas contribuem na tendência à uniformização dos recalques e que sua influência diminui à medida que cresce o número de pavimentos da edificação, a ponto dessa influência, para uma certa estrutura analisada, ser praticamente desprezível para um número de pavimentos superior a oito. Isso porque a



contribuição da rigidez das cintas na rigidez global da estrutura diminui à medida que cresce o número de pavimentos da edificação.

Chamecki (1969) apud Iwamoto (2000) apresenta quatro casos possíveis para o comportamento da estrutura frente à interação solo-estrutura (Figura 2.7).

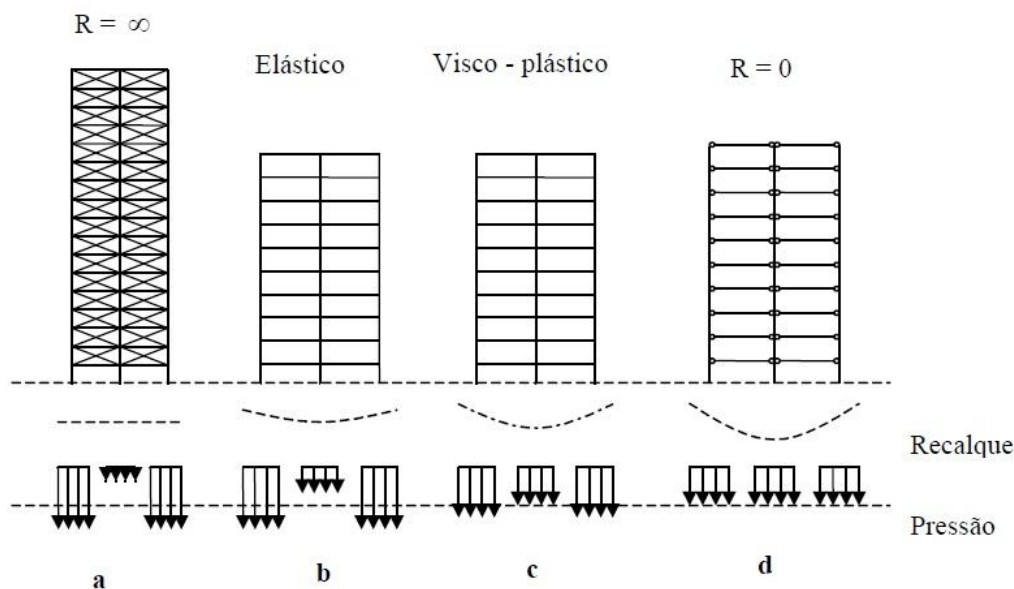


Figura 2.7 - Casos de interação solo-estrutura (Fonte: Chamecki, 1969 apud Iwamoto, 2000).

Caso a, estruturas infinitamente rígidas apresentam recalques uniformes. Por causa da tendência do solo deformar mais no centro que na periferia, devido à continuidade parcial do solo, a distribuição de pressões de contato nos apoios são menores no centro e máximos nos cantos externos. Esta distribuição de pressões assemelha-se ao caso de um corpo infinitamente rígido apoiado em meio elástico. Os edifícios muito altos e com fechamento das paredes resistentes trabalhando em conjunto com a estrutura, podem apresentar comportamento semelhante a este modelo.

O caso oposto do a, é a estrutura que não apresenta rigidez aos recalques diferenciais (caso d). Este tipo de estrutura se adapta perfeitamente às deformações do maciço de solo. A distribuição de pressões de contato não se modifica perante a progressão dos recalques.

As estruturas isostáticas e edifícios muito alongados na horizontal se aproximam a este tipo de comportamento.

Caso b, uma estrutura perfeitamente elástica possui a rigidez que não depende da velocidade da progressão dos recalques, podendo ser mais rápidos ou lentos, não influenciando nos resultados. Os recalques diferenciais, obviamente, serão menores que os correspondentes à rigidez nula (caso d) e a distribuição de pressões de contato varia muito menos durante o processo de recalque. Estruturas de aço se assemelham a este comportamento.

Caso c, uma estrutura visco – plástica, como o de concreto armado, apresenta rigidez que depende da velocidade da progressão de recalques diferenciais. Se os recalques acontecem num curto espaço de tempo, a estrutura tem o comportamento elástico (caso b), mas se esta progressão é bastante lenta, a estrutura apresenta um comportamento como um líquido viscoso e tenderá ao caso d.

Outro fator que influencia na interação solo-estrutura é a consideração das construções vizinhas. Reis (2000) estudou o efeito da influência recíproca de um grupo de três edifícios, com fundações superficiais, em maciço de argila mole, com a consideração da interação solo-estrutura. Os resultados obtidos mostraram que os recalques calculados levando em conta a influência do grupo de edifícios foram maiores que os obtidos considerando cada bloco isolado. Por outro lado, o efeito de grupo diminui com o aumento da distância entre os blocos vizinhos.

Vários trabalhos de medições de recalques em diversos tipos de edificações mostraram que há uma influência da forma em planta da edificação quanto à tendência à uniformização dos recalques. De acordo com Barata (1986), quanto mais próxima de um quadrado for à planta da edificação, maior será essa tendência. Gusmão (1990) ressaltou também que para um dado terreno de fundação o efeito da forma em planta da edificação na tendência à uniformização de recalques é mais importante em estruturas flexíveis.

## **2.4 METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DA ISE**

O estudo de métodos para a previsão do comportamento de sistemas solo-estrutura sempre foi alvo de preocupação da técnica de engenharia. Diversos modelos de análises de interação solo-estrutura têm sido desenvolvidos, especialmente após o advento do uso de computadores. Apesar dos avanços, são poucos os modelos que podem ser usados na prática rotineira, devido ao alto custo computacional e aos escassos dados geotécnicos, que muitas vezes são obtidos através de correlações com ensaios de campo (GUSMÃO, 1994).

Uma das primeiras tentativas de se avaliar os efeitos da interação solo-estrutura em edificações foi exportada por Meyerhof (1953). Foi apresentado um método para estimar recalques totais e diferenciais, levando em conta as características do solo, da infraestrutura e a rigidez da estrutura, mostrando que esses elementos podem ser considerados como uma unidade integral. Sua análise baseia-se na teoria da elasticidade tanto para o solo quanto para a estrutura. No trabalho, sugere modelos que permitem substituir a edificação real por outra

mais simples com rigidez equivalente, simplificando as análises de interação solo-estrutura. Segundo o autor, na prática, a rigidez da fundação é em geral muito pequena em relação à rigidez da superestrutura, principalmente em estruturas aperticadas. São desenvolvidas, então, fórmulas para a estimativa da rigidez de estruturas aperticadas abertas e fechadas com painéis de vedação. Em outras palavras, o autor sugere que, em uma análise interativa, uma estrutura com um número qualquer de pavimentos possa ser substituída por outra mais simples com rigidez equivalente. Para o caso de edifícios com múltiplos pavimentos, por exemplo, esta simplificação pode ser feita através da sua consideração como uma edificação com apenas um pavimento.

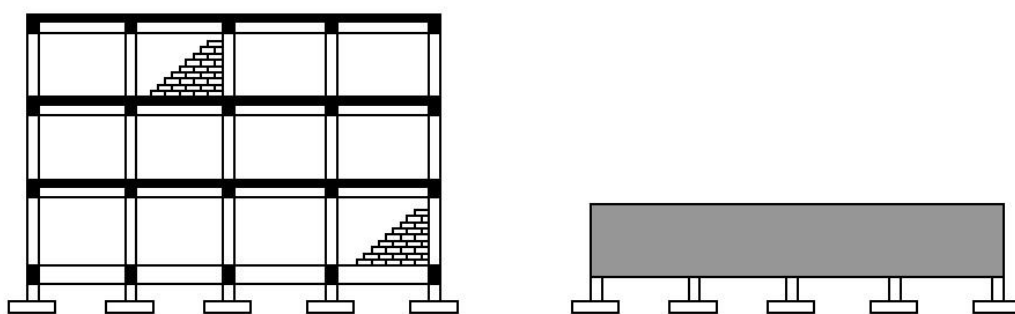


Figura 2.8 – Pórtico real e estrutura com rigidez equivalente (Fonte: Velloso e Lopes, 1997).

A primeira manifestação no Brasil, sobre o tema interação solo-estrutura, aconteceu no 1º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos com o trabalho de Chamecki (1956). Nele, o autor apresenta um processo interativo para considerar a rigidez da estrutura evitando as simplificações usadas no método de Meyerhof (1953).

Neste método, inicialmente calculam-se as reações de apoio da superestrutura de forma convencional, considerando os apoios indeslocáveis e com o emprego de uma análise elástica linear. Na sequência, calculam-se os recalques para as reações de apoio da estrutura indeslocável. A rigidez da estrutura é considerada através dos coeficientes de transferências de carregamento, que são as reações verticais dos apoios provenientes de recalques unitários para cada apoio em separado. Inicia-se, então, o processo iterativo com consideração da rigidez da estrutura. Determinam-se as novas reações de apoio, sendo obtidos novos valores de recalques. O processo iterativo é realizado até que todos os recalques (ou reações) atinjam uma convergência desejada.

O procedimento proposto por Winkler (1867) tem grande destaque devido à sua simplicidade e praticidade. Segundo Balbo (2009), Winkler desenvolveu um modelo para calcular a reação de subleitos de fundações rasas visando simular o comportamento do maciço

em que a interface solo-fundação é representada por um conjunto de molas regidas por uma constante de proporcionalidade  $k$  (coeficiente de mola) de forma a relacionar proporcionalmente as pressões de contato aos recalques. Neste modelo, o solo é visto como um sistema de molas lineares e independentes entre si, sendo consideradas somente as deformações ocorridas na região das fundações, ou seja, sua maior limitação advém da consideração de que as molas trabalhem de forma independente, o que traduz a inexistência de ligação coesiva entre as partículas contidas no solo. Segundo Crespo (2004), o problema fundamental do uso deste modelo é a determinação da rigidez das molas elásticas usadas para substituir o solo sob a fundação.

Poulos (1975) apud Gusmão (1990) apresenta uma metodologia para a estimativa do recalque de uma fundação, na qual a superestrutura, fundação e o solo são tratados como sistema único, esse método é semelhante ao proposto por Chamecki (1956), porém na forma matricial. Este modelo, diferente dos métodos convencionais em que as cargas na fundação são tratadas como grandezas conhecidas, permite uma análise da interação solo-estrutura considerando as cargas como incógnitas. O método consiste na resolução de duas equações matriciais. A primeira é a equação de interação superestrutura-fundação, que relaciona o comportamento da superestrutura e da fundação em termos de cargas aplicadas e das reações desconhecidas na fundação. A segunda é a equação de interação entre a fundação e o maciço de solos que relaciona o comportamento da fundação e do maciço de solos através das reações desconhecidas na fundação e as propriedades do solo.

Aoki (1987, 1997) propôs um procedimento iterativo para cálculo das estruturas considerando a interação solo-estrutura, através de um modelo simples de transferência de carga vertical isolada para o maciço de solos e, posteriormente, para o caso de grupo de estacas e de grupo de blocos interligados pela superestrutura. O processo iterativo é inspirado no trabalho de Chamecki (1954), sendo que inicialmente determinam-se as cargas nos pilares de modo convencional, considerando os apoios indeslocáveis. A partir das cargas obtidas calculam-se os recalques, considerando que a rigidez da estrutura é nula, pelo método de Aoki e Lopes (1975). Na sequência, determinam-se as rigidezes equivalentes do apoio (coeficientes de mola) dividindo as cargas pelos recalques e recalculam-se as cargas nos pilares, considerando a estrutura sobre apoios elásticos. O procedimento é repetido até que ocorra a convergência das reações (ou recalques) obtidas em duas iterações consecutivas.

As metodologias adotadas por Chamecki (1956) e Aoki (1987, 1997) utilizam modelos baseados em um processo iterativo para a obtenção de uma estrutura que se

aproxime muito da real, com a devida consideração da interação solo-estrutura. Estes modelos analisam a estrutura separadamente dos recalques, buscando uma situação final de equilíbrio através da compatibilização dos deslocamentos ocorridos na estrutura, considerando o equilíbrio no topo das fundações.

Também é possível modelar a estrutura partindo do princípio que a superestrutura e a estrutura de fundação são integradas, resultando em uma única estrutura que interage com o maciço de solo no contorno dos elementos estruturais de fundação. Neste tipo de modelagem a estrutura de fundação é discretizada e, em cada ponto de contorno desta com o solo, isto é, em cada nó do contorno, são empregadas molas para representar a deformabilidade do solo. Este tipo de modelagem foi empregado por Mota (2009) para edifícios de múltiplos andares com fundação profunda. Por meio de uma implementação computacional desenvolvida com o uso de elementos finitos, a interação solo-estrutura foi considerada, reunindo a superestrutura e os elementos estruturais de fundação em uma estrutura única.

Outra forma de se considerar a interação solo-estrutura é modelar a superestrutura, subestrutura e o maciço de solos como um corpo único integrado através de modelos numéricos, como o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método dos Elementos de Contorno (MEC). Nestes casos, a análise de edificações encontra-se alguns obstáculos, como a compatibilidade entre diferentes tipos de elementos e os modelos adotados para o maciço de solos que são, geralmente, muito simplificados em relação à realidade (REIS, 2000). Além disso, essa metodologia requer maior capacidade de memória e de processamento dos computadores.

#### 2.4.1 METODOLOGIAS ADOTADAS PARA ANÁLISE DA ISE

Geralmente observa-se que a modelagem da superestrutura e da fundação é bem mais simples e direta que a modelagem do meio solo no qual a estrutura se apoia. O solo possui propriedades complexas, como a anisotropia, a heterogeneidade e a não linearidade nas relações força x deslocamento, sendo possível modelá-lo de diversas maneiras dependendo do rigor que se deseja (SILVA, 2006).

A busca por um modelo simples para representar física e matematicamente o meio solo no problema de interação solo-estrutura mostra duas aproximações clássicas: a aproximação Winkleriana e a aproximação do modelo contínuo. Neste trabalho, utilizam-se as metodologias denominadas, aqui, de iterativas, onde, apesar de utilizar as molas para

representar os apoios, o solo é considerado contínuo e heterogêneo, pois os seus coeficientes de mola levam em consideração o efeito de grupo das fundações, a estratificação do solo e a rigidez da edificação.

#### *2.4.1.1 MODELO ITERATIVO PARA FUNDAÇÕES PROFUNDAS (ESTACAS)*

Este modelo de interação solo-estrutura foi apresentado por Aoki (1987) e se utiliza de métodos consagrados. Aplica-se os métodos de Aoki e Velloso (1975) para a determinação do diagrama de transferência de carga para o solo, Aoki e Lopes (1975) para a determinação dos recalques de um grupo de estaca, o procedimento de Steinbrenner (1934) para considerar a estratificação do solo, Schiel (1957) para a distribuição de cargas do bloco para as estacas e a ideia de Chamecki (1956) para considerar a rigidez da estrutura.

Nesse processo, as rigidezes das molas não representam simplesmente molas isoladas, como no modelo de Winkler (1867), mas rigidezes que dependem dos deslocamentos do solo, que levam em consideração o efeito de grupo das estacas, garantindo a representação da continuidade do solo.

O procedimento utilizado é descrito de forma geral na Figura 2.9.

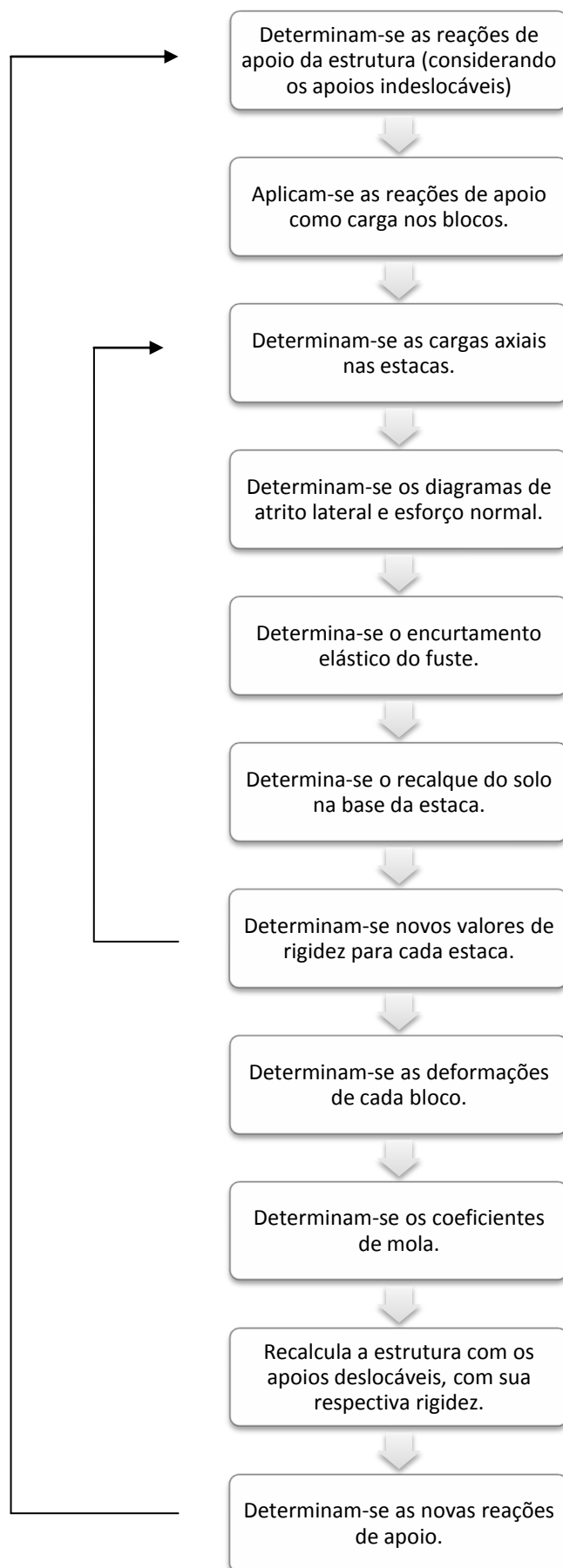


Figura 2.9 – Processo iterativo utilizado para fundações profundas (estacas).

Após o processamento da superestrutura, considerando os apoios indeslocáveis, e a consequente obtenção das reações nos apoios é necessário determinar a distribuição de cargas para as estacas, ou seja, a parcela de carga que cada estaca absorve. Para tanto, utiliza-se o modelo de Schiel (1957).

Schiel (1957), partindo do trabalho de Nokkenteved (1924), sistematizou o método de cálculo através do processo matricial. Trata-se de um método elástico que pressupõe as seguintes hipóteses:

- o bloco de coroamento é considerado rígido, ou seja, suas deformações são desprezíveis quando comparadas com as deformações das estacas;
- as estacas são consideradas como hastes articuladas nas extremidades, recebendo apenas forças axiais;
- supõe comportamento elástico no conjunto estaca-solo, obedecendo à lei de Hooke;
- considera-se que não ocorre flambagem nas estacas;
- não é levada em consideração a contribuição do bloco na transferência de carga para o terreno, ou seja, o bloco não atua como sapata rasa.

Inicialmente é necessário adotar um sistema de coordenadas cartesianas, de preferência em que sua origem coincida com o centroide do bloco de coroamento, conforme Figura 2.10. O carregamento externo que o pilar transmite ao bloco deve ser reduzido à origem desse sistema de referência, obtendo-se as matrizes de carregamento  $[R]$ .

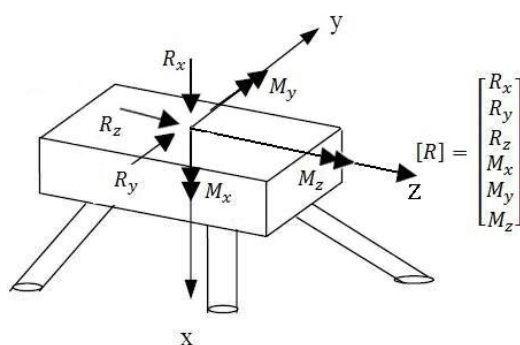


Figura 2.10 - Sistema de referência e carregamento externo aplicado (Fonte: Iwamoto, 2000).

Definem-se as coordenadas  $(x_i, y_i, z_i)$  do centroide de todas as estacas em relação ao sistema de referência, assim como os ângulos  $\alpha_i$  e  $\omega_i$ , que são o ângulo de cravação da estaca e o ângulo que a projeção da estaca em planta faz com o eixo Y, respectivamente (Figura 2.11).



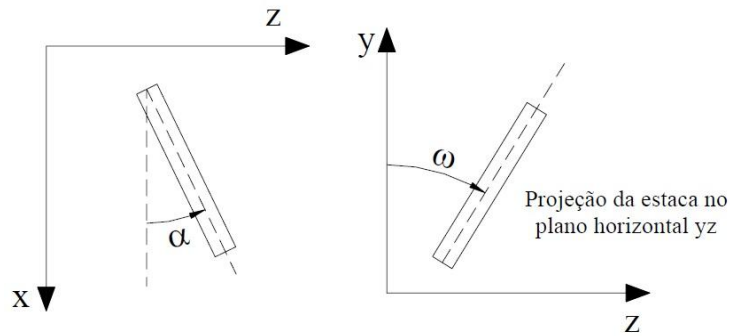


Figura 2.11 – Medidas dos ângulos  $\alpha$  e  $\omega$  (Fonte: Jordão, 2003).

Com a definição destas informações, montam-se as matrizes [P] para cada bloco, que são formadas por vetores diretores e pelos momentos dos vetores em relação aos eixos coordenados de cada estaca que compõe o bloco através do cálculo das componentes a seguir:

$$\begin{cases} p_{xi} = \cos \alpha_i \\ p_{yi} = \text{sen } \alpha_i * \cos \omega_i \\ p_{zi} = \text{sen } \alpha_i * \text{sen } \omega_i \\ p_{ai} = y_i * p_{zi} - z_i * p_{yi} \\ p_{bi} = z_i * p_{xi} - x_i * p_{zi} \\ p_{ci} = x_i * p_{yi} - y_i * p_{xi} \end{cases}$$

$$[P] = \begin{bmatrix} px_1 & px_2 & px_3 & \dots & px_n \\ py_1 & py_2 & \cdot & & py_n \\ pz_1 & pz_2 & \cdot & & pz_n \\ pa_1 & pa_2 & \cdot & & pa_n \\ pb_1 & pb_2 & \cdot & & pb_n \\ pc_1 & pc_2 & \cdot & & pc_n \end{bmatrix}$$

Calcula-se a matriz de rigidez [S] para cada bloco por meio da equação (2.2).

$$S_{gh} = S_{hg} = \sum_1^n S_i * p_{gi} * p_{hi}; \begin{cases} g = x, y, z, a, b, c \\ h = x, y, z, a, b, c \end{cases} \quad (2.2)$$

Sendo:

$n$  = quantidade de estacas no bloco;

$i$  = número da estaca;

$S_i$  = rigidez da estaca.

Inicialmente, pode-se determinar a rigidez relativa da estaca ( $S_i$ ), escolhendo a rigidez de uma das estacas do bloco como referência e as demais como uma fração desta, para o caso de estacas com rigidez diferente. Se todas as estacas do bloco tiverem mesma rigidez, então considerar para todas  $S_i = 1$ . Resultando na matriz de rigidez do bloco [S].

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} & S_{xa} & S_{xb} & S_{xc} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} & S_{ya} & S_{yb} & S_{yc} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} & S_{za} & S_{zb} & S_{zc} \\ S_{ax} & S_{ay} & S_{az} & S_{aa} & S_{ab} & S_{ac} \\ S_{bx} & S_{by} & S_{bz} & S_{ba} & S_{bb} & S_{bc} \\ S_{cx} & S_{cy} & S_{cz} & S_{ca} & S_{cb} & S_{cc} \end{bmatrix}$$

Na sequência, calcula-se o vetor dos deslocamentos [V] para cada bloco, através da equação (2.3).

$$[V] = [S]^{-1} * [R] \quad (2.3)$$

Resultando,

$$[V] = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}$$

Sendo:

$v_x$  = translação do bloco na direção X;

$v_y$  = translação do bloco na direção Y;

$v_z$  = translação do bloco na direção Z;

$v_a$  = rotação do bloco em torno do eixo X;

$v_b$  = rotação do bloco em torno do eixo Y;

$v_c$  = rotação do bloco em torno do eixo Z;

Calcula-se a força normal N em cada estaca de um bloco pela equação (2.4).

$$N_i = S_i * [P]^T * [V] \quad (2.4)$$

Sabe-se que a hipótese de Schiel não corresponde exatamente à realidade, pois não considera o atrito existente entre o fuste e o solo e não leva em conta a possível existência da camada compressível entre a base da estaca e o indeslocável. No entanto, pode-se contornar esta limitação utilizando o procedimento apresentado em Aoki (1987), que aproxima a rigidez das estacas dentro de várias iterações. Esse procedimento consiste basicamente em determinar uma nova rigidez para as estacas dividindo-se as cargas nas estacas pelo recalque total, considerando-se o encurtamento elástico do fuste e os recalques no solo na base das estacas, com o efeito de grupo. Esse processo é iterativo, após obter os novos valores de  $S_i$ , são calculadas novas matrizes de rigidez [S]. Em seguida, são determinadas novos vetores de deslocamento dos blocos [V]. Por fim, são determinadas as novas forças normais das estacas N. A matriz de carregamento externo [R] se mantém inalterada. Este procedimento é repetido

até que haja a convergência dos valores de cargas axiais das estacas entre duas iterações sucessivas dentro da tolerância desejada.

Para calcular o recalque total pelo método de Aoki e Lopes (1975) é necessária a determinação dos diagramas de transferência de carga e de força normal, ou seja, é necessário determinar as parcelas de cargas que são transferidas pelo fuste e pela base das estacas para o solo.

Um grupo de estacas forma uma complexa estrutura por ser formado pelo conjunto de estacas muito próximas entre si interagindo com o solo. Em qualquer caso a transferência de cargas ocorre através das complexas interações entre as estacas, maciço de solo e superestrutura (IWAMOTO, 2000). Neste trabalho, serão considerados apenas as forças axiais, devido à simplificação que as estacas são birrotuladas.

Para o cálculo da transferência de carga da estaca para o solo considera-se que a carga axial aplicada na estaca é transferida para o solo em duas parcelas. A primeira parcela é transferida através do atrito lateral entre o fuste da estaca e o solo (resistência lateral  $R_L$ ). A segunda parcela é transferida pela ponta da estaca devido à pressão de contato com o solo (resistência de ponta  $R_P$ ).

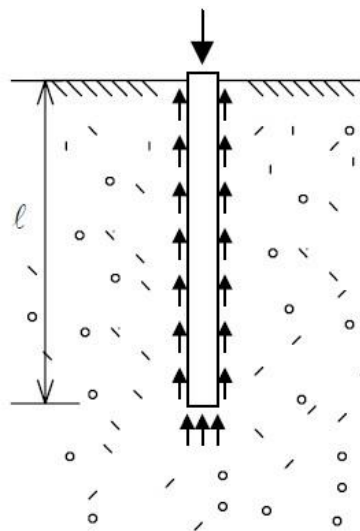


Figura 2.12 – Mecanismo de transferência de carga para o solo.

A resistência lateral ( $R_L$ ) e a resistência ponta ( $R_P$ ) são calculadas pelas equações (2.5) e (2.6), respectivamente.

$$R_L = U * \sum (r_L * \Delta_L) \quad (2.5)$$

$$R_P = r_p * A_p \quad (2.6)$$

Sendo:

$R_L$  = resistência lateral da estaca;

$R_P$  = resistência de ponta da estaca;

$U$  = perímetro do fuste da estaca;

$\Delta_L$  = comprimento do segmento do fuste;

$r_L$  = forças de atrito lateral nos segmentos do fuste da estaca;

$r_p$  = resistência de ponta das estacas em unidade de tensão;

$A_p$  = área de seção transversal da base da estaca.

As forças de atrito lateral ( $r_L$ ) e a resistência de ponta ( $r_p$ ) são incógnitas geotécnicas calculadas pelo método de Aoki e Velloso (1975).

A soma das duas parcelas de resistência,  $R_L$  e  $R_P$ , resulta na capacidade de carga da estaca ( $R$ ).

$$R = U * \sum (r_L * \Delta_L) + (r_p * A_p) \quad (2.7)$$

Aoki (1987, 1997), através de estudos experimentais, constata que o atrito lateral total é quase completamente mobilizado para pequenos deslocamentos, e que a resistência de ponta é mobilizada para grandes deslocamentos. Portanto, neste trabalho, considera-se que a resistência de ponta das estacas somente é mobilizada após o completo esgotamento da resistência de atrito lateral. Apesar desta hipótese não ser totalmente verdadeira é uma aproximação razoável, segundo o referido autor.

Para a determinação dos diagramas de transferência de carga é necessária à obtenção das incógnitas geotécnicas  $r_L$  e  $r_p$ . O método de Aoki e Velloso (1975) permite calcular essas incógnitas de forma simples, relacionando-as com o índice de resistência a penetração ( $N_{SPT}$ ), tipo de solo ( $K$  e  $\alpha$ ) e estaca ( $F_1$  e  $F_2$ ).

$$r_p = \frac{K * N_p}{F_1} \quad (2.8)$$

$$r_L = \frac{\alpha * K * N_L}{F_2} \quad (2.9)$$

Nas equações anteriores,  $N_p$  e  $N_L$  são, respectivamente, o índice de resistência à penetração na cota de apoio da ponta da estaca e o índice médio de resistência à penetração na camada de solo de espessura  $\Delta_L$ . Todas as incógnitas são obtidas considerando a sondagem mais próxima à estaca analisada. Os valores de  $K$  e  $\alpha$  são tabelados sendo dependentes do tipo de solo existente na região onde o estaqueamento está localizado (Tabela 2.1). Alonso (1983) sugere valores  $K$  e  $\alpha$  para a cidade de São Paulo. Os valores de  $F_1$  e  $F_2$  são fatores de correção tabelados que dependem do tipo de estaca analisado (Tabela 2.2).

Tabela 2.1 – Valores de K e  $\alpha$  (Fonte: Alonso, 1983).

TIPO DE SOLO	K (MPa)	$\alpha$ (%)
Areia	1,00	1,40
Areia siltosa	0,80	2,00
Areia silto argilosa	0,70	2,40
Areia argilosa	0,60	3,00
Areia argilo siltosa	0,50	2,80
Silte	0,40	3,00
Silte arenoso	0,55	2,20
Silte arenoso argiloso	0,45	2,80
Silte argiloso	0,23	3,40
Silte argiloso arenoso	0,25	3,00
Argila	0,20	6,00
Argila arenosa	0,35	2,40
Argila areno siltosa	0,30	2,80
Argila siltosa	0,22	4,00
Argila silto arenosa	0,33	3,00

Tabela 2.2 – Valores de  $F_1$  e  $F_2$  (Fonte: Alonso, 1983).

TIPO DE ESTACA	$F_1$	$F_2$
Franki	2,50	5,00
Pré-moldadas	1,75	3,50
Escavadas	3,00	6,00

Com o conhecimento dos valores de resistência lateral em cada camada de solo que envolve o fuste da estaca e com a hipótese de que a carga de ponta só é mobilizada após o esgotamento da resistência lateral do fuste, é possível construir o diagrama de força normal ao longo da estaca por meio de uma metodologia adaptada de Aoki (1979) apresentada em Cintra e Aoki (2010).

Com o conhecimento da variação da força normal  $P(z)$  nos segmentos do fuste da estaca, que correspondem às camadas de solo que a circundam, e com a carga  $P_p$ , dada pela equação (2.10), pode-se montar o diagrama simplificado de força normal da estaca mostrado na Figura 2.13.

$$P_p = P - \sum R_{Li} < R_p \quad (2.10)$$

Onde,

$P_p$  = parcela da carga  $P$  transferida pela ponta da estaca;

$P$  = força axial aplicada no topo da estaca;

$R_{Li}$  = parcela da carga  $P$  transferida por atrito lateral na camada de solo “i”;

$R_p$  = resistência de ponta da estaca.

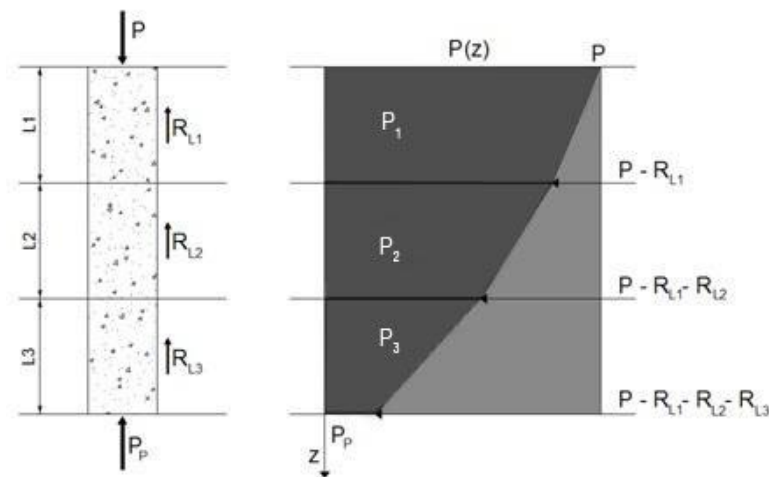


Figura 2.13 – Diagrama de esforço normal para estaca (Fonte: Cintra e Aoki, 2010).

Na Figura 2.13,  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  são os valores médios de força normal em cada segmento da estaca.

$$P_1 = P - \frac{R_{L1}}{2} \quad (2.11)$$

$$P_2 = P - R_{L1} - \frac{R_{L2}}{2} \quad (2.12)$$

$$P_3 = P - R_{L1} - R_{L2} - \frac{R_{L3}}{2} \quad (2.13)$$

A partir desse ponto pode-se calcular o encurtamento elástico, de forma simplificada, pela equação (2.14).

$$\delta_e = \frac{1}{A * E_c} * \sum (P_i * L_i) \quad (2.14)$$

Sendo,

$\delta_e$  = encurtamento elástico do fuste da estaca;

$A$  = área da seção transversal do fuste da estaca;

$E_c$  = módulo de elasticidade do material da estaca;

$P_i$  = força normal médio no segmento “i” da estaca;

$L_i$  = comprimento do segmento “i” da estaca.

Agora é necessário estimar os recalques na base das estacas. Para tanto será utilizado o método de Aoki e Lopes (1975).

A solução de recalques de um grupo de estacas imersas em solo foi apresentada em Aoki e Lopes (1975), como uma extensão de Vesic (1975), através da superposição dos efeitos de carga no interior do solo utilizando a solução de Mindlin (1936). De modo geral, o método consiste em decompor as cargas que as estacas transmitem ao solo, por ponta e por

atrito, em um sistema equivalente de cargas concentradas que são aplicadas em subáreas da base e do fuste em cada estaca, cujos efeitos são superpostos no ponto em estudo (IWAMOTO, 2000).

A decomposição das cargas é realizada segundo o método de Aoki e Lopes (1975), que será detalhado na sequência.

A carga de ponta  $P_p$  é calculada com a equação (2.10) e é admitida como sendo uniformemente distribuída na seção transversal da base da estaca. Divide-se a área da seção transversal da base da estaca em  $n_1 \times n_2$  subáreas. Em cada uma das  $n_1 \times n_2$  subáreas é aplicada a carga  $P_{ij}$  que é obtida dividindo-se o valor da carga de ponta  $P_p$  pela quantidade de subáreas da seção com a equação (2.15). A carga  $P_{ij}$  é aplicada no centro de gravidade de cada subárea, onde os índices “i” e “j” indicam a posição de cada subárea dentro da área da seção transversal da base da estaca.

$$P_{ij} = \frac{P_p}{n_1 * n_2} \quad (2.15)$$

Na divisão das subáreas,  $n_1$  é o número de divisões da circunferência da seção transversal da base da estaca e  $n_2$  é o número de divisões do raio  $R_b$  da base da estaca, como é demonstrado na Figura 2.14.

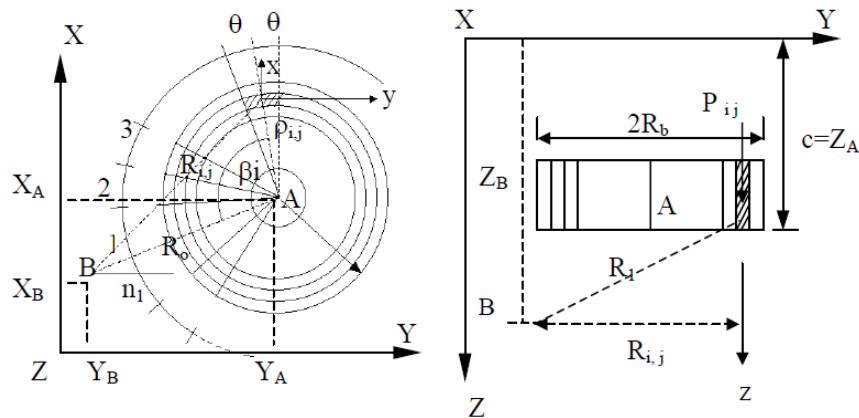


Figura 2.14 – Dados geométricos da base da estaca e divisão das subáreas (Fonte: Aoki e Lopes, 1975).

No método Aoki e Lopes (1975), a posição de cada estaca fica definida pelas coordenadas de seu centro, chamado de ponto A. Os dados geométricos das subáreas são obtidos em função das coordenadas dos centros de cada estaca (pontos A). As coordenadas das estacas são referenciadas a um sistema global de coordenadas XYZ, onde o eixo Z indica a profundidade, é positivo para baixo e tem sua origem na superfície do terreno ou na cota de arrasamento das estacas. Os eixos X e Y tem sua origem em algum ponto arbitrário do terreno.

No método de Aoki e Lopes (1975) adotam-se as equações de Mindlin (1936) para o cálculo dos recalques do solo na base da estaca, considerando o solo como meio elástico semi-infinito, homogêneo e isotrópico.

Para a aplicação das equações de Mindlin é necessário determinar as coordenadas dos pontos A (centros das estacas) e do ponto B (onde se deseja calcular o recalque) e as grandezas geométricas representadas na Figura 2.14, calculadas por meio do conjunto de equações a seguir:

$$z = Z_B \quad (2.16)$$

$$r_{ij} = \sqrt{r_0^2 + \rho_{ij}^2 - 2r_0\rho_{ij}\cos\beta_i} \quad (2.17)$$

Sendo,

$$r_0 = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (2.18)$$

$$\rho_{ij} = \frac{2\text{sen}\theta}{3\theta} * \frac{R_b}{\sqrt{n_2}} [ j\sqrt{j} - (j-1) * \sqrt{j-1} ] \quad (2.19)$$

$$\beta_i = \frac{180(2i-1)}{n_1} \quad (2.20)$$

$$\theta = \left(\frac{180}{n_1}\right)^\circ = \left(\frac{\pi}{n_1}\right) \text{rd} \quad (2.21)$$

Como o ponto de interesse para a determinação do recalque, neste trabalho, é o centro da base da estaca não é necessária à determinação do parâmetro  $R_1$ , pois para este caso,  $R_1 = r_{ij}$ , por se tratar da distância projetada no plano XY entre o ponto de aplicação  $P_{ij}$  e o ponto B, na Figura 2.14.

Para a estimativa da carga transferida por atrito lateral, divide-se a circunferência do fuste, de raio  $R_s$ , em  $n_1$  partes iguais, e cada segmento do fuste, de comprimento  $(D_1 - D_2)$ , em  $n_3$  partes iguais. Desta forma, a área lateral de cada segmento do fuste da estaca em contato com o solo fica dividida em  $n_1 \times n_3$  subáreas. Em cada uma das  $n_1 \times n_3$  subáreas de cada segmento do fuste é aplicada a carga  $P_{ik}$  que é obtida com a equação (2.22). A carga  $P_{ik}$  é aplicada no centro de gravidade de cada subárea na profundidade  $c_k$ . Os índices “i” e “k” indicam a posição de cada subárea na superfície lateral do fuste.

$$P_{ik} = \frac{(D_2 - D_1)}{2n_3} \left[ 2f_1 - \frac{2k-1}{n_3} (f_1 - f_2) \right] \quad (2.22)$$

Em que:

$$f_1 = \xi f_2 \quad (2.23)$$



$$f_2 = \frac{2P_s}{n_1(1 + \xi)(D_2 - D_1)} \quad (2.24)$$

$D_1$  e  $D_2$  são, respectivamente, as cotas de início e de fim do segmento do fuste (ou do diagrama de atrito lateral). Os valores de  $f_1$  e  $f_2$  são, respectivamente, a força no início e no fim do diagrama de atrito lateral do segmento considerado do fuste. O coeficiente  $\xi$  indica a forma de distribuição da carga lateral, com  $\xi = 1$  para o diagrama constante (retangular) e  $\xi = 0$  para o diagrama triangular. A profundidade de aplicação da carga  $P_{ik}$  é definida pela equação (2.25).

$$c_k = D_1 + \frac{D_2 - D_1}{n_3} (k - 1) + \frac{\frac{[D_2 - D_1]}{n_3} \left[ f_1 + (f_1 - f_2) \frac{1 - 3k}{3n_3} \right]}{2f_1 - (f_1 - f_2) \frac{2k - 1}{n_3}} \quad (2.25)$$

À distância  $r_1$  entre o ponto aplicado  $P_{ik}$  na profundidade  $c_k$  e o ponto B onde se quer o recalque é dado pela equação (2.26).

$$r_1 = \sqrt{r_i^2 + (z - c_k)^2} \quad (2.26)$$

Os demais dados geométricos necessários para a aplicação das equações de Mindlin são definidos pelo conjunto de equações a seguir e representados na Figura 2.15.

$$r_i = \sqrt{r_0^2 + R_s^2 - 2r_0R_s \cos \beta_i} \quad (2.27)$$

$$r_0 = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (2.28)$$

$$\beta_i = \frac{360 i}{n_1} \quad (2.29)$$

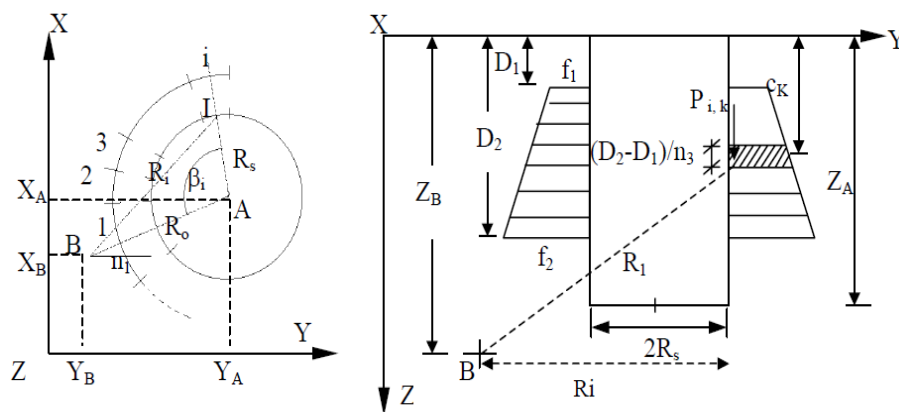


Figura 2.15 – Dados geométricos do fuste e divisão das subáreas (Fonte: Aoki e Lopes, 1975).

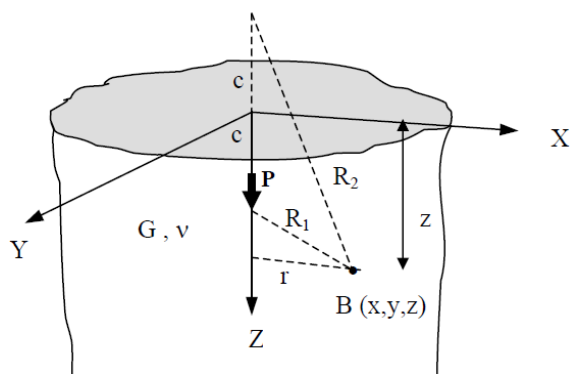


Figura 2.16 – Meio elástico e semi-infinito (Fonte: Iwamoto, 2000).

Segundo Mindlin (1936) o recalque na base das estacas é dado pela equação (2.30).

$$r_z = \frac{P(1+\nu)}{8\pi E(1-\nu)} \left[ \frac{3-4\nu}{R_1} + \frac{8(1-\nu)^2 - (3-4\nu)}{R_2} + \frac{(z-c)^2}{R_1^3} + \frac{(3-4\nu)(z+c)^2 - 2cz}{R_2^3} + \frac{6cz(z+c)^2}{R_2^5} \right] \quad (2.30)$$

Sendo,

$E$  = módulo de elasticidade longitudinal do material  $E = 2G(1 + \nu)$ .

O recalque na base da estaca “i” considerando-se o efeito de grupo ( $\delta_{s_i}$ ) é o resultado do somatório dos recalques causados por cada carga  $P_{ij}$  e  $P_{ik}$  de cada estaca do grupo em relação ao ponto  $B(x,y,z)$  na base da estaca “i”.

$$\delta_{s_i} = \sum_{n=1}^{n \text{ de estacas}} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} r_{z_{ij}} + \sum_{n=1}^{n \text{ de estacas}} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{k=1}^{n_3} r_{z_{ik}} \quad (2.31)$$

Sendo:

$r_{z_{ij}}$  = recalque vertical na base da estaca “n” provocado pela carga  $P_{ij}$ ;

$r_{z_{ik}}$  = recalque vertical na base da estaca “n” provocado pela carga  $P_{ik}$ .

Na sequencia determina-se o recalque total ( $\delta$ ) através da soma do encurtamento elástico da estaca ( $\delta_e$ ) e o recalque do solo na base da estaca ( $\delta_s$ ).

$$\delta = \delta_e + \delta_s \quad (2.32)$$

Como a solução de Mindlin (1936) é válida apenas para solos homogêneos é necessário utilizar o procedimento de Steinbrenner (1934) para considerar a estratificação do solo e a camada indeslocável.

No caso de uma única camada o procedimento de Steinbrenner (1934) consiste basicamente em se determinarem os recalques  $r_i^\infty$  (recalque na profundidade “i” em um nível entre a superfície e o indeslocável) e  $r_h^\infty$  (recalque na profundidade “h” escolhido como o

nível indeslocável). Qualquer recalque no nível “i” será obtido pela diferença entre os recalques dos dois níveis, devido à consideração de recalque nulo no nível considerado indeslocável.

$$r_i = r_i^\infty - r_h^\infty \quad (2.33)$$

A proposição de Steinbrenner (1934) pode ser generalizada para o caso em que existem várias camadas antes do indeslocável. O cálculo é feito da camada de baixo para cima, admitindo-se que todo o solo, do indeslocável à superfície, seja do mesmo material da camada 3. Em seguida, calcula-se o recalque  $r_i^\infty$  no topo da camada 3 e  $r_h^\infty$  no nível do indeslocável. O recalque nesta camada será  $r_a$  (Figura 2.17).

O procedimento é repetido, levando-se o indeslocável para o nível da camada acima, calcula-se o recalque  $r_b$ . O recalque total do solo abaixo da base das estacas ( $\delta_i$ ) é obtido pela superposição dos recalques de cada camada abaixo do ponto B até a profundidade considerada como indeslocável.

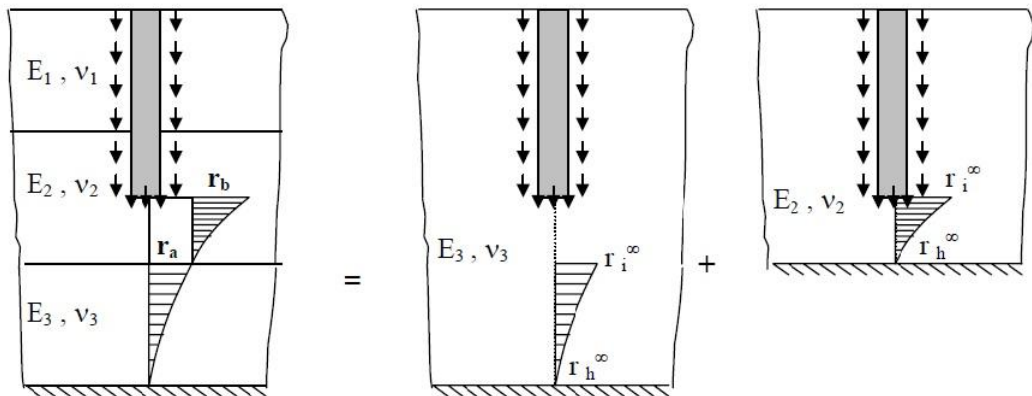


Figura 2.17 – Aplicação de Steinbrenner para várias camadas (Fonte: Adaptado de Iwamoto, 2000).

Determinados os valores dos recalques totais na base de cada estaca, é possível calcular a nova rigidez das estacas, dividindo-se a força axial pelo recalque total.

$$S_i^{(n)} = \frac{N_i^{(n-1)}}{\delta_i^{(n)}} \quad (2.34)$$

O cálculo da distribuição das cargas dos blocos para as estacas de cada bloco é refeita considerando-se os novos valores de rigidez de cada estaca. Este procedimento é repetido até que haja a convergência dos valores de cargas axiais das estacas entre duas iterações sucessivas dentro da tolerância desejada.

Após a obtenção da tolerância desejada, determina-se a nova matriz de rigidez do bloco [S], pela equação (2.2), considerando os valores da última interação. Na sequência, calcula-se o vetor de deslocamento dos blocos [V], pela equação (2.3).

Os coeficientes de mola de cada apoio são calculados dividindo-se as ações ( $V_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) de cada apoio pelos deslocamentos de cada bloco ( $\delta_x$ ,  $\theta_y$ ,  $\theta_z$ ), conforme é indicado na Figura 2.18.

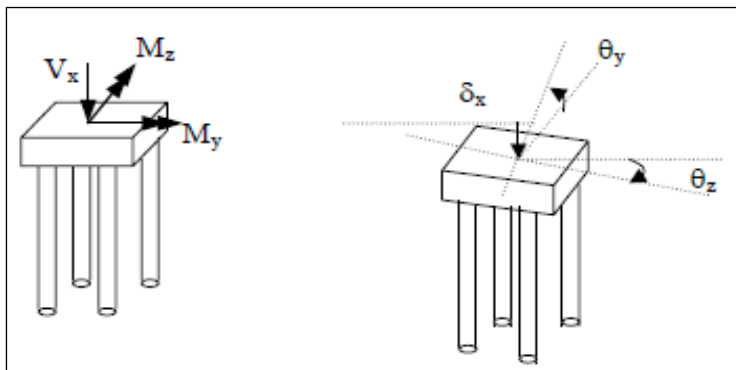


Figura 2.18 - Ações e deformações nos blocos (Fonte: Iwamoto, 2000).

Os coeficientes de mola calculados são impostos nos apoios da superestrutura. Então, a superestrutura é recalculada e determinada às novas reações de apoio. Todo o procedimento é repetido até que haja a convergência dos valores das reações ou dos recalques obtidos entre duas interações consecutivas dentro de uma tolerância desejada.

Observa-se que os coeficientes de mola são atualizados a partir dos deslocamentos calculados mediante a superposição dos efeitos de todas as reações em conjunto, o que diferencia substancialmente o procedimento do método de Winkler, que considera molas isoladas e de rigidez constante. Este procedimento procura, simplificada, reproduzir a ideia de Poulos (1975).

#### 2.4.1.2 MODELO ITERATIVO PARA FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS (SAPATAS)

Este método consiste basicamente em calcular as reações de apoio da estrutura, considerando os apoios rígidos. A partir das reações calculadas, determinam-se os recalques no centroide de todas as sapatas, utilizando o método de Aoki e Lopes (1975). Determinados os recalques, é possível obter a primeira aproximação para o coeficiente de mola, de maneira a simular a situação de solo elástico. Em seguida, calcula-se a estrutura sobre apoios elásticos, obtendo-se uma nova configuração das reações de apoio, que, por sua vez, resultam em uma nova configuração de recalque e um novo valor para do coeficiente de mola. Esse processo iterativo é repetido até que haja convergência de deslocamentos (recalques) ou forças (reações de apoio). Este modelo leva em consideração o efeito de grupo das sapatas, pois é aplicada a equação de Mindlin (1936) para a determinação do recalque de um ponto considerando a

contribuição dos carregamentos de todas as sapatas da estrutura. Além disso, considera a estratificação do solo pelo procedimento de Steinbrenner (1934).

Semelhante ao modelo para fundações profundas (vide item 2.4.1.1) esse procedimento procura, simplificadamente, reproduzir a ideia de Poulos (1975).

O procedimento utilizado é resumido de forma geral na Figura 2.19.

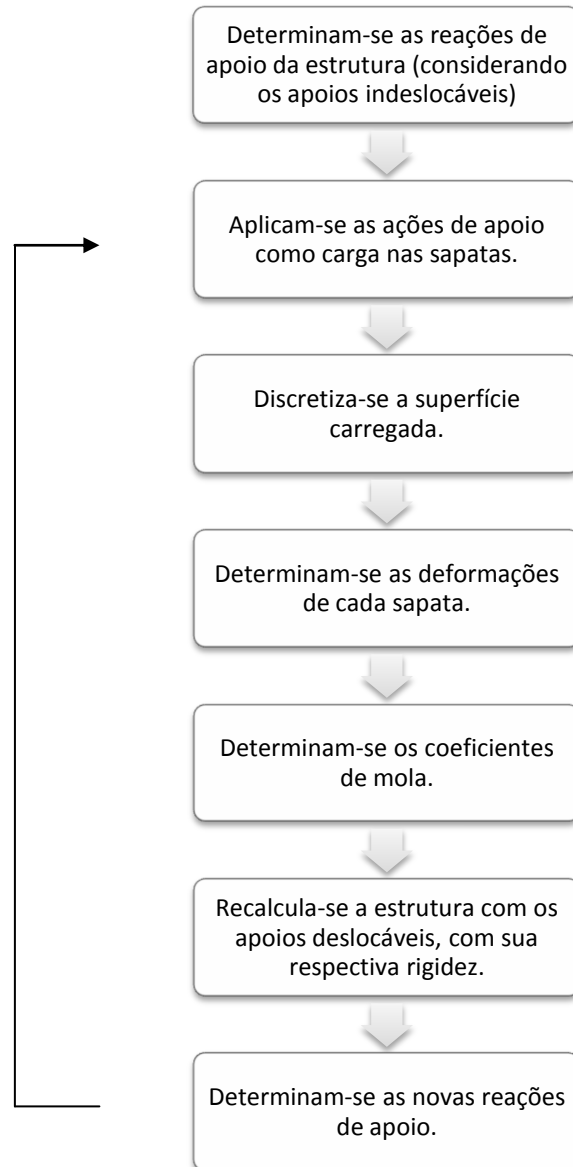


Figura 2.19 – Processo iterativo utilizado para fundações superficiais (sapatas).

Consideram-se sapatas rígidas, admitindo-se sua distribuição no solo através de um diagrama de pressão de contato linearmente distribuído, e também considera-se apenas sapatas submetidas a esforço de compressão. O método não considera diretamente a influência da rigidez da placa de fundação na determinação da forma do diagrama de pressão de contato.

Para determinar os recalques utilizando as equações de Mindlin (1936), que considera carga pontual em sua formulação, é necessário discretizar a superfície carregada em subáreas nas quais se pode considerar a ocorrência de uma carga concentrada, de forma que as contribuições das cargas de cada discretização no valor total dos recalques são consideradas através da superposição dos efeitos. O ponto escolhido para determinação do recalque da sapata foi o seu centro geométrico.

A discretização é realizada dividindo-se um dos lados em  $n_1$  partes e o outro lado da sapata retangular em  $n_2$  partes (Figura 2.20). Conseqüentemente, o valor da carga concentrada na subárea é dado pela equação (2.35).

$$P_{ij} = \frac{P}{n_1 n_2} \quad (2.35)$$

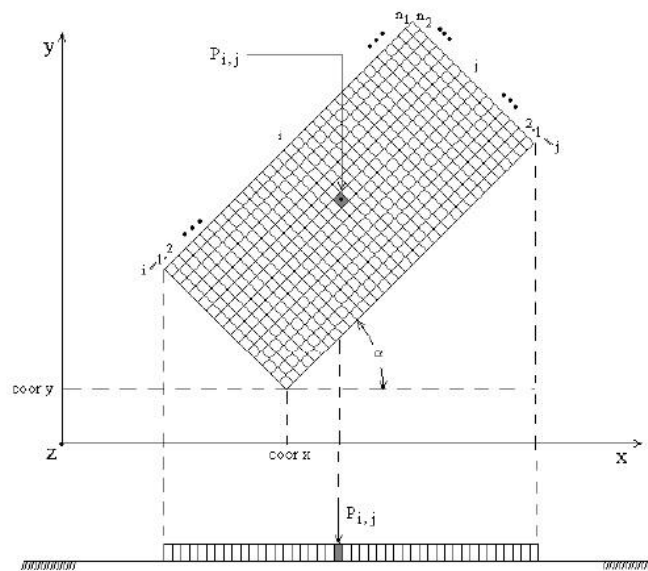


Figura 2.20 – Discretização da base da sapata (Fonte: Reis, 2000).

O recalque da sapata ( $r_z$ ) é determinado pela equação (2.30). Para considerar o efeito do carregamento de outras sapatas (efeito de grupo), somam-se os recalques causados pela carga  $P_{ij}$  de cada sapata do grupo em relação ao ponto  $B(x, y, z)$ .

$$\delta_i = \sum_{n=1}^{\text{n de sapatas}} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} r_{z_{ijk}} \quad (2.36)$$

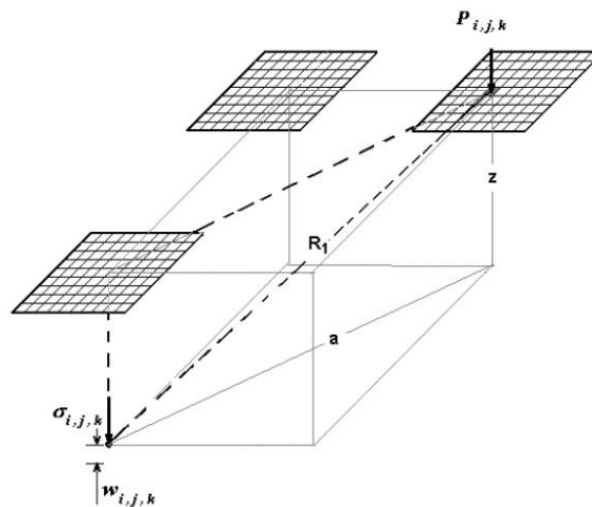


Figura 2.21 – Consideração do efeito de grupo (Fonte: Reis, 2000).

A estratificação do maciço de solo é modelada através da técnica de Steinbrenner (1934), em que o encurtamento de cada camada é determinado através da diferença entre o deslocamento do topo da camada e do deslocamento da base (considerado indeslocável). O encurtamento total do maciço de solos é definido como sendo a soma dos encurtamentos de todas as camadas, como apresentado no item 2.4.1.1.

Para a determinação da rotação de uma sapata rígida submetida a um momento aplicado  $M$ , pode-se utilizar a equação (2.37), apresentada em Bowles (1988).

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{M}{BL^2} \frac{1 - \nu}{E} I_m \quad (2.37)$$

Sendo,

$L$  = dimensão da sapata no plano do momento;

$B$  = outra dimensão da sapata;

$\nu$  = coeficiente de Poisson;

$I_m$  = fator de forma.

Os valores de  $I_m$  para sapatas rígidas, segundo Bowles, são encontrados na tabela

Tabela 2.3 – Valores de  $I_m$  (Fonte: Bowles, 1988).

$L/B$	$I_m$
0,10	1,59
0,20	2,42
0,50	3,54
0,75	3,94
1,00 (circulo)	4,17 (5,53)
1,50	4,44
2,00	4,59
3,00	4,74
5,00	4,87
10,00	4,98
100,00	5,06

Neste trabalho, as rotações nas sapatas foram determinadas de forma direta, através dos recalques obtidos em suas extremidades, e adotando a hipótese de pequenos deslocamentos e de sapata rígida, conforme ilustração abaixo.

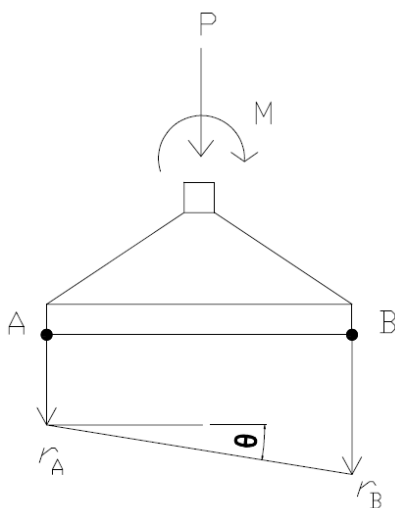


Figura 2.22 – Determinação da rotação nas sapatas.

Após a determinação dos recalques das sapatas, é possível determinar os coeficientes de mola, dividindo as ações de cada apoio pelo seu respectivo deslocamento.

Os coeficientes de mola calculados são impostos nos apoios da superestrutura. Então a superestrutura é recalculada e determinada às novas reações de apoio. Todo o procedimento é repetido até que haja a convergência dos valores das reações ou dos recalques obtidos entre duas interações consecutivas dentro de uma tolerância desejada.



# 3 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

---

---

## 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, inicialmente, serão apresentadas as informações comuns sobre a modelagem dos edifícios estudados neste trabalho, enfatizando as considerações adotadas no programa de análise estrutural e nas análises da interação solo-estrutura. Em seguida, são apresentadas as particularidades de cada edifício, tais como: fôrma do pavimento tipo, carregamentos utilizados, discretização adotada, definição da fundação e características geotécnicas.

Após a modelagem computacional, consolidam-se os resultados do modelo simplificado, comparando-os com os resultados do modelo de referência. Nesta análise os apoios são considerados indeslocáveis. Esta etapa também tem o objetivo de determinar as cargas nos apoios, para a definição do projeto de fundação.

Na sequência, é realizado o estudo de dois tipos de edifícios de paredes de concreto, nomeados de Edifício com Planta Baixa Quadrada e Edifício com Planta Baixa Alongada. Para os edifícios, foram considerados três alturas diferentes (5, 10 e 15 pavimentos) e dois tipos de fundações (profunda e rasa), sendo que apenas os carregamentos verticais foram considerados.

A primeira série de análises é feita através de comparações dos resultados do modelo discretizado em elementos de casca, com apoios flexíveis, com seu correspondente modelo com apoios indeslocáveis. Tem como objetivo avaliar os efeitos da interação solo-estrutura na edificação. São feitas comparações do esforço normal das paredes, esforço cortante e o momento fletor nas vigas baldrame, cargas resultantes nas fundações e os recalques dos apoios.

Posteriormente, na segunda série de análises, é proposto e avaliado um modelo simplificado em que se utilizam elementos de barras, acima do segundo pavimento, e consideram-se os efeitos da interação solo-estrutura. Nesta etapa foram comparados os resultados de esforço normal nas paredes, cargas nas fundações e recalque dos apoios, tendo

como modelo de referência o discretizado em elementos de casca com a consideração da deslocabilidade dos apoios conforme item 2.4.

Por fim, faz-se uma análise geral dos resultados, apresentando algumas conclusões a respeito das análises realizadas nos edifícios, enfatizando os efeitos causados pela consideração do tipo de fôrma, altura da edificação e fundação adotada.

Para qualificar os resultados encontrados nas comparações dos modelos de referência com os modelos simplificados adotou-se a mesma indicação de norma utilizada por Testoni (2013), onde a NBR 8681 (ABNT, 2004) em seu item 4.2.3.1, traz:

Quando se consideram estados limites últimos, os coeficientes  $\gamma_f$  de ponderação das ações podem ser considerados como o produto de dois outros,  $\gamma_{f1}$  e  $\gamma_{f3}$  (o coeficiente de combinação  $\psi_0$  faz o papel do terceiro coeficiente, que seria indicado por  $\gamma_{f2}$ ). O coeficiente parcial  $\gamma_{f1}$  leva em conta a variabilidade das ações e o coeficiente  $\gamma_{f3}$  considera os possíveis erros de avaliação dos efeitos das ações, seja por problemas construtivos, seja por deficiência do método de cálculo empregado. (ABNT, 2004)

Considerando o coeficiente de ponderação  $\gamma_f = 1,4$  para as combinações normais, podem-se desdobrar os coeficientes  $\gamma_{f1}$  e  $\gamma_{f3}$  no produto de dois valores iguais à raiz quadrada de  $1,4 = 1,18$ . Assim a variação de 18% seria considerada coberta pelo  $\gamma_{f3} = 1,18$  que corresponderia a erros no modelo de cálculo.

De maneira prática, consideram-se os valores abaixo de 5% como de excelente aproximação. Os valores compreendidos entre 5 e 18% são considerados bons ou de aproximação satisfatória. Já os resultados acima de 18% são considerados ruins ou inaceitáveis. Também utiliza-se, nas tabelas, uma notação gráfica, em que o resultado excelente é pintado de verde, o resultado bom de amarelo e o ruim de vermelho.

### **3.2 MODELAGEM NUMÉRICA**

Será utilizado o Método dos Elementos Finitos mediante o emprego do programa SAP 2000 v14.2 para a determinação dos esforços e deslocamentos na superestrutura. Para a consideração da interação solo-estrutura nas fundações profundas, será empregado o programa ISE 1.0 desenvolvido por Testoni 2013, e para as fundações rasas (sapatas isoladas) será utilizado o programa desenvolvido neste trabalho, em linguagem MATLAB v7.10.0, e denominado de ISE\_SAPATAS 1.0.

Nos modelos discretizados em elementos finitos de casca as paredes foram modeladas como casca fina plana (Shell-thin), com elementos quadrados com dimensão de 0,4mx0,4m e espessura de 0,12m e com nós apenas nos vértices.

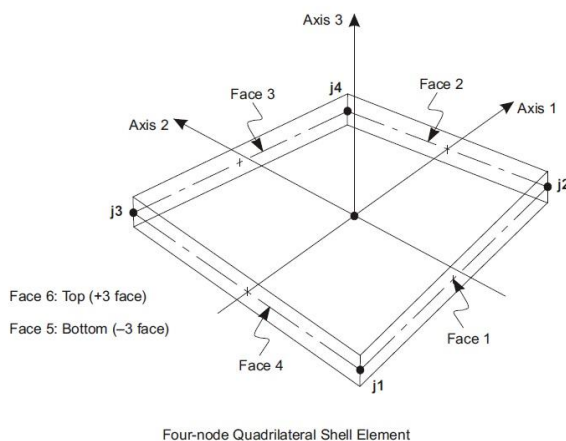


Figura 3.1 – Sistema de eixo local do elemento Shell (CSI – SAP2000, 2011).

Nos modelos em pórtico tridimensional, as paredes foram modeladas como elementos finitos de barra. Para as barras horizontais, que representam o comprimento da parede e são consideradas rígidas no modelo YAGUI, consideraram-se dimensões relativas ao pé-direito e a espessura da parede, porém na definição do material, o valor do módulo de elasticidade do concreto foi multiplicado por 100, conforme experiência no trabalho de Testoni (2013). Já nas barras verticais que representam as paredes e nas barras horizontais que representam os lintéis foram adotadas as dimensões reais sem a majoração do módulo de elasticidade.

No modelo de pórtico tridimensional proposto por Yagui não é possível representar a tendência de migração das cargas para os apoios, ou seja, desconsidera-se o efeito arco. Para incluir o fenômeno no modelo estrutural será necessário uma discretização plana das paredes dos primeiros pavimentos, baseando-se nas experiências em trabalhos como do Nunes (2011) e Testoni (2013). Neste caso a malha utilizada foi de 0,2mx0,2m, para garantir que todas as barras fossem ligadas a um nó do elemento de casca. Este modelo será denominado de misto.

Para a consideração da laje do pavimento como diafragma rígido, o programa SAP 2000 dispõe do recurso do nó mestre.

O material utilizado foi o concreto armado, considerado isotrópico, admitindo-se todas as estruturas em regime elástico-linear com pequenos deslocamentos. As propriedades mecânicas consideradas para o material foram: resistência à compressão de 25MPa, módulo

de elasticidade secante de 24000000 kN/m<sup>2</sup>, coeficiente de Poisson de 0,2 e peso específico de 25 kN/m<sup>3</sup>.

As cargas verticais consideradas nos modelos foram as permanentes (soma do peso próprio da estrutura com as cargas de revestimento das lajes) e as cargas acidentais (sobrecarga das lajes conforme NBR 6120). A consideração do peso das paredes é feita de forma automática pelo *software*, bastando apenas fornecer o peso específico do material. A distribuição das cargas das lajes nas paredes foi feita pelo método das charneiras plásticas, com as seguintes considerações:

Tabela 3.1 - Carregamento nas lajes (kN/m<sup>2</sup>).

PESO PRÓPRIO	2,5
REVESTIMENTO	1,0
CARGA ACIDENTAL	1,5

Nos modelos de elementos finitos de casca, as cargas verticais foram aplicadas de maneira uniforme (kN/m), no nível de cada pavimento, utilizando uma viga de seção transversal com dimensões desprezíveis como artifício para o lançamento da carga, conforme esquema ilustrado na Figura 3.2.

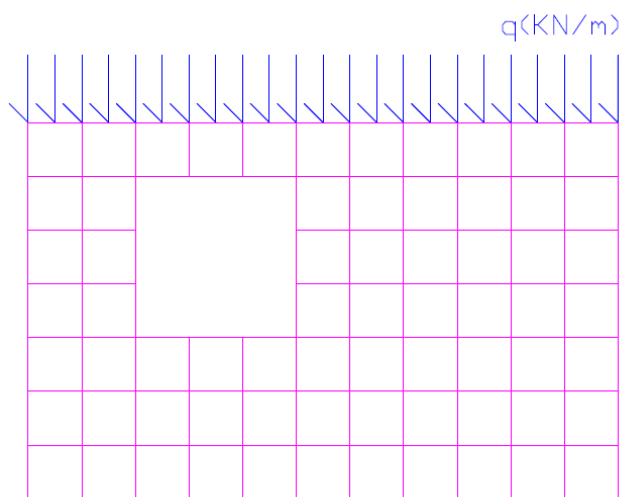


Figura 3.2 – Esquema geral de aplicação da carga vertical, no modelo de casca.

Nos modelos de pórtico tridimensional, as cargas verticais foram uniformemente distribuídas ao longo das barras horizontais que representam as paredes e os lintéis, conforme ilustração abaixo.

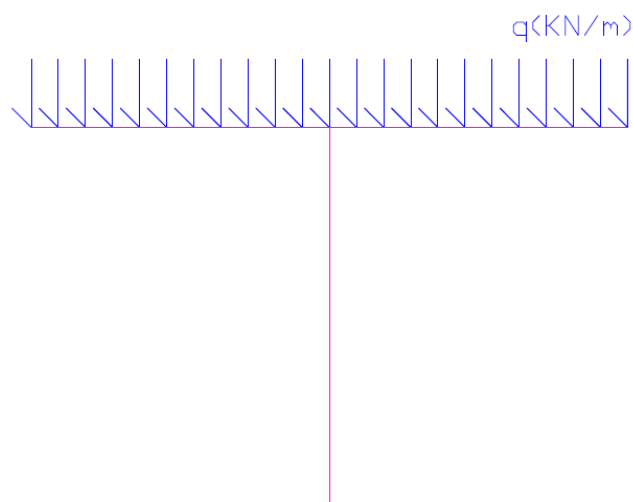


Figura 3.3 – Esquema geral de aplicação da carga vertical, no modelo de pórtico.

Todos os edifícios foram assentados sobre um pavimento (grelha) de vigas baldrame, com dimensões da seção transversal de 0,2mx0,5m. As fundações foram consideradas como sendo engastes ou molas concentradas nos nós onde foi definido, para cada tipo de planta baixa, um bloco ou uma sapata de fundação.

No carregamento resultante das fundações foram considerados a carga vertical e os momentos em torno de dois eixos alojados no plano horizontal. Em relação à convenção de eixos adotadas neste trabalho, foram consideradas a reação vertical  $N_z$  e os momentos  $M_x$  e  $M_y$ , os mesmos eixos adotados nos programas SAP2000 e ISE\_SAPATA 1.0. Já na entrada de dados do programa ISE 1.0, que utiliza a convenção de Schiel, as cargas utilizadas são correspondentes à força vertical  $R_x$  e aos momentos  $M_y$  e  $M_z$ .

Na Tabela 3.2 são apresentados os tipos de edifícios estudados neste trabalho.

Tabela 3.2 – Tipos de edifícios estudados.

TIPO DE PLANTA BAIXA	TIPO DE FUNDAÇÃO	QUANTIDADE DE PAVIMENTOS	NOMENCLATURA
Quadrada	Bloco sobre Estacas	15 Pavimentos	QUA-EST-15PAV
		10 Pavimentos	QUA-EST-10PAV
	Sapata Isolada	10 Pavimentos	QUA-SAP-10PAV
		5 Pavimentos	QUA-SAP-05PAV
Alongada	Bloco sobre Estacas	15 Pavimentos	ALO-EST-15PAV
		10 Pavimentos	ALO-EST-10PAV
	Sapata Isolada	10 Pavimentos	ALO-SAP-10PAV
		5 Pavimentos	ALO-SAP-05PAV

Para cada tipo de edifício (quadrado e alongado) foram adotados dois tipos de fundações. Quando analisados os edifícios de 10 e 15 pavimentos utilizou-se fundação

profunda (blocos sobre estacas), onde os blocos e estacas utilizados nos projetos encontram-se na Figura 3.4. Já quando foram analisados os edifícios de 5 e 10 pavimentos utilizou-se fundação rasa (sapatas isoladas), onde um desenho esquemático é apresentado na Figura 3.5. Para os edifícios com 10 pavimentos optou-se por analisar os dois tipos de fundações, com o intuito de avaliar a influência das mesmas.

Ao variar o tipo de planta baixa e a quantidade de pavimentos das edificações optou-se por não modificar o projeto de fundação, seja de fundação profunda ou superficial, assim pode-se avaliar a real influência das características geométricas nos efeitos da interação solo-estrutura.

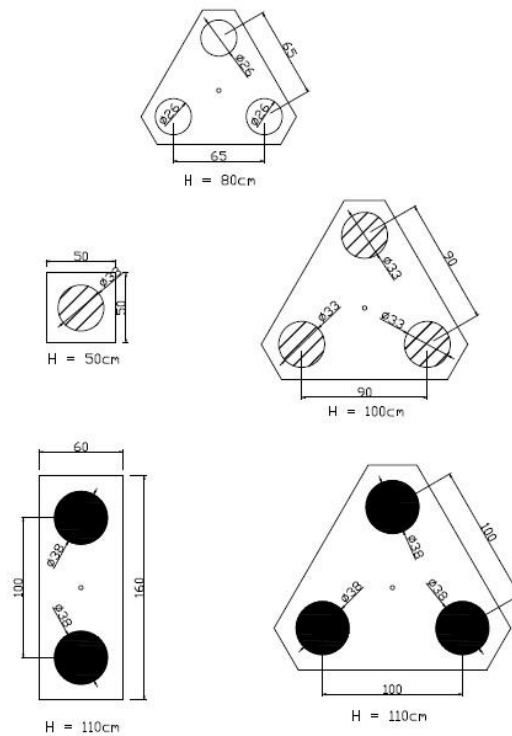


Figura 3.4 – Tipos de blocos sobre estacas utilizados nos modelos.

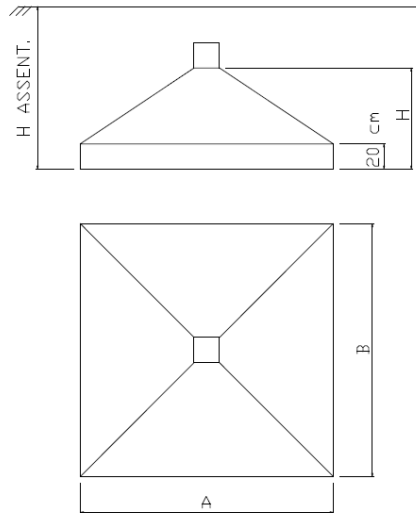


Figura 3.5 – Detalhe esquemático da sapata isolada.

A Tabela 3.3 apresenta os valores adotados para as divisões das áreas do método Aoki e Lopes utilizadas nas análises das fundações profundas (vide item 2.4.1.1).

Tabela 3.3 – Divisões das áreas para as fundações profundas.

$n_{1P}$	$n_{2P}$	$n_{1L}$	$n_{3L}$
30	30	20	10

Para a determinação da discretização da base da sapata será considerada uma malha com elementos inferiores à  $0,15\text{m} \times 0,15\text{m}$ .

Para os módulos de elasticidade das camadas de solo foram adotados os módulos de elasticidade do terreno natural e estimados com base nos valores dos índices de resistência a penetração ( $N_{\text{SPT}}$ ), por meio das equações (3.1) e (3.2) propostas em Aoki e Cintra (2010).

$$E_0 = 6 K N_{\text{SPT}} \text{ (MPa)}, \text{ para estacas cravadas}; \quad (3.1)$$

$$E_0 = 3 K N_{\text{SPT}} \text{ (MPa)}, \text{ para estacas escavadas}. \quad (3.2)$$

Onde,

$N_{\text{SPT}}$  = Índice de resistência a penetração;

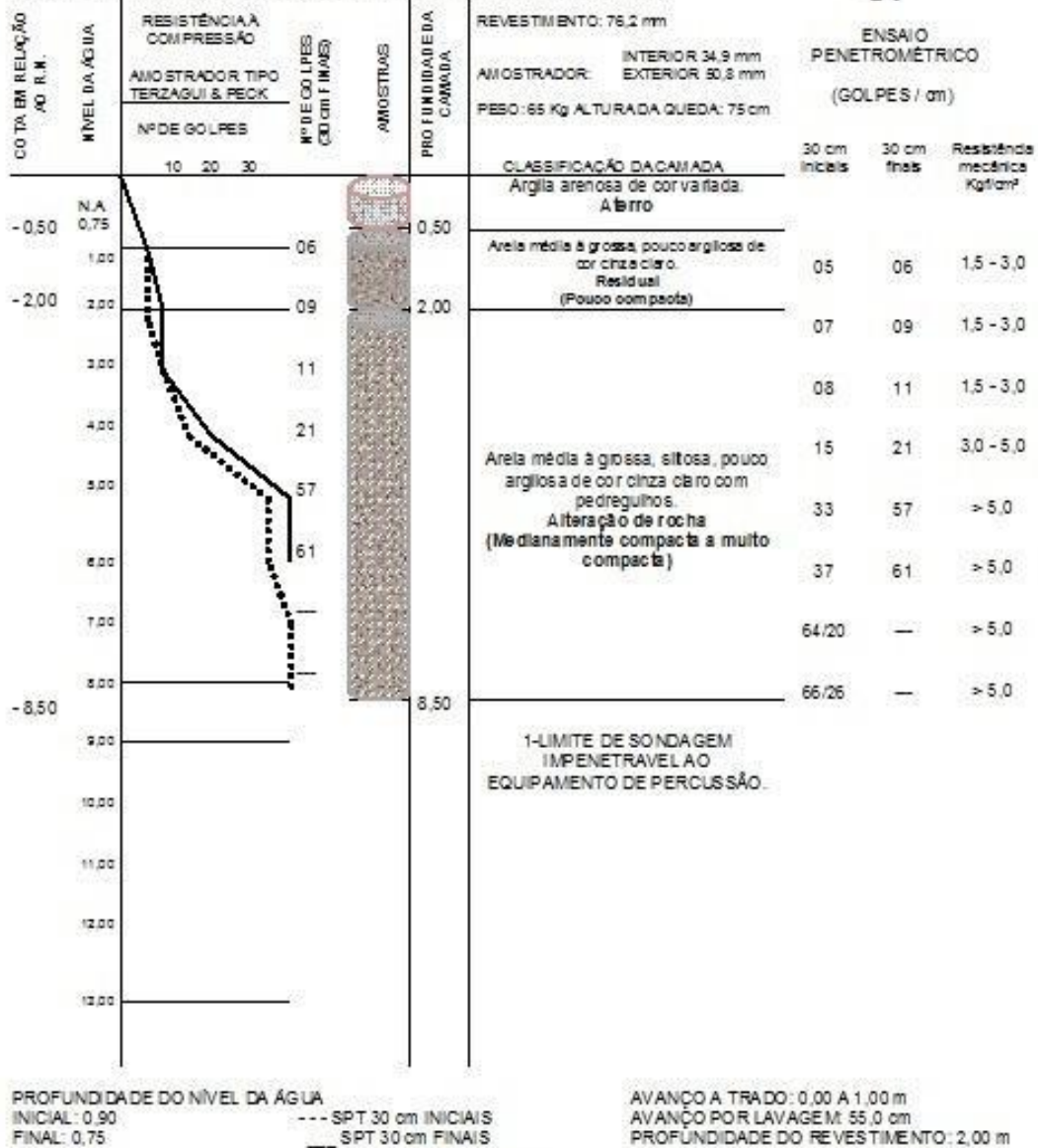
$K$  = Coeficiente empírico do método de Aoki e Veloso.

Foi considerado o mesmo tipo de solo em todas as análises deste trabalho. Optou-se pelo perfil de sondagem utilizado no trabalho de Testoni (2013), em seus edifícios de estudo chamados de Columbandê 1 e Columbandê 2. Esse perfil possui 3 furos de sondagem a percussão, identificadas pelas siglas S1, S2 e S3. Seus respectivos boletins de sondagem encontram-se nas Figuras 3.6, 3.7 e 3.8.

OBRA: Construção de Prédio Residencial  
 LOCAL: Estrada do Columbandê, s/n°, Columbandê, Itaboraí – RJ.

SONDAGEM À PERCUSSÃO

**S1**



Referência: 371/10

LAVAGEM POR TEMPO (30 min)

DATA: 11/08/10	TEMPO	DE	PARA
ESCALA VERTICAL: 1/100	10	8,50	8,50
FOLHA Nº. 04	10	8,50	8,50
DESENHO Nº. 01	10	8,50	8,50

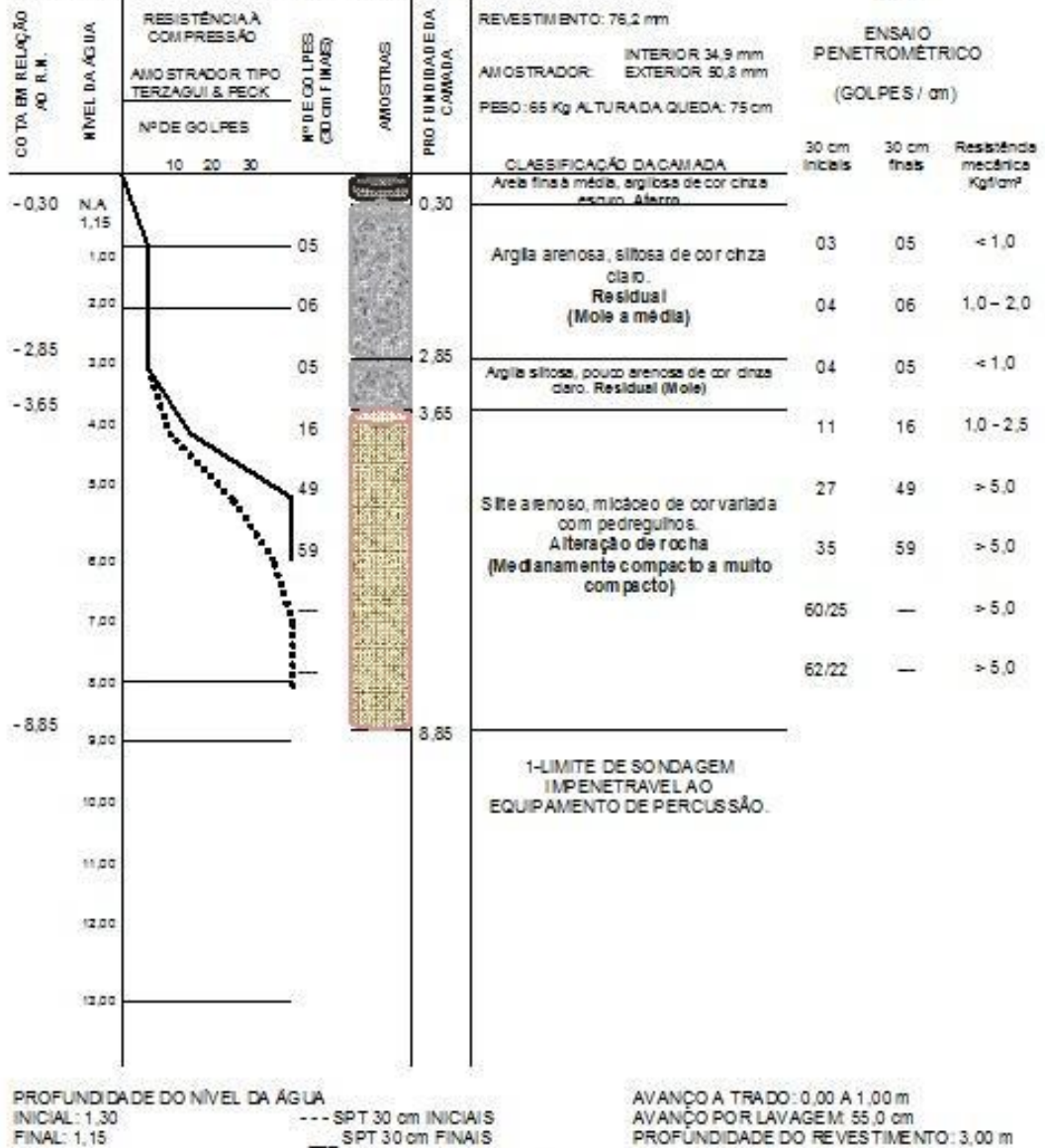
Figura 3.6 – Perfil de sondagem S1.



OBRA: Construção de Prédio Residencial  
 LOCAL: Estrada do Columbandê, s/nº, Columbandê, Itaboraí – RJ.

SONDAGEM A PERCUSSÃO

**S2**



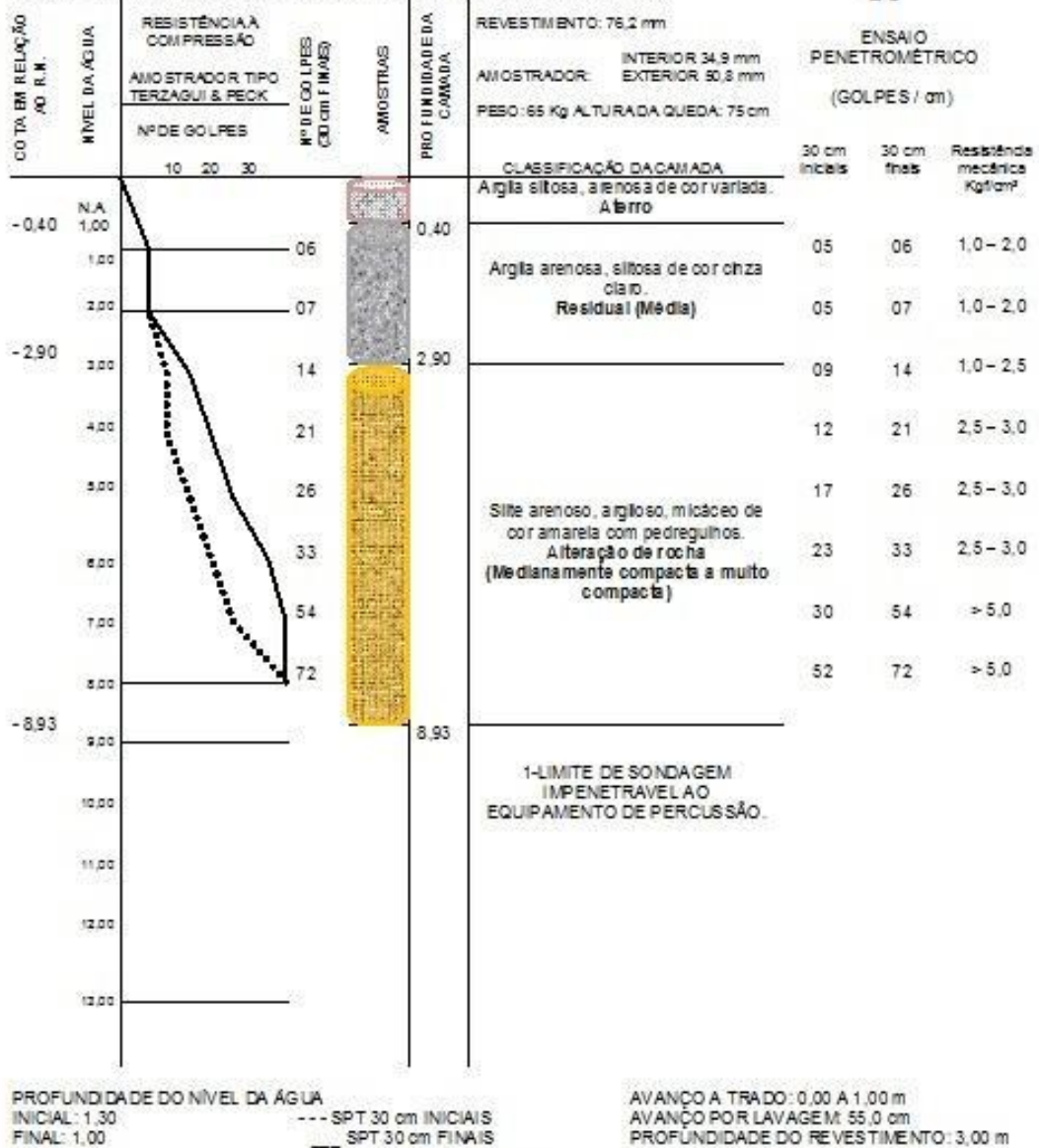
Referência: 371/10	LAVAGEM POR TEMPO (30 min)		
DATA: 11/08/10	TEMPO	DE	PARA
ESCALA VERTICAL: 1/100	10	8,85	8,85
FOLHA Nº. 08	10	8,85	8,85
DESENHO Nº. 05	10	8,85	8,85

Figura 3.7 – Perfil de sondagem S2.

OBRA: Construção de Prédio Residencial  
 LOCAL: Estrada do Columbandê, s/nº, Columbandê, Itaboraí – RJ.

SONDAGEM A PERCUSSÃO

**S3**



Referência: 371/10	LAVAGEM POR TEMPO (30 min)		
	TEMPO	DE	PARA
DATA: 13/08/10	10	8,93	8,93
ESCALA VERTICAL: 1/100	10	8,93	8,93
FOLHA Nº. 15	10	8,93	8,93
DESENHO Nº. 12	10	8,93	8,93

Figura 3.8 – Perfil de sondagem S3.

### 3.3 EDIFÍCIO COM PLANTA BAIXA QUADRADA

#### 3.3.1 GEOMETRIA E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS

Como exemplo de edifício com característica de planta baixa quadrada e simétrica adotou-se o mesmo exemplo do trabalho de Braguim (2013), que utilizou uma adaptação do edifício Condomínio das Árvores do empreendimento Reserva Jardim Botânico, construído na cidade de São Bernardo do Campo, no ano de 2012, pela construtora Sergus Construções e Comércio Ltda., e projetado pela OSMB Engenheiros Associados SS Ltda.

As adaptações tiveram como objetivo simplificar a modelagem computacional e constituíram basicamente em considerar todos os pavimentos como tipo e modificar todas as medidas para múltiplos de 0,4m, conforme planta baixa apresentada na Figura 3.9.

As paredes horizontais na planta foram denominadas de PH e as verticais de PV. A mesma consideração foi adotada para os linteis, em que os horizontais foram chamados de LH e os verticais de LV.

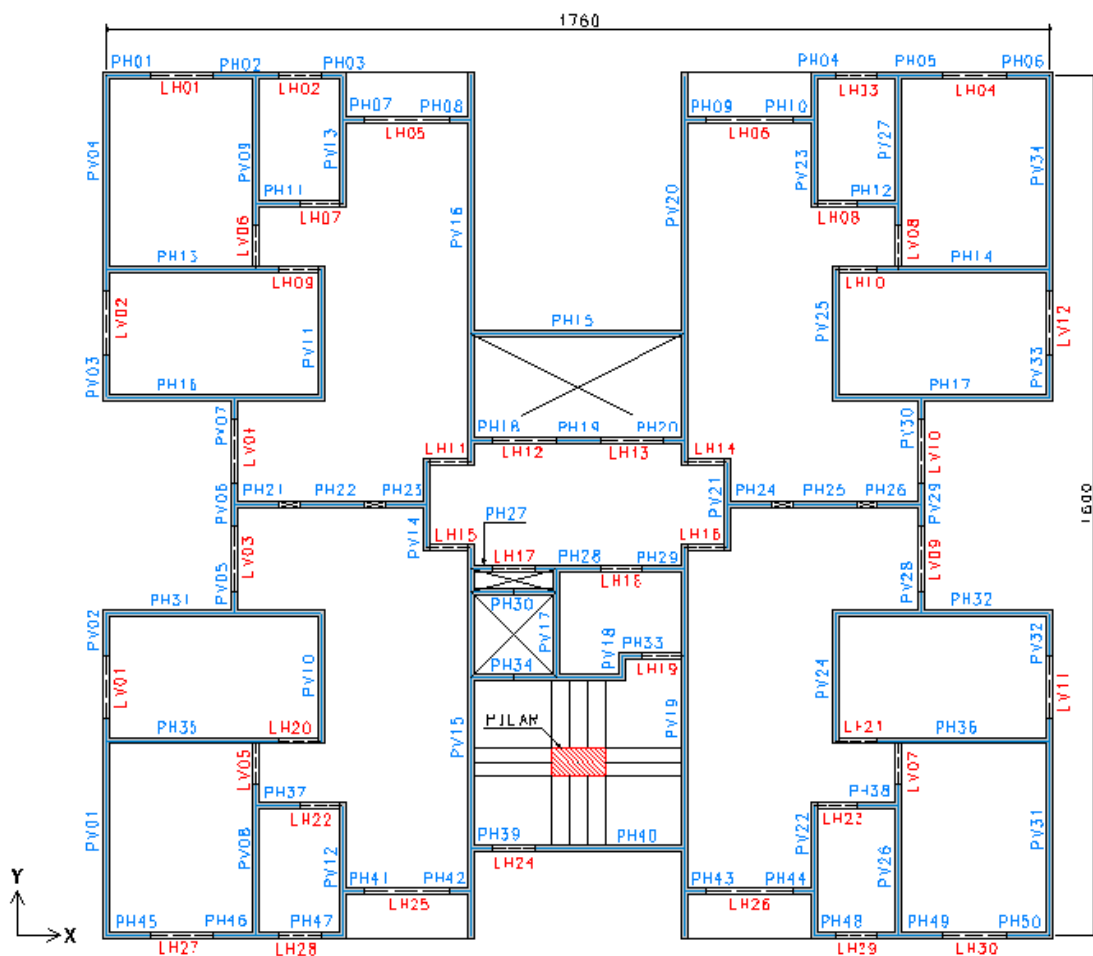


Figura 3.9 – Planta baixa quadrada (Fonte: Braguim, 2013).

As cotas horizontais e verticais são apresentadas, a partir de seus eixos, nas Figuras 3.10 e 3.11, respectivamente.

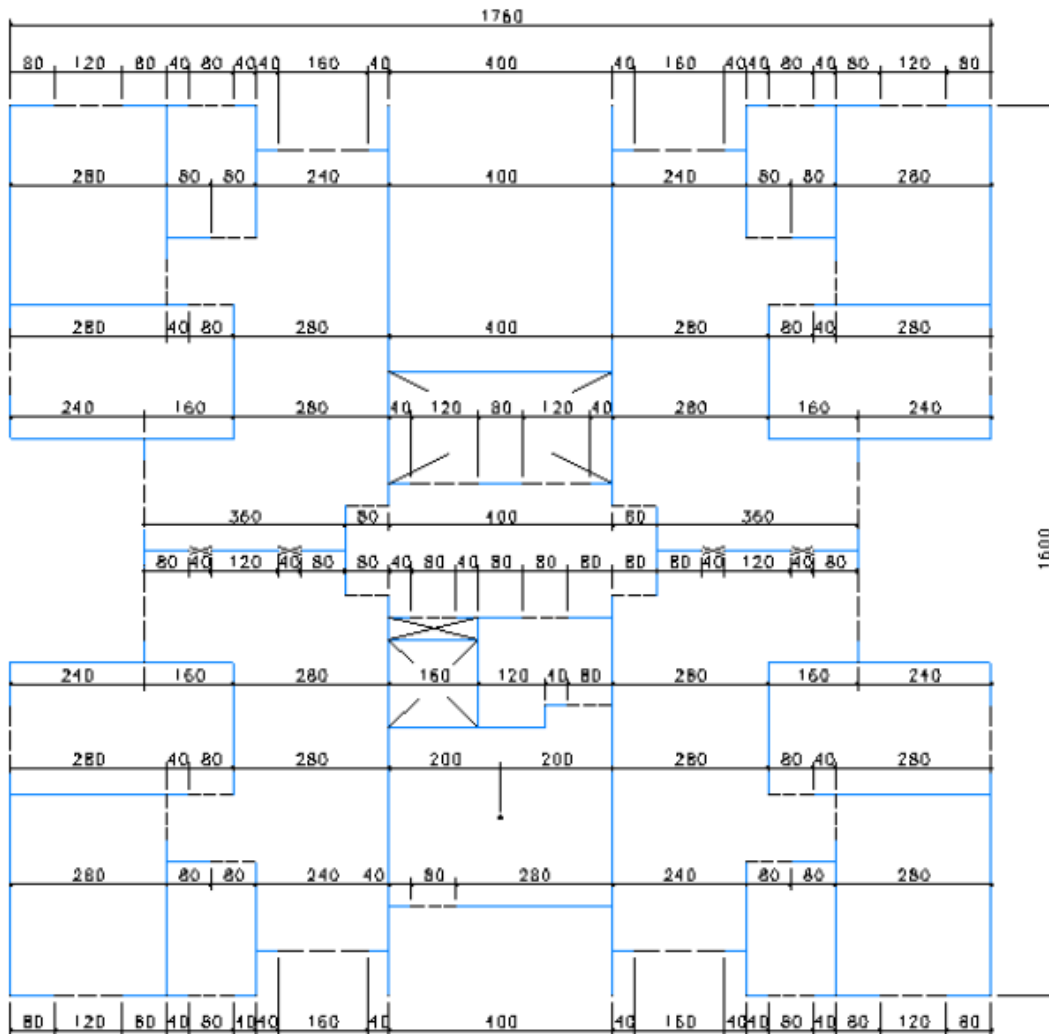


Figura 3.10 – Cotas horizontais - cm (Fonte: Braguim, 2013).

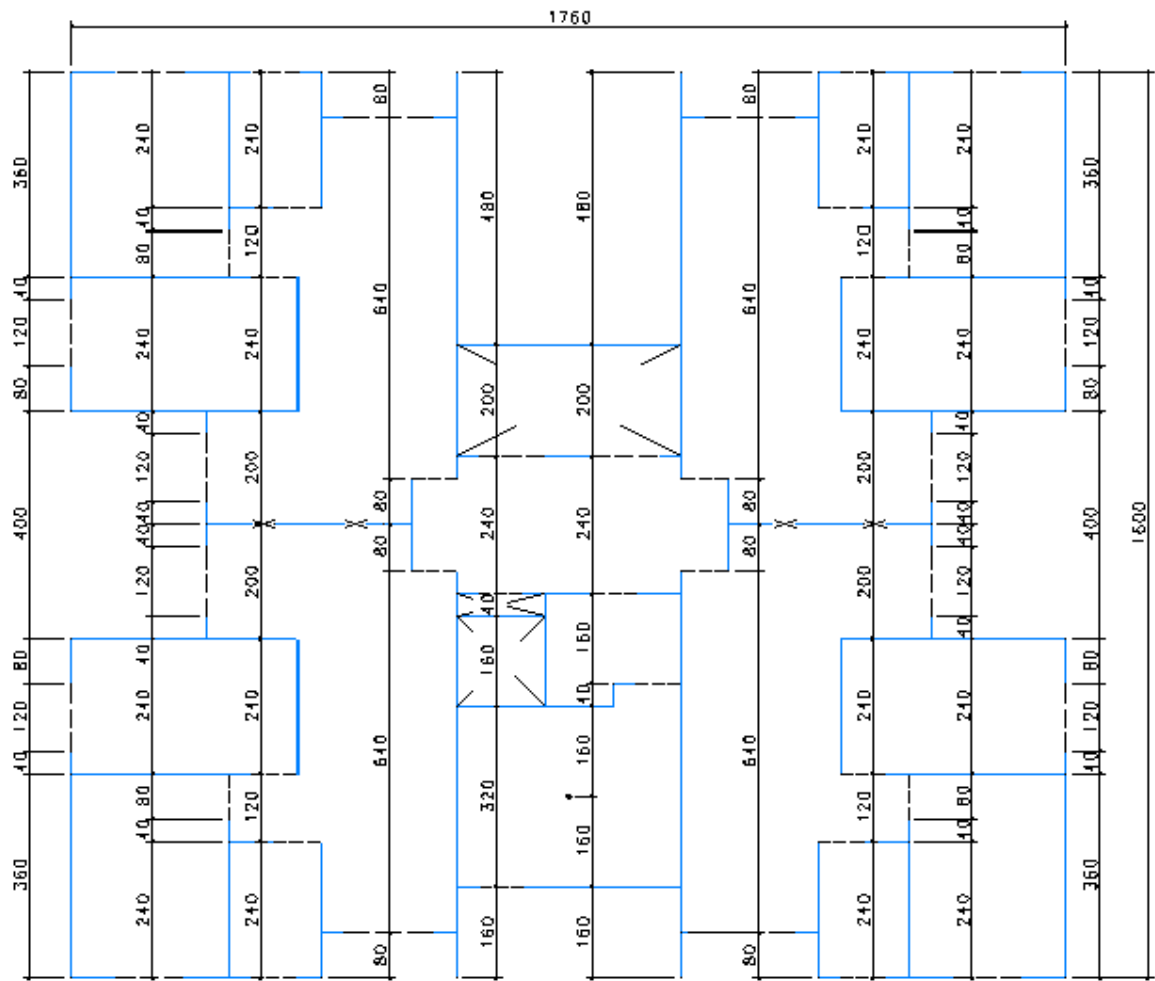


Figura 3.11 – Cotas verticais - cm (Fonte: Braguim, 2013).

A Figura 3.12 apresenta a discretização do primeiro pavimento do modelo em elementos de casca e a Figura 3.13 mostra a discretização os dois primeiros pavimentos do modelo misto.

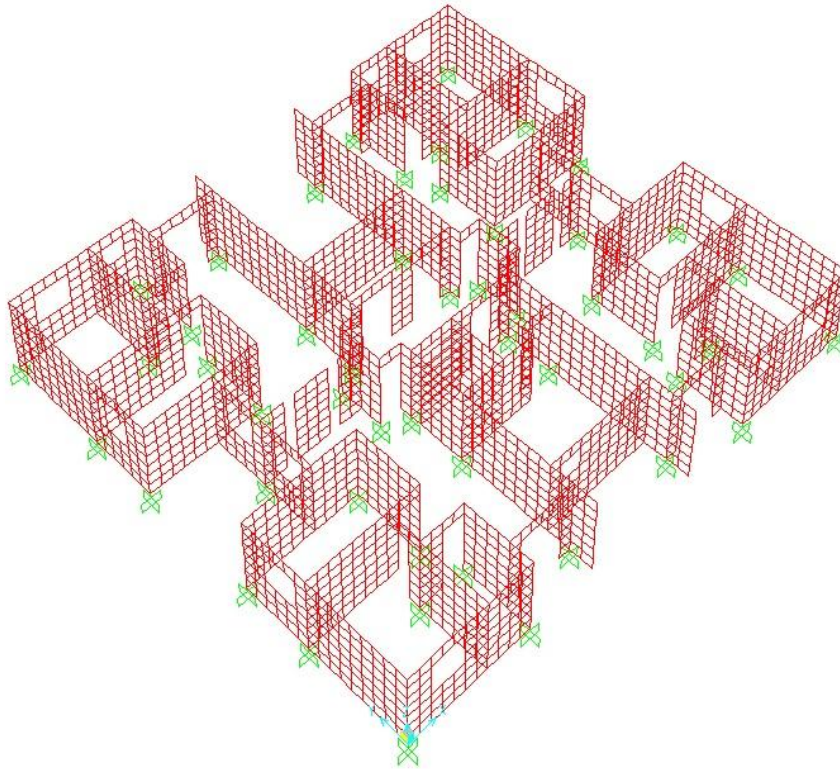


Figura 3.12 – Discretização do edifício quadrado em modelo de casca.

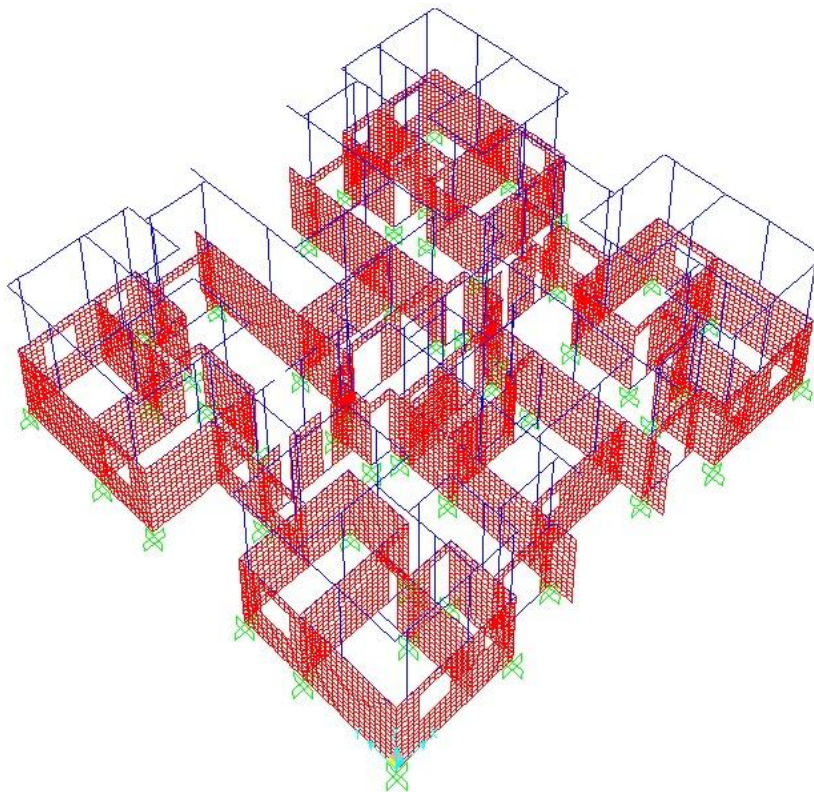


Figura 3.13 – Discretização do edifício quadrado em modelo misto.



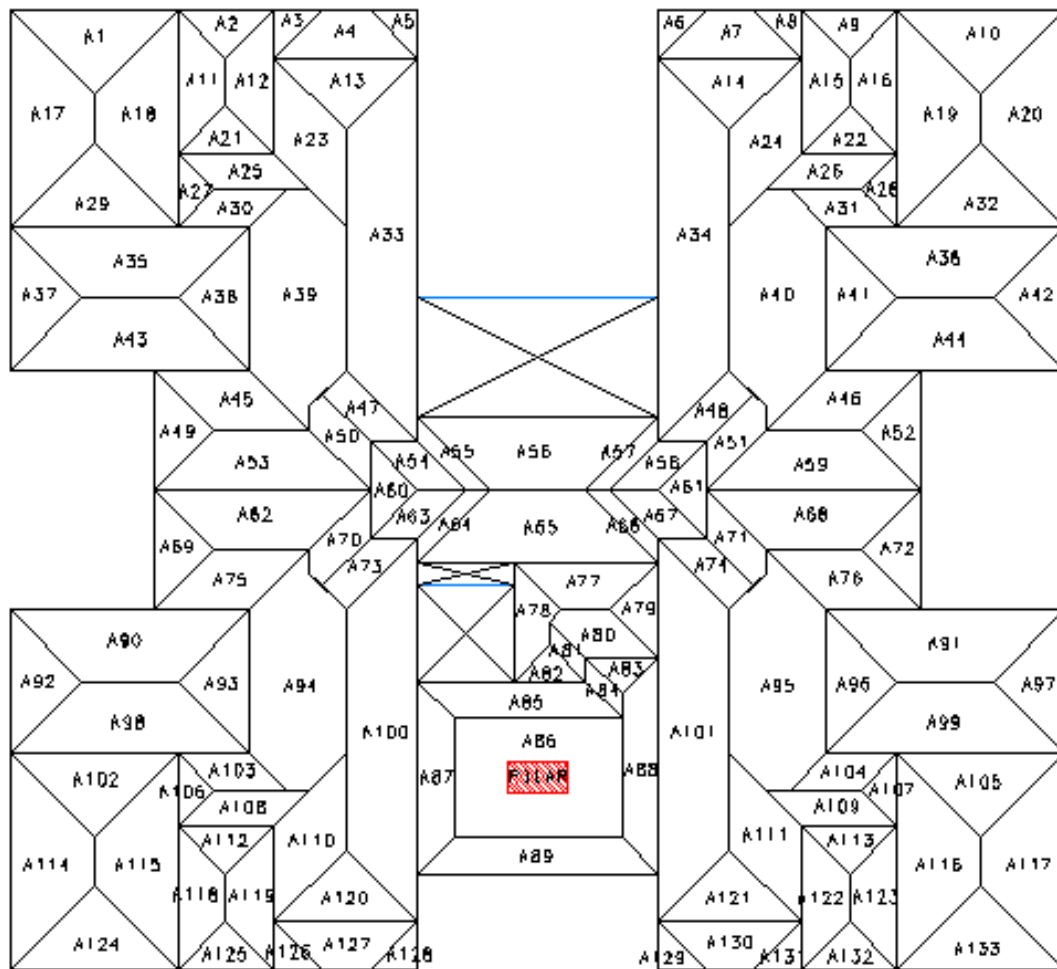


Figura 3.14 – Área de influência (Fonte: Braguim, 2013).

Os valores de carga vertical proveniente das lajes do pavimento tipo são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 3.4 – Carregamento proveniente da laje, para o edifício quadrado.

IDENTIFICAÇÃO	ÁREA	L	CARGA PERMANENTE		CARGA VARIÁVEL		CARGA TOTAL	
	(m <sup>2</sup> )		kN	kN/m	kN	kN/m	kN	kN/m
A1/A10/A124/A133	2,0	2,8	6,9	2,5	2,9	1,1	9,8	3,5
A2/A9/A125/A132	0,6	1,6	2,2	1,4	1,0	0,6	3,2	2,0
A3/A8/A126/A131	0,3	0,8	1,1	1,4	0,5	0,6	1,6	2,0
A4/A7/A127/A130	1,3	2,4	4,5	1,9	1,9	0,8	6,4	2,7
A5/A6/A128/A129	0,3	0,8	1,1	1,4	0,5	0,6	1,6	2,0
A11/A16/A118/A123	1,3	2,4	4,5	1,9	1,9	0,8	6,4	2,7
A12/A15/A119/A122	1,3	2,4	4,5	1,9	1,9	0,8	6,4	2,7
A13/A14/A120/A121	1,4	2,4	5,0	2,1	2,2	0,9	7,2	3,0
A17/A20/A114/A117	3,1	3,6	10,1	3,0	4,6	1,3	14,7	4,3
A18/A19/A115/A116	3,1	3,6	10,1	3,0	4,6	1,3	14,7	4,3
A21/A22/A112/A113	0,6	1,6	2,2	1,4	1,0	0,6	3,2	2,0
A23/A24/A110/A111	1,9	1,6	6,7	4,2	2,9	1,8	9,6	6,0
A25/A26/A108/A109	1,0	1,6	3,4	2,1	1,4	0,9	4,8	3,0
A27/A28/A106/A107	0,6	1,2	1,3	1,1	0,5	0,5	1,8	1,5
A29/A32/A102/A105	2,0	2,8	6,9	2,5	2,9	1,1	9,8	3,5
A30/A31/A103/A104	0,7	1,2	2,5	2,1	1,1	0,9	3,6	3,0
A33/A34	6,2	6,4	21,8	3,4	9,4	1,5	31,2	4,9
A35/A36/A98/A99	3,4	4,0	11,8	2,9	5,0	1,3	16,8	4,2
A37/A42/A92/A97	1,4	2,4	5,0	2,1	2,2	0,9	7,2	3,0
A38/A41/A93/A96	1,4	2,4	5,0	2,1	2,2	0,9	7,2	3,0
A39/A40/A94/A95	5,1	2,4	17,9	7,5	7,7	3,2	25,6	10,7
A43/A44/A90/A91	3,4	4,0	11,8	2,9	5,0	1,3	16,8	4,2
A45/A46/A75/A76	1,6	1,6	5,6	3,5	2,4	1,5	8,0	5,0
A47/A48/A73/A74	0,8	0,8	2,8	3,5	1,2	1,5	4,0	5,0
A49/A52/A69/A72	1,0	2,0	3,5	1,8	1,5	0,8	5,0	2,5
A50/A51/A70/A71	0,8	0,8	2,7	3,3	1,1	1,4	3,8	4,8
A53/A59/A62/A68	2,6	3,6	9,1	2,5	3,9	1,1	13,0	3,6
A54/A58/A63/A67	0,6	0,8	2,2	2,8	1,0	1,2	3,2	4,0
A55/A57/A64/A66	0,4	0,4	1,4	3,5	0,6	1,5	2,0	5,0
A56	3,4	4,0	11,8	2,9	5,0	1,3	16,8	4,2
A60/A61	0,6	1,6	2,2	1,4	1,0	0,6	3,2	2,0
A65	3,4	4,0	11,8	2,9	5,0	1,3	16,8	4,2
A77	1,3	2,4	4,5	1,9	1,9	0,8	6,4	2,7
A78	0,9	2,0	3,1	1,5	1,3	0,7	4,4	2,2
A79	0,6	1,6	2,2	1,4	1,0	0,6	3,2	2,0
A80	0,9	1,2	3,2	2,7	1,4	1,2	4,6	3,8
A81	0,2	0,4	0,8	2,1	0,4	0,9	1,2	3,0
A82	0,4	1,2	1,3	1,1	0,5	0,5	1,8	1,5
A83	0,4	1,2	1,3	1,1	0,5	0,5	1,8	1,5
A84	0,2	0,4	0,8	2,1	0,4	0,9	1,2	3,0
A85	1,7	2,8	5,9	2,1	2,5	0,9	8,4	3,0
A86	5,6	1,0	19,6	19,6	8,4	8,4	28,0	28,0
A87	1,6	3,2	5,5	1,7	2,3	0,7	7,8	2,4
A88	1,8	3,6	6,3	1,8	2,7	0,8	9,0	2,5
A89	2,0	4,0	7,1	1,8	3,1	0,8	10,2	2,6
A100	6,2	6,4	21,8	3,4	9,4	1,5	31,2	4,9
A101	6,2	6,4	21,8	3,4	9,4	1,5	31,2	4,9

Para o tipo de fundação bloco sobre estacas tem-se um conjunto de 51 blocos constituído um total de 141 estacas pré-moldadas centrífugas com diâmetro e carga nominal indicados na Tabela 3.5. O carregamento é aplicado no centro geométrico de cada bloco.



Tabela 3.5 – Informações sobre a fundação do tipo profunda, para o edifício quadrado.

FUNDAÇÃO	PERFIL DE SONDAGEM	QUANTIDADE DE ESTACAS	DIÂMETRO (m)	COMPRIMENTO (m)	CARGA NOMINAL (kN)
F01	S1	3	0,33	6,00	600
F02	S1	3	0,33	6,00	600
F03	S2	3	0,33	6,00	600
F04	S2	3	0,33	6,00	600
F05	S1	3	0,26	6,00	400
F06	S2	3	0,26	6,00	400
F07	S1	3	0,33	6,00	600
F08	S1	3	0,26	6,00	400
F09	S2	3	0,26	6,00	400
F10	S2	3	0,33	6,00	600
F11	S1	3	0,38	6,00	750
F12	S1	3	0,33	6,00	600
F13	S2	3	0,33	6,00	600
F14	S2	3	0,38	6,00	750
F15	S1	3	0,33	6,00	600
F16	S2	3	0,33	6,00	600
F17	S1	3	0,33	6,00	600
F18	S1	3	0,33	6,00	600
F19	S2	3	0,33	6,00	600
F20	S2	3	0,33	6,00	600
F21	S1	2	0,38	6,00	750
F22	S2	2	0,38	6,00	750
F23	S1	1	0,33	6,00	600
F24	S2	1	0,33	6,00	600
F25	S1	3	0,38	6,00	750
F26	S2	3	0,38	6,00	750
F27	S3	1	0,33	6,00	600
F28	S2	1	0,33	6,00	600
F29	S3	2	0,38	6,00	750
F30	S2	2	0,38	6,00	750
F31	S1	3	0,33	6,00	600
F32	S3	3	0,33	6,00	600
F33	S2	3	0,33	6,00	600
F34	S2	3	0,33	6,00	600
F35	S3	3	0,38	6,00	750
F36	S3	3	0,33	6,00	600
F37	S3	3	0,38	6,00	750
F38	S3	3	0,33	6,00	600
F39	S3	3	0,33	6,00	600
F40	S2	3	0,38	6,00	750
F41	S3	3	0,33	6,00	600
F42	S3	3	0,33	6,00	600
F43	S3	3	0,26	6,00	400
F44	S3	3	0,26	6,00	400
F45	S3	3	0,33	6,00	600
F46	S3	3	0,33	6,00	600
F47	S3	3	0,33	6,00	600
F48	S3	3	0,33	6,00	600
F49	S3	3	0,33	6,00	600
F50	S3	3	0,33	6,00	600
F51	S3	3	0,33	6,00	600

A planta de fundações com a numeração e disposição dos blocos sobre estacas é apresentada na Figura 3.15. O projeto de fundação foi definido após a consideração dos resultados de carga normal do modelo de casca com 15 pavimentos e apoios indesejáveis. Foi utilizado à letra F para identificar os blocos de fundação.

O solo de fundação foi caracterizado por três sondagens a percussão, identificadas pelas siglas S1, S2 e S3 e localizadas conforme planta de fundação.

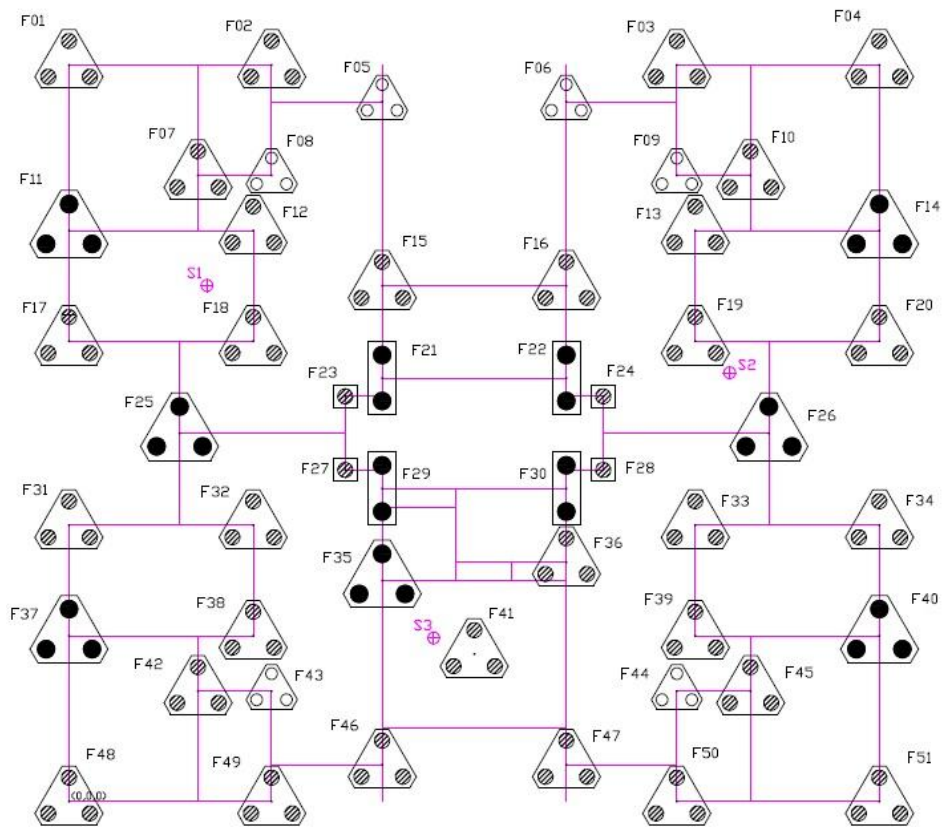


Figura 3.15 – Planta de fundação profunda para o edifício quadrado.

Todas as paredes do edifício são apoiadas em vigas baldrame de 0,50m de altura por 0,20m de largura. A Figura 3.16 mostra os eixos das vigas baldrame e suas respectivas numerações.

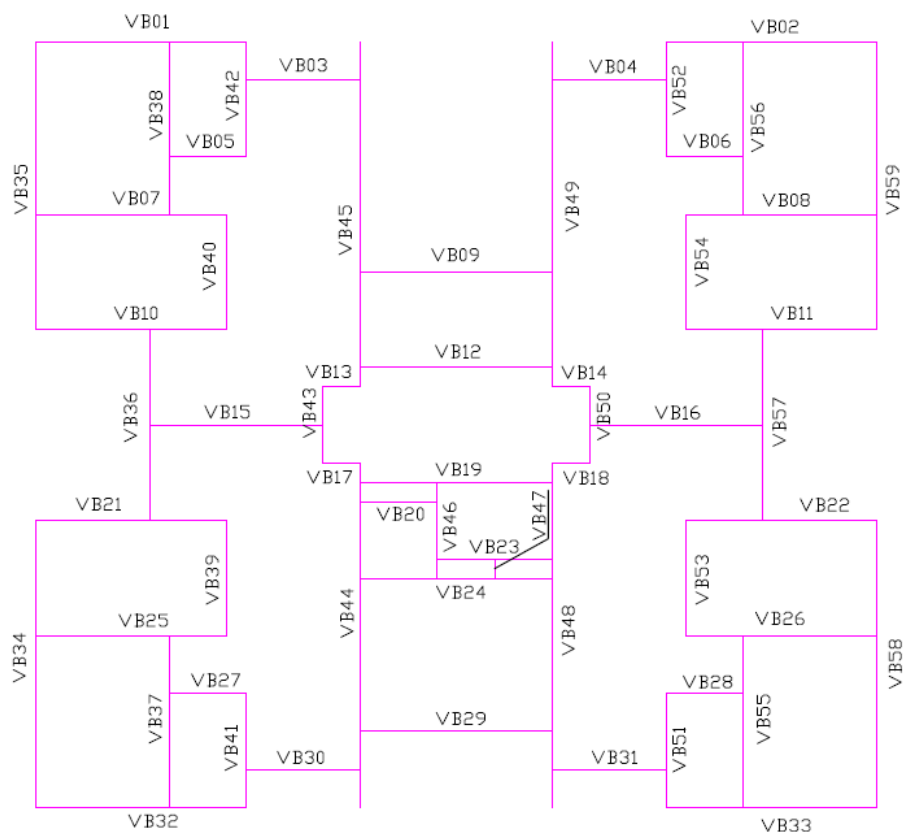


Figura 3.16 – Vigas baldrame do edifício quadrado com fundação profunda.

Para o projeto de fundação rasa foram utilizados 47 sapatas isoladas com seus respectivos carregamentos aplicados em seu centro geométrico, conforme Figura 3.17. O projeto de fundação foi definido após a consideração dos resultados de carga normal do modelo de casca com 10 pavimentos e apoios indeslocáveis. Considerou-se uma tensão admissível de 200 KPa. Foi utilizado à letra F para identificar as sapatas de fundação.

O solo de fundação foi caracterizado por 3 sondagens a percussão, identificadas pelas siglas S1, S2 e S3 e localizados conforme planta de fundação a seguir.

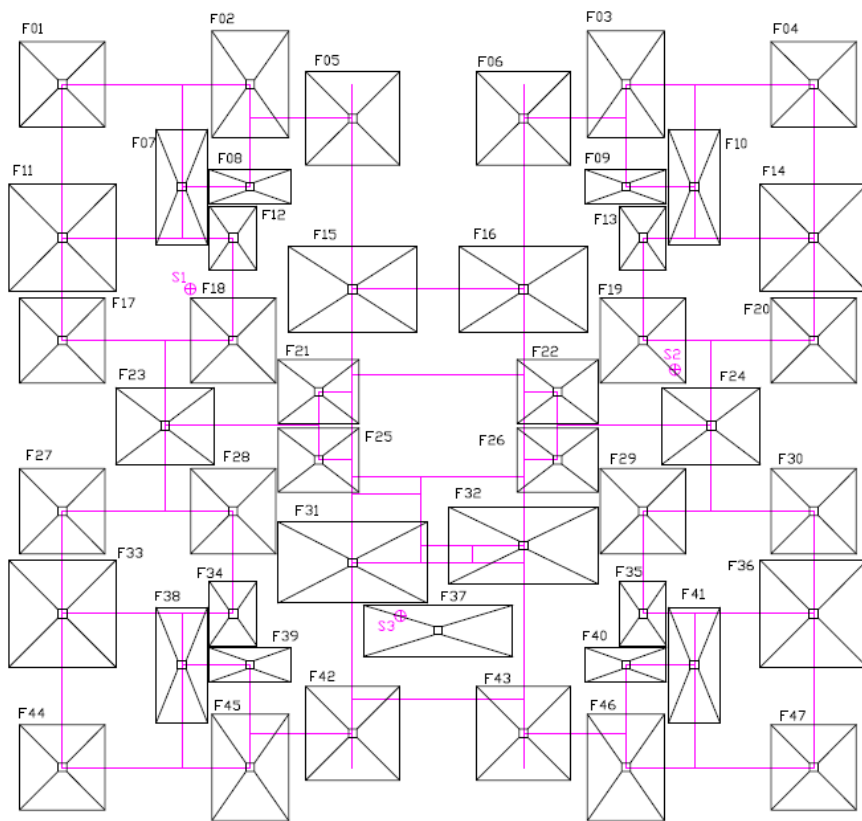


Figura 3.17 – Planta de fundação rasa para o edifício quadrado.

A Tabela 3.6 apresenta as características das sapatas adotadas no projeto.

Tabela 3.6 – Informações sobre a fundação do tipo rasa, para o edifício quadrado.

FUND.	PERFIL	A (m)	B (m)	H (m)	H assent. (m)	FUND.	PERFIL	A (m)	B (m)	H (m)	H assent. (m)
F01	S1	2,0	2,0	0,8	1,5	F24	S2	2,3	1,8	0,8	1,5
F02	S1	1,8	2,5	0,9	1,5	F25	S3	1,9	1,5	0,6	1,5
F03	S2	1,8	2,5	0,9	1,5	F26	S2	1,9	1,5	0,6	1,5
F04	S2	2,0	2,0	0,8	1,5	F27	S1	2,0	2,0	0,8	1,5
F05	S1	2,2	2,2	0,8	1,5	F28	S3	2,0	2,0	0,8	1,5
F06	S2	2,2	2,2	0,8	1,5	F29	S2	2,0	2,0	0,8	1,5
F07	S2	1,2	2,7	0,9	1,5	F30	S2	2,0	2,0	0,8	1,5
F08	S1	1,9	0,8	0,8	1,5	F31	S3	3,5	1,9	1,1	1,5
F09	S2	1,9	0,8	0,8	1,5	F32	S3	3,5	1,8	1,1	1,5
F10	S2	1,2	2,7	0,9	1,5	F33	S3	2,5	2,5	0,9	1,5
F11	S1	2,5	2,5	0,9	1,5	F34	S3	1,1	1,5	0,6	1,5
F12	S1	1,1	1,5	0,6	1,5	F35	S3	1,1	1,5	0,6	1,5
F13	S2	1,1	1,5	0,6	1,5	F36	S2	2,5	2,5	0,9	1,5
F14	S2	2,5	2,5	0,9	1,5	F37	S3	3,5	1,2	1,1	1,5
F15	S1	3,0	2,0	1,0	1,5	F38	S3	1,2	2,7	0,9	1,5
F16	S2	3,0	2,0	1,0	1,5	F39	S3	1,9	0,8	0,8	1,5
F17	S1	2,0	2,0	0,8	1,5	F40	S3	1,9	0,8	0,8	1,5
F18	S1	2,0	2,0	0,8	1,5	F41	S3	1,2	2,7	0,9	1,5
F19	S2	2,0	2,0	0,8	1,5	F42	S3	2,2	2,2	0,8	1,5
F20	S2	2,0	2,0	0,8	1,5	F43	S3	2,2	2,2	0,8	1,5
F21	S1	1,9	1,5	0,6	1,5	F44	S3	2,0	2,0	0,8	1,5
F22	S2	1,9	1,5	0,6	1,5	F45	S3	1,8	2,5	0,9	1,5
F23	S1	2,3	1,8	0,8	1,5	F46	S3	1,8	2,5	0,9	1,5
						F47	S3	2,0	2,0	0,8	1,5

Todas as paredes do edifício são apoiadas em vigas baldrame de 0,50m de altura por 0,20m de largura, conforme Figura 3.18.

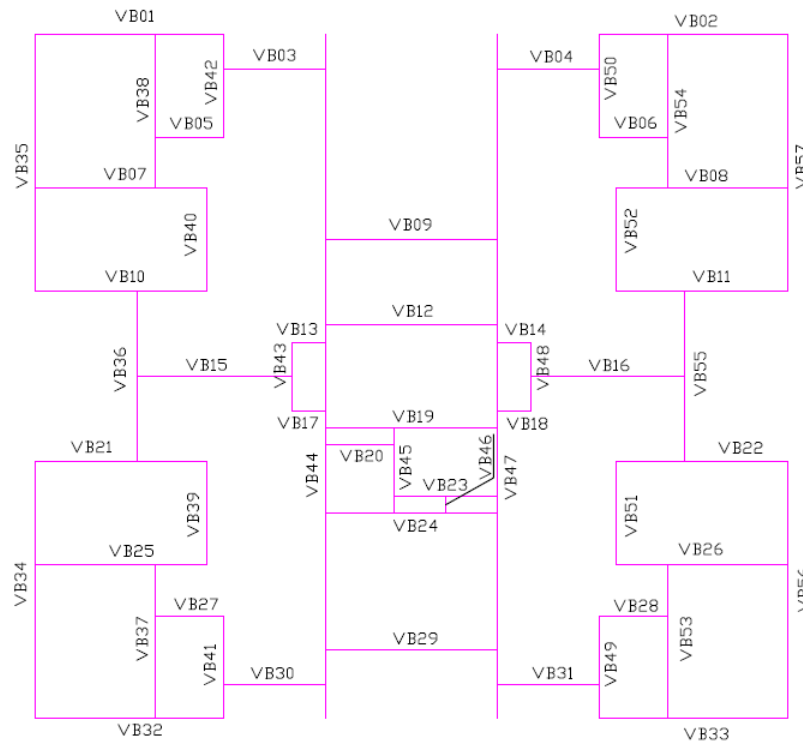


Figura 3.18 – Vigas baldrame do edifício quadrado com fundação rasa.

### 3.3.2 CONSOLIDAÇÃO DO MODELO SIMPLIFICADO QUADRADO

Este item tem como objetivo avaliar a qualidade dos resultados do modelo simplificado quadrado, para isso, são apresentados os resultados obtidos nas comparações entre os dois modelos expostos no item 3.2.

Inicialmente foram comparados os esforços normais incidentes em cada parede, considerando os apoios indeslocáveis, para tanto, utilizou-se o edifício com 15 pavimentos. Teve-se como intuito avaliar a distribuição de carga vertical nas paredes do modelo misto, comparando com o modelo de referência, em casca.

A nomenclatura RIG significa que os resultados apresentados para tal modelo consideram a fundação rígida, ou seja, todos os nós que representam a fundação são considerados indeslocáveis, incluindo translações e rotações.

Tabela 3.7 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício QUA-RIG-15PAV, com o primeiro pavimento discretizado em elementos de casca, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)
PH01	288,0	283,8	-1	PH45	298,6	295,0	-1
PH02	36,0	42,4	17	PH46	36,9	42,9	16
PH03	183,9	204,9	11	PH47	191,8	212,7	11
PH04	179,2	200,5	12	PH48	184,3	200,8	9
PH05	38,2	47,4	24	PH49	40,0	48,8	22
PH06	300,2	299,6	0	PH50	307,3	300,6	-2
PH07	56,5	64,6	14	PILAR	945,0	945,0	0
PH08	158,3	124,5	-21	PV01	986,5	938,8	-5
PH09	164,9	133,3	-19	PV02	292,4	284,8	-3
PH10	52,6	59,4	13	PV03	292,2	289,6	-1
PH11	315,8	333,7	6	PV04	969,1	931,6	-4
PH12	310,0	324,2	5	PV05	17,3	23,2	34
PH13	535,7	514,8	-4	PV06	354,0	408,4	15
PH14	543,8	516,4	-5	PV07	17,5	23,8	36
PH15	674,7	733,8	9	PV08	599,5	640,1	7
PH16	806,3	796,9	-1	PV09	590,1	637,1	8
PH17	808,8	793,5	-2	PV10	754,3	746,4	-1
PH18	129,7	84,7	-35	PV11	745,7	741,9	-1
PH19	60,9	108,6	78	PV12	712,3	728,7	2
PH20	130,1	82,7	-36	PV13	690,8	713,9	3
PH21	102,1	158,3	55	PV14	673,3	753,9	12
PH22	323,1	323,1	0	PV15	2203,6	2166,4	-2
PH23	-92,0	-87,3	-5	PV16	1641,7	1494,5	-9
PH24	-83,7	-77,0	-8	PV17	38,7	79,6	106
PH25	323,1	323,1	0	PV18	24,1	31,4	31
PH26	93,3	145,3	56	PV19	1961,1	1809,8	-8
PH27	203,4	215,3	6	PV20	1693,0	1557,7	-8
PH28	45,0	74,5	66	PV21	670,1	739,2	10
PH29	204,1	166,2	-19	PV22	695,1	704,6	1
PH30	214,5	208,6	-3	PV23	676,1	699,6	3
PH31	806,4	785,9	-3	PV24	719,6	693,3	-4
PH32	811,5	794,7	-2	PV25	714,5	694,9	-3
PH33	100,9	135,8	35	PV26	605,2	648,2	7
PH34	458,1	499,2	9	PV27	593,6	643,5	8
PH35	540,9	513,8	-5	PV28	17,3	23,3	35
PH36	550,0	519,7	-6	PV29	347,4	413,9	19
PH37	321,0	335,8	5	PV30	17,2	23,3	35
PH38	314,9	325,0	3	PV31	1031,7	999,1	-3
PH39	42,8	32,4	-24	PV32	313,9	318,9	2
PH40	151,3	173,3	15	PV33	312,5	317,8	2
PH41	56,2	64,1	14	PV34	1013,2	987,9	-2
PH42	217,4	186,2	-14	SOMA	36749,3	36789,8	---
PH43	231,9	213,4	-8	MÉDIA	---	---	14
PH44	50,8	55,4	9				

Apesar da média do desvio absoluto ter ficado abaixo do limite aceitável, com apenas 14%, observa-se que em boa parte dos resultados a diferença percentual ultrapassa o limite de 18%. Nesta análise, tem-se que 24% das paredes apresentam resultados com grandes diferenças, ou seja, resultados ruins, 32% são considerados bons e 44% ótimos.

Com o intuito de melhorar a distribuição de cargas nos primeiros pavimentos foi analisado o modelo misto com os dois primeiros pavimentos discretizados em elementos de casca.

Tabela 3.8 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício QUA-RIG-15PAV, com os dois primeiros pavimentos discretizados em elementos de casca, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)
PH01	288,0	289,2	0	PH45	298,6	297,9	0
PH02	36,0	36,3	1	PH46	36,9	36,8	0
PH03	183,9	205,5	12	PH47	191,8	212,6	11
PH04	179,2	199,8	11	PH48	184,3	200,6	9
PH05	38,2	40,3	6	PH49	40,0	41,2	3
PH06	300,2	307,2	2	PH50	307,3	308,6	0
PH07	56,5	58,7	4	PILAR	945,0	945,0	0
PH08	158,3	141,9	-10	PV01	986,5	954,3	-3
PH09	164,9	150,7	-9	PV02	292,4	291,0	0
PH10	52,6	53,6	2	PV03	292,2	294,7	1
PH11	315,8	331,3	5	PV04	969,1	947,5	-2
PH12	310,0	322,9	4	PV05	17,3	16,0	-8
PH13	535,7	514,9	-4	PV06	354,0	376,0	6
PH14	543,8	518,3	-5	PV07	17,5	16,4	-6
PH15	674,7	666,9	-1	PV08	599,5	614,1	2
PH16	806,3	810,4	1	PV09	590,1	610,3	3
PH17	808,8	809,7	0	PV10	754,3	758,6	1
PH18	129,7	110,2	-15	PV11	745,7	754,9	1
PH19	60,9	86,5	42	PV12	712,3	734,2	3
PH20	130,1	110,7	-15	PV13	690,8	717,5	4
PH21	102,1	136,6	34	PV14	673,3	752,5	12
PH22	323,1	323,1	0	PV15	2203,6	2217,5	1
PH23	-92,0	-86,3	-6	PV16	1641,7	1510,6	-8
PH24	-83,7	-78,0	-7	PV17	38,7	39,1	1
PH25	323,1	323,1	0	PV18	24,1	28,6	19
PH26	93,3	124,9	34	PV19	1961,1	1861,7	-5
PH27	203,4	225,6	11	PV20	1693,0	1578,1	-7
PH28	45,0	51,0	13	PV21	670,1	738,5	10
PH29	204,1	177,2	-13	PV22	695,1	704,8	1
PH30	214,5	204,2	-5	PV23	676,1	698,7	3
PH31	806,4	802,3	-1	PV24	719,6	705,9	-2
PH32	811,5	811,3	0	PV25	714,5	706,8	-1
PH33	100,9	116,5	15	PV26	605,2	619,8	2
PH34	458,1	487,1	6	PV27	593,6	615,7	4
PH35	540,9	514,6	-5	PV28	17,3	15,9	-8
PH36	550,0	521,2	-5	PV29	347,4	389,3	12
PH37	321,0	333,8	4	PV30	17,2	15,9	-8
PH38	314,9	324,0	3	PV31	1031,7	1016,8	-1
PH39	42,8	37,1	-13	PV32	313,9	323,7	3
PH40	151,3	132,8	-12	PV33	312,5	322,3	3
PH41	56,2	58,2	3	PV34	1013,2	1007,5	-1
PH42	217,4	206,3	-5	SOMA	36749,3	36787,1	---
PH43	231,9	227,2	-2	MÉDIA	---	---	6
PH44	50,8	50,3	-1				

Ocorreu uma melhora significativa na comparação dos resultados, sendo que a média da diferença absoluta baixou para 6%. De forma geral, 62% das paredes apresentaram resultados excelentes, 33% resultados considerados bons e apenas 5% resultados ruins.

As paredes PH19, PH21, PH26, e PV18 continuaram com diferenças acima de 18%, porem são paredes pouco carregadas, nas quais pequenos desvios nos valores de força normal geram grandes diferenças percentuais.

O grande ganho com a discretização do segundo pavimento em elementos de casca foi a melhora na transferência e distribuição de cargas entre paredes nos primeiros pavimentos. Percebe-se que a interação contínua entre as paredes do modelo em elementos de

casca gera, como esperado, uma maior tendência de uniformização da tensão vertical entre as paredes.

A imagem abaixo ilustram as diferenças nos fluxos de tensões verticais entre modelos.

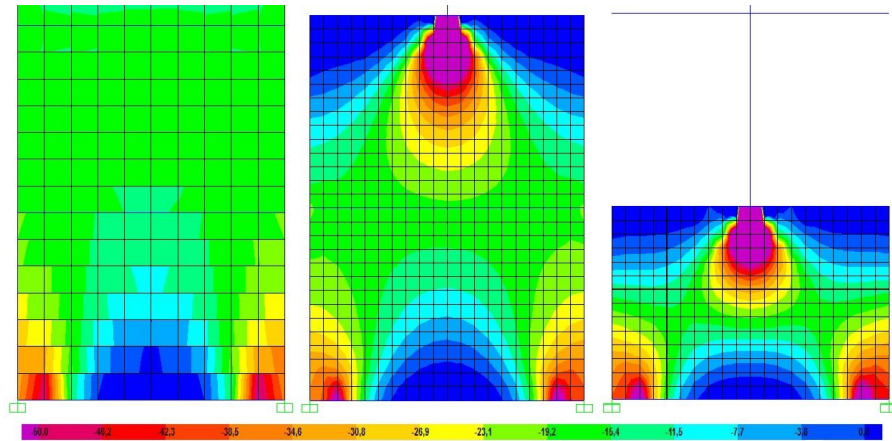


Figura 3.19 – Distribuição de tensão normal  $\sigma_z$  na parede PH15.

Ao observar a formação do arco na parede PH15 da Figura 3.19 percebe-se que a concentração de força no topo da parede do modelo misto, com apenas o primeiro pavimento em elementos de casca, gera uma perturbação na formação desse arco. Ao se discretizar também o segundo pavimento em casca, essa concentração de carga deixa de interferir na formação do arco.

As análises seguintes serão realizadas comparando-se os resultados do modelo de casca com o modelo misto, em que os dois primeiros pavimentos são discretizados em elementos de casca.

Na Figura 3.20 será apresentado o diagrama de força normal para algumas paredes do edifício. Foram escolhidas, para exemplificar a qualidade dos resultados, as paredes PH01, PH02, PH03, PH13, PH15, PV06, PV09, PV13 e PV16. A escolha foi feita pensando-se nas diferentes características, que são: a presença ou não de linteis ligando as paredes, a quantidade de apoios, diferentes níveis de carregamento e também a localização da parede (interna ou de fachada).



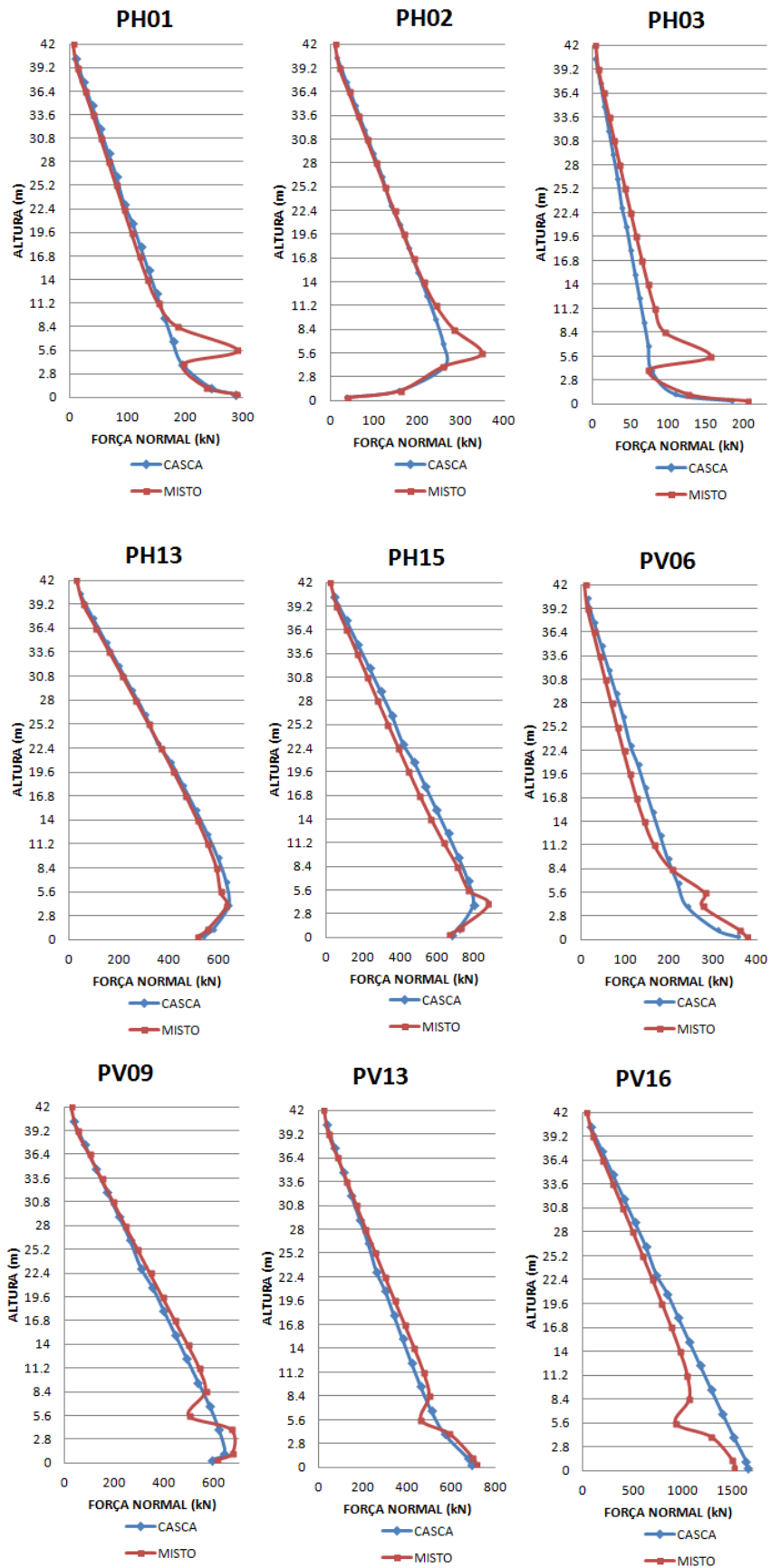


Figura 3.20 – Diagrama de força normal das paredes do edifício QUA-RIG-15PAV.

Observando-se as figuras com a distribuição de força normal das paredes percebe-se uma adequada transferência de força entre as paredes no modelo misto. Desta forma, destaca-se a qualidade dos resultados, frente à simplificação em se considerar as paredes por elementos lineares acima do segundo pavimento.

Em todos os diagramas, observa-se uma perturbação no nível do segundo pavimento, decorrente da concentração de força no topo da parede. Essa característica não interfere nos resultados, visto que em todos os casos o diagrama, fora da região de perturbação, apresentou bons resultados. Além disso, pode-se desprezar os resultados afetados pela região de perturbação e regularizar (interpolar) os resultados do gráfico ao longo da parede, conforme sugestão apresentada na Figura 3.21.

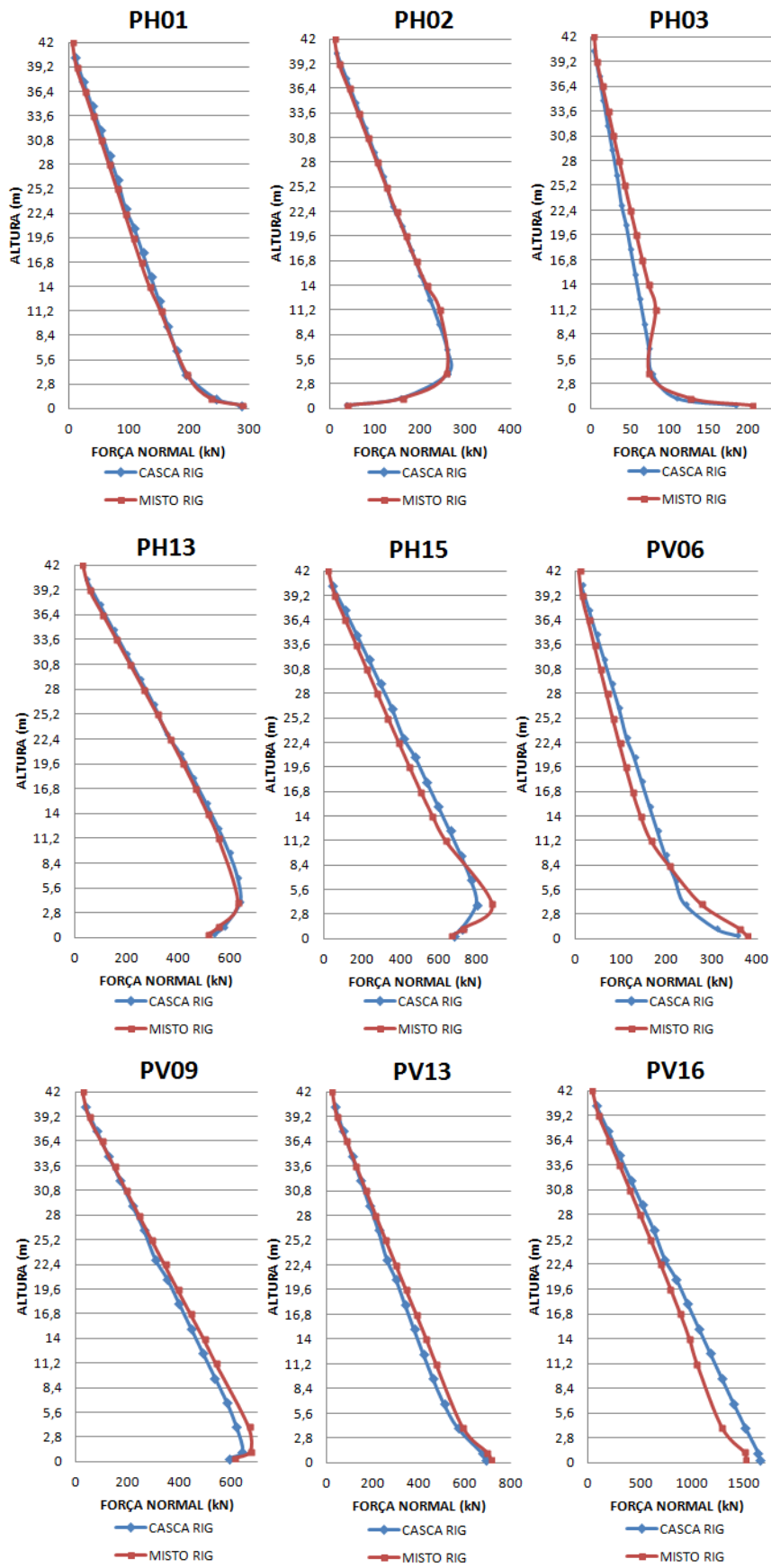


Figura 3.21 – Diagrama “regularizado” de força normal das paredes do edifício QUA-RIG-15PAV.

A seguir serão apresentados e comparados os carregamentos resultantes na fundação.

Tabela 3.9 – Carregamento das fundações do edifício QUA-RIG-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)
F01	729,0	722,5	-1	-69,1	-72,9	5	-66,7	-72,4	9
F02	751,3	778,9	4	-65,9	-73,6	12	70,5	78,3	11
F03	732,6	757,4	3	-64,1	-71,3	11	-70,4	-78,1	11
F04	767,5	775,8	1	-72,5	-78,2	8	68,7	76,0	10
F05	749,7	673,7	-10	-12,7	-13,3	4	34,1	34,7	2
F06	765,3	693,0	-9	-13,1	-13,8	5	-35,4	-36,4	3
F07	864,4	899,8	4	14,6	16,5	13	-43,1	-49,0	14
F08	430,9	443,6	3	62,7	70,3	12	26,0	26,5	2
F09	417,7	427,2	2	61,2	68,1	11	-24,8	-25,0	1
F10	863,5	897,5	4	16,8	20,0	19	40,8	46,2	13
F11	1101,3	1065,5	-3	18,1	18,4	2	-76,6	-80,0	5
F12	479,1	478,7	0	-65,5	-71,2	9	62,0	61,2	-1
F13	457,7	446,4	-2	-62,9	-66,9	6	-57,9	-55,2	-5
F14	1150,5	1124,1	-2	18,7	19,2	3	76,9	80,1	4
F15	970,3	933,1	-4	13,2	14,4	9	-62,0	-65,6	6
F16	1018,9	996,2	-2	13,5	14,8	10	63,2	67,5	7
F17	695,4	694,1	0	51,7	55,3	7	-70,2	-76,0	8
F18	805,1	820,1	2	65,8	72,3	10	74,1	81,5	10
F19	760,9	757,1	-1	62,6	67,0	7	-72,2	-78,0	8
F20	742,7	754,5	2	55,3	60,3	9	72,7	79,5	9
F21	600,2	557,3	-7	18,9	19,3	2	-50,8	-59,4	17
F22	617,6	579,7	-6	19,8	20,5	4	50,7	59,4	17
F23	388,4	428,1	10	-57,0	-68,9	21	-4,0	-2,3	-42
F24	388,9	423,1	9	-57,1	-68,1	19	4,1	2,5	-40
F25	867,8	946,1	9	-0,1	0,2	0	-106,7	-119,9	12
F26	868,8	943,8	9	-0,1	0,0	0	105,1	117,6	12
F27	397,5	437,9	10	57,7	69,5	20	-9,4	-8,6	-8
F28	390,9	424,4	9	57,3	68,2	19	5,4	3,7	-31
F29	1184,8	1230,2	4	-45,7	-50,4	10	-91,5	-103,1	13
F30	740,8	690,1	-7	-16,1	-17,1	7	60,6	62,0	2
F31	693,3	683,5	-1	-51,8	-54,7	6	-70,1	-75,0	7
F32	806,8	816,2	1	-66,3	-72,3	9	74,2	81,0	9
F33	763,1	756,2	-1	-62,9	-66,9	6	-72,4	-78,0	8
F34	747,0	758,9	2	-55,6	-60,6	9	73,0	79,8	9
F35	1389,7	1442,1	4	-11,0	-10,6	-4	-94,0	-107,4	14
F36	876,3	858,6	-2	-29,9	-31,8	6	78,7	87,6	11
F37	1109,3	1060,9	-4	-19,0	-19,1	0	-77,3	-80,0	3
F38	489,0	485,0	-1	66,6	71,9	8	62,8	61,7	-2
F39	461,5	445,3	-4	63,5	66,8	5	-58,2	-55,1	-5
F40	1166,6	1134,9	-3	-19,1	-19,3	1	77,7	80,5	4
F41	945,0	945,0	0	-0,4	-0,3	-15	-14,9	-17,6	18
F42	877,0	904,8	3	-15,7	-17,5	11	-43,9	-49,5	13
F43	439,4	449,2	2	-64,3	-71,5	11	26,5	26,8	1
F44	427,1	429,8	1	-62,8	-68,6	9	-25,1	-25,0	0
F45	879,6	903,1	3	-17,7	-20,3	15	41,4	46,2	12
F46	1054,5	989,1	-6	25,9	26,6	3	42,5	43,8	3
F47	1115,4	1065,5	-4	30,6	31,6	3	-45,8	-47,9	5
F48	754,9	742,1	-2	70,9	74,2	5	-69,2	-74,5	8
F49	783,4	805,1	3	68,2	75,7	11	73,3	80,7	10
F50	752,7	760,8	1	65,8	71,7	9	-72,2	-78,4	9
F51	785,5	780,5	-1	74,2	78,8	6	70,4	76,3	8
TOTAL	39016,7	39016,7	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	4	---	---	8	---	---	10

As cargas resultantes na fundação tiveram seus valores bem representados pelo modelo misto, com diferenças médias menores que 4%, para a carga vertical e menores que 10%, para os momentos no plano da parede, indicando que a transferência de esforço entre barras horizontais do modelo misto ocorre de maneira satisfatória.

Observando-se apenas os valores de força vertical, por ter maior representatividade e importância, observa-se que em nenhum dos apoios ocorreram resultados ruins e que a maior fração, 76%, foi de resultados excelentes.

### 3.3.3 RESULTADOS E ANÁLISES PARA 15 PAVIMENTOS

#### 3.3.3.1 PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE

Na sequência são apresentados os efeitos produzidos no modelo de referência (casca) após a consideração da deslocabilidade dos apoios, através do programa ISE 1.0. O modelo do edifício em questão obteve convergência desejada após cinco iterações.

Ao se referir ao modelo com a nomenclatura ISE significa que os resultados foram obtidos considerando os efeitos da interação solo-estrutura, com o emprego da metodologia apresentada no item 2.4.1.1.

Na Tabela 3.10 foram comparados as forças normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

Tabela 3.10 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício QUA-EST-15PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	288,0	376,0	31	PH45	298,6	360,7	21
PH02	36,0	31,0	-14	PH46	36,9	30,7	-17
PH03	183,9	221,1	20	PH47	191,8	235,0	22
PH04	179,2	206,4	15	PH48	184,3	234,3	27
PH05	38,2	32,4	-15	PH49	40,0	34,7	-13
PH06	300,2	343,6	14	PH50	307,3	368,3	20
PH07	56,5	39,6	-30	PILAR	945,0	945,0	0
PH08	158,3	157,5	0	PV01	986,5	1047,5	6
PH09	164,9	156,5	-5	PV02	292,4	444,9	52
PH10	52,6	32,9	-38	PV03	292,2	376,3	29
PH11	315,8	356,2	13	PV04	969,1	1115,9	15
PH12	310,0	233,0	-25	PV05	17,3	17,0	-2
PH13	535,7	504,0	-6	PV06	354,0	433,1	22
PH14	543,8	508,1	-7	PV07	17,5	17,0	-3
PH15	674,7	542,9	-20	PV08	599,5	530,4	-12
PH16	806,3	852,8	6	PV09	590,1	371,5	-37
PH17	808,8	807,1	0	PV10	754,3	715,0	-5
PH18	129,7	133,0	3	PV11	745,7	703,2	-6
PH19	60,9	36,0	-41	PV12	712,3	820,6	15
PH20	130,1	136,5	5	PV13	690,8	721,1	4
PH21	102,1	55,1	-46	PV14	673,3	576,6	-14
PH22	323,1	323,1	0	PV15	2203,6	1854,4	-16
PH23	-92,0	-67,5	-27	PV16	1641,7	1843,3	12
PH24	-83,7	-56,5	-32	PV17	38,7	14,3	-63
PH25	323,1	323,1	0	PV18	24,1	9,9	-59
PH26	93,3	29,5	-68	PV19	1961,1	1937,4	-1
PH27	203,4	128,3	-37	PV20	1693,0	1654,9	-2
PH28	45,0	33,2	-26	PV21	670,1	549,5	-18
PH29	204,1	179,0	-12	PV22	695,1	831,4	20
PH30	214,5	137,1	-36	PV23	676,1	630,6	-7
PH31	806,4	863,7	7	PV24	719,6	821,5	14
PH32	811,5	843,0	4	PV25	714,5	728,6	2
PH33	100,9	74,5	-26	PV26	605,2	599,8	-1
PH34	458,1	351,1	-23	PV27	593,6	524,5	-12
PH35	540,9	520,1	-4	PV28	17,3	16,5	-4
PH36	550,0	556,0	1	PV29	347,4	480,7	38
PH37	321,0	294,3	-8	PV30	17,2	18,5	7
PH38	314,9	251,9	-20	PV31	1031,7	1197,2	16
PH39	42,8	36,0	-16	PV32	313,9	379,8	21
PH40	151,3	129,9	-14	PV33	312,5	364,1	17
PH41	56,2	14,4	-74	PV34	1013,2	1114,3	10
PH42	217,4	200,7	-8	SOMA	36749,3	36819,3	---
PH43	231,9	215,2	-7	MÉDIA	---	---	18
PH44	50,8	8,00	-84				

A consideração da interação solo-estrutura gerou uma redistribuição de esforços nas paredes cuja média corresponde a 18%. Porém algumas paredes tiveram diferenças significativas, como é o caso da parede PH44 que apresentou a maior diferença, com redução de 84%.

A seguir são apresentados os gráficos com o esforço normal ao longo da altura da parede. Os valores percentuais no gráfico indicam as diferenças das forças normais entre os modelos casca RIG e casca ISE.

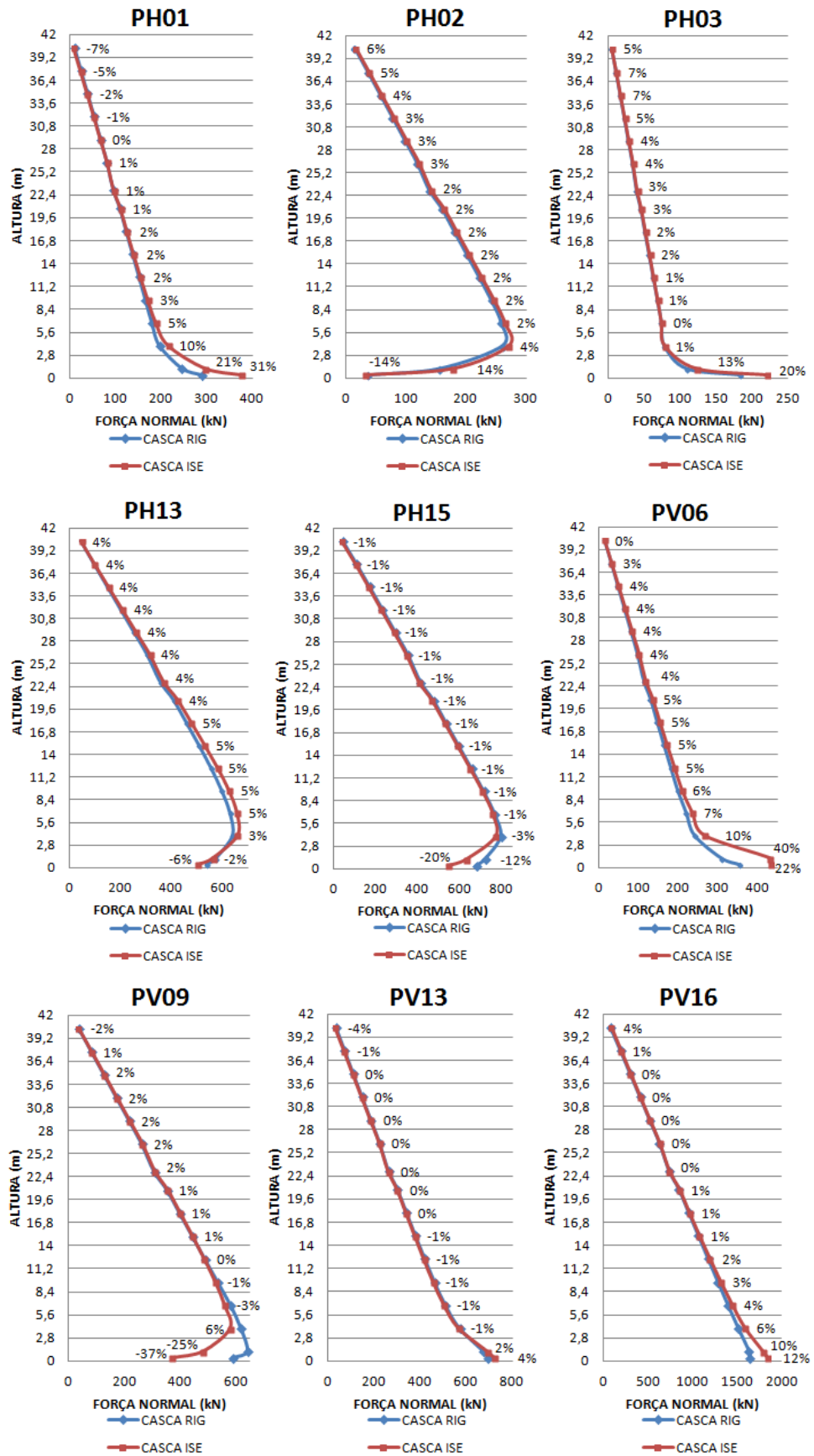


Figura 3.22 – Diagrama de força normal das paredes do edifício QUA-EST-15PAV.

Observa-se que a tendência de migração de cargas para os apoios, com alívio das paredes que não estão diretamente apoiadas, se acentua com a consideração da interação solo-estrutura. Isso pode ser ilustrado, por exemplo, com o que ocorre nas paredes PH01, PH02 e PH03.

Comparando-se a distribuição do esforço normal nas paredes, observa-se que os valores são semelhantes ao longo de sua altura, porém ao se aproximar dos primeiros pavimentos os resultados do modelo casca ISE se afastam dos resultados encontrados no modelo casca RIG, porém mantendo a mesma tendência do gráfico. Portanto, constata-se uma real influência da interação solo estrutura apenas nos resultados dos dois primeiros pavimentos, pois as diferenças entre os valores dos esforços normais nestes pavimentos são maiores que as encontradas nos pavimentos mais elevados.

Foram escolhidas quatro vigas baldrame para verificar a influência da consideração da interação solo-estrutura em seus esforços. As vigas escolhidas foram: VB01, VB07, VB36 e VB45. A escolha foi feita pensando-se na análise de vigas com características diferentes entre si, seja com relação à quantidade de apoios (biapoiadas ou contínuas) ou à presença de aberturas nas paredes que se apoiam sobre as vigas.

As comparações do modelo casca RIG com o modelo casca ISE são apresentadas a seguir.

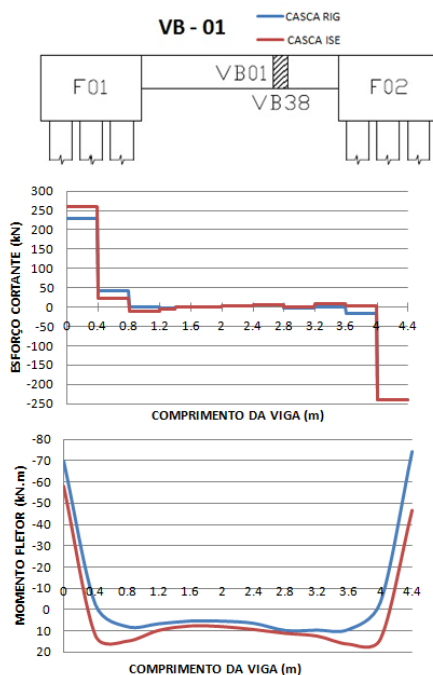


Figura 3.23 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício QUA-EST-15PAV.



Com o aumento de carga para as paredes PH01 e PH02, após a consideração da interação solo estrutura, observa-se um acréscimo do esforço cortante, principalmente próximo do apoio F01, com aumento de 13%. No apoio F02 ocorreu um suave aumento do esforço cortante, de 2%.

Após a flexibilização dos apoios ocorre uma redução de 17% e 37%, do momento fletor nas extremidades F01 e F02, respectivamente. Consequentemente ocorre um acréscimo do momento fletor positivo de aproximadamente duas vezes, nas regiões onde as paredes PH01 e PH02 estão assentadas.

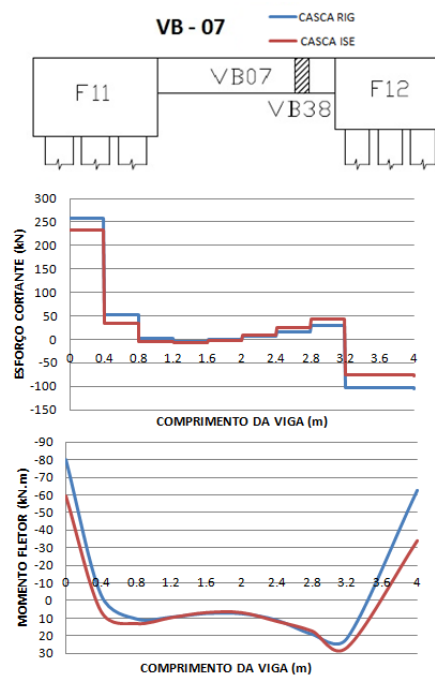


Figura 3.24 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB07 do edifício QUA-EST-15PAV.

A viga baldrame VB07 teve seu esforço cortante reduzido na ordem de 10% e 27%, e seu momento fletor de 26% e 46%, próximos aos apoios F11 e F12, respectivamente. Os momentos positivos apresentaram a tendência de aumentar em menor proporção.

A estrutura que se apoia na VB36 possui duas paredes externas (PV05 e PV07) e uma parede central (PV06), cuja carga é bem superior às demais.

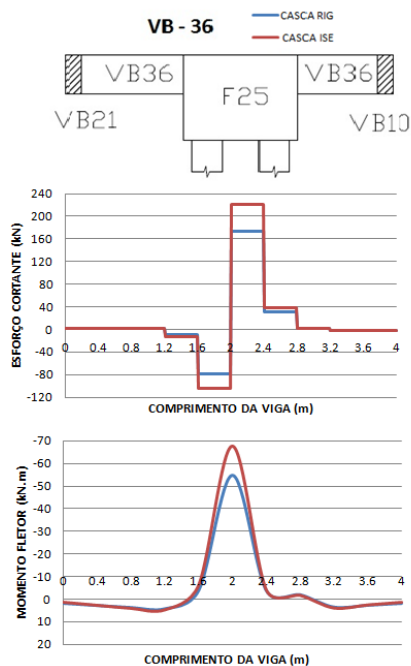


Figura 3.25 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB36 do edifício QUA-EST-15PAV.

Com a análise da interação solo-estrutura ocorreu um acréscimo dos esforços sobre o apoio F25, de 26% no esforço cortante e 24% no momento fletor, consistente com o acréscimo de carga da parede PV06.

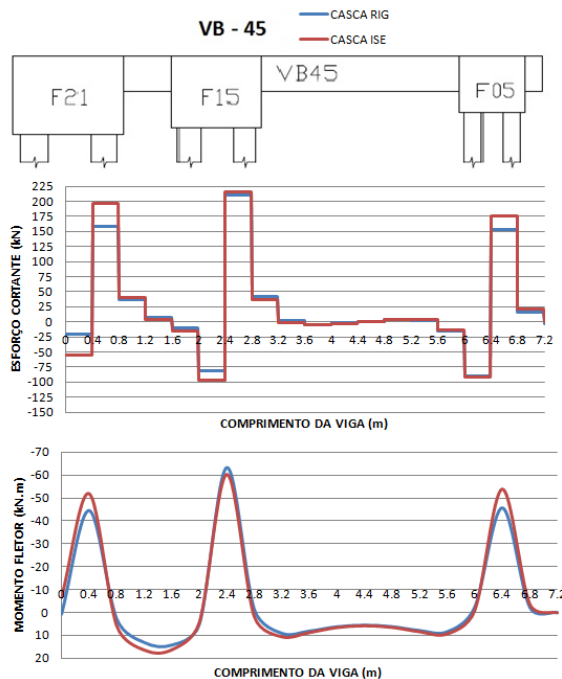


Figura 3.26 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB45 do edifício QUA-EST-15PAV.

Todos os maiores valores de esforço cortante da VB45 sofreram acréscimo, tendo seu valor mais expressivo próximo ao apoio F21, com 25%. Os momentos positivos

apresentaram um leve acréscimo, já os negativos tiveram um aumento significativo sobre os apoios F21 e F05 com diferenças próximas de 18%.

Os carregamentos dos blocos de fundação do edifício obtidos no modelo de casca com os apoios indeslocáveis foram comparados com os carregamentos obtidos no modelo de casca sobre apoios flexíveis.

Tabela 3.11 – Carregamento das fundações do edifício QUA-EST-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	729,0	925,8	27	-69,1	-51,4	-26	-66,7	-51,5	-23
F02	751,3	847,8	13	-65,9	-54,1	-18	70,5	37,2	-47
F03	732,6	742,0	1	-64,1	-25,6	-60	-70,4	-12,8	-82
F04	767,5	824,5	7	-72,5	-21,8	-70	68,7	20,0	-71
F05	749,7	779,3	4	-12,7	-4,5	-65	34,1	9,1	-73
F06	765,3	726,6	-5	-13,1	1,9	-115	-35,4	-16,1	-54
F07	864,4	711,9	-18	14,6	0,0	-100	-43,1	-177,3	312
F08	430,9	354,8	-18	62,7	6,4	-90	26,0	7,5	-71
F09	417,7	337,4	-19	61,2	5,8	-91	-24,8	-7,9	-68
F10	863,5	717,9	-17	16,8	0,0	-100	40,8	-5,0	-112
F11	1101,3	1171,3	6	18,1	0,0	-100	-76,6	-53,2	-30
F12	479,1	442,8	-8	-65,5	-31,3	-52	62,0	31,1	-50
F13	457,7	479,0	5	-62,9	-13,8	-78	-57,9	-28,3	-51
F14	1150,5	1240,6	8	18,7	0,0	-100	76,9	26,6	-65
F15	970,3	977,6	1	13,2	0,0	-100	-62,0	-17,3	-72
F16	1018,9	762,3	-25	13,5	0,0	-100	63,2	7,3	-88
F17	695,4	865,5	24	51,7	31,1	-40	-70,2	-52,6	-25
F18	805,1	707,8	-12	65,8	31,1	-53	74,1	29,6	-60
F19	760,9	691,4	-9	62,6	11,6	-81	-72,2	-12,1	-83
F20	742,7	800,5	8	55,3	14,0	-75	72,7	21,5	-70
F21	600,2	753,4	26	18,9	0,0	-100	-50,8	0,0	-100
F22	617,6	771,9	25	19,8	0,0	-100	50,7	0,0	-100
F23	388,4	388,4	0	-57,0	0,0	-100	-4,0	0,0	-100
F24	388,9	281,8	-28	-57,1	0,0	-100	4,1	0,0	-100
F25	867,8	1019,3	17	-0,1	-6,6	5288	-106,7	-82,1	-23
F26	868,8	1089,6	25	-0,1	0,0	-100	105,1	57,5	-45
F27	397,5	233,9	-41	57,7	0,0	-100	-9,4	0,0	-100
F28	390,9	288,5	-26	57,3	0,0	-100	5,4	0,0	-100
F29	1184,8	724,1	-39	-45,7	-5,9	-87	-91,5	0,0	-100
F30	740,8	866,5	17	-16,1	-4,4	-72	60,6	0,0	-100
F31	693,3	1033,0	49	-51,8	-40,8	-21	-70,1	-56,7	-19
F32	806,8	552,0	-32	-66,3	-13,5	-80	74,2	14,8	-80
F33	763,1	730,8	-4	-62,9	-13,2	-79	-72,4	-12,9	-82
F34	747,0	830,8	11	-55,6	-16,5	-70	73,0	21,5	-71
F35	1389,7	1207,8	-13	-11,0	0,0	-100	-94,0	-24,1	-74
F36	876,3	784,8	-10	-29,9	0,0	-100	78,7	12,3	-84
F37	1109,3	1126,7	2	-19,0	-4,6	-76	-77,3	-67,4	-13
F38	489,0	544,5	11	66,6	29,1	-56	62,8	30,7	-51
F39	461,5	567,9	23	63,5	26,5	-58	-58,2	-33,7	-42
F40	1166,6	1343,0	15	-19,1	-6,2	-67	77,7	27,0	-65
F41	945,0	945,0	0	-0,4	0,0	-100	-14,9	0,0	-100
F42	877,0	772,0	-12	-15,7	0,0	-100	-43,9	-19,9	-55
F43	439,4	501,2	14	-64,3	-7,3	-89	26,5	11,9	-55
F44	427,1	518,1	21	-62,8	-8,5	-87	-25,1	-14,8	-41
F45	879,6	781,1	-11	-17,7	0,0	-100	41,4	-53,2	-229
F46	1054,5	924,4	-12	25,9	0,0	-100	42,5	4,3	-90
F47	1115,4	941,7	-16	30,6	0,0	-100	-45,8	-3,8	-92
F48	754,9	844,8	12	70,9	13,0	-82	-69,2	-13,8	-80
F49	783,4	838,4	7	68,2	14,6	-79	73,3	9,1	-88
F50	752,7	834,7	11	65,8	14,4	-78	-72,2	-9,7	-87
F51	785,5	869,2	11	74,2	13,3	-82	70,4	13,3	-81
TOTAL	39016,7	39016,7	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	15	---	---	184	---	---	78

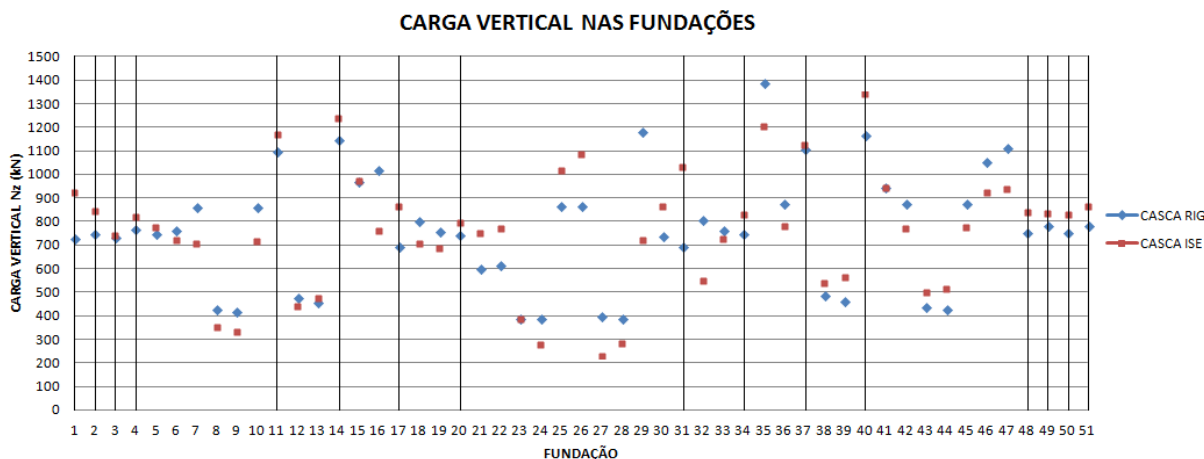


Figura 3.27 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício QUA-EST-15PAV.

A consideração dos apoios flexíveis gerou uma transferência de carga para os apoios periféricos. Observando-se o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical nas fundações (Figura 1.1) fica claro o acréscimo de carga nos apoios periféricos, destacados pelas linhas verticais.

Na Tabela 3.12 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE 1.0. Também são apresentadas as diferenças entre os valores do modelo casca ISE e do modelo casca RIG. Os valores de recalque nos blocos para o modelo de apoios indeslocáveis são os recalques calculados na primeira iteração do programa ISE 1.0.

Tabela 3.12 – Recalque dos apoios do edifício QUA-EST-15PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	1,7	1,9	12	F26	2,3	2,5	11
F02	2,1	2,2	3	F27	7,0	3,5	-51
F03	2,6	2,4	-9	F28	4,8	3,5	-27
F04	2,3	2,3	1	F29	7,2	3,7	-48
F05	2,5	2,5	0	F30	3,0	3,4	14
F06	3,1	2,6	-15	F31	2,1	2,4	18
F07	2,8	2,5	-8	F32	4,5	2,9	-35
F08	2,6	2,5	-4	F33	3,1	2,7	-13
F09	3,0	2,7	-10	F34	2,5	2,7	6
F10	3,3	2,7	-20	F35	5,0	3,7	-26
F11	2,2	2,3	3	F36	4,6	3,6	-22
F12	2,5	2,4	-2	F37	3,0	2,8	-6
F13	2,5	2,4	-7	F38	3,1	2,8	-11
F14	2,4	2,5	6	F39	2,8	2,6	-6
F15	2,8	2,8	-1	F40	2,4	2,9	22
F16	4,1	3,0	-28	F41	4,5	4,4	-2
F17	2,2	2,3	5	F42	4,0	3,1	-23
F18	2,8	2,6	-6	F43	3,5	2,9	-17
F19	3,0	2,6	-15	F44	3,2	2,8	-13
F20	2,4	2,6	6	F45	3,8	3,0	-21
F21	2,7	2,8	5	F46	4,8	3,9	-20
F22	2,8	3,0	7	F47	5,2	3,9	-26
F23	3,3	3,2	-3	F48	2,7	3,1	16
F24	4,7	3,4	-28	F49	3,2	3,1	-2
F25	2,5	2,5	3	F50	3,0	3,0	-1
				F51	2,7	3,1	13

A Tabela 3.13 apresenta algumas informações necessárias para a análise dos recalques do edifício em questão.

Tabela 3.13 – Informações complementares sobre os recalques do edifício QUA-EST-15PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	7,2	4,4	-39
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	5,4	2,5	-55
RECALQUE MÉDIO (mm)	3,3	2,9	-12
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	35	17	-51

As Figuras 3.28 e 3.29 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

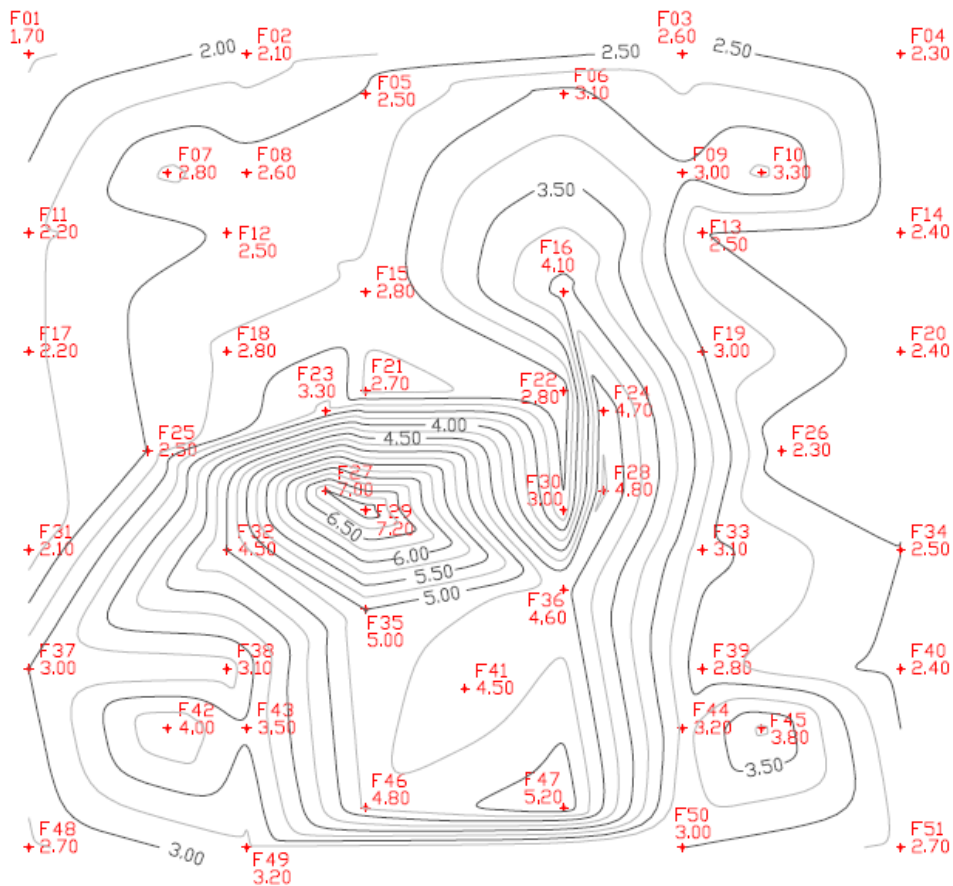


Figura 3.28 – Curvas isorecalque do edifício QUA-EST-15PAV modelado com os apoios indesejáveis.

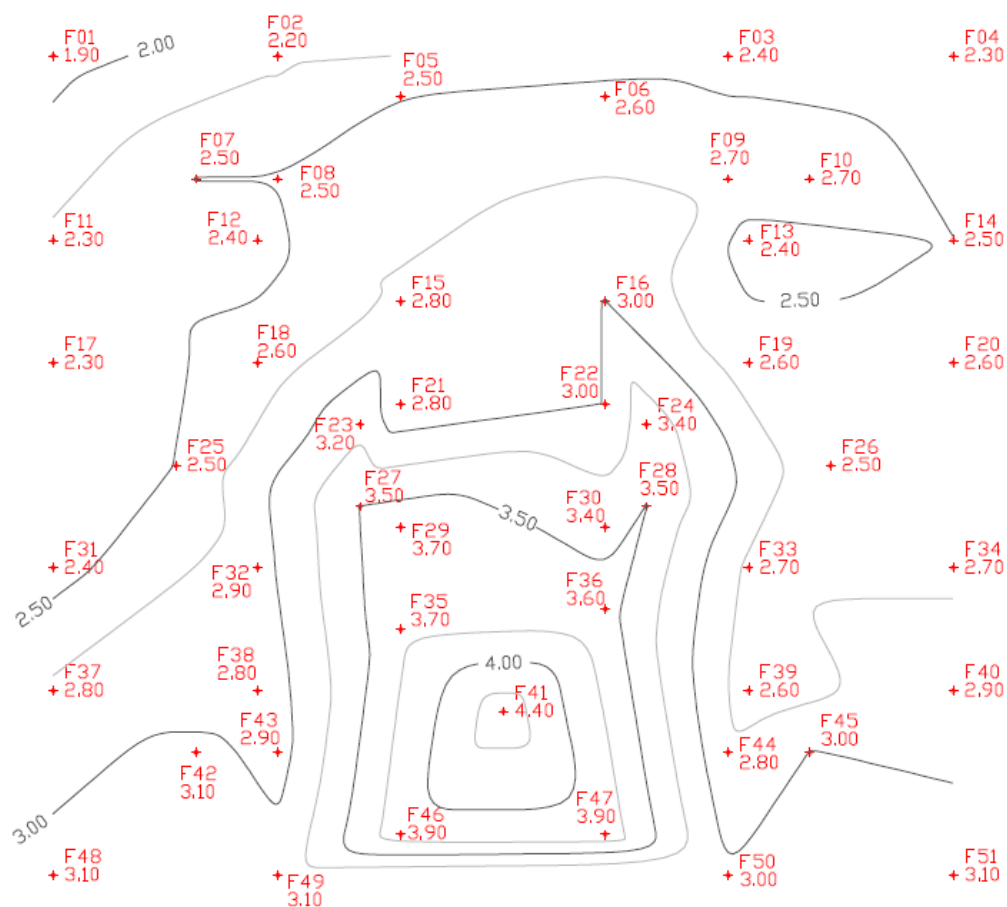


Figura 3.29 – Curvas isorecalque do edifício QUA-EST-15PAV modelado com os apoios flexíveis.

Observe-se que ocorreu uma homogeneização dos recalques dos blocos, com uma redução significativa no coeficiente de variação, passando de 35% para 17% (vide Tabela 3.13). Esse comportamento mostra-se adequado, pois quanto maior a rigidez da edificação maior será a tendência de uniformização dos recalques. A grande redução do recalque máximo e recalque diferencial máximo, de 39% e 55%, respectivamente, também enfatizam esse comportamento.

As figuras abaixo mostram duas linhas de corte (uma horizontal periférica e outra vertical interna) e os respectivos recalques nos blocos de fundação, exemplificando a tendência de homogeneização dos recalques após a consideração da ISE.

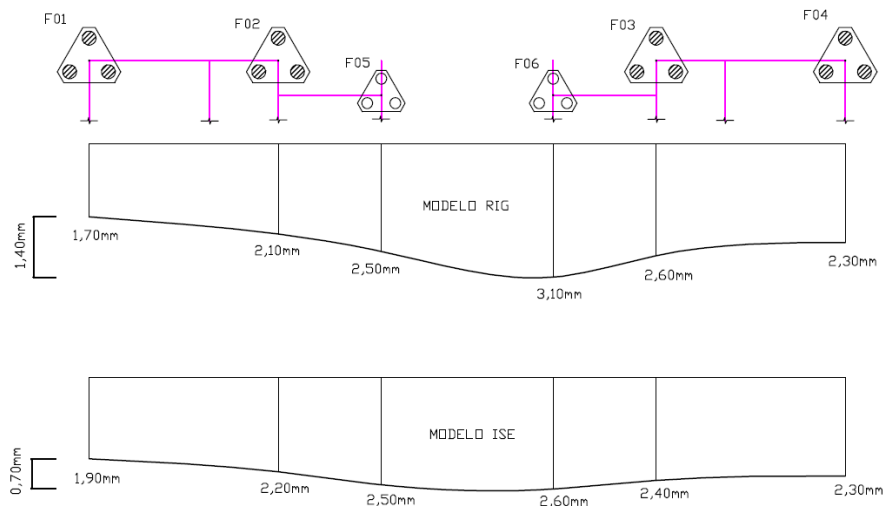


Figura 3.30 – Corte na região periférica.

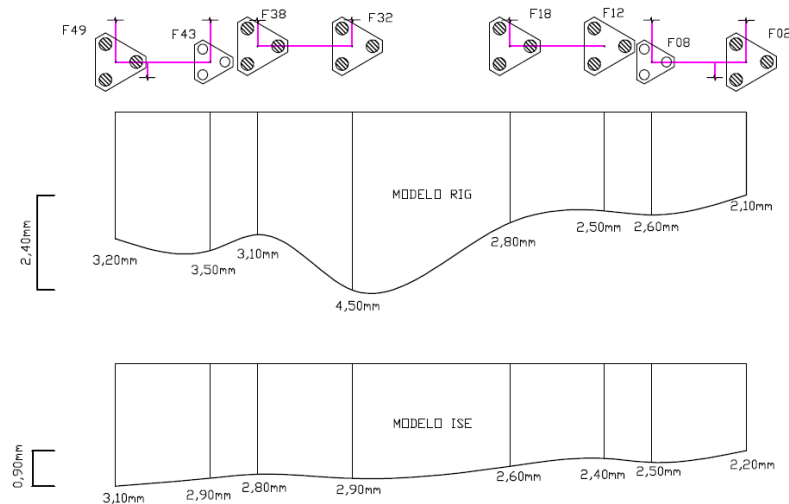


Figura 3.31 – Corte na região interna.

### 3.3.3.2 SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP

A seguir são apresentados os resultados do modelo misto considerando a ISE e comparados com o modelo de referência, casca ISE. Também são analisados os resultados do modelo de apoios simplificados, em que os coeficientes de mola são determinados pelo método do recalque estimado, que consiste basicamente em dividir as reações de cada apoio pelos seus respectivos recalques. Na prática foi considerado o coeficiente de mola obtido na primeira iteração do programa ISE 1.0. Vale lembrar que esse recalque leva em consideração o efeito de grupo.

O modelo misto ISE obteve convergência desejada após cinco iterações.

Na Tabela 3.14 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

Tabela 3.14 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício QUA-EST-15PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	376,0	373,9	-1	360,0	-4	PH45	360,7	366,0	1	379,5	5
PH02	31,0	31,0	0	39,3	27	PH46	30,7	31,0	1	36,4	18
PH03	221,1	223,0	1	234,8	6	PH47	235,0	237,0	1	265,4	13
PH04	206,4	208,0	1	222,0	8	PH48	234,3	238,0	2	255,3	9
PH05	32,4	32,7	1	37,9	17	PH49	34,7	36,0	4	41,2	19
PH06	343,6	351,3	2	341,4	-1	PH50	368,3	362,4	-2	367,0	0
PH07	39,6	43,4	10	35,6	-10	PILAR	945,0	945,0	0	945,0	0
PH08	157,5	152,0	-3	151,9	-4	PV01	1047,5	1031,2	-2	1108,7	6
PH09	156,5	149,0	-5	135,0	-14	PV02	444,9	438,2	-2	404,8	-9
PH10	32,9	38,5	17	34,2	4	PV03	376,3	370,2	-2	355,5	-6
PH11	356,2	377,0	6	296,7	-17	PV04	1115,9	1095,5	-2	1083,6	-3
PH12	233,0	237,9	2	255,7	10	PV05	17,0	14,2	-17	16,0	-6
PH13	504,0	463,6	-8	492,7	-2	PV06	433,1	468,5	8	470,0	9
PH14	508,1	480,8	-5	489,9	-4	PV07	17,0	14,0	-18	11,4	-33
PH15	542,9	519,8	-4	573,0	6	PV08	530,4	535,9	1	549,2	4
PH16	852,8	824,6	-3	839,6	-2	PV09	371,5	350,0	-6	556,3	50
PH17	807,1	788,3	-2	798,7	-1	PV10	715,0	702,3	-2	678,9	-5
PH18	133,0	112,2	-16	100,5	-24	PV11	703,2	702,8	0	751,7	7
PH19	36,0	54,5	51	54,0	50	PV12	820,6	830,3	1	771,7	-6
PH20	136,5	121,8	-11	106,9	-22	PV13	721,1	792,4	10	738,5	2
PH21	55,1	44,7	-19	34,3	-38	PV14	576,6	666,5	16	655,3	14
PH22	323,1	323,1	0	323,1	0	PV15	1854,4	2026,1	9	1979,3	7
PH23	-67,5	-59,0	-13	-21,5	-68	PV16	1843,3	1708,5	-7	1706,8	-7
PH24	-56,5	-54,0	-4	-26,0	-54	PV17	14,3	14,1	-1	12,8	-11
PH25	323,1	323,1	0	323,1	0	PV18	9,9	8,6	-13	16,7	69
PH26	29,5	26,0	-12	9,8	-67	PV19	1937,4	1992,2	3	2018,5	4
PH27	128,3	155,7	21	139,3	9	PV20	1654,9	1594,1	-4	1561,9	-6
PH28	33,2	37,0	12	53,2	60	PV21	549,5	629,8	15	642,5	17
PH29	179,0	161,0	-10	161,3	-10	PV22	831,4	866,9	4	765,8	-8
PH30	137,1	142,1	4	129,4	-6	PV23	630,6	656,8	4	672,6	7
PH31	863,7	832,7	-4	809,9	-6	PV24	821,5	775,7	-6	741,2	-10
PH32	843,0	808,5	-4	810,6	-4	PV25	728,6	718,4	-1	706,7	-3
PH33	74,5	98,2	32	101,9	37	PV26	599,8	561,0	-6	552,5	-8
PH34	351,1	375,2	7	361,1	3	PV27	524,5	548,4	5	536,2	2
PH35	520,1	462,3	-11	469,2	-10	PV28	16,5	12,2	-26	12,4	-25
PH36	556,0	498,9	-10	527,7	-5	PV29	480,7	513,3	7	499,6	4
PH37	294,3	293,5	0	268,0	-9	PV30	18,5	15,2	-18	14,7	-21
PH38	251,9	263,0	4	264,3	5	PV31	1197,2	1177,3	-2	1255,6	5
PH39	36,0	34,5	-4	36,7	2	PV32	379,8	380,4	0	383,8	1
PH40	129,9	119,1	-8	123,4	-5	PV33	364,1	371,0	2	381,1	5
PH41	14,4	16,0	11	-3,1	-121	PV34	1114,3	1128,4	1	1123,0	1
PH42	200,7	203,0	1	232,3	16	SOMA	36819,3	36838,5	---	3644,6	---
PH43	215,2	220,0	2	239,2	11	MÉDIA	---	---	7	---	16
PH44	8,0	5,0	-38	-4,8	-160						

A seguir são apresentados os gráficos com o esforço normal ao longo da parede.



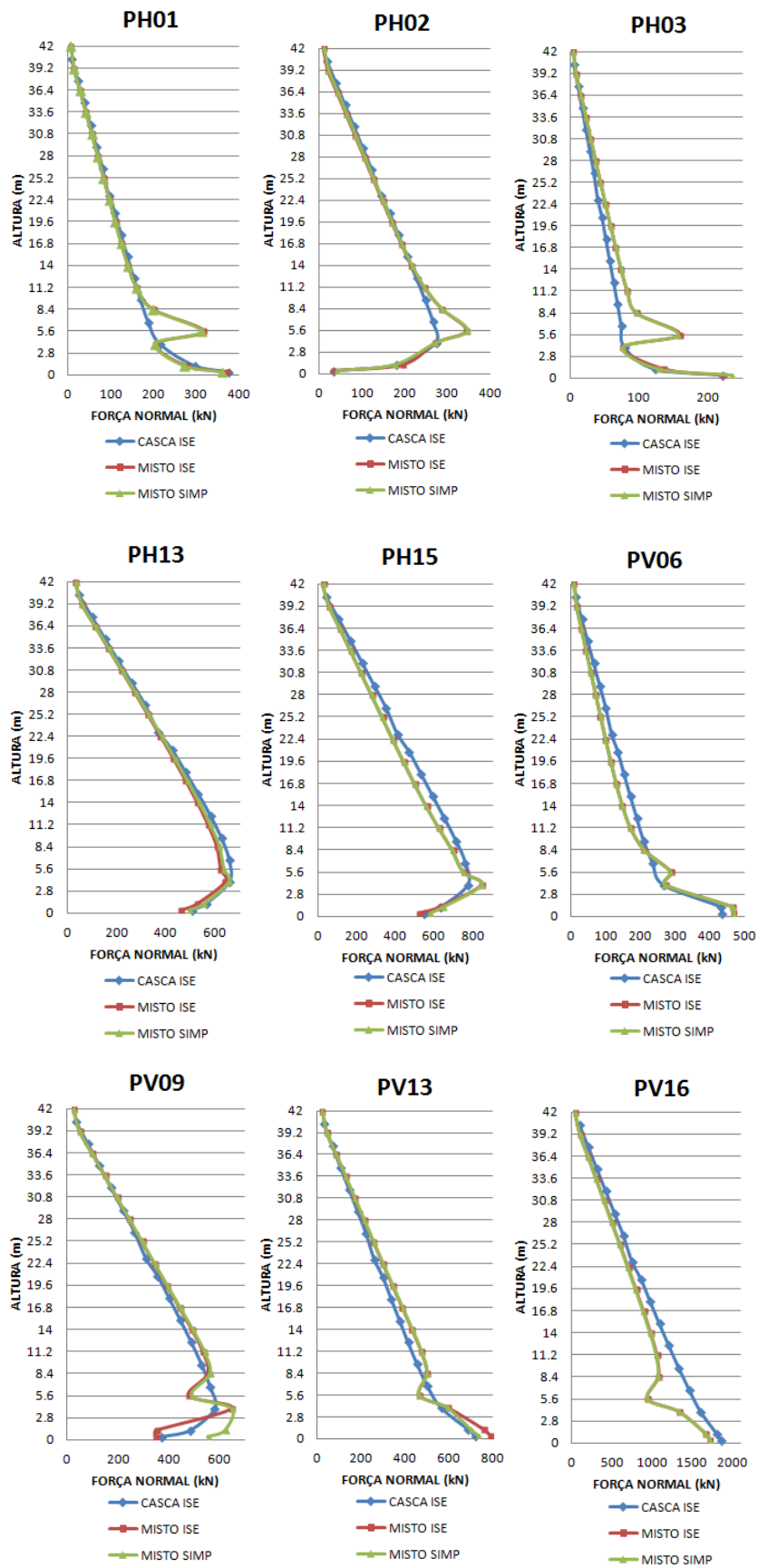


Figura 3.32 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício QUA-EST-15PAV.

Observa-se que os modelos misto ISE e misto SIMP, apesar das simplificações, foram capazes de representar de forma adequada a distribuição de cargas entre as paredes. O modelo misto ISE, em comparação com o modelo de referência (casca ISE), teve diferença média de 7% e apresentou 59% dos resultados considerados como ótimos, 34% bons e apenas 7% ruins, e destes, em sua grande maioria, são paredes com pequenos comprimentos e baixo valor de força normal, pouco significativas para o projeto. Já o modelo misto SIMP apesar de obter média dentro do valor considerado satisfatório, 16%, teve 21% dos seus resultados considerados ruins, porém semelhante ao modelo misto ISE, a maioria dos resultados apresenta magnitude de carga baixa que, conseqüentemente, geram grandes diferenças percentuais, mas de pouca influência no projeto.

Analisando-se os gráficos de distribuição de força normal ao longo da altura da parede percebe-se que a determinação do coeficiente de mola através do método do recalque estimado simplificado é bastante eficiente, pois em sua grande maioria, as paredes analisadas, as curvas de distribuição de esforço normal praticamente coincidem com as do modelo misto ISE.

Os carregamentos dos blocos de fundação do edifício obtidos nos modelos misto ISE e misto SIMP são comparados com os carregamentos obtidos no modelo de referência. Os resultados foram apresentados separadamente. Na Tabela 3.15 encontram-se os resultados para o modelo misto ISE e na Tabela 3.16 os resultados para o modelo misto SIMP.

Tabela 3.15 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-EST-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	925,8	911,9	-2	-51,4	-54,8	6	-51,5	-56,8	10
F02	847,8	857,6	1	-54,1	-56,5	4	37,2	40,7	9
F03	742,0	764,6	3	-25,6	-27,0	5	-12,8	-14,7	15
F04	824,5	833,7	1	-21,8	-23,2	6	20,0	22,6	13
F05	779,3	733,1	-6	-4,5	-3,9	-12	9,1	13,8	51
F06	726,6	702,8	-3	1,9	3,2	66	-16,1	-10,7	-34
F07	711,9	767,8	8	0,0	0,0	0	-177,3	-497,9	181
F08	354,8	344,6	-3	6,4	11,1	73	7,5	5,6	-25
F09	337,4	359,7	7	5,8	8,5	48	-7,9	-8,0	1
F10	717,9	736,8	3	0,0	0,0	0	-5,0	-7,9	60
F11	1171,3	1144,1	-2	0,0	0,0	0	-53,2	-55,2	4
F12	442,8	437,3	-1	-31,3	-35,0	12	31,1	29,1	-6
F13	479,0	470,6	-2	-13,8	-15,9	16	-28,3	-28,6	1
F14	1240,6	1238,2	0	0,0	0,0	0	26,6	27,9	5
F15	977,6	927,9	-5	0,0	0,0	0	-17,3	-18,4	7
F16	762,3	746,7	-2	0,0	0,0	0	7,3	7,8	6
F17	865,5	840,1	-3	31,1	33,5	8	-52,6	-56,9	8
F18	707,8	698,9	-1	31,1	34,0	10	29,6	32,3	9
F19	691,4	685,0	-1	11,6	13,2	14	-12,1	-13,5	12
F20	800,5	794,5	-1	14,0	15,5	11	21,5	23,2	8
F21	753,4	705,1	-6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F22	771,9	750,0	-3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	388,4	445,4	15	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F24	281,8	309,8	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	1019,3	1042,9	2	-6,6	-6,6	0	-82,1	-91,3	11
F26	1089,6	1087,1	0	0,0	0,0	0	57,5	63,6	11
F27	233,9	251,0	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F28	288,5	315,3	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F29	724,1	832,8	15	-5,9	-4,2	-29	0,0	0,0	0
F30	866,5	909,7	5	-4,4	-4,7	5	0,0	0,0	0
F31	1033,0	1001,8	-3	-40,8	-43,9	8	-56,7	-62,8	11
F32	552,0	544,4	-1	-13,5	-15,2	12	14,8	16,2	9
F33	730,8	705,8	-3	-13,2	-13,9	5	-12,9	-14,1	9
F34	830,8	811,1	-2	-16,5	-17,0	3	21,5	22,8	6
F35	1207,8	1305,0	8	0,0	0,0	0	-24,1	-15,7	-35
F36	784,8	817,3	4	0,0	0,0	0	12,3	15,5	26
F37	1126,7	1063,3	-6	-4,6	-5,3	16	-67,4	-41,0	-39
F38	544,5	531,3	-2	29,1	35,6	22	30,7	31,5	3
F39	567,9	523,8	-8	26,5	31,4	19	-33,7	-33,6	0
F40	1343,0	1304,1	-3	-6,2	-5,5	-11	27,0	27,5	2
F41	945,0	945,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	772,0	773,3	0	0,0	0,0	0	-19,9	-17,3	-13
F43	501,2	500,8	0	-7,3	-8,9	23	11,9	11,9	0
F44	518,1	476,2	-8	-8,5	-10,7	27	-14,8	-6,5	-56
F45	781,1	801,9	3	0,0	0,0	0	-53,2	246,7	-564
F46	924,4	949,7	3	0,0	0,0	0	4,3	3,5	0
F47	941,7	966,1	3	0,0	0,0	0	-3,8	-2,5	0
F48	844,8	845,9	0	13,0	14,5	11	-13,8	-15,6	13
F49	838,4	840,4	0	14,6	16,1	10	9,1	9,9	9
F50	834,7	811,6	-3	14,4	15,3	6	-9,7	-10,3	6
F51	869,2	853,0	-2	13,3	14,6	10	13,3	14,8	11
TOTAL	39016,7	39016,7	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	4	---	---	10	---	---	26

Tabela 3.16 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-EST-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	925,8	887,9	-4	-51,4	-55,6	8	-51,5	-56,6	10
F02	847,8	812,7	-4	-54,1	-57,1	6	37,2	38,5	3
F03	742,0	705,4	-5	-25,6	-22,2	-14	-12,8	-17,7	39
F04	824,5	801,3	-3	-21,8	-22,1	1	20,0	23,2	16
F05	779,3	792,2	2	-4,5	-6,6	48	9,1	7,6	-16
F06	726,6	700,8	-4	1,9	-2,8	-245	-16,1	-4,1	-75
F07	711,9	793,3	11	0,0	-0,4	0	-177,3	-34,9	-80
F08	354,8	411,3	16	6,4	14,5	125	7,5	13,1	74
F09	337,4	378,5	12	5,8	11,3	97	-7,9	-6,5	-18
F10	717,9	722,5	1	0,0	0,0	0	-5,0	8,8	0
F11	1171,3	1208,4	3	0,0	0,0	0	-53,2	-49,5	-7
F12	442,8	481,2	9	-31,3	-40,1	28	31,1	36,6	18
F13	479,0	463,9	-3	-13,8	-22,1	60	-28,3	-32,9	16
F14	1240,6	1255,7	1	0,0	0,0	0	26,6	28,7	8
F15	977,6	1025,5	5	0,0	0,0	0	-17,3	-23,1	34
F16	762,3	780,2	2	0,0	0,0	0	7,3	8,3	14
F17	865,5	821,1	-5	31,1	29,9	-4	-52,6	-52,6	0
F18	707,8	773,6	9	31,1	27,7	-11	29,6	30,9	4
F19	691,4	694,6	0	11,6	12,5	8	-12,1	-13,6	12
F20	800,5	821,5	3	14,0	17,6	26	21,5	19,0	-12
F21	753,4	698,9	-7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F22	771,9	712,2	-8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	388,4	406,4	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F24	281,8	293,2	4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	1019,3	989,8	-3	-6,6	0,3	-105	-82,1	-86,9	6
F26	1089,6	1051,7	-3	0,0	0,0	0	57,5	72,3	26
F27	233,9	217,3	-7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F28	288,5	303,2	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F29	724,1	678,8	-6	-5,9	-4,0	-33	0,0	0,0	0
F30	866,5	903,9	4	-4,4	-10,7	141	0,0	0,0	0
F31	1033,0	960,5	-7	-40,8	-46,9	15	-56,7	-71,1	25
F32	552,0	570,8	3	-13,5	-9,7	-28	14,8	10,5	-29
F33	730,8	729,4	0	-13,2	-17,1	29	-12,9	-18,1	40
F34	830,8	844,8	2	-16,5	-19,1	16	21,5	25,0	17
F35	1207,8	1152,5	-5	0,0	0,0	0	-24,1	-14,7	-39
F36	784,8	753,9	-4	0,0	0,0	0	12,3	14,7	20
F37	1126,7	1179,4	5	-4,6	-17,8	289	-67,4	-35,0	-48
F38	544,5	494,2	-9	29,1	22,9	-21	30,7	20,4	-34
F39	567,9	502,3	-12	26,5	24,3	-8	-33,7	-23,4	-30
F40	1343,0	1465,6	9	-6,2	-18,8	202	27,0	35,7	32
F41	945,0	945,0	0	0,0	0,0	0	0,0	-0,3	0
F42	772,0	771,1	0	0,0	0,0	0	-19,9	-5,3	-74
F43	501,2	429,8	-14	-7,3	-7,2	-1	11,9	13,0	10
F44	518,1	433,4	-16	-8,5	-7,6	-10	-14,8	-13,9	-6
F45	781,1	779,5	0	0,0	0,0	0	-53,2	4,7	-109
F46	924,4	935,3	1	0,0	0,4	0	4,3	2,6	0
F47	941,7	921,5	-2	0,0	0,5	0	-3,8	-2,2	0
F48	844,8	929,2	10	13,0	17,9	38	-13,8	-14,2	3
F49	838,4	860,9	3	14,6	15,1	3	9,1	10,7	18
F50	834,7	844,7	1	14,4	15,2	6	-9,7	-11,3	16
F51	869,2	925,5	6	13,3	17,2	29	13,3	13,2	-1
TOTAL	39016,7	39016,7	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	5	---	---	32	---	---	20

O carregamento resultante na fundação foi bem representado pelos modelos misto. Os modelos apresentaram ótimos resultados, com diferença média para o carregamento vertical abaixo de 5%. Além disso, todos os resultados do carregamento vertical ficaram dentro do limite estabelecido de 18%, ou seja, são considerados satisfatórios.

Apesar de elevadas, as diferenças médias nos momentos, nas duas direções, tiveram seus resultados ampliados devido à baixa magnitude dos seus valores, sendo irrelevantes para o projeto.

Na Tabela 3.17 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE 1.0. Também são apresentadas as diferenças entre os valores dos modelos misto ISE e misto SIMP em relação ao modelo de referência.

Tabela 3.17 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício QUA-EST-15PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	1,9	1,9	0	1,9	-2	F26	2,5	2,5	0	2,5	0
F02	2,2	2,2	1	2,1	-1	F27	3,5	3,9	11	3,6	3
F03	2,4	2,5	3	2,3	-2	F28	3,5	3,8	10	4,0	15
F04	2,3	2,3	2	2,2	-3	F29	3,7	4,2	12	3,8	1
F05	2,5	2,5	-3	2,5	-3	F30	3,4	3,7	7	3,8	10
F06	2,6	2,6	-1	2,6	-1	F31	2,4	2,4	-1	2,3	-4
F07	2,5	2,5	1	2,6	4	F32	2,9	2,9	0	2,9	0
F08	2,5	2,5	0	2,5	2	F33	2,7	2,6	-4	2,6	-3
F09	2,7	2,7	1	2,8	3	F34	2,7	2,6	-3	2,6	-2
F10	2,7	2,7	2	2,8	4	F35	3,7	3,9	8	3,8	4
F11	2,3	2,3	-1	2,3	0	F36	3,6	3,8	7	3,7	5
F12	2,4	2,4	0	2,5	1	F37	2,8	2,9	2	3,0	4
F13	2,4	2,3	0	2,3	0	F38	2,8	2,8	-1	2,7	-3
F14	2,5	2,5	0	2,6	0	F39	2,6	2,5	-3	2,5	-5
F15	2,8	2,7	-2	2,8	0	F40	2,9	2,8	-4	3,1	6
F16	3,0	2,9	-2	3,0	1	F41	4,4	4,4	0	4,4	0
F17	2,3	2,3	-1	2,2	-2	F42	3,1	3,1	0	3,1	2
F18	2,6	2,6	0	2,7	2	F43	2,9	2,9	0	2,8	-5
F19	2,6	2,6	-1	2,6	0	F44	2,8	2,8	-2	2,6	-7
F20	2,6	2,6	0	2,6	2	F45	3,0	2,9	-3	3,0	-2
F21	2,8	2,7	-3	2,6	-6	F46	3,9	4,2	8	4,5	17
F22	3,0	2,8	-4	2,7	-8	F47	3,9	4,1	7	4,3	11
F23	3,2	3,4	8	3,5	10	F48	3,1	2,9	-6	3,1	1
F24	3,4	3,7	10	3,9	14	F49	3,1	3,1	-1	3,2	3
F25	2,5	2,6	1	2,6	1	F50	3,0	2,9	-3	3,0	-1
						F51	3,1	2,8	-8	3,0	-4

Tabela 3.18 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício QUA-EST-15PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	4,4	4,4	0	4,5	3
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	2,5	2,5	1	2,6	7
RECALQUE MÉDIO (mm)	2,9	2,9	1	2,9	2
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	17	21	18	21	18

A Figura 3.33 apresentam a comparação das curvas isorecalque entre o modelo misto ISE e o modelo casca ISE. E a Figura 3.34 apresenta a comparação das curvas isorecalque entre o modelo misto SIMP e o modelo casca ISE.

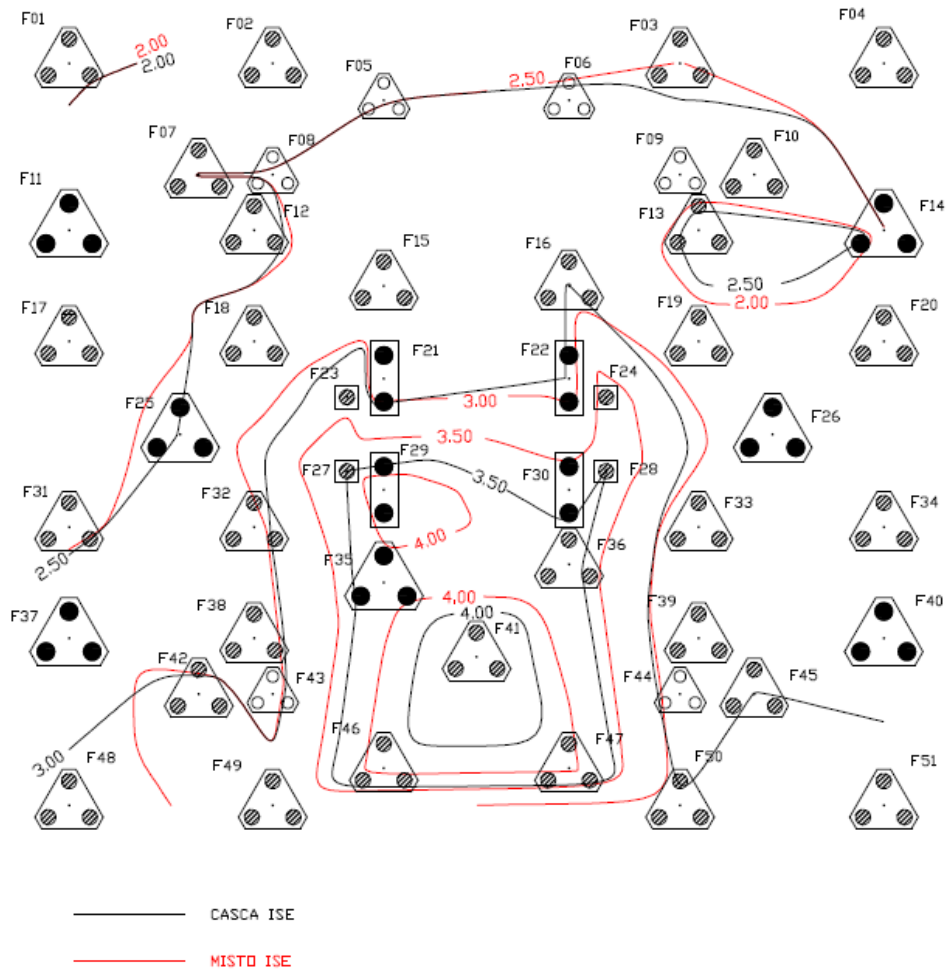


Figura 3.33 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-EST-15PAV.

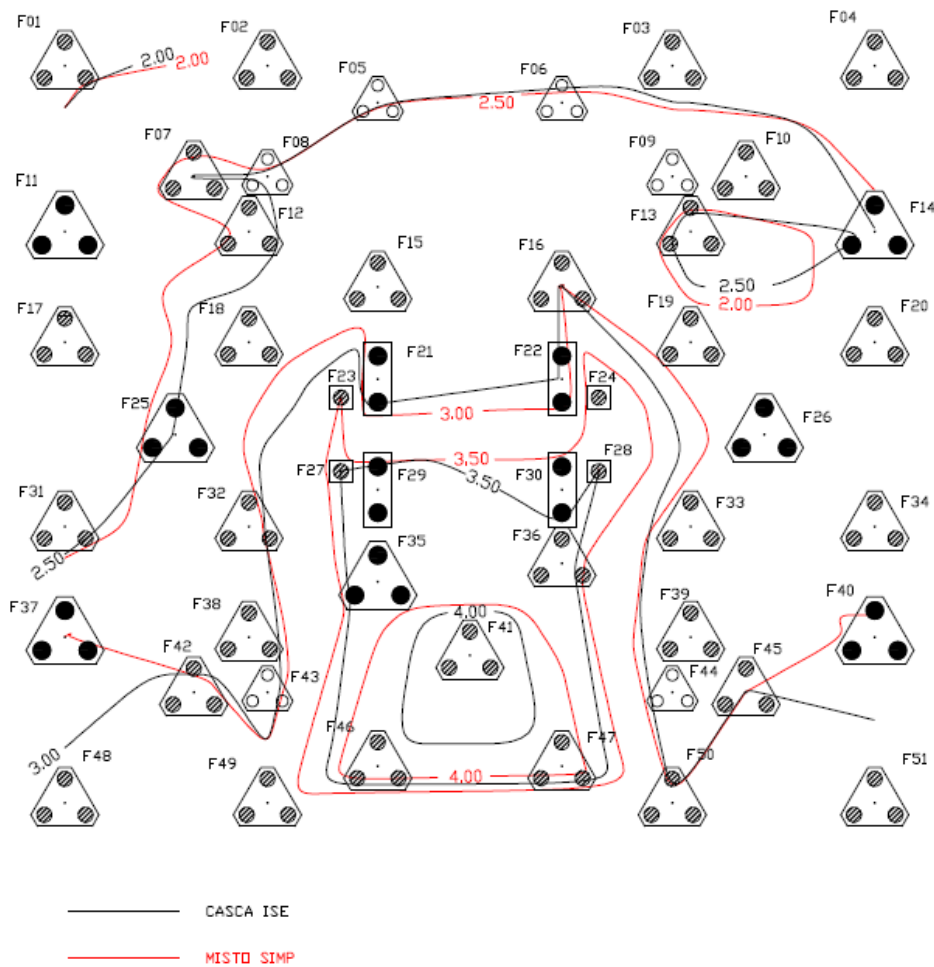


Figura 3.34 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casco ISE e misto SIMP do edifício QUA-EST-15PAV.

O modelo misto ISE apresentou ótimos resultados quando comparado ao modelo de referência. Os valores de recalque máximo e recalque diferencial máximo tiveram diferenças inferiores a 1%. O recalque médio se manteve bem próximo do encontrado no modelo de casco ISE, divergindo apenas 1%. A comparação das curvas isorecalque na Figura 3.33 evidencia essa proximidade dos resultados.

Os resultados dos recalques dos blocos de fundação do modelo misto SIMP tiveram uma dispersão ligeiramente superior, porém apresentando valores satisfatórios. Ocorreu uma boa aproximação dos valores de recalque máximo e médio, com diferenças de 3% e 2%, respectivamente. Porém ocorreu um leve acréscimo no recalque diferencial máximo, divergindo 7% e no coeficiente de variação que aumentou 26%.

Percebe-se que este modelo, a despeito das simplificações adotadas, é suficientemente preciso para aplicações práticas.

### 3.3.4 RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. PROFUNDA

#### 3.3.4.1 PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE

Neste item são avaliados os efeitos da interação solo-estrutura no modelo discretizado em elementos de casca e que representa o edifício com planta baixa quadrada e com 10 pavimentos com fundação profunda (QUA-EST-10PAV). Para tanto, serão apresentadas as comparações entre os modelo casca RIG e os modelo casca ISE. O modelo do edifício em questão obteve convergência desejada após cinco iterações.

Na Tabela 3.19 foram comparados os esforços das paredes do edifício.

Tabela 3.19 - Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício QUA-EST-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	191,8	321,8	68	PH45	198,2	309,5	56
PH02	22,6	32,0	41	PH46	23,0	26,4	15
PH03	123,5	162,1	31	PH47	128,4	131,6	2
PH04	120,2	158,9	32	PH48	123,1	164,6	34
PH05	24,0	24,8	3	PH49	25,1	26,8	7
PH06	200,1	268,0	34	PH50	204,0	276,7	36
PH07	37,3	28,6	-23	PILAR	630,0	630,0	0
PH08	103,1	117,0	14	PV01	654,3	749,2	15
PH09	107,7	109,6	2	PV02	195,6	307,6	57
PH10	34,6	23,5	-32	PV03	195,9	262,3	34
PH11	211,5	150,6	-29	PV04	645,0	886,7	37
PH12	207,4	134,8	-35	PV05	11,2	9,7	-13
PH13	356,5	359,9	1	PV06	231,9	259,7	12
PH14	361,6	347,5	-4	PV07	11,3	8,9	-22
PH15	436,7	358,6	-18	PV08	398,5	326,4	-18
PH16	540,0	537,4	0	PV09	393,5	316,8	-19
PH17	540,9	555,9	3	PV10	509,8	361,4	-29
PH18	84,7	69,6	-18	PV11	505,0	390,5	-23
PH19	39,2	17,4	-56	PV12	475,9	591,6	24
PH20	85,1	79,2	-7	PV13	462,7	408,7	-12
PH21	69,0	13,8	-80	PV14	458,0	356,3	-22
PH22	214,9	214,9	0	PV15	1453,9	1177,2	-19
PH23	-61,2	-34,9	-43	PV16	1070,3	1112,6	4
PH24	-55,5	-33,9	-39	PV17	22,5	4,6	-80
PH25	214,9	214,9	0	PV18	15,2	10,2	-33
PH26	62,8	20,9	-67	PV19	1304,6	1381,3	6
PH27	134,7	69,3	-49	PV20	1105,7	1150,9	4
PH28	26,3	25,3	-4	PV21	456,6	401,4	-12
PH29	136,7	121,1	-11	PV22	463,3	506,3	9
PH30	140,0	73,3	-48	PV23	452,3	391,0	-14
PH31	539,0	561,8	4	PV24	485,5	439,4	-9
PH32	542,1	582,3	7	PV25	483,0	422,3	-13
PH33	66,3	61,6	-7	PV26	401,8	329,9	-18
PH34	299,7	197,9	-34	PV27	395,4	354,4	-10
PH35	358,8	311,9	-13	PV28	11,2	8,6	-23
PH36	364,8	372,5	2	PV29	234,2	273,3	17
PH37	214,4	224,6	5	PV30	11,2	10,1	-10
PH38	210,0	179,4	-15	PV31	684,7	855,5	25
PH39	28,0	28,7	3	PV32	210,1	267,2	27
PH40	96,9	97,3	0	PV33	209,3	261,4	25
PH41	37,0	34,3	-7	PV34	674,5	792,6	18
PH42	143,6	165,4	15	SOMA	24424,5	24484,2	---
PH43	153,9	162,7	6	MÉDIA	---	---	22
PH44	33,2	10,3	-69				



De maneira geral ocorreu uma redistribuição dos esforços em todas as paredes do edifício, cuja a média é de 22% e diferença máxima de 80%.

Analisando as paredes de fachada (PH01, PH02, PH03, PH04, PH05, PH06, PH45, PH46, PH47, PH48, PH49, PH50, PV01, PV02, PV03, PV04, PV31, PV32, PV33, PV34) constata-se que todas obtiveram acréscimo de força normal, em média de 30%.

A Figura 3.35 apresenta os diagramas de força normal das paredes analisadas. Os valores percentuais indicam as diferenças das forças normais entre os modelos casca RIG e casca ISE.

Analisando a Figura 3.35 observa-se maior influência da interação solo estrutura nos dois primeiros pavimentos, pois as diferenças entre os valores dos esforços normais nestes pavimentos são maiores que as encontradas nos pavimentos mais elevados.

Ao compararmos os diagramas de força normal das paredes do modelo em questão com o seu respectivo modelo com 15 pavimentos (QUA-EST-15PAV) observa-se que a redução de pavimentos não modifica a tendência de redistribuição de carga, ou seja, as paredes do modelo com 15 pavimentos que aumentam de carga após a ISE também aumentam de carga no modelo com 10 pavimentos, porém em diferentes proporções.

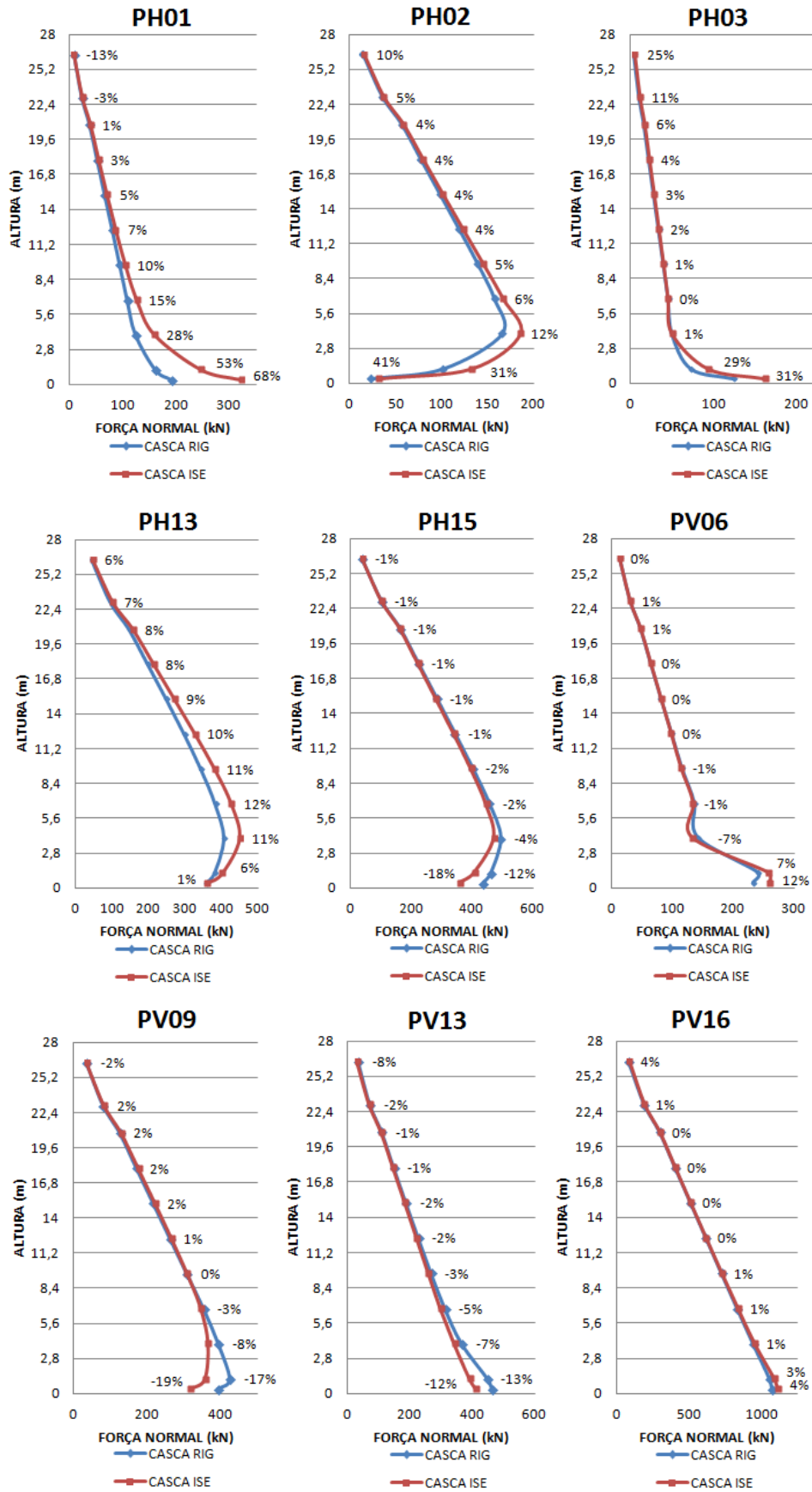


Figura 3.35 – Diagrama de força normal das paredes do edifício QUA-EST-10PAV.

A seguir são apresentados os diagramas de esforço cortante e momento fletor para as vigas VB01, VB07, VB36 e VB45.

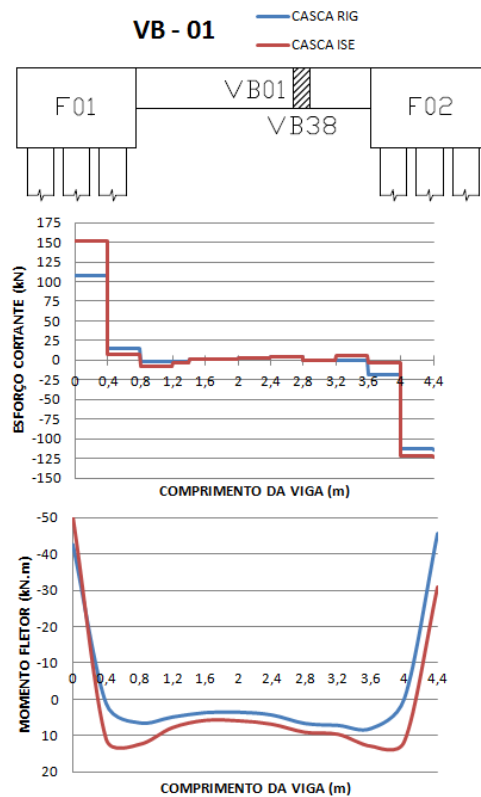


Figura 3.36 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício QUA-EST-10PAV.

As paredes PH01, PH02 e PH03, que se apoiam na viga VB01, apresentaram acréscimo de força normal de 68%, 41% e 31%, respectivamente. Consequentemente o esforço cortante da viga, próximo aos apoios F01 e F02 aumentaram 42% e 9%, nesta ordem, após a flexibilização dos apoios.

Analisando o diagrama de momento fletor percebe-se que a consideração da interação solo-estrutura gerou um aumento do momento fletor positivo de aproximadamente duas vezes, nas regiões próximas aos apoios, onde apoiam-se as paredes PH01 e PH03. O momento fletor negativo em F01 cresceu 18%, enquanto no apoio F02 diminuiu 32%.

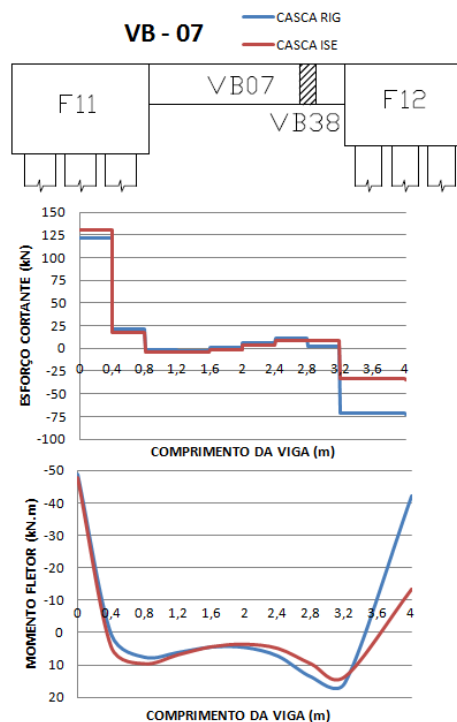


Figura 3.37 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB07 do edifício QUA-EST-10PAV.

O esforço cortante no apoio F11 aumentou apenas 7%, já no apoio F12 observa-se uma redução significativa, de 52%. A diferença do momento fletor negativo em F11 foi praticamente nula, -2%, enquanto em F12 apresentou redução de 68%. Os momentos positivos apresentaram baixa variação.

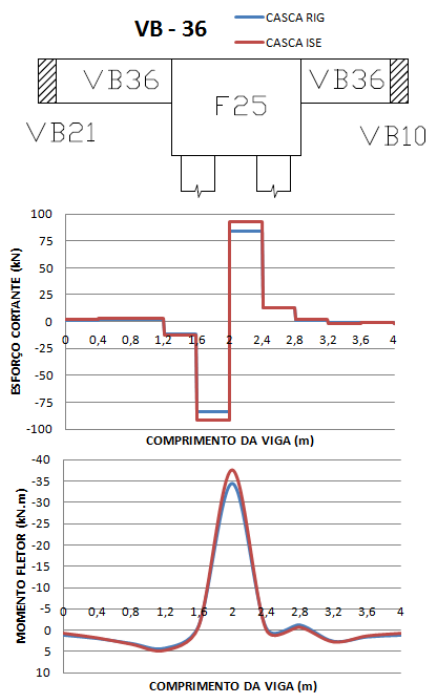


Figura 3.38 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB36 do edifício QUA-EST-10PAV.

A viga VB36 suporta paredes com grandes aberturas de janelas e tem a maior parte de sua carga concentrada na região central, por cauda da parede PV06 que se apoia diretamente em F25.

Após a flexibilização dos apoios a parede PV06 apresentou um leve acréscimo de força normal, de 12%. Analisando os diagramas, observa-se a mesma tendência, com acréscimo de 10% no esforço cortante e 9% no momento fletor negativo.

A viga VB45 suporta a parede PV16 que não tem abertura e apresentou um leve acréscimo de força normal, de 4%, após a consideração da interação solo estrutura.

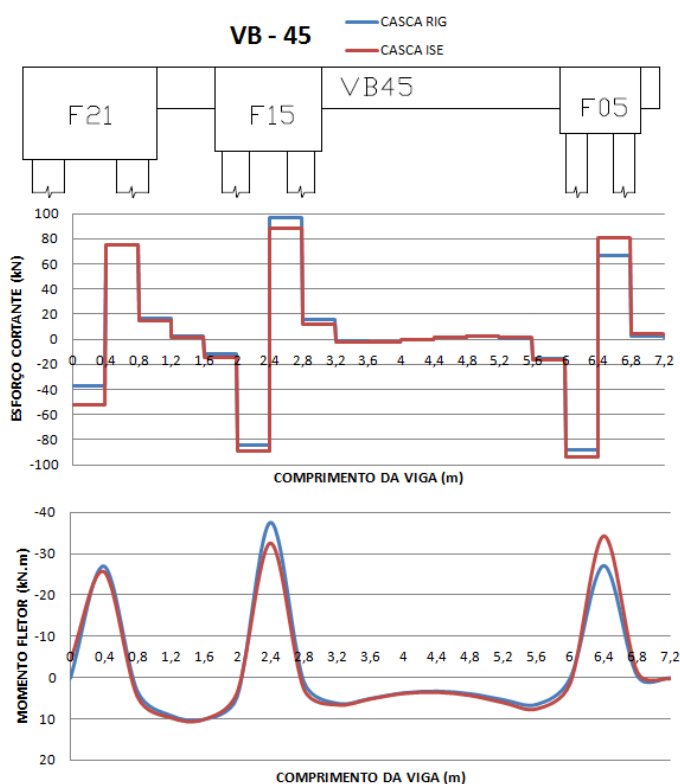


Figura 3.39 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB45 do edifício QUA-EST-10PAV.

As maiores diferenças nos esforços da viga ocorreram no apoio F05 com aumento de 22% no esforço cortante e 26% no momento fletor negativo. O momento fletor positivo se manteve praticamente inalterado.

Os carregamentos dos blocos de fundação do edifício obtidos no modelo de casca com os apoios indeslocáveis foram comparados com os carregamentos obtidos no modelo de casca sobre apoios flexíveis.

Tabela 3.20 – Carregamento das fundações do edifício QUA-EST-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	488,7	803,8	64	-46,3	-47,6	3	-44,8	-50,3	12
F02	506,5	628,9	24	-44,4	-52,3	18	47,5	27,8	-42
F03	493,5	587,2	19	-43,2	-35,6	-17	-47,4	-16,1	-66
F04	514,7	651,8	27	-48,6	-20,3	-58	46,2	22,2	-52
F05	493,4	551,7	12	-8,4	-2,0	-76	22,7	12,2	-46
F06	504,4	525,5	4	-8,6	0,0	-100	-23,6	-7,2	-70
F07	582,3	453,9	-22	9,7	0,0	-100	-29,0	-25,1	-14
F08	290,8	133,7	-54	42,3	0,0	-100	17,6	0,0	-100
F09	281,6	138,6	-51	41,2	0,0	-100	-16,8	0,0	-100
F10	581,1	475,8	-18	11,2	0,0	-100	27,5	-6,2	-123
F11	741,1	894,2	21	12,0	0,0	-100	-51,6	-48,5	-6
F12	326,1	239,7	-26	-44,6	-10,9	-76	41,9	12,4	-70
F13	311,2	237,2	-24	-42,8	-3,2	-92	-39,1	-11,5	-71
F14	773,6	861,5	11	12,4	0,0	-100	51,8	42,7	-18
F15	636,3	579,8	-9	8,6	0,0	-100	-40,6	-7,9	-81
F16	669,4	593,3	-11	8,8	0,0	-100	41,4	11,9	-71
F17	469,1	610,2	30	34,9	29,5	-15	-47,4	-50,9	7
F18	546,6	388,5	-29	44,8	20,2	-55	50,3	17,4	-65
F19	515,9	456,9	-11	42,5	17,7	-58	-48,9	-12,0	-75
F20	500,3	592,6	18	37,3	16,3	-56	49,0	27,0	-45
F21	396,4	398,9	1	12,4	0,0	-100	-34,0	0,0	-100
F22	408,4	466,7	14	13,0	0,0	-100	34,0	0,0	-100
F23	265,7	256,3	-4	-39,0	0,0	-100	-2,6	0,0	-100
F24	266,5	213,2	-20	-39,1	0,0	-100	2,7	0,0	-100
F25	588,9	612,1	4	0,0	0,0	0	-72,1	-65,2	-10
F26	588,9	641,0	9	0,0	0,0	0	71,0	61,0	-14
F27	271,7	132,2	-51	39,5	0,0	-100	-6,2	0,0	-100
F28	267,9	217,2	-19	39,3	0,0	-100	3,7	0,0	-100
F29	786,9	391,5	-50	-30,3	0,0	-100	-60,8	0,0	-100
F30	498,2	608,6	22	-10,8	-3,9	-64	40,7	0,0	-100
F31	466,6	736,5	58	-34,9	-35,1	0	-47,3	-55,3	17
F32	546,9	296,7	-46	-45,0	-5,8	-87	50,3	11,3	-77
F33	516,7	501,0	-3	-42,6	-17,1	-60	-49,0	-13,7	-72
F34	502,8	596,7	19	-37,5	-16,6	-56	49,2	25,4	-48
F35	922,2	658,7	-29	-7,3	0,0	-100	-62,5	-19,2	-69
F36	587,6	521,7	-11	-20,0	0,0	-100	52,5	29,3	-44
F37	744,0	691,3	-7	-12,6	0,0	-100	-51,9	-42,4	-18
F38	332,1	265,9	-20	45,3	22,9	-49	42,4	18,1	-57
F39	313,0	236,3	-25	43,1	13,6	-68	-39,2	-15,0	-62
F40	782,5	939,9	20	-12,6	-2,4	-81	52,2	43,4	-17
F41	630,0	630,0	0	0,0	0,0	0	-10,0	0,0	-100
F42	588,9	532,6	-10	-10,4	0,0	-100	-29,5	-69,0	134
F43	295,8	236,8	-20	-43,3	-2,1	-95	17,9	10,1	-43
F44	286,9	224,1	-22	-42,1	-2,6	-94	-16,9	-9,7	-42
F45	589,9	483,1	-18	-11,7	0,0	-100	27,8	26,9	-3
F46	701,3	767,0	9	17,2	0,0	-100	28,5	3,9	-86
F47	744,5	760,4	2	20,4	0,0	-100	-30,8	-3,1	-90
F48	504,2	733,4	45	47,3	13,2	-72	-46,4	-11,4	-75
F49	526,5	700,2	33	45,9	190,3	315	49,2	13,7	-72
F50	504,7	642,3	27	44,2	57,4	30	-48,4	-15,9	-67
F51	524,5	680,7	30	49,6	27,9	-44	47,1	19,6	-58
TOTAL	26177,8	26177,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	22	---	---	77	---	---	63

De maneira geral ocorreu uma redistribuição de carregamento nas fundações do edifício, com média do desvio absoluto de 22%. Também observa-se uma tendência de redução dos momentos atuantes nas fundações, com boa parte dos valores sendo anulados.

Após a análise da interação solo-estrutura percebe-se uma real tendência de migração de carga para os apoios periféricos. Ao observar o gráfico de dispersão dos valores de carga

vertical, onde se destaca as fundações periféricas por linhas verticais, percebe-se que todas as fundações destacadas, exceto F37, apresentaram um aumento significativo em seu valor, com média de 27%.

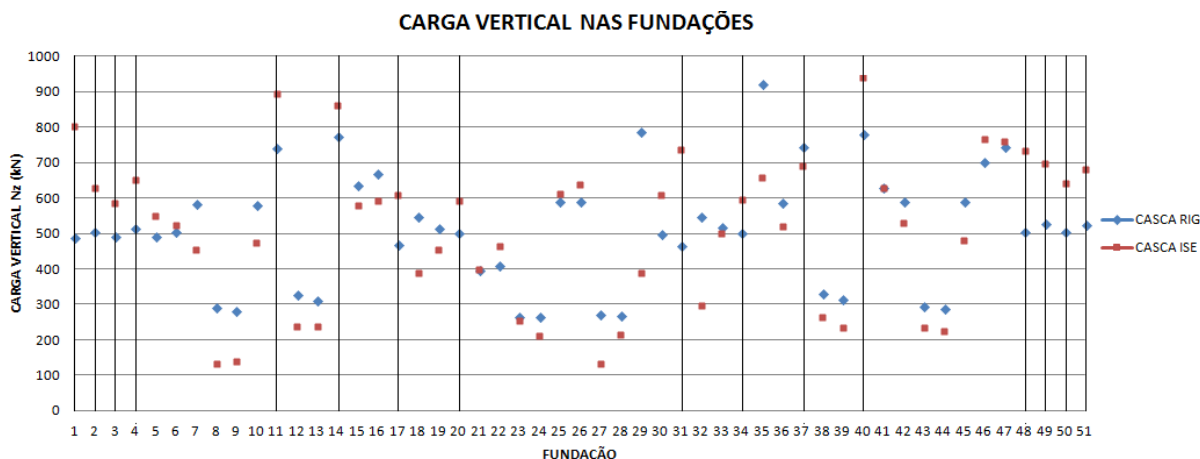


Figura 3.40 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício QUA-EST-10PAV.

Na Tabela 3.21 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE 1.0. Também são apresentadas as diferenças entre os valores do modelo casca ISE e do modelo casca RIG. Os valores de recalque nos blocos para o modelo de apoios indesejáveis são os recalques calculados na primeira iteração do programa ISE 1.0. Na Tabela 3.22 apresentam-se algumas informações adicionais.

Tabela 3.21 - Recalque dos apoios do edifício QUA-EST-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	1,5	1,8	17	F26	1,8	1,9	1
F02	1,9	1,9	4	F27	4,2	3,0	-28
F03	1,7	1,8	6	F28	3,1	2,5	-20
F04	1,3	1,6	23	F29	3,9	3,2	-18
F05	2,1	2,3	7	F30	2,3	2,4	5
F06	2,1	2,2	1	F31	1,8	2,0	9
F07	2,4	2,3	-4	F32	3,0	2,6	-11
F08	2,4	2,2	-8	F33	2,1	1,9	-6
F09	2,6	2,4	-7	F34	1,6	1,8	14
F10	2,2	2,0	-11	F35	3,2	3,0	-8
F11	1,9	2,0	5	F36	2,8	2,6	-6
F12	2,3	2,3	-3	F37	2,4	2,4	-2
F13	2,1	2,0	-5	F38	2,5	2,4	-3
F14	1,7	1,8	5	F39	2,2	2,1	-4
F15	2,4	2,4	-2	F40	1,6	1,8	11
F16	2,6	2,3	-13	F41	2,5	2,5	0
F17	1,9	2,0	5	F42	2,5	2,4	-3
F18	2,5	2,4	-4	F43	2,5	2,4	-5
F19	2,2	2,0	-11	F44	2,3	2,2	-6
F20	1,6	1,7	3	F45	2,3	2,1	-6
F21	2,4	2,4	-1	F46	2,5	2,8	11
F22	2,2	2,2	0	F47	2,6	2,6	2
F23	2,6	2,6	-1	F48	1,6	2,2	36
F24	3,1	2,5	-21	F49	2,0	2,0	-1
F25	2,2	2,2	0	F50	1,9	1,9	2
				F51	1,6	1,7	6

Tabela 3.22 – Informações complementares sobre os recalques do edifício QUA-EST-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	4,2	3,2	-24
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	2,9	1,6	-46
RECALQUE MÉDIO (mm)	2,3	2,2	-3
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	24	16	-35

A análise da interação solo-estrutura mostra uma tendência de redução, tanto do recalque máximo, de 24%, quanto do recalque diferencial máximo, de 46%. O recalque médio se manteve praticamente inalterado, com uma pequena variação de -3%, o que mostra uma tendência de transferência de carregamento das fundações mais carregadas para as menos carregadas.

As Figuras 3.41 e 3.42 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

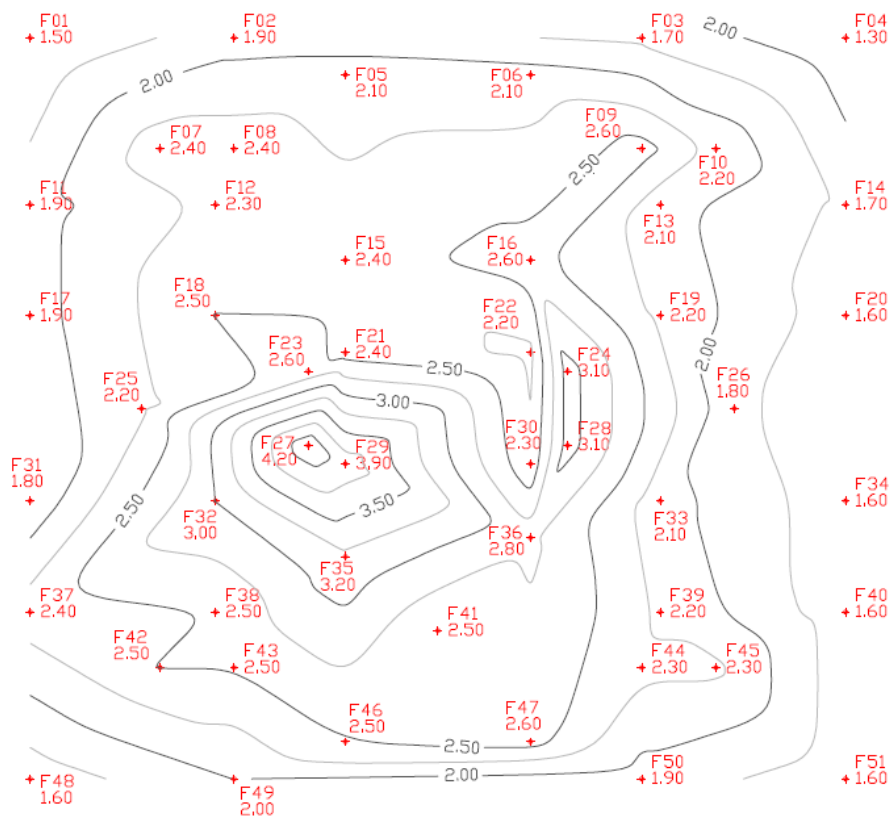


Figura 3.41 – Curvas isorecalque do edifício QUA-EST-10PAV modelado com os apoios indeslocáveis.



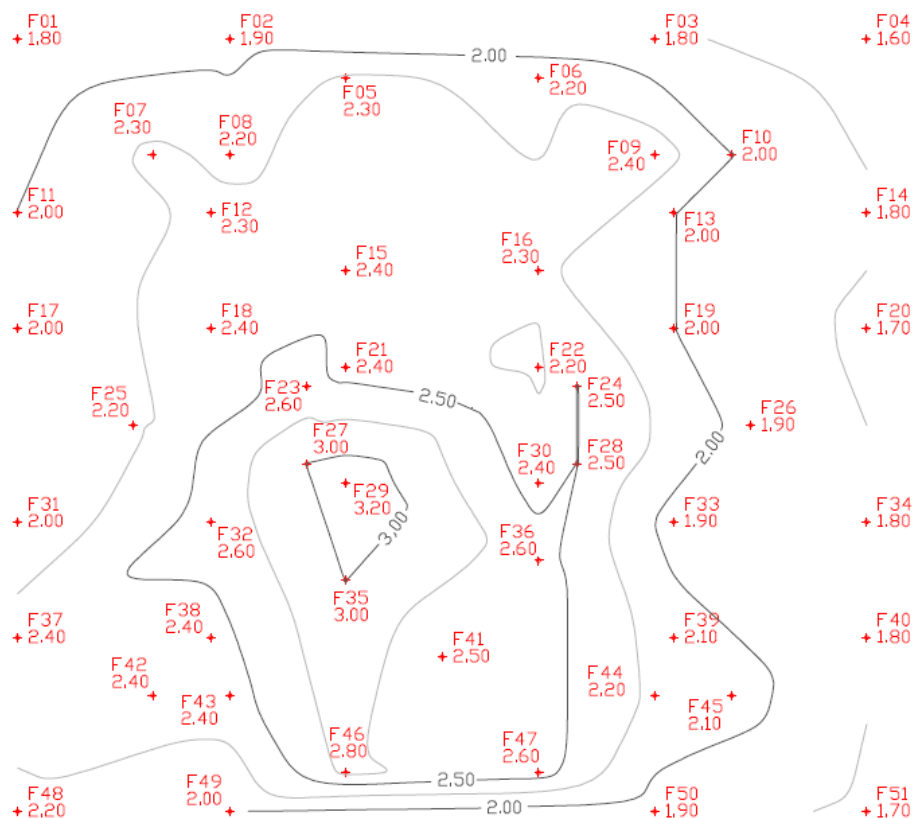


Figura 3.42 – Curvas isorecalque do edifício QUA-EST-10PAV modelado com os apoios flexíveis.

Analisando as curvas de isorecalque nota-se uma tendência de homogeneização dos recalques. Ocorreu uma redução dos maiores recalques, principalmente na região próxima aos apoios F27, F29 e F35. A redução no coeficiente de variação, que passou de 26% para 16%, evidencia esse comportamento.

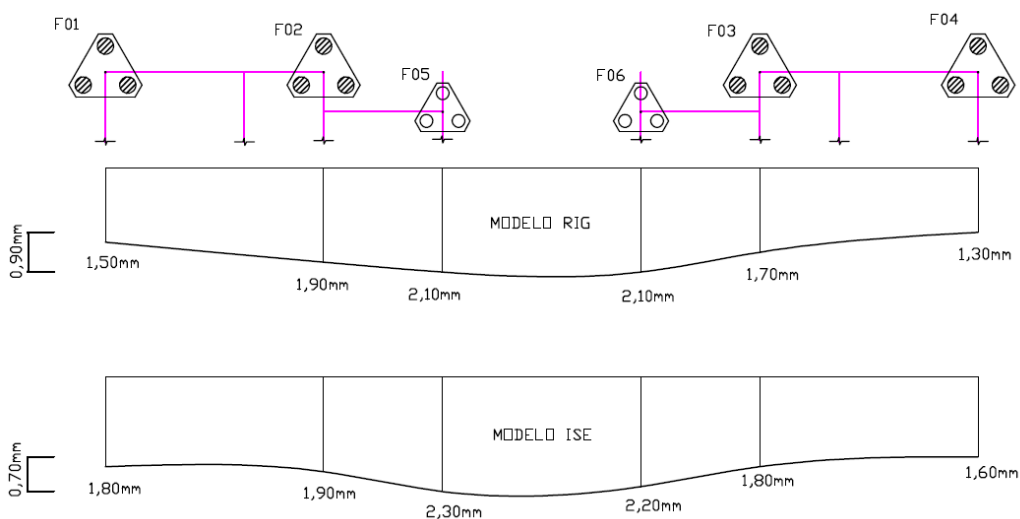


Figura 3.43 – Corte na região periférica.

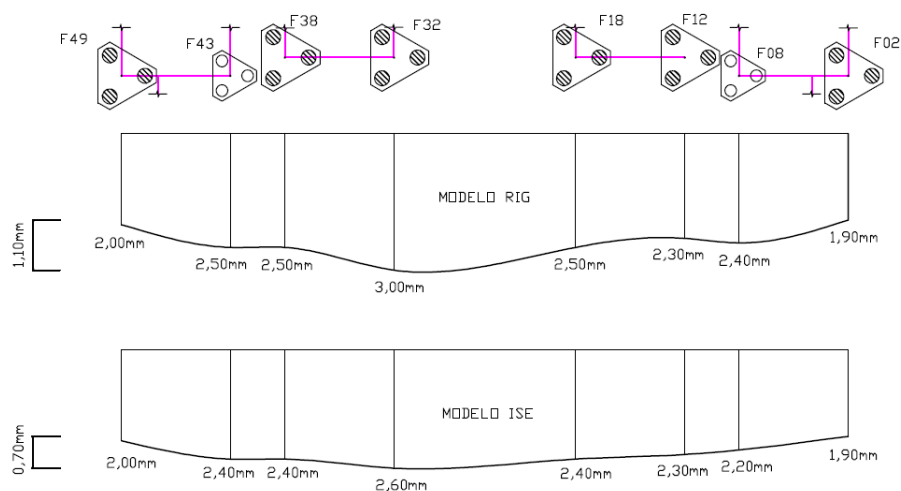


Figura 3.44 – Corte na região interna.

Analisando os cortes apresentados nas figuras acima, percebe-se um aumento do recalque de todas as fundações do corte periférico (Figura 3.43), porém uma suave redução no recalque diferencial, passando de 0,9mm para 0,7mm. Já o corte interno (Figura 3.44) apresentou uma redução do recalque de todas as fundações, exceto as duas fundações periféricas (F49 e F02) que mantiveram os seus valores.

### 3.3.4.2 SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP

Neste item avaliam-se os resultados dos modelos misto ISE e misto SIMP, tomando como referência o modelo casca ISE. O modelo misto ISE apresentou convergência desejada na quinta iteração.

O modelo misto SIMP corresponde a uma simplificação na consideração dos coeficientes de mola que representam o solo. Na prática, corresponde ao coeficiente obtido na primeira iteração do programa ISE 1.0, ou seja, divide-se as reações obtidas no modelo misto RIG pelos seus respectivos deslocamento nos apoios.

Na Tabela 3.23 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

Tabela 3.23 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício QUA-EST-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	321,8	312,9	-3	253,6	-21	PH45	309,5	302,4	-2	275,9	-11
PH02	32,0	34,5	8	26,6	-17	PH46	26,4	25,4	-4	23,2	-12
PH03	162,1	173,6	7	154,0	-5	PH47	131,6	158,5	20	172,9	31
PH04	158,9	175,5	10	161,9	2	PH48	164,6	175,4	7	163,3	-1
PH05	24,8	28,0	13	27,5	11	PH49	26,8	30,8	15	23,9	-11
PH06	268,0	268,1	0	264,8	-1	PH50	276,7	264,5	-4	241,9	-13
PH07	28,6	30,4	6	23,9	-17	PILAR	630,0	630,0	0	630,0	0
PH08	117,0	113,7	-3	104,9	-10	PV01	749,2	714,4	-5	722,3	-4
PH09	109,6	101,7	-7	101,1	-8	PV02	307,6	306,5	0	242,1	-21
PH10	23,5	26,4	13	18,9	-20	PV03	262,3	256,3	-2	227,0	-13
PH11	150,6	154,8	3	234,4	56	PV04	886,7	836,8	-6	742,4	-16
PH12	134,8	139,2	3	174,3	29	PV05	9,7	8,8	-9	9,2	-6
PH13	359,9	328,9	-9	335,0	-7	PV06	259,7	284,3	9	283,5	9
PH14	347,5	327,3	-6	326,6	-6	PV07	8,9	7,0	-21	7,0	-21
PH15	358,6	348,1	-3	363,8	1	PV08	326,4	339,7	4	390,8	20
PH16	537,4	517,7	-4	534,8	0	PV09	316,8	317,2	0	322,6	2
PH17	555,9	541,9	-3	521,8	-6	PV10	361,4	368,2	2	449,2	24
PH18	69,6	57,1	-18	54,3	-22	PV11	390,5	397,1	2	475,5	22
PH19	17,4	24,1	39	33,9	95	PV12	591,6	564,7	-5	506,3	-14
PH20	79,2	66,0	-17	58,9	-26	PV13	408,7	458,3	12	501,1	23
PH21	13,8	16,4	19	22,2	61	PV14	356,3	431,4	21	443,2	24
PH22	214,9	214,9	0	214,9	0	PV15	1177,2	1302,9	11	1412,2	20
PH23	-34,9	-27,1	-22	-23,5	-33	PV16	1112,6	1057,9	-5	1065,5	-4
PH24	-33,9	-27,3	-19	-24,7	-27	PV17	4,6	5,8	26	9,2	99
PH25	214,9	214,9	0	214,9	0	PV18	10,2	15,1	47	12,7	24
PH26	20,9	18,1	-14	17,9	-14	PV19	1381,3	1429,1	3	1347,1	-2
PH27	69,3	76,3	10	108,9	57	PV20	1150,9	1109,0	-4	1082,0	-6
PH28	25,3	35,1	39	28,0	11	PV21	401,4	439,1	9	437,2	9
PH29	121,1	109,0	-10	95,1	-21	PV22	506,3	501,0	-1	489,3	-3
PH30	73,3	79,7	9	96,8	32	PV23	391,0	402,5	3	447,6	14
PH31	561,8	551,0	-2	528,0	-6	PV24	439,4	421,9	-4	459,5	5
PH32	582,3	558,2	-4	562,0	-3	PV25	422,3	419,9	-1	452,6	7
PH33	61,6	82,2	33	69,4	13	PV26	329,9	325,2	-1	374,6	14
PH34	197,9	231,7	17	253,9	28	PV27	354,4	375,6	6	370,1	4
PH35	311,9	290,3	-7	305,4	-2	PV28	8,6	6,6	-23	7,1	-18
PH36	372,5	336,1	-10	340,3	-9	PV29	273,3	294,2	8	291,4	7
PH37	224,6	210,5	-6	198,7	-12	PV30	10,1	8,4	-16	8,0	-21
PH38	179,4	177,7	-1	190,7	6	PV31	855,5	822,5	-4	770,7	-10
PH39	28,7	27,1	-6	26,9	-6	PV32	267,2	266,7	0	254,2	-5
PH40	97,3	88,0	-10	88,9	-9	PV33	261,4	264,1	1	248,5	-5
PH41	34,3	28,6	-17	3,0	-91	PV34	792,6	785,6	-1	758,2	-4
PH42	165,4	173,0	5	165,9	0	SOMA	24484,2	24546,2	---	24571,9	---
PH43	162,7	171,0	5	161,2	-1	MÉDIA	---	---	9	---	17
PH44	10,3	10,0	-3	1,3	-87						

Analisando os resultados da tabela acima, percebe-se que o modelo misto ISE apresentou melhores resultados, com média da diferença absoluta de 9%, enquanto o modelo misto SIMP apresentou desvio médio de 17%, bem próximo do limite considerado aceitável.

Analisando os resultados do modelo misto ISE individualmente temos que 46% ficou dentro da faixa ótima, 40% na faixa aceitável e 14% na faixa ruim. As paredes que apresentaram resultados ruins (PH19, PH21, PH23, PH24, PH28, PH33, PH47, PV07, PV14, PV17, PV18 e PV28) em sua grande maioria são paredes com pequenos comprimentos e baixo valor de carga, ou seja, sem grande importância para o projeto. O modelo casca SIMP apresentou 27% dos resultados ótimos, 40% bons e 33% excederam o limite aceitável.

A seguir são apresentados os diagramas de força normal ao longo das paredes.

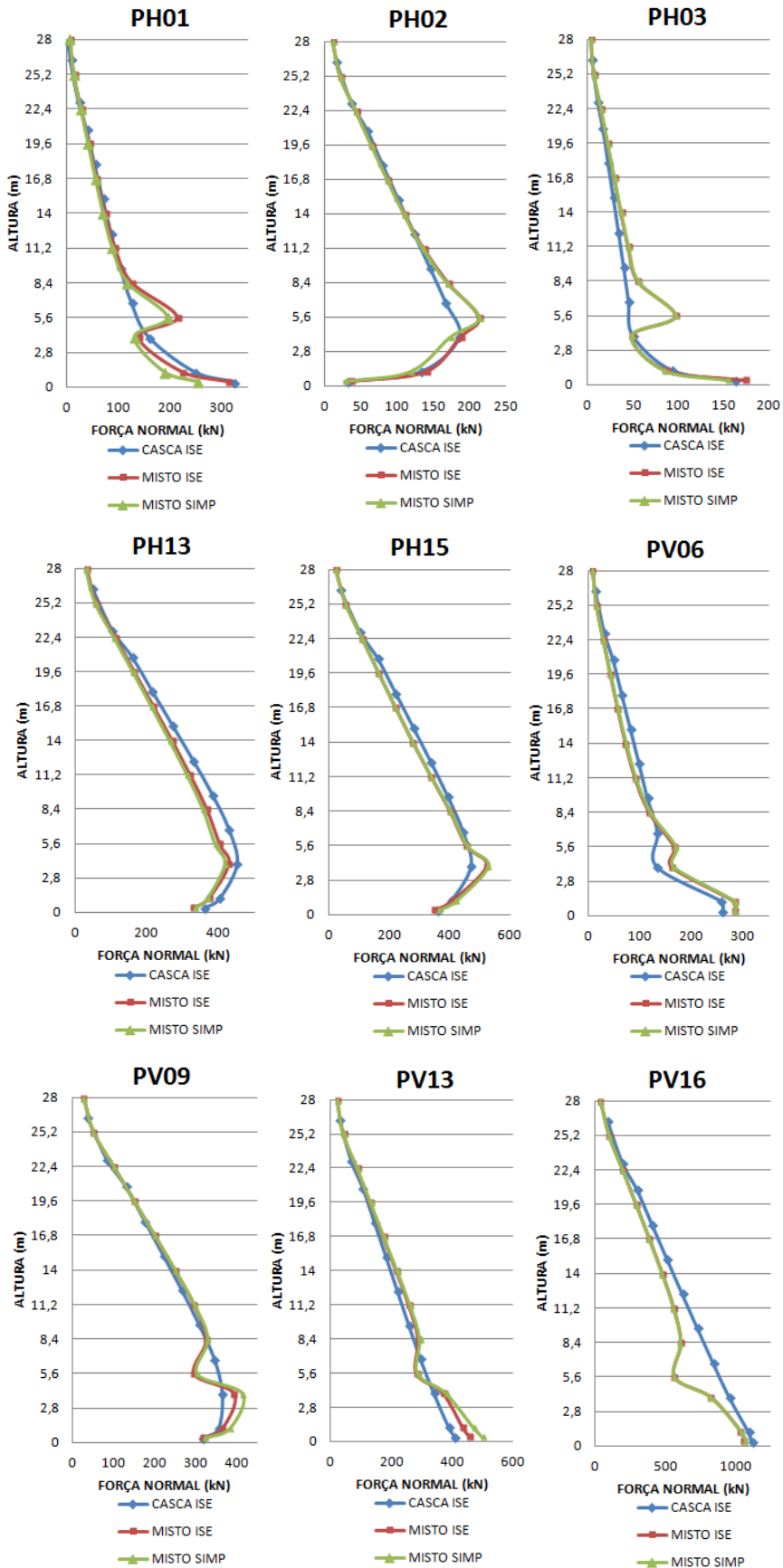


Figura 3.45 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício QUA-EST-10PAV.

Na Figura 3.45 percebe-se que os modelos simplificados foram capazes de representar de forma adequada a distribuição de carga entre as paredes, porém o modelo misto SIMP ao se aproximar dos primeiros pavimentos apresentam resultados com maior divergência.

A Tabela 3.24 apresenta os carregamentos no apoio do modelo misto ISE.

Tabela 3.24 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-EST-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	803,8	772,7	-4	-47,6	-50,1	5	-50,3	-55,8	11
F02	628,9	630,4	0	-52,3	-57,6	10	27,8	30,5	10
F03	587,2	598,5	2	-35,6	-40,8	15	-16,1	-18,3	14
F04	651,8	646,3	-1	-20,3	-22,4	10	22,2	25,3	14
F05	551,7	536,3	-3	-20,0	-7,1	-65	12,2	15,3	25
F06	525,5	508,6	-3	0,0	0,0	0	-7,2	-7,2	1
F07	453,9	433,6	-4	0,0	0,0	0	-25,1	-6,6	-74
F08	133,7	202,4	51	0,0	0,0	0	0,0	11,8	0
F09	138,6	143,7	4	0,0	0,0	0	0,0	-0,4	0
F10	475,8	498,5	5	0,0	0,0	0	-6,2	-6,2	1
F11	894,2	840,7	-6	0,0	0,0	0	-48,5	-52,0	7
F12	239,7	239,8	0	-10,9	-14,9	36	12,4	9,6	-22
F13	237,2	232,6	-2	-3,2	-4,4	37	-11,5	-10,0	-12
F14	861,5	848,2	-2	0,0	0,0	0	42,7	44,1	3
F15	579,8	558,9	-4	0,0	0,0	0	-7,9	-9,1	16
F16	593,3	582,1	-2	0,0	0,0	0	11,9	13,4	12
F17	610,2	585,6	-4	29,5	30,0	2	-50,9	-52,9	4
F18	388,5	385,9	-1	20,2	22,4	10	17,4	19,0	9
F19	456,9	451,6	-1	17,7	19,4	10	-12,0	-13,6	13
F20	592,6	584,8	-1	16,3	17,6	8	27,0	28,8	7
F21	398,9	379,8	-5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F22	466,7	450,0	-4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	256,3	300,2	17	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F24	213,2	224,4	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	612,1	642,8	5	0,0	0,0	0	-65,2	-72,9	12
F26	641,0	655,7	2	0,0	0,0	0	61,0	65,7	8
F27	132,2	157,9	19	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F28	217,2	228,6	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F29	391,5	461,7	18	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	608,6	640,3	5	-3,9	-3,6	-8	0,0	0,0	0
F31	736,5	723,2	-2	-35,1	-36,7	5	-55,3	-58,8	6
F32	296,7	300,5	1	-5,8	-7,0	21	11,3	12,8	13
F33	501,0	483,3	-4	-17,1	-18,1	6	-13,7	-15,0	10
F34	596,7	581,3	-3	-16,6	-18,5	12	25,4	27,4	8
F35	658,7	763,2	16	0,0	0,0	0	-19,2	-22,7	18
F36	521,7	562,1	8	0,0	0,0	0	29,3	36,7	25
F37	691,3	656,2	-5	0,0	0,0	0	-42,4	-44,9	6
F38	265,9	264,1	-1	22,9	26,0	14	18,1	15,7	-13
F39	236,3	219,3	-7	13,6	14,9	10	-15,0	-11,9	-21
F40	939,9	894,1	-5	-2,4	-1,8	-24	43,4	43,7	1
F41	630,0	630,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	532,6	528,9	-1	0,0	0,0	0	-69,0	-46,3	-33
F43	236,8	237,1	0	-2,1	-2,8	37	10,1	11,3	11
F44	224,1	219,2	-2	-2,6	-3,5	32	-9,7	-9,0	-8
F45	483,1	474,5	-2	0,0	0,0	0	26,9	28,8	7
F46	767,0	777,1	1	0,0	0,0	0	3,9	3,7	0
F47	760,4	766,4	1	0,0	0,0	0	-3,1	-2,9	0
F48	733,4	709,3	-3	13,2	16,8	27	-11,4	-12,3	8
F49	700,2	673,6	-4	190,3	124,6	-35	13,7	16,5	21
F50	642,3	623,4	-3	57,4	53,5	-7	-15,9	-17,0	7
F51	680,7	668,3	-2	27,9	48,1	73	19,6	47,8	143
TOTAL	26177,8	26177,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	5	---	---	10	---	---	12

A Tabela 3.25 apresenta os carregamentos no apoio do modelo misto SIMP.

Tabela 3.25 - Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-EST-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	803,8	630,8	-22	-47,6	-48,0	1	-50,3	-44,2	-12
F02	628,9	570,9	-9	-52,3	-55,1	5	27,8	29,6	7
F03	587,2	548,2	-7	-35,6	-27,8	-22	-16,1	-21,4	33
F04	651,8	633,4	-3	-20,3	-24,3	19	22,2	37,8	70
F05	551,7	496,9	-10	-20,0	-8,4	-58	12,2	9,1	-26
F06	525,5	494,8	-6	0,0	0,0	0	-7,2	-5,0	-30
F07	453,9	544,9	20	0,0	0,0	0	-25,1	-78,6	213
F08	133,7	258,2	93	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F09	138,6	224,5	62	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F10	475,8	527,4	11	0,0	0,0	0	-6,2	14,4	-333
F11	894,2	790,3	-12	0,0	0,0	0	-48,5	-52,2	8
F12	239,7	294,5	23	-10,9	-24,0	120	12,4	20,6	66
F13	237,2	277,3	17	-3,2	-15,7	385	-11,5	-17,0	48
F14	861,5	817,2	-5	0,0	0,0	0	42,7	40,1	-6
F15	579,8	607,1	5	0,0	0,0	0	-7,9	-16,7	112
F16	593,3	589,2	-1	0,0	0,0	0	11,9	9,0	-25
F17	610,2	518,6	-15	29,5	25,9	-12	-50,9	-46,1	-9
F18	388,5	486,7	25	20,2	26,4	31	17,4	28,1	61
F19	456,9	457,1	0	17,7	14,1	-20	-12,0	-12,2	2
F20	592,6	539,9	-9	16,3	15,0	-8	27,0	21,5	-20
F21	398,9	380,3	-5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F22	466,7	411,6	-12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	256,3	287,5	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F24	213,2	224,6	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	612,1	640,5	5	0,0	0,0	0	-65,2	-70,3	8
F26	641,0	649,1	1	0,0	0,0	0	61,0	65,4	7
F27	132,2	183,6	39	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F28	217,2	228,9	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F29	391,5	588,5	50	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	608,6	532,5	-13	-3,9	-2,9	-26	0,0	0,0	0
F31	736,5	562,7	-24	-35,1	-27,2	-22	-55,3	-46,4	-16
F32	296,7	423,9	43	-5,8	-11,8	103	11,3	19,7	74
F33	501,0	487,4	-3	-17,1	-15,7	-8	-13,7	-19,8	44
F34	596,7	569,4	-5	-16,6	-18,1	9	25,4	35,9	41
F35	658,7	842,5	28	0,0	0,0	0	-19,2	-27,1	41
F36	521,7	549,5	5	0,0	0,0	0	29,3	27,5	-6
F37	691,3	695,4	1	0,0	0,0	0	-42,4	-40,2	-5
F38	265,9	301,3	13	22,9	26,6	16	18,1	19,8	9
F39	236,3	273,3	16	13,6	21,6	58	-15,0	-17,0	13
F40	939,9	864,3	-8	-2,4	-4,7	99	43,4	42,3	-3
F41	630,0	630,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	532,6	570,8	7	0,0	0,0	0	-69,0	-17,2	-75
F43	236,8	273,2	15	-2,1	-9,0	339	10,1	9,9	-2
F44	224,1	259,5	16	-2,6	-9,2	249	-9,7	-6,7	-31
F45	483,1	546,2	13	0,0	0,0	0	26,9	21,7	-20
F46	767,0	765,8	0	0,0	3,5	0	3,9	5,3	36
F47	760,4	751,7	-1	0,0	2,2	0	-3,1	-3,1	2
F48	733,4	668,2	-9	13,2	33,2	151	-11,4	-23,4	106
F49	700,2	575,0	-18	190,3	23,5	-88	13,7	14,1	3
F50	642,3	547,7	-15	57,4	25,7	-55	-15,9	-13,6	-14
F51	680,7	585,1	-14	27,9	23,5	-16	19,6	19,5	-1
TOTAL	26177,8	26177,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	15	---	---	38	---	---	32

O carregamento vertical foi bem representado pelos modelos simplificados, apresentando desvio médio de 5% para o modelo misto ISE e 15% para o modelo misto SIMP. Quando observamos os momentos aplicados na fundação vemos que grande parte dos

resultados apresentaram a tendência de redução, porém o modelo misto SIMP apresentou valores bem diferentes do modelo de referência.

O modelo misto ISE apresentou 74% dos seus resultados na faixa ótima, 22% na faixa boa e apenas 4% na faixa ruim. Já o modelo casca SIMP apresentou 25% dos resultados na faixa ótima, 53% na faixa boa e 22% na faixa ruim.

Na Tabela 3.26 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE 1.0. Também são apresentadas as diferenças entre os valores dos modelos misto ISE e misto SIMP em relação ao modelo de referência.

Tabela 3.26 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício QUA-EST-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	1,8	1,7	-2	1,6	-8	F26	1,9	1,9	1	1,9	1
F02	1,9	1,9	0	1,9	-2	F27	3,0	3,1	3	3,2	6
F03	1,8	1,8	0	1,8	-3	F28	2,5	2,6	5	2,6	5
F04	1,6	1,6	-1	1,6	-2	F29	3,2	3,3	2	3,4	8
F05	2,3	2,1	-5	2,1	-7	F30	2,4	2,5	2	2,3	-4
F06	2,2	2,1	-2	2,1	-3	F31	2,0	2,0	-1	1,9	-5
F07	2,3	2,3	-1	2,4	2	F32	2,6	2,6	0	2,7	4
F08	2,2	2,3	5	2,3	7	F33	1,9	1,9	-1	1,9	-1
F09	2,4	2,4	0	2,5	3	F34	1,8	1,8	-1	1,7	-7
F10	2,0	2,0	2	2,0	4	F35	3,0	3,1	3	3,1	6
F11	2,0	2,0	-2	2,0	-3	F36	2,6	2,7	2	2,6	2
F12	2,3	2,3	0	2,3	1	F37	2,4	2,4	-1	2,4	0
F13	2,0	2,0	0	2,0	1	F38	2,4	2,4	0	2,4	1
F14	1,8	1,7	-1	1,7	-3	F39	2,1	2,1	0	2,2	1
F15	2,4	2,4	-1	2,4	1	F40	1,8	1,8	-2	1,7	-5
F16	2,3	2,3	-1	2,3	-1	F41	2,5	2,5	0	2,5	0
F17	2,0	2,0	-1	2,0	-3	F42	2,4	2,4	0	2,4	2
F18	2,4	2,4	0	2,4	2	F43	2,4	2,4	0	2,4	1
F19	2,0	1,9	0	1,9	0	F44	2,2	2,2	0	2,2	1
F20	1,7	1,7	0	1,6	-6	F45	2,1	2,1	0	2,2	3
F21	2,4	2,4	-1	2,4	-1	F46	2,8	2,8	3	2,7	-2
F22	2,2	2,2	-1	2,1	-3	F47	2,6	2,7	3	2,5	-4
F23	2,6	2,7	5	2,7	3	F48	2,2	2,2	0	1,9	-11
F24	2,5	2,6	6	2,6	5	F49	2,0	2,0	-1	1,9	-3
F25	2,2	2,2	1	2,2	1	F50	1,9	1,9	-1	1,8	-5
						F51	1,7	1,6	-8	1,5	-10

Tabela 3.27 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício QUA-EST-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	3,2	3,3	2	3,4	8
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	1,6	1,7	8	1,9	21
RECALQUE MÉDIO (mm)	2,2	2,2	0	2,2	0
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	16	17	10	19	19

As Figuras 3.46 e 3.47 apresentam as comparações das curvas isorecalque entre o modelos simplificados e o modelo de referência.

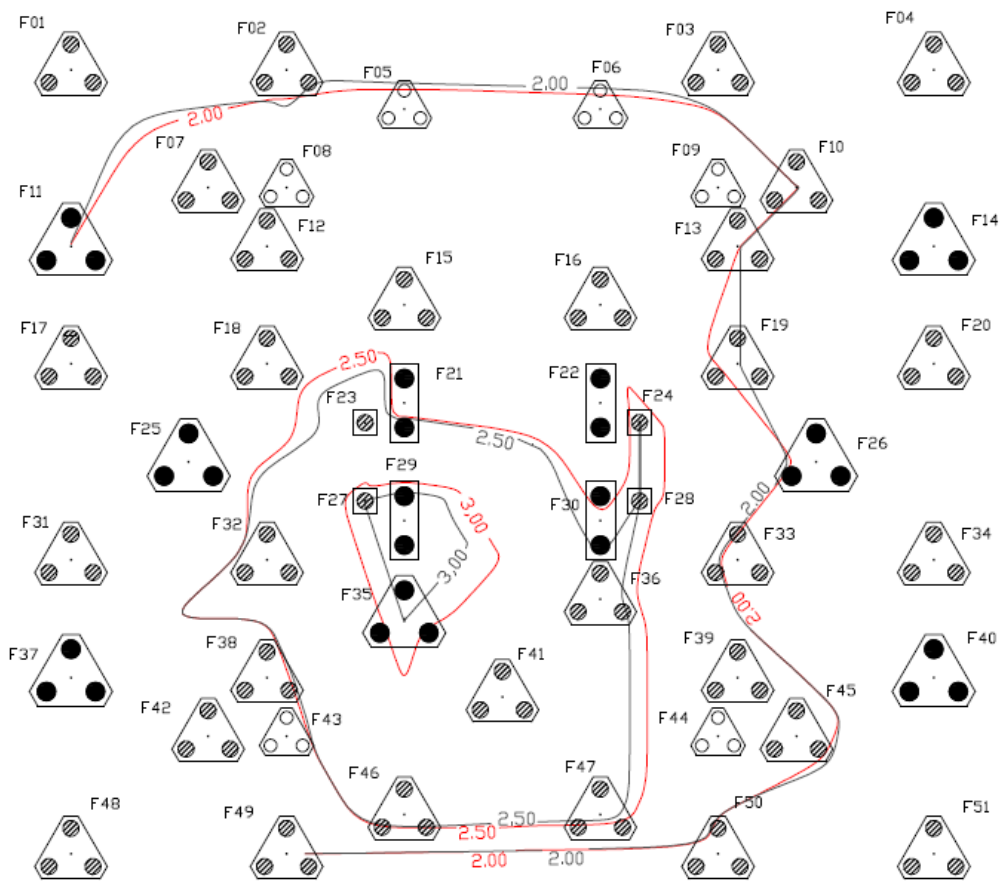


Figura 3.46 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-EST-10PAV.



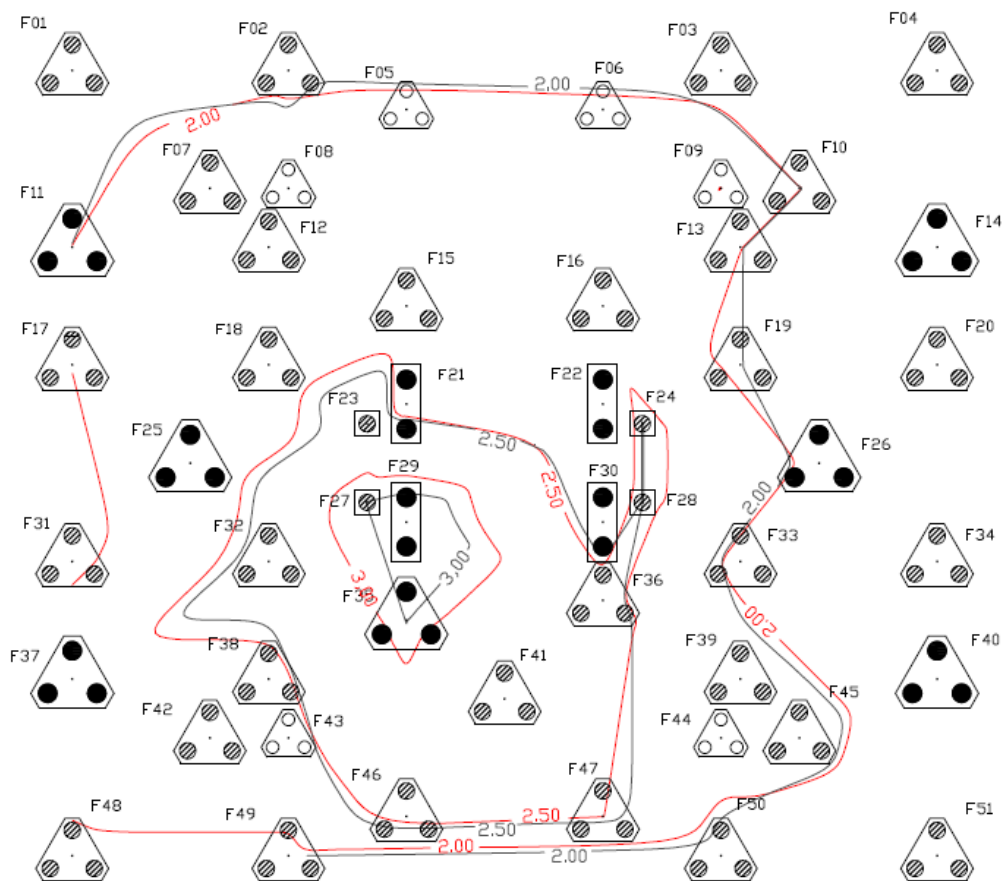


Figura 3.47 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-EST-10PAV.

Observe que o modelo misto ISE apresentou ótimos resultados quando comparado ao modelo de referência, pois as suas curvas de isorecalque praticamente coincidem com as do modelo casca ISE. O recalque máximo apresentou diferença de apenas 2% e o recalque diferencial máximo de 8%.

Quando observamos o modelo misto SIMP verifica-se uma maior dispersão nos resultados, com a diferença do recalque máximo de 8% e do recalque diferencial máximo de 21%, porém ao observarmos 3.47 evidencia-se a semelhança entre as curvas isorecalque.

### 3.3.5 RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. SUPERFICIAL

#### 3.3.5.1 PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE

Neste item são analisados os efeitos da consideração da interação solo-estrutura no modelo estrutural do edifício quadrado de 10 pavimentos e com fundação superficial (QUA-SAP-10PAV). Para tanto, apresentam-se comparações entre o modelo casca RIG e o modelo casca ISE. O modelo casca ISE obteve convergência na sexta iteração.

Na Tabela 3.28 são apresentados e comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

Tabela 3.28 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício QUA-SAP-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	199,6	268,9	35	PH45	194,9	193,9	0
PH02	23,3	26,2	12	PH46	23,3	15,9	-32
PH03	127,5	243,2	91	PH47	126,5	191,4	51
PH04	124,4	268,0	115	PH48	123,1	237,9	93
PH05	24,4	18,7	-24	PH49	24,7	35,6	44
PH06	205,1	283,6	38	PH50	199,8	431,0	116
PH07	37,2	52,0	40	PILAR	630,0	630,0	0
PH08	122,8	209,1	70	PV01	657,1	493,0	-25
PH09	126,3	50,5	-60	PV02	199,6	194,2	-3
PH10	35,0	52,0	49	PV03	197,3	194,8	-1
PH11	212,0	174,7	-18	PV04	658,1	716,4	9
PH12	208,9	123,4	-41	PV05	11,5	12,3	7
PH13	358,8	399,9	11	PV06	233,6	227,4	-3
PH14	362,8	257,5	-29	PV07	11,1	7,4	-33
PH15	560,2	498,9	-11	PV08	404,1	300,3	-26
PH16	538,6	625,6	16	PV09	396,1	370,7	-6
PH17	539,9	469,1	-13	PV10	505,0	369,8	-27
PH18	-14,9	-17,7	19	PV11	508,0	548,1	8
PH19	24,0	18,0	-25	PV12	479,7	458,6	-4
PH20	-15,7	-6,5	-59	PV13	469,6	575,1	22
PH21	73,0	129,0	77	PV14	495,3	594,4	20
PH22	214,9	214,9	0	PV15	1464,1	1131,7	-23
PH23	-53,2	-36,5	-31	PV16	1069,7	1689,0	58
PH24	-49,7	-76,7	54	PV17	21,6	13,7	-37
PH25	214,9	214,9	0	PV18	19,0	21,4	13
PH26	68,0	129,0	90	PV19	1383,2	1320,0	-5
PH27	20,3	25,0	23	PV20	1093,4	777,8	-29
PH28	24,0	28,5	19	PV21	490,7	391,0	-20
PH29	12,9	3,4	-74	PV22	471,2	580,6	23
PH30	38,1	28,2	-26	PV23	460,4	364,7	-21
PH31	545,6	604,1	11	PV24	487,4	445,8	-9
PH32	547,1	401,0	-27	PV25	490,9	337,5	-31
PH33	84,9	106,0	25	PV26	406,3	503,5	24
PH34	412,7	310,5	-25	PV27	397,4	271,7	-32
PH35	362,1	354,1	-2	PV28	11,5	3,4	-70
PH36	366,1	259,0	-29	PV29	235,2	218,7	-7
PH37	216,7	134,7	-38	PV30	11,0	7,9	-28
PH38	213,4	217,8	2	PV31	679,4	973,0	43
PH39	33,0	27,9	-15	PV32	209,9	233,8	11
PH40	110,3	97,8	-11	PV33	207,7	237,3	14
PH41	35,4	33,6	-5	PV34	680,1	713,0	5
PH42	170,4	126,5	-26	SOMA	24509,3	24960,8	---
PH43	177,4	425,0	140	MÉDIA	---	---	34
PH44	32,8	154,2	371				

A consideração da interação solo-estrutura gerou uma redistribuição dos esforços das paredes do edifício, com média do desvio absoluto de 34%. Comparando esses valores com os resultados do edifício com 10 pavimentos e fundação profunda percebe-se uma grande diferença na redistribuição dos esforços, visto que no modelo com fundação profunda a média do desvio absoluto foi de 22%. Provavelmente este aumento do desvio é explicado pela maior flexibilidade dos apoios do modelo com fundação superficial em relação à estrutura do edifício.

A Figura 3.48 apresenta os diagramas de força normal das paredes analisadas. Os valores percentuais indicam as diferenças das forças normais entre os modelos casca RIG e casca ISE.

Observando os diagramas apresentados na Figura 3.48 percebe-se a mesma tendência de redistribuição de carga entre os apoios, apresentada no edifício com fundação profunda. Porém, para o edifício em questão observa-se uma maior influência da interação solo-estrutura nos pavimentos superiores, como apresentado nos diagramas das paredes PH02, PH03, PV13 e PV16.

A utilização da fundação superficial (sapata isolada), neste projeto, gerou uma maior flexibilização dos apoios, modificando a rigidez solo-estrutura, quando comparado com o edifício apoiado sobre estacas (QUA-EST-10PAV).

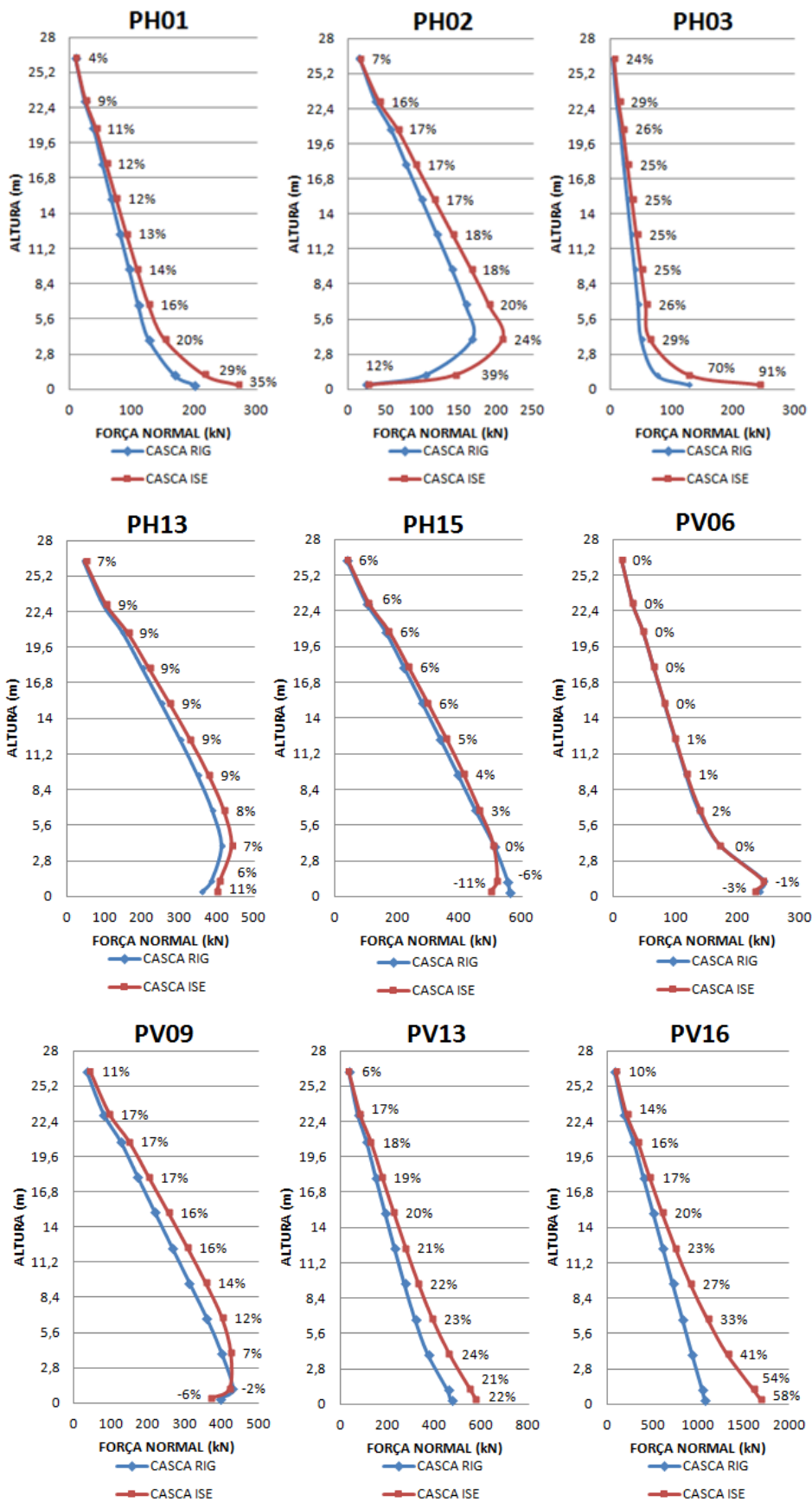


Figura 3.48 – Diagrama de força normal das paredes do edifício QUA-SAP-10PAV.

Na sequencia são apresentados os diagramas de momento fletor e esforço cortante para as vigas baldrame VB01, VB07, VB36 e VB44.

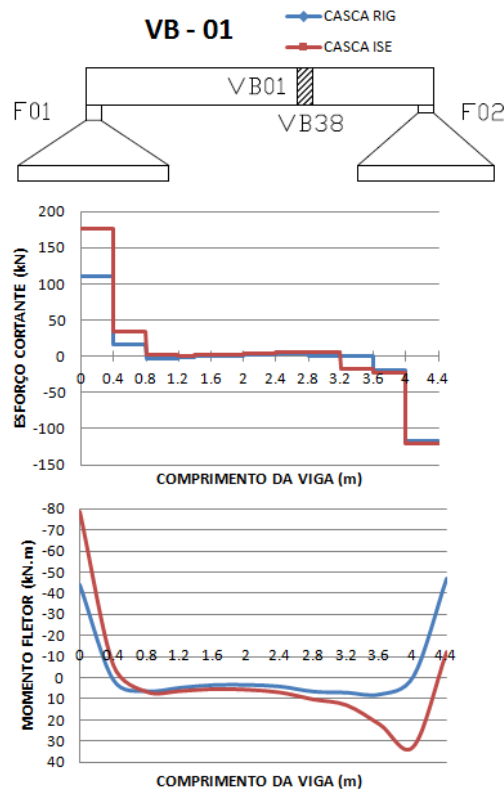


Figura 3.49 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício QUA-SAP-10PAV.

Apesar do aumento de 91% da força normal da parede PH03 que se apoia sobre a fundação F02 o esforço cortante da viga teve um aumento insignificante nessa região, de 2%. Já na região do apoio F01 o esforço cortante aumentou 58%.

O momento fletor positivo apresentou seu maior aumento próximo ao apoio F02, com acréscimo superior a 250% e conseqüentemente uma redução de 74% no momento fletor negativo sobre F02. O momento fletor negativo teve acréscimo de 77% no apoio F01.

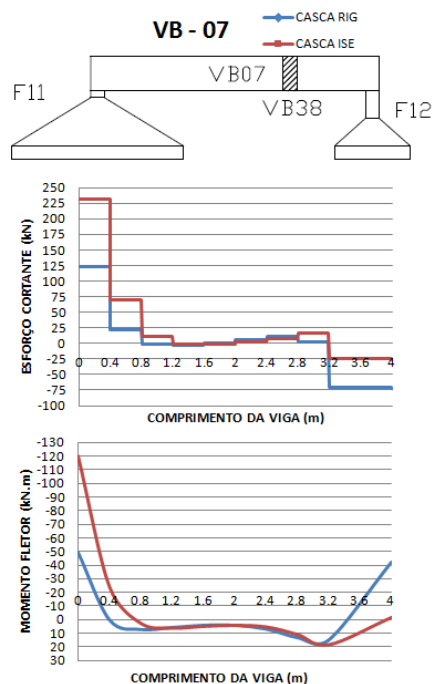


Figura 3.50 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB07 do edifício QUA-SAP-10PAV.

A influência da abertura de porta próximo ao apoio F12 aliada à diferença de rigidez das fundações provavelmente gerou uma migração de carga para o apoio F11, resultando em um aumento do esforço cortante de 88% e do momento fletor negativo de 146%. Conseqüentemente, a redução apresentada no apoio F12 foi de 64% para o esforço cortante e 96% para o momento fletor, sendo que ambos apresentaram resultados próximo de zero.

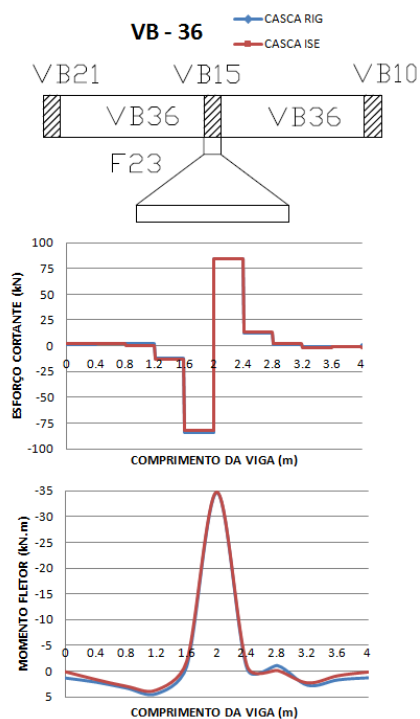


Figura 3.51 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB36 do edifício QUA-SAP-10PAV.

O carregamento da parede PV06 não sofreu alteração significativa após a flexibilização dos apoios, conseqüentemente, os diagramas de esforço cortante e momento fletor não foram alterados após a consideração da interação solo-estrutura. Também, observa-se baixa diferença apresentada no carregamento do apoio F23.

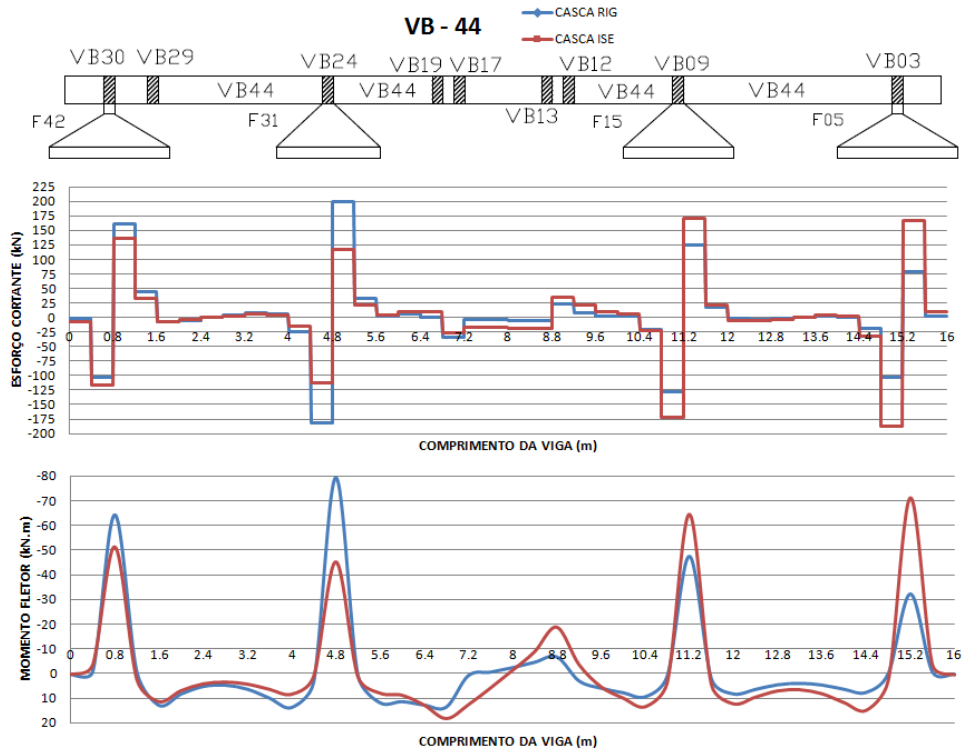


Figura 3.52 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB44 do edifício QUA-SAP-10PAV.

Observe que as fundações F42 e F31 encontram-se próximas à região da escada, assim sendo, são apoios mais carregados. Após a consideração da interação solo-estrutura os apoios F42 e principalmente F31 (por ser o mais carregado) cederam carga às fundações vizinhas. A fundação F05 apresentou um grande aumento de carregamento por encontrar-se na região periférica. Esse comportamento de migração de carga foi retratado nos diagramas de esforços da viga, pois os apoios F42 e F31 apresentaram redução de 15% e 33% no esforço cortante e de 20% e 43% no momento fletor negativo. Já os apoios F15 e F05 apresentaram acréscimo de 37% e 111% no esforço cortante e 36% e 121% no momento fletor negativo.

A Tabela 3.29 apresenta os carregamentos aplicados na fundação.

Tabela 3.29 – Carregamento das fundações do edifício QUA-SAP-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	508,9	701,7	38	-47,7	-67,4	41	-46,6	-83,4	79
F02	521,9	791,6	52	-45,3	23,1	-151	49,2	1,5	-97
F03	509,8	535,7	5	-44,2	0,0	-100	-48,8	-12,9	-74
F04	526,8	628,7	19	-49,4	21,3	-143	47,5	5,6	-88
F05	582,6	1073,8	84	-9,5	0,0	-100	26,1	0,0	-100
F06	590,7	470,2	-20	-9,8	0,0	-100	-26,7	8,5	-132
F07	584,7	519,0	-11	10,7	0,0	-100	-29,0	0,0	-100
F08	290,4	262,6	-10	42,6	0,0	-100	17,6	0,0	-100
F09	283,0	179,3	-37	41,7	0,0	-100	-16,9	0,0	-100
F10	583,6	375,2	-36	11,8	0,0	-100	27,8	0,0	-100
F11	747,6	805,0	8	12,6	0,0	-100	-51,8	-138,9	168
F12	331,2	278,5	-16	-45,2	0,0	-100	41,7	0,0	-100
F13	319,3	184,4	-42	-43,8	0,0	-100	-39,6	-1,0	-97
F14	772,9	719,3	-7	12,8	0,0	-100	52,0	0,0	-100
F15	872,4	1196,5	37	-2,9	0,0	-100	-53,4	-55,3	4
F16	900,2	505,8	-44	-3,1	0,0	-100	54,1	-15,9	-129
F17	470,8	545,1	16	35,2	-4,6	-113	-47,4	-106,0	123
F18	541,6	580,2	7	44,7	41,4	-7	50,0	0,0	-100
F19	519,0	388,2	-25	43,0	7,8	-82	-49,0	-17,1	-65
F20	495,1	501,0	1	37,0	0,0	-100	48,7	0,0	-100
F21	347,3	520,5	50	-41,9	-31,9	-24	-44,8	-36,6	-18
F22	346,3	256,5	-26	-41,4	0,0	-100	44,8	0,0	-100
F23	592,0	637,4	8	0,0	0,0	0	-72,6	-109,8	51
F24	591,7	440,7	-26	1,0	7,2	616	71,7	1,9	-97
F25	384,7	328,9	-15	40,3	0,0	-100	-70,7	-52,9	-25
F26	359,1	186,8	-48	40,8	0,0	-100	55,2	0,0	-100
F27	478,1	572,4	20	-35,6	70,7	-299	-48,1	-113,8	137
F28	548,3	406,8	-26	-44,8	-9,1	-80	50,6	0,0	-100
F29	525,9	267,2	-49	-43,1	0,0	-100	-49,6	0,0	-100
F30	503,4	488,0	-3	-37,4	0,0	-100	49,4	0,0	-100
F31	1337,1	887,1	-34	10,3	0,0	-100	-87,0	-111,8	29
F32	906,7	1134,7	25	0,0	0,0	0	69,8	31,9	-54
F33	755,1	593,9	-21	-12,2	0,0	-100	-52,3	-186,5	256
F34	325,4	194,7	-40	44,6	0,0	-100	42,2	0,0	-100
F35	312,0	377,3	21	43,0	0,0	-100	-39,9	-24,6	-39
F36	782,1	586,8	-25	-12,3	0,0	-100	52,5	0,0	-100
F37	630,0	630,0	0	1,0	0,0	-100	-7,1	-138,8	1867
F38	597,2	411,2	-31	-10,2	0,0	-100	-29,6	0,0	-100
F39	301,4	210,0	-30	-43,9	0,0	-100	17,9	-3,4	-119
F40	295,1	264,8	-10	-43,1	0,0	-100	-17,2	3,0	-117
F41	597,7	718,0	20	-11,2	17,5	-257	28,4	0,0	-100
F42	824,7	741,0	-10	22,3	0,0	-100	32,7	0,0	-100
F43	857,0	934,7	9	25,2	0,0	-100	-34,4	-574,5	1571
F44	496,9	542,2	9	47,1	81,0	72	-45,6	-74,4	63
F45	519,6	637,3	23	45,8	-6,6	-114	48,5	0,0	-100
F46	505,5	815,4	61	44,7	-7,5	-117	-48,0	-53,6	12
F47	513,2	1159,8	126	48,8	133,9	174	46,3	34,5	-25
TOTAL	26185,8	26185,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	27	---	---	113	---	---	160

Ocorreu uma migração de carregamento entre as fundações, com média do desvio absoluto de 27%. Os momentos fletores aplicados nas fundações apresentaram tendência de reduzir seu valor, sendo que grande parte aproximou-se de zero.

A Figura 3.53 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical aplicados nas fundações.



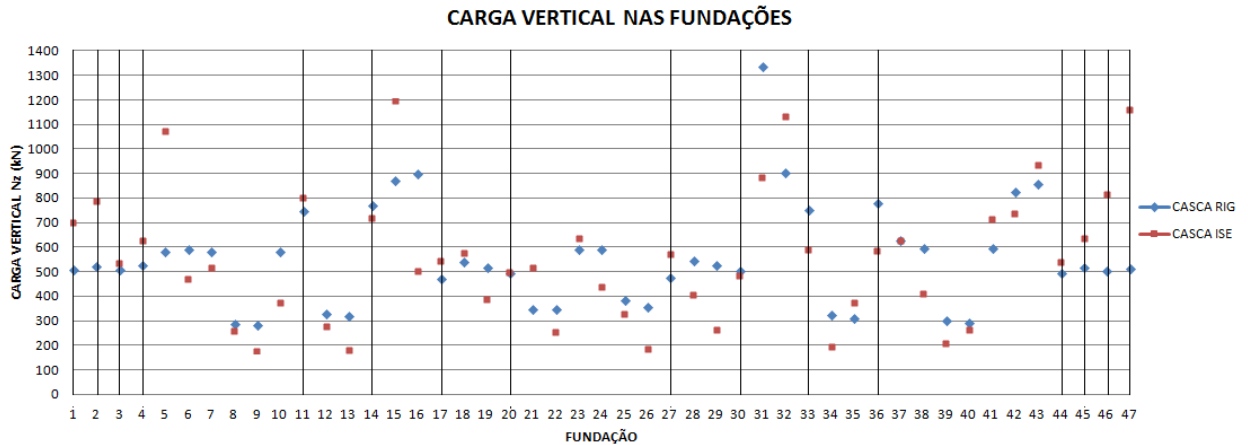


Figura 3.53 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício QUA-SAP-10PAV.

Grande parte das fundações que encontram-se na região da sondagem S2 (F3, F4, F6, F09, F10, F13, F14, F16, F19, F20, F22, F24, F26, F28, F30, F33, F34, F40) apresentaram o comportamento de cederem carga para a vizinhança, visto que esta região apresentou os maiores valores de recalques, produzindo, com isso, o efeito de homogeneização.

A tendência de transferência de carga para as fundações periféricas se mantém, apesar das fundações F14, F33 e F36 reduzirem o valor do seu carregamento, por apresentarem recalques mais altos que o das fundações vizinhas.

Na Tabela 3.30 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE\_SAPATA 1.0.

Tabela 3.30 – Recalque dos apoios do edifício QUA-SAP-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	3.2	4.3	35	F24	12.5	9.3	-25
F02	3.6	5.4	47	F25	6.6	6.0	-9
F03	9.7	9.5	-2	F26	12.5	8.5	-32
F04	9.1	10.7	18	F27	3.8	4.1	9
F05	3.7	6.3	68	F28	6.9	5.6	-20
F06	10.2	8.3	-18	F29	13.2	8.6	-35
F07	5.2	5.2	-2	F30	10.6	9.6	-9
F08	5.4	5.5	1	F31	8.9	6.6	-26
F09	14.5	9.4	-35	F32	7.0	7.5	6
F10	14.4	9.9	-31	F33	5.1	4.2	-18
F11	3.9	4.3	8	F34	7.9	5.6	-30
F12	5.7	5.5	-4	F35	7.3	8.1	10
F13	15.3	9.3	-39	F36	11.3	9.4	-16
F14	11.2	10.3	-8	F37	7.0	6.7	-5
F15	4.9	6.4	29	F38	7.0	5.3	-25
F16	13.4	8.0	-40	F39	7.6	5.7	-25
F17	3.7	4.2	12	F40	7.2	7.7	7
F18	4.9	5.4	9	F41	6.9	7.9	15
F19	12.7	9.2	-27	F42	6.8	6.1	-10
F20	10.4	10.3	-2	F43	6.8	7.3	7
F21	4.6	5.8	25	F44	3.9	4.0	2
F22	11.8	8.2	-30	F45	5.0	5.3	6
F23	4.8	5.0	5	F46	4.9	7.0	43
				F47	4.0	8.5	112

Tabela 3.31 – Informações complementares sobre os recalques do edifício QUA-SAP-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	15,3	10,7	-30
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	12,1	6,7	-44
RECALQUE MÉDIO (mm)	7,8	7,0	-10
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	44	28	-37

As Figuras 3.54 e 3.55 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

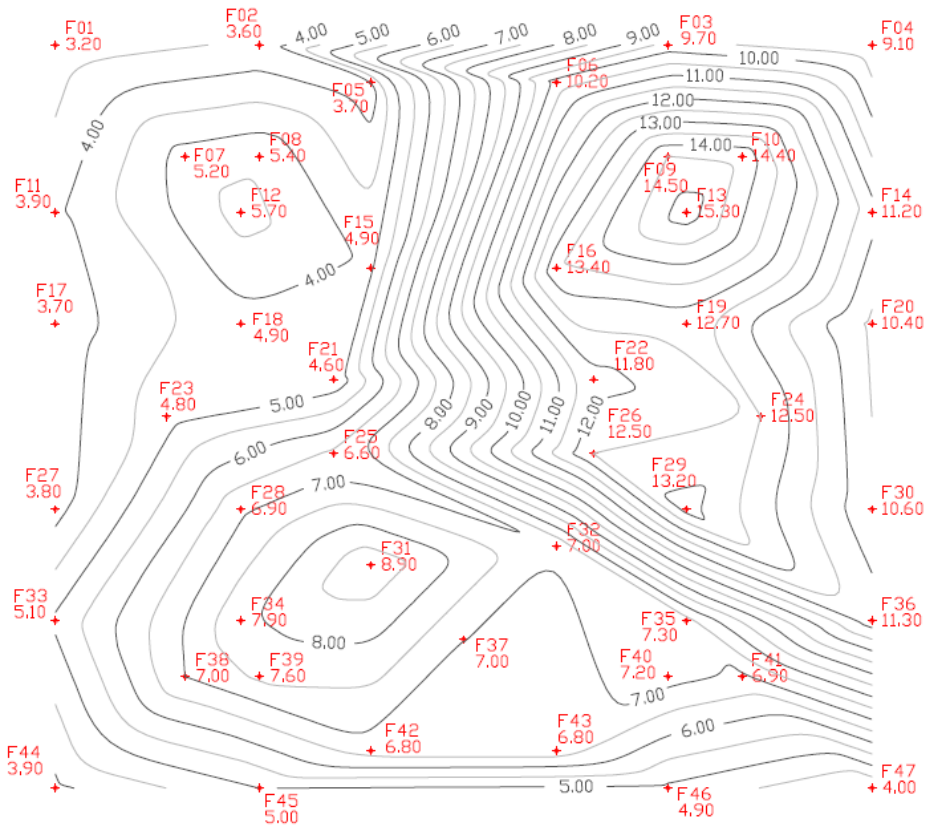


Figura 3.54 – Curvas isorecalque do edifício QUA-SAP-10PAV modelado com os apoios indeslocáveis.

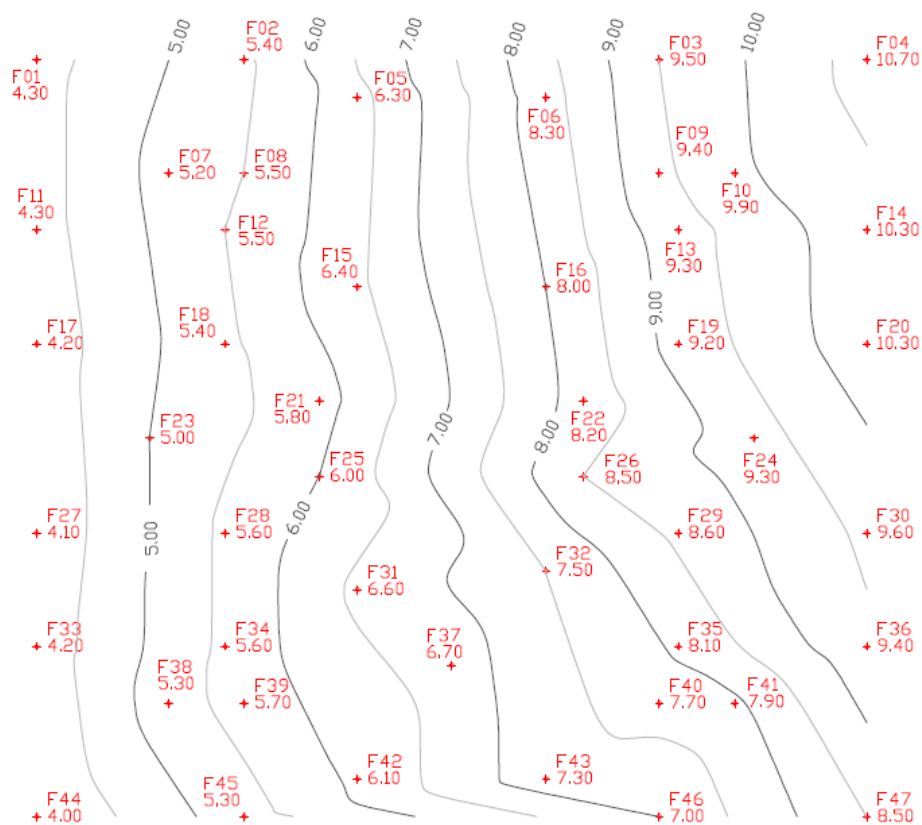


Figura 3.55 – Curvas isorecalque do edifício QUA-EST-10PAV modelado com os apoios flexíveis.

Os resultados mostram uma acentuada redução do recalque diferencial máximo, de 44% e também do recalque máximo, de 30%. A redução no coeficiente de variação enfatiza a tendência de homogeneização dos recalques. O recalque médio, como nos outros casos analisados, apresentou baixa redução, de 10%.

Quando se comparam as curvas isorecalques com as do edifício com 10 pavimentos e fundação profunda (QUA-EST-10PAV) percebe-se uma grande diferença. No edifício em questão os maiores recalques se concentram na região caracterizada pela sondagem S2. Já no edifício com fundação profunda o que determina os maiores recalque é a região de maior carga, ou seja, a região central, próximo à escada. Porém, independente do edifício analisado, observa-se uma acentuada tendência de uniformização dos recalques.

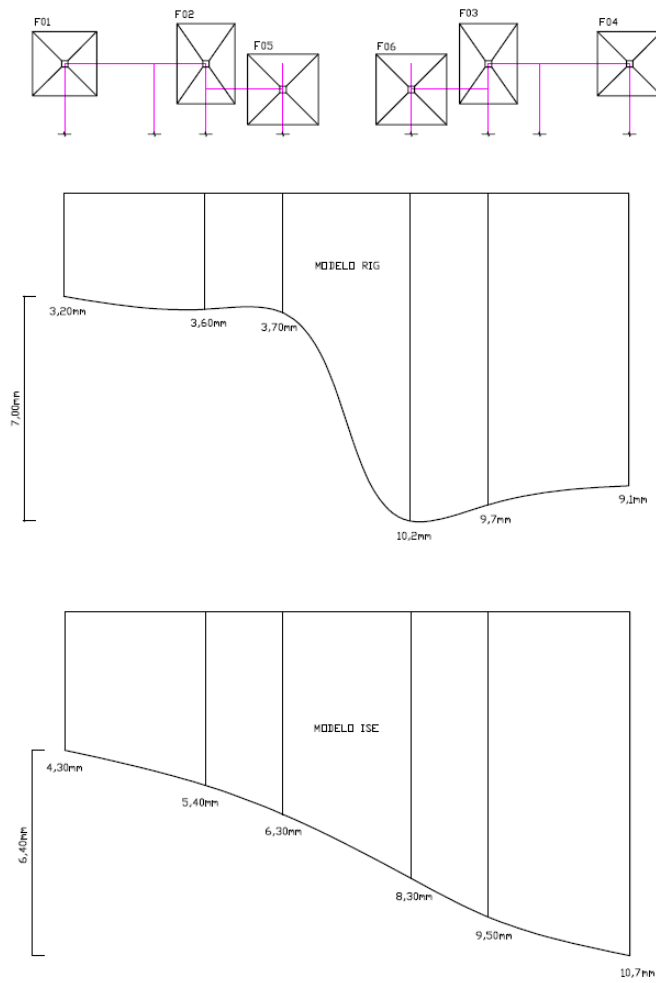


Figura 3.56 – Corte na região periférica.

Observando o corte da região periférica apresentado na Figura 3.56 percebe-se uma redução gradativa do recalque em direção às regiões caracterizadas por S1 e S3. Observa-se uma redução do recalque diferencial máximo, apesar do recalque absoluto máximo, neste corte.

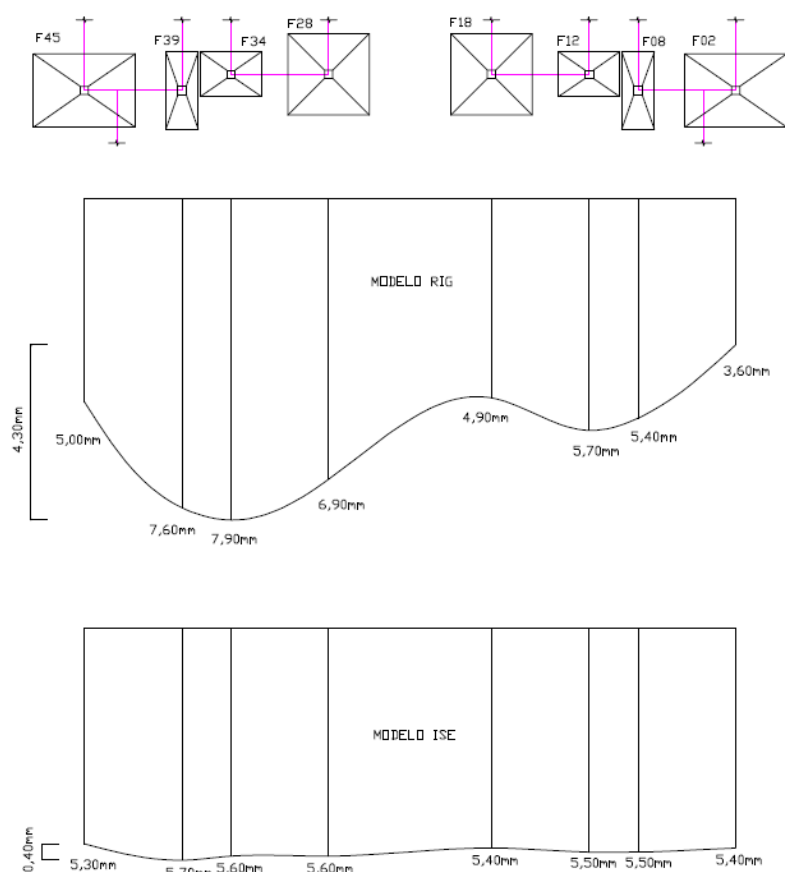


Figura 3.57 – Corte na região interna.

Observando o corte da Figura 3.57, que não passa pela região de solo caracterizado por S2, percebe-se uma maior tendência de homogeneização dos recalques, em que os recalques das fundações internas diminuem frente ao aumento dos recalques das fundações externas, reduzindo, com isso, o recalque diferencial de 4,3mm para 0,4mm, neste corte.

### 3.3.5.2 SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP

Na sequência são comparados e avaliados os resultados dos modelos simplificados, tomando como referência o modelo em elementos de casca que considera os efeitos da interação solo-estrutura por meio da metodologia apresentada em 2.4.1.3.

O modelo misto ISE apresentou convergência desejada após sete iterações.

Na Tabela 3.32 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

Tabela 3.32 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício QUA-SAP-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	268,9	265,5	-1	276,1	3	PH45	193,9	222,0	14	194,4	0
PH02	26,2	28,0	7	27,3	4	PH46	15,9	17,3	9	17,8	12
PH03	243,2	240,3	-1	329,0	35	PH47	191,4	211,7	11	218,2	14
PH04	268,0	260,4	-3	180,7	-33	PH48	237,9	230,1	-3	254,0	7
PH05	18,7	20,0	7	19,4	4	PH49	35,6	37,0	4	32,3	-9
PH06	283,6	282,0	-1	257,2	-9	PH50	431,0	445,2	3	304,2	-29
PH07	52,0	60,0	15	46,8	-10	PILAR	630,0	630,0	0	630,0	0
PH08	209,1	197,4	-6	185,9	-11	PV01	493,0	542,5	10	650,0	32
PH09	50,5	45,7	-9	54,5	8	PV02	194,2	223,7	15	159,0	-18
PH10	52,0	63,0	21	71,5	37	PV03	194,8	199,5	2	160,0	-18
PH11	174,7	171,9	-2	166,4	-5	PV04	716,4	703,1	-2	249,6	-65
PH12	123,4	132,4	7	138,2	12	PV05	12,3	14,8	20	16,1	31
PH13	399,9	362,8	-9	523,0	31	PV06	227,4	234,8	3	216,7	-5
PH14	257,5	251,4	-2	258,1	0	PV07	7,4	6,0	-19	5,0	-33
PH15	498,9	509,7	2	501,9	1	PV08	300,3	315,2	5	353,3	18
PH16	625,6	584,8	-7	810,0	29	PV09	370,7	357,0	-4	418,6	13
PH17	469,1	477,9	2	500,2	7	PV10	369,8	378,7	2	410,2	11
PH18	-17,7	-26,0	47	-23,0	30	PV11	548,1	538,6	-2	537,4	-2
PH19	18,0	26,0	44	27,6	53	PV12	458,6	473,3	3	414,1	-10
PH20	-6,5	-9,0	39	-7,0	8	PV13	575,1	565,8	-2	530,0	-8
PH21	129,0	135,4	5	149,7	16	PV14	594,4	569,9	-4	535,8	-10
PH22	214,9	214,9	0	214,9	0	PV15	1131,7	1237,7	9	1327,7	17
PH23	-36,5	-30,0	-18	-29,0	-21	PV16	1689,0	1601,4	-5	1531,3	-9
PH24	-76,7	-73,6	-4	-68,9	-10	PV17	13,7	13,5	-1	14,7	8
PH25	214,9	214,9	0	214,9	0	PV18	21,4	21,0	-2	17,2	-20
PH26	129,0	111,0	-14	120,0	-7	PV19	1320,0	1510,0	14	1440,5	9
PH27	25,0	28,4	14	27,8	11	PV20	777,8	732,2	-6	823,1	6
PH28	28,5	32,4	14	25,8	-10	PV21	391,0	449,8	15	470,8	20
PH29	3,4	4,0	19	5,0	48	PV22	580,6	560,0	-4	568,6	-2
PH30	28,2	31,1	10	32,8	16	PV23	364,7	368,5	1	358,6	-2
PH31	604,1	550,5	-9	887,0	47	PV24	445,8	468,9	5	449,6	1
PH32	401,0	386,6	-4	438,8	9	PV25	337,5	368,3	9	356,5	6
PH33	106,0	108,0	2	91,4	-14	PV26	503,5	483,4	-4	473,7	-6
PH34	310,5	339,4	9	347,9	12	PV27	271,7	291,3	7	317,0	17
PH35	354,1	303,6	-14	236,0	-33	PV28	3,4	3,0	-13	3,0	-13
PH36	259,0	233,8	-10	273,3	6	PV29	218,7	250,0	14	224,0	2
PH37	134,7	145,0	8	145,2	8	PV30	7,9	8,4	6	9,4	19
PH38	217,8	204,8	-6	198,4	-9	PV31	973,0	912,0	-6	1001,7	3
PH39	27,9	28,4	2	27,1	-3	PV32	233,8	245,1	5	213,1	-9
PH40	97,8	90,6	-7	81,4	-17	PV33	237,3	256,2	8	207,8	-12
PH41	33,6	43,4	29	27,7	-17	PV34	713,0	804,0	13	786,7	10
PH42	126,5	123,1	-3	124,7	-1	SOMA	24960,8	25059,1	---	25179,1	---
PH43	425,0	285,0	-33	289,6	-32	MÉDIA	---	---	9	---	15
PH44	154,2	103,0	-33	72,0	-53						

Analisando-se os resultados de força normal nas paredes do edifício percebe-se que os modelos simplificados apresentaram boa aproximação, com média do desvio absoluto de 9% para o modelo misto ISE e de 15% para o modelo misto SIMP.

Para o modelo misto ISE temos que 45% das paredes apresentaram resultados ótimos, 44% apresentaram resultados bons e 12% apresentaram resultados ruins que equivalem a 10 paredes, sendo que grande parte delas apresenta valores baixos (vide Tabela 3.32), em que pequenos desvios geram grandes diferenças percentuais.

Já a qualidade do modelo misto SIMP é inferior, com 22% dos resultados na faixa ótima, 53% na faixa boa e 25% na faixa ruim.

A Figura 3.58 apresenta os gráficos do esforço normal das paredes estudadas.

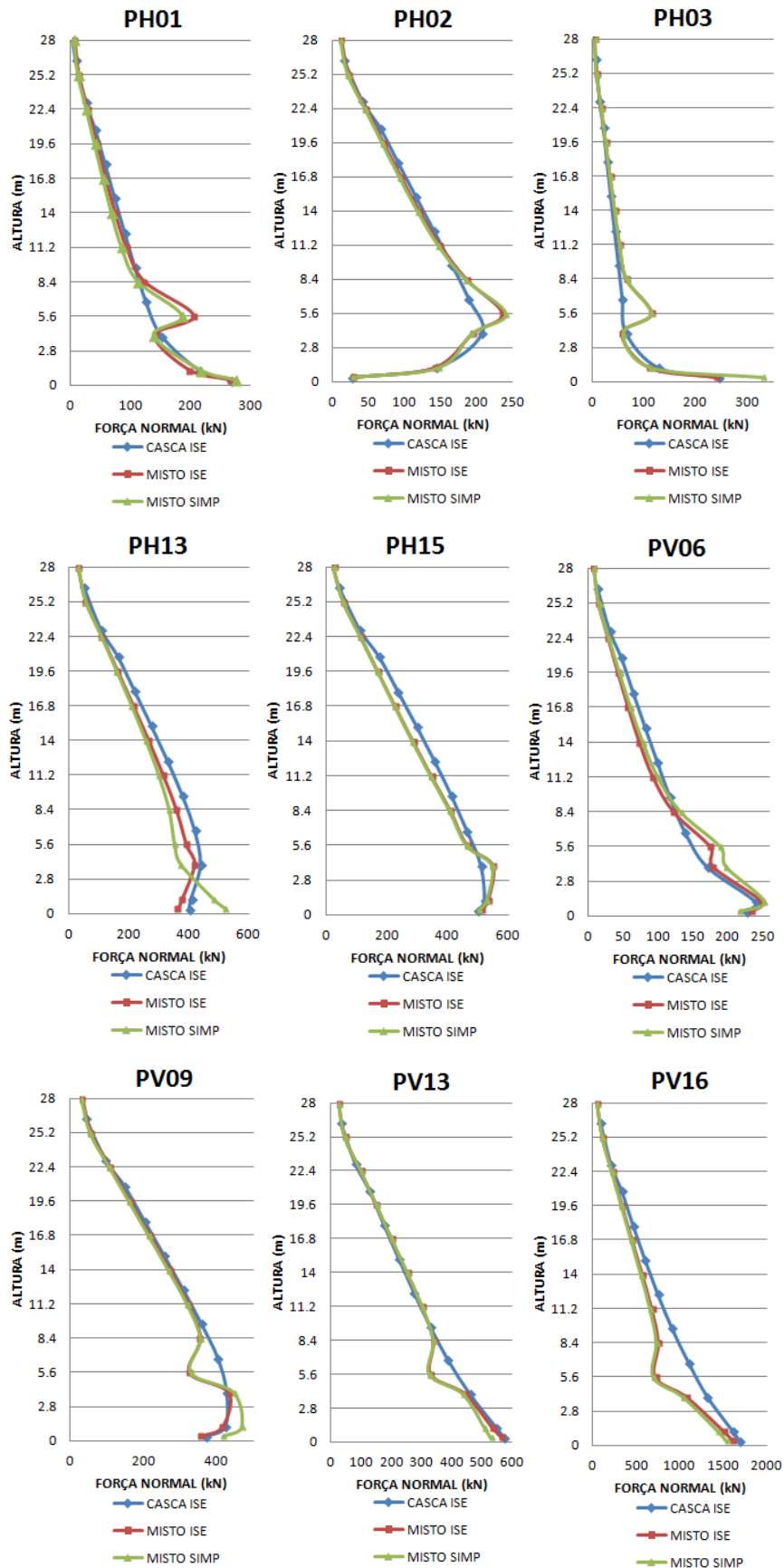


Figura 3.58 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício QUA-SAP-10PAV.

Analisando-se os gráficos de distribuição da força normal ao longo das paredes evidencia-se uma boa aproximação, principalmente do modelo misto ISE. Em algumas paredes do modelo SIMP as diferenças entre os valores aumentam nos dois primeiros pavimentos, como no caso da parede PH13 que além do aumento do desvio também apresentou mudança na tendência do gráfico.

A Tabela 3.33 apresenta os carregamentos no apoio do modelo misto ISE.

Tabela 3.33 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-SAP-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	701,7	682,2	-3	-67,4	-68,6	2	-83,4	-84,1	1
F02	791,6	768,3	-3	23,1	-24,6	-206	1,5	2,9	98
F03	535,7	570,8	7	0,0	0,0	0	-12,9	-16,0	24
F04	628,7	657,2	5	21,3	-1,4	-106	5,6	-71,0	-1359
F05	1073,8	1032,6	-4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	470,2	468,1	0	0,0	0,0	0	8,5	-9,6	-213
F07	519,0	502,1	-3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	262,6	248,5	-5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F09	179,3	190,0	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F10	375,2	399,1	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F11	805,0	771,7	-4	0,0	0,0	0	-138,9	-110,8	-20
F12	278,5	273,3	-2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F13	184,4	191,2	4	0,0	0,0	0	-1,0	0,0	-100
F14	719,3	750,6	4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F15	1196,5	1164,9	-3	0,0	0,0	0	-55,3	-61,3	11
F16	505,8	499,3	-1	0,0	0,0	0	-15,9	8,7	-154
F17	545,1	525,1	-4	-4,6	10,5	-327	-106,0	-86,8	-18
F18	580,2	561,8	-3	41,4	42,0	1	0,0	0,0	0
F19	388,2	410,9	6	7,8	16,9	118	-17,1	-10,9	-37
F20	501,0	524,2	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F21	520,5	515,9	-1	-31,9	-38,8	22	-36,6	-30,4	-17
F22	256,5	272,9	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	637,4	645,4	1	0,0	0,0	0	-109,8	-115,1	5
F24	440,7	454,8	3	7,2	16,5	130	1,9	-19,1	-1104
F25	328,9	325,2	-1	1,0	0,0	-100	-52,9	-72,9	38
F26	186,8	196,0	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	572,4	595,2	4	70,7	-39,8	-156	-113,8	-96,7	-15
F28	406,8	418,1	3	-9,1	-11,9	31	0,0	0,0	0
F29	267,2	253,5	-5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	488,0	490,6	1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	887,1	929,9	5	0,0	0,0	0	-111,8	-119,1	7
F32	1134,7	1175,0	4	0,0	0,0	0	31,9	47,0	47
F33	593,9	610,0	3	0,0	0,0	0	-186,5	-98,6	-47
F34	194,7	195,9	1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F35	377,3	367,4	-3	0,0	0,0	0	-24,6	10,5	-143
F36	586,8	581,7	-1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F37	630,0	630,0	0	0,0	0,0	0	-138,8	-136,7	-1
F38	411,2	428,6	4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F39	210,0	219,5	5	0,0	0,0	0	-3,4	1,2	-136
F40	264,8	240,6	-9	0,0	0,0	0	3,0	2,1	-31
F41	718,0	691,9	-4	17,5	3,1	-82	0,0	0,0	0
F42	741,0	771,4	4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F43	934,7	904,7	-3	0,0	0,0	0	-574,5	-30,0	-95
F44	542,2	548,7	1	81,0	49,7	-39	-74,4	-83,2	12
F45	637,3	659,2	3	-6,6	9,7	-246	0,0	0,0	0
F46	815,4	733,2	-10	-7,5	8,1	-208	-53,6	-25,1	-53
F47	1159,8	1138,8	-2	133,9	112,2	-16	34,5	99,9	189
TOTAL	26185,8	26185,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	4	---	---	38	---	---	85



A Tabela 3.34 apresenta os carregamentos no apoio do modelo misto SIMP.

Tabela 3.34 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-SAP-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	701,7	708,7	1	-67,4	-83,4	24	-83,4	-91,7	10
F02	791,6	747,1	-6	23,1	199,7	763	1,5	41,6	2747
F03	535,7	547,7	2	0,0	0,0	0	-12,9	-25,5	98
F04	628,7	655,8	4	21,3	-61,9	-391	5,6	20,8	268
F05	1073,8	963,4	-10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	470,2	483,3	3	0,0	0,0	0	8,5	29,9	252
F07	519,0	563,5	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	262,6	288,4	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F09	179,3	198,6	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F10	375,2	432,9	15	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F11	805,0	895,7	11	0,0	0,0	0	-138,9	-704,0	407
F12	278,5	302,5	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F13	184,4	204,9	11	0,0	0,0	0	-1,0	-17,2	1565
F14	719,3	747,6	4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F15	1196,5	1132,0	-5	0,0	0,0	0	-55,3	-62,3	13
F16	505,8	541,2	7	0,0	0,0	0	-15,9	-5,2	-67
F17	545,1	393,9	-28	-4,6	-194,0	4085	-106,0	-689,3	550
F18	580,2	561,0	-3	41,4	36,9	-11	0,0	0,0	0
F19	388,2	389,3	0	7,8	20,4	162	-17,1	-13,1	-23
F20	501,0	499,6	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F21	520,5	453,0	-13	-31,9	-49,1	54	-36,6	-31,7	-13
F22	256,5	255,8	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	637,4	631,5	-1	0,0	0,0	0	-109,8	-160,6	46
F24	440,7	461,8	5	7,2	-1,0	-114	1,9	30,3	1493
F25	328,9	357,1	9	1,0	10,3	882	-52,9	-69,2	31
F26	186,8	245,5	31	0,0	7,9	0	0,0	0,0	0
F27	572,4	529,5	-7	70,7	416,7	489	-113,8	-327,3	188
F28	406,8	438,6	8	-9,1	-32,5	257	0,0	0,0	0
F29	267,2	338,8	27	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	488,0	462,3	-5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	887,1	1055,3	19	0,0	0,0	0	-111,8	-90,5	-19
F32	1134,7	1022,4	-10	0,0	0,0	0	31,9	37,8	18
F33	593,9	628,9	6	0,0	0,0	0	-186,5	247,5	-233
F34	194,7	223,0	15	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F35	377,3	334,5	-11	0,0	0,0	0	-24,6	-22,4	-9
F36	586,8	631,6	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F37	630,0	630,0	0	0,0	0,0	0	-138,8	-8,6	-94
F38	411,2	463,9	13	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F39	210,0	235,7	12	0,0	0,0	0	-3,4	12,1	-457
F40	264,8	297,5	12	0,0	0,0	0	3,0	26,2	777
F41	718,0	689,6	-4	17,5	4,5	-74	0,0	0,0	0
F42	741,0	755,5	2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F43	934,7	916,6	-2	0,0	0,0	0	-574,5	-83,4	-85
F44	542,2	544,6	0	81,0	97,6	21	-74,4	-114,5	54
F45	637,3	585,5	-8	-6,6	-61,0	823	0,0	0,0	0
F46	815,4	699,4	-14	-7,5	-79,0	956	-53,6	-46,8	-13
F47	1159,8	1040,7	-10	133,9	263,5	97	34,5	35,0	1
TOTAL	26185,8	26185,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	9	---	---	196	---	---	203

Quanto às reações verticais os modelos simplificados apresentaram boa aproximação, com desvios de 4% e 9% para os modelos misto ISE e misto SIMP, respectivamente. Já para os momentos aplicados, observa-se uma alta divergência entre os resultados, apesar de também apresentarem a mesma tendência do modelo casca ISE de zerar a maioria dos resultados.

O modelo misto ISE não apresentou nenhum resultado fora da faixa aceitável, com 85% dos resultados na faixa ótima e 15% na boa. O modelo misto SIMP apresentou boa aproximação, com 38% dos resultados na faixa ótima 53% na boa e apenas 9% na ruim.

A Tabela 3.35 apresenta os recalques estimados para as fundações do edifício. E a Tabela 3.36 apresenta algumas informações adicionais.

Tabela 3.35 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício QUA-SAP -10PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	4,3	4,2	-2	3,4	-21	F24	9,3	9,5	2	9,6	3
F02	5,4	5,1	-4	5,1	-5	F25	6,0	5,9	-1	6,1	2
F03	9,5	10,2	7	9,9	4	F26	8,5	8,7	2	9,5	12
F04	10,7	11,2	4	11,1	3	F27	4,1	4,3	5	3,6	-11
F05	6,3	6,0	-4	5,8	-9	F28	5,6	5,6	1	5,7	3
F06	8,3	8,3	0	8,5	2	F29	8,6	8,7	1	9,8	14
F07	5,2	5,0	-3	5,4	5	F30	9,6	9,9	4	9,4	-2
F08	5,5	5,3	-3	5,9	7	F31	6,6	6,7	1	7,4	11
F09	9,4	10,0	6	10,5	12	F32	7,5	7,6	2	7,2	-4
F10	9,9	10,5	7	11,1	12	F33	4,2	4,3	3	4,7	11
F11	4,3	4,2	-2	5,7	33	F34	5,6	5,6	0	6,2	11
F12	5,5	5,3	-3	5,8	5	F35	8,1	8,2	2	7,7	-5
F13	9,3	9,8	6	10,4	12	F36	9,4	9,4	-1	9,7	3
F14	10,3	10,9	6	10,8	5	F37	6,7	6,4	-4	6,8	2
F15	6,4	6,2	-3	6,0	-5	F38	5,3	5,3	1	5,8	10
F16	8,0	7,9	-1	8,5	6	F39	5,7	5,8	2	6,3	10
F17	4,2	4,1	-2	3,4	-19	F40	7,7	7,8	1	7,7	0
F18	5,4	5,2	-3	5,1	-6	F41	7,9	8,2	3	7,8	-1
F19	9,2	9,3	1	9,2	0	F42	6,1	6,0	-2	6,3	3
F20	10,3	10,6	4	10,1	-1	F43	7,3	7,0	-4	7,3	0
F21	5,8	5,7	-2	5,3	-8	F44	4,0	4,2	4	4,1	4
F22	8,2	8,5	3	8,5	4	F45	5,3	5,4	2	5,2	-3
F23	5,0	5,0	0	4,2	-17	F46	7,0	7,5	7	6,3	-10
						F47	8,5	8,2	-4	7,5	-12

Tabela 3.36 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício QUA-SAP-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	10,7	11,2	4	11,1	3
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	6,7	7,1	5	7,7	15
RECALQUE MÉDIO (mm)	7,0	7,1	1	7,2	2
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	28	30	7	31	9

As Figuras 3.59 e 3.60 mostram as curvas isorecalques para os modelos misto ISE e misto SIMP, nesta ordem, tomando como referência as curvas do modelo casca ISE.

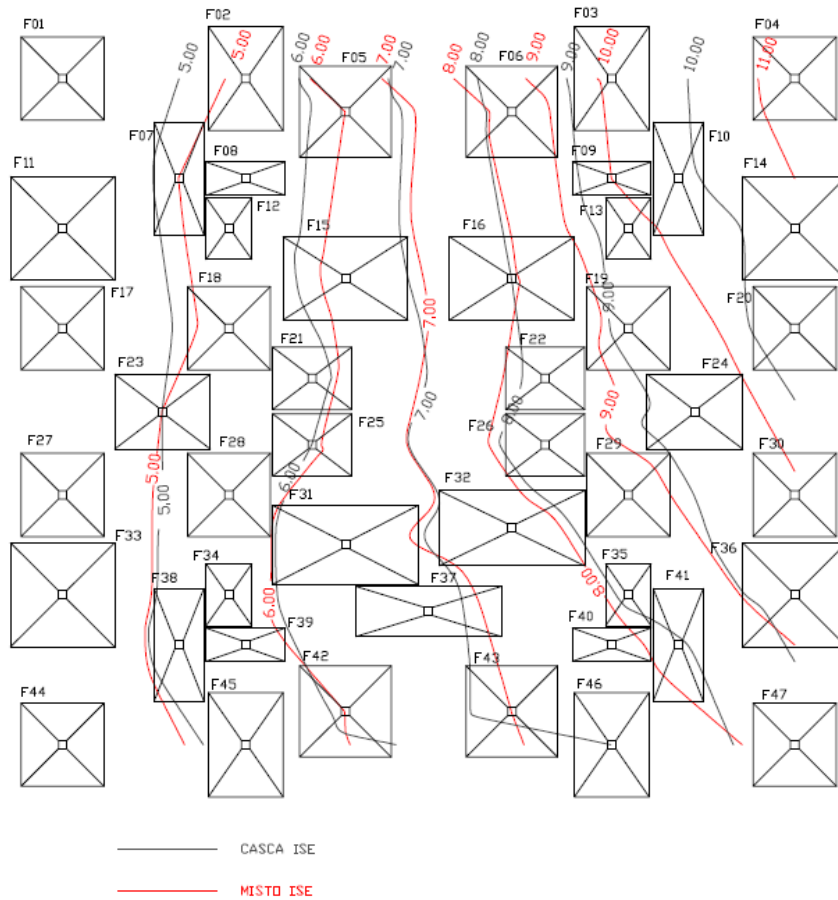


Figura 3.59 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-SAP-10PAV.

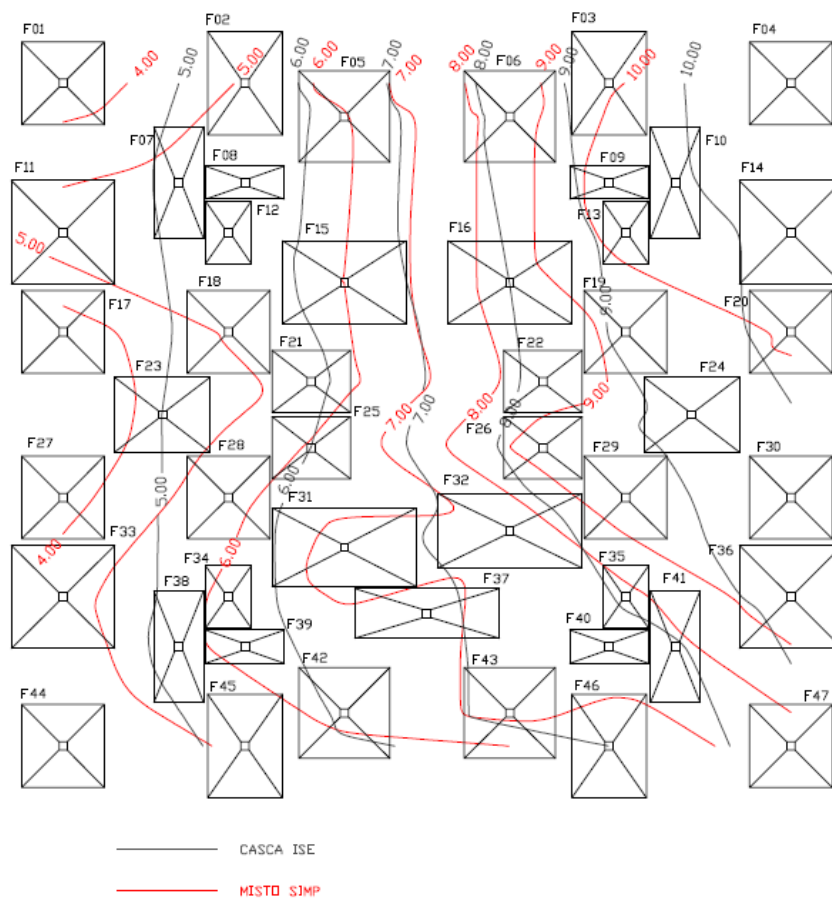


Figura 3.60 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-SAP-10PAV.

O modelo misto ISE apresentou ótima aproximação, com diferenças inferiores a 7% quando comparamos os valores de recalque absoluto (Tabela 3.35). Também observa-se que as diferenças de recalque máximo e recalque diferencial máximo ficaram abaixo de 5%, constando-se a boa representabilidade do modelo. Percebe-se também uma boa aproximação entre as curvas de isorecalque, como apresentado na 3.59.

O modelo misto SIMP apresentou maior divergência nos resultados, com diferença de até 33% nos valores de recalque absoluto (Tabela 3.35) e de 15% no recalque diferencial máximo (Tabela 3.36), porém apresentou a mesma tendência de uniformização dos recalques, quando comparado ao modelo de referência (3.60).

### 3.3.6 RESULTADOS E ANÁLISES PARA 5 PAVIMENTOS

#### 3.3.6.1 PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE

Inicialmente serão realizadas comparações entre os resultados de força normal para os modelos discretizados em elementos de casca, considerando ou não os efeitos da interação solo estrutura. O modelo casca ISE apresentou convergência após seis iterações.

Tabela 3.37 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício QUA-SAP-5PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	98,6	130,9	33	PH45	94,6	96,4	2
PH02	9,4	10,8	15	PH46	9,1	5,0	-45
PH03	64,6	120,1	86	PH47	63,3	99,3	57
PH04	63,0	83,0	32	PH48	61,4	114,4	86
PH05	9,9	5,2	-47	PH49	9,9	25,6	160
PH06	101,5	148,1	46	PH50	97,1	257,1	165
PH07	17,8	2,9	-84	PILAR	315,0	315,0	0
PH08	60,3	109,3	81	PV01	319,2	241,0	-25
PH09	62,2	12,5	-80	PV02	99,5	94,4	-5
PH10	16,6	31,8	92	PV03	98,4	95,7	-3
PH11	106,3	84,6	-20	PV04	322,9	347,9	8
PH12	104,4	64,0	-39	PV05	5,2	6,2	20
PH13	175,6	192,7	10	PV06	119,3	113,7	-5
PH14	177,5	128,4	-28	PV07	4,9	2,2	-55
PH15	269,7	245,1	-9	PV08	198,2	153,2	-23
PH16	267,6	307,3	15	PV09	195,7	175,5	-10
PH17	267,9	238,5	-11	PV10	259,1	186,9	-28
PH18	-4,7	-11,5	142	PV11	261,5	277,3	6
PH19	6,0	9,9	65	PV12	239,2	232,2	-3
PH20	-5,2	-4,8	-8	PV13	236,1	282,5	20
PH21	33,6	57,7	72	PV14	258,0	300,2	16
PH22	106,7	106,7	0	PV15	734,7	577,7	-21
PH23	-27,1	-23,0	-15	PV16	520,2	833,7	60
PH24	-25,3	-40,6	60	PV17	6,5	2,7	-59
PH25	106,7	106,7	0	PV18	7,9	6,8	-14
PH26	31,2	-18,9	-161	PV19	700,1	697,2	0
PH27	9,7	12,1	24	PV20	532,9	381,3	-28
PH28	7,8	11,2	44	PV21	255,0	204,3	-20
PH29	5,5	2,2	-59	PV22	234,2	289,3	24
PH30	16,2	11,2	-31	PV23	230,8	185,9	-19
PH31	271,3	306,5	13	PV24	249,1	229,2	-8
PH32	271,8	193,2	-29	PV25	252,1	178,1	-29
PH33	42,5	42,9	1	PV26	199,2	237,7	19
PH34	205,5	154,7	-25	PV27	196,1	137,3	-30
PH35	176,4	175,8	0	PV28	5,1	1,0	-80
PH36	178,4	124,7	-30	PV29	120,0	111,8	-7
PH37	107,9	68,7	-36	PV30	4,9	3,1	-35
PH38	106,1	104,3	-2	PV31	331,0	368,5	11
PH39	16,2	13,8	-14	PV32	104,9	115,2	10
PH40	50,3	30,9	-39	PV33	103,7	126,2	22
PH41	16,6	21,6	31	PV34	334,5	376,4	13
PH42	85,6	57,4	-33	SOMA	12157,6	12168,5	---
PH43	89,3	225,1	152	MÉDIA	---	---	37
PH44	15,1	29,2	93				

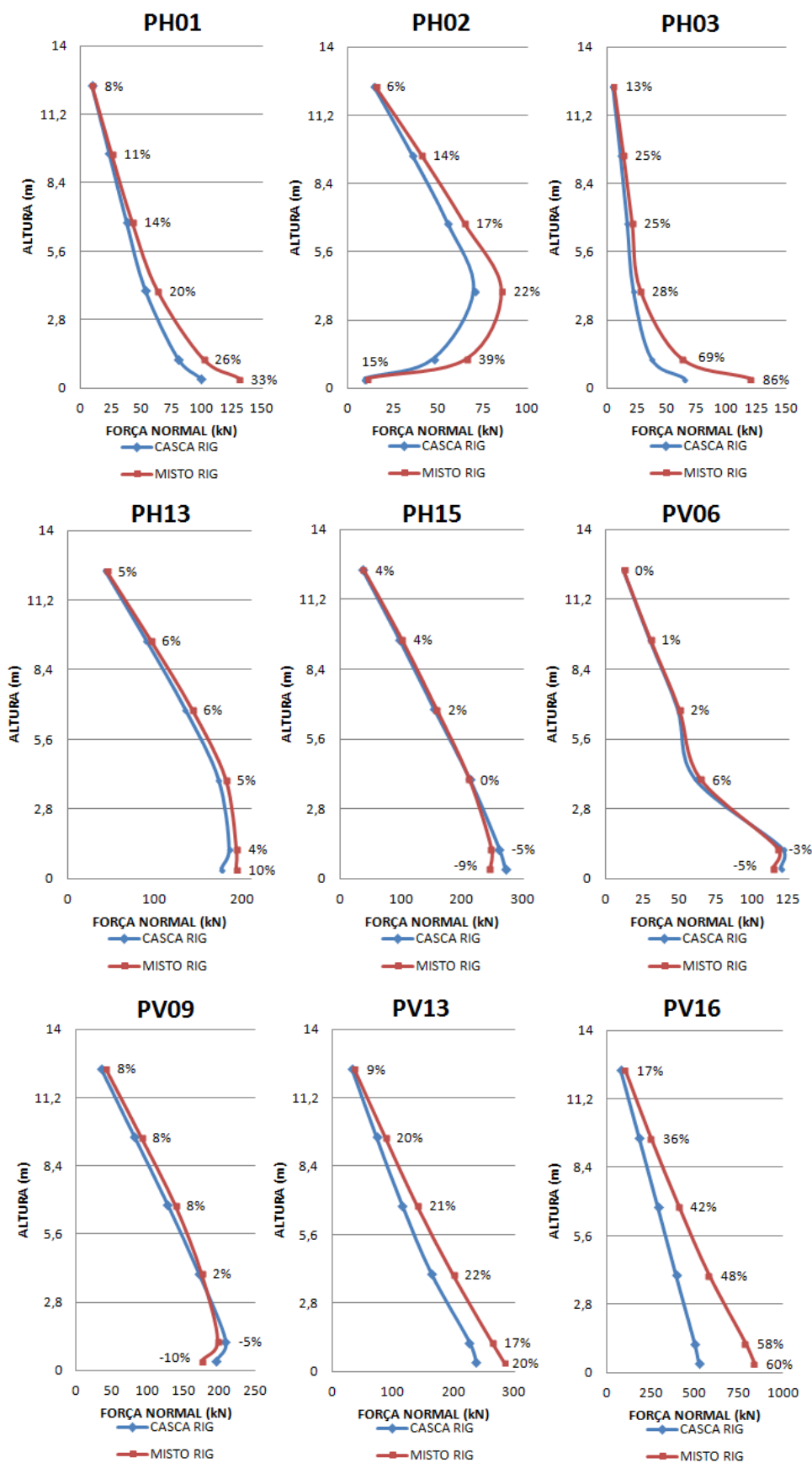


Figura 3.61 – Diagrama de força normal das paredes do edifício QUA-SAP-5PAV.

A consideração da deslocabilidade dos apoios gerou uma redistribuição nos esforços das paredes, apresentando média de 37%, uma pequena diferença, quando comparado com seu respectivo modelo com 10 pavimentos (QUA-SAP-10PAV), que apresentou média de 34%.

Ao se compararem os gráficos de distribuição de força normal percebe-se que a redução da quantidade de pavimentos não gerou uma mudança significativa nos esforços ao longo da parede, pois os desvios apresentados nas paredes do edifício de 5 pavimentos são semelhantes aos apresentados no respectivo edifício com 10 pavimentos.

Na sequencia são analisadas as vigas baldrame VB01, VB07, VB36 e VB44 quanto a consideração da interação solo-estrutura.

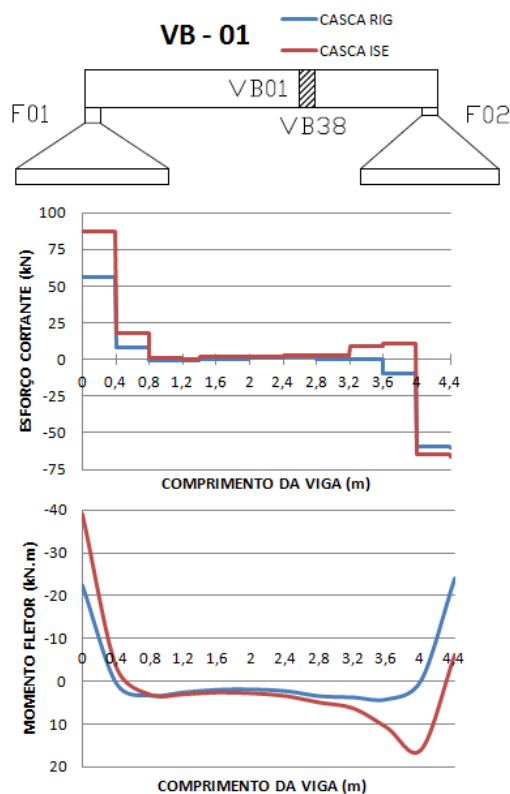


Figura 3.62 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício QUA-SAP-5PAV.

A viga VB01 apresentou aumento do esforço cortante nos apoios, com acréscimo de 55% no apoio F01 e apenas 9% em F02.

O momento fletor positivo apresentou seu maior aumento próximo ao apoio F02, com acréscimo superior a 250% e conseqüentemente uma redução de 75% no momento fletor negativo nessa extremidade. Próximo ao apoio F01 apresentou acréscimo do momento fletor negativo de 73%.

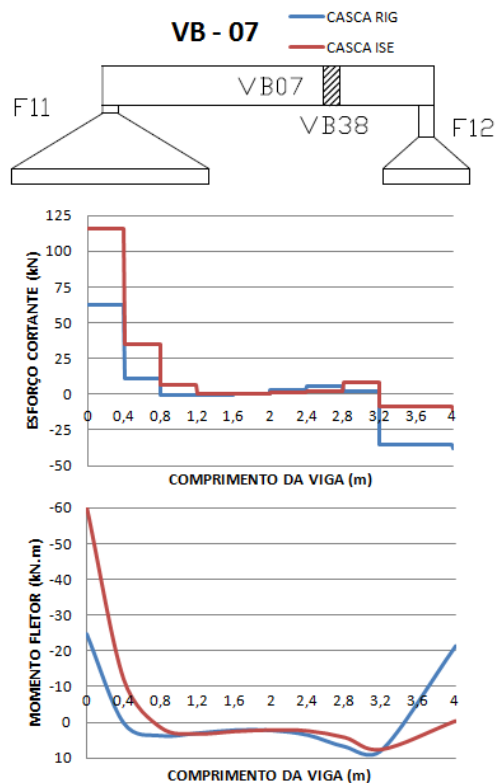


Figura 3.63 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB07 do edifício QUA-SAP-5PAV.

A abertura de porta, próximo a fundação F12, gerou uma redução significativa dos esforços, principalmente após a flexibilização dos apoios. O esforço cortante reduziu 71% e o momento fletor negativo 98%. Já próximo ao apoio F11 os esforços apresentaram aumento de 85% no esforço cortante e 142% no momento fletor negativo.

Os diagramas da viga VB36 não apresentaram modificações significativas, apresentando diferenças dos esforços em 3%, semelhante ao seu respectivo edifício com 10 pavimentos (QUA-SAP-10PAV).



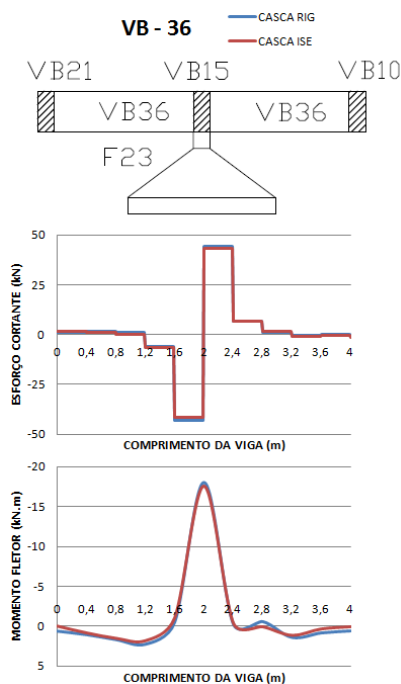


Figura 3.64 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB36 do edifício QUA-SAP-5PAV.

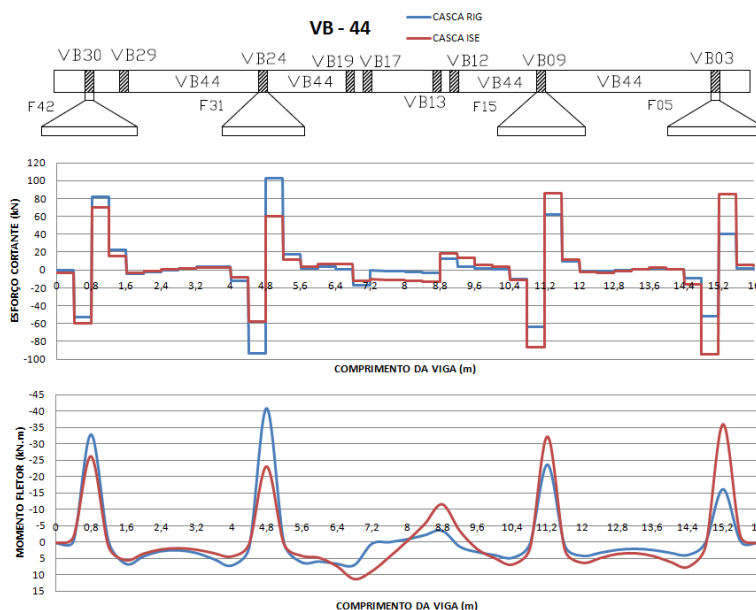


Figura 3.65 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB44 do edifício QUA-SAP-5PAV.

A região mais carregada (próxima de F31) apresentou redução significativa em seus esforços, após a flexinilização dos apoios, com diminuição de 41% e 14% no esforço cortante nos apoios F31 e F42, respectivamente, e diminuição de 48% e 19% no momento fletor negativo em F31 e F42, nessa ordem.

Os apoios F05 e F15 apresentaram aumento nos seus carregamentos, de 88% e 40%, respectivamente. Logo os esforços na viga nesta região apresentaram grandes aumentos, de

113% e 39% no esforço cortante em F15 e F05, e 123% e 37% no momento fletor negativo em F15 e F05.

De maneira geral, os diagramas de esforços apresentam comportamento semelhante ao do edifício com 10 pavimentos com fundação superficial (QUA-SAP-10PAV), divergindo apenas na magnitude dos esforços, com uma redução de aproximadamente 50%, como esperado.

Os carregamentos aplicados nas fundações são apresentados na Tabela 3.38.

Tabela 3.38 – Carregamento das fundações do edifício QUA-SAP-5PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	256,0	349,2	36	-23,9	-34,4	44	-23,7	-41,4	75
F02	267,6	394,0	47	-23,3	11,0	-147	25,2	0,0	-100
F03	261,0	289,3	11	-22,7	0,0	-100	-25,0	-6,9	-72
F04	265,5	335,9	27	-24,8	9,7	-139	24,1	-14,3	-159
F05	292,5	549,6	88	-4,7	0,0	-100	13,4	0,0	-100
F06	296,9	241,7	-19	-4,8	0,0	-100	-13,7	6,5	-147
F07	297,9	257,1	-14	5,4	0,0	-100	-14,8	0,0	-100
F08	149,0	129,3	-13	21,9	0,0	-100	9,1	0,0	-100
F09	144,9	96,0	-34	21,3	0,0	-100	-8,7	0,0	-100
F10	296,8	196,9	-34	5,9	0,0	-100	14,2	0,0	-100
F11	378,2	402,4	6	6,1	0,0	-100	-26,3	-69,3	164
F12	173,3	143,1	-17	-23,7	0,0	-100	21,4	0,0	-100
F13	166,8	96,8	-42	-22,9	0,0	-100	-20,3	0,0	-100
F14	391,2	376,1	-4	6,3	0,0	-100	26,4	0,0	-100
F15	433,8	605,9	40	-1,6	0,0	-100	-26,5	-28,0	5
F16	448,6	257,5	-43	-1,7	0,0	-100	26,9	-6,0	-122
F17	238,9	274,0	15	18,0	-2,1	-112	-24,2	-53,8	123
F18	280,7	293,8	5	23,3	20,8	-11	25,9	0,0	-100
F19	268,4	206,4	-23	22,4	7,8	-65	-25,3	-5,0	-80
F20	251,4	266,6	6	18,9	0,0	-100	24,8	0,0	-100
F21	182,5	266,5	46	-22,2	-17,2	-23	-22,8	-16,5	-28
F22	181,7	133,2	-27	-21,9	0,0	-100	22,9	0,0	-100
F23	307,1	324,9	6	0,0	0,0	0	-37,4	-56,2	50
F24	306,6	229,3	-25	0,0	0,0	0	36,9	1,1	-97
F25	202,3	168,0	-17	21,3	0,0	-100	-36,7	-29,8	-19
F26	189,5	97,0	-49	21,5	0,0	-100	29,1	0,0	-100
F27	242,6	288,6	19	-18,1	48,8	-369	-24,5	-60,6	148
F28	284,1	210,9	-26	-23,3	-5,3	-77	26,1	0,0	-100
F29	271,8	134,8	-50	-22,4	0,0	-100	-25,6	0,0	-100
F30	255,9	250,3	-2	-19,1	0,0	-100	25,2	0,0	-100
F31	685,5	456,0	-33	5,4	0,0	-100	-44,7	-58,2	30
F32	471,9	596,3	26	0,0	0,0	0	36,1	17,5	-51
F33	379,9	303,4	-20	-5,8	0,0	-100	-26,4	-97,1	267
F34	169,3	100,5	-41	23,2	0,0	-100	21,6	0,0	-100
F35	161,8	190,7	18	22,4	0,0	-100	-20,4	-6,2	-70
F36	394,2	299,1	-24	-5,9	0,0	-100	26,5	0,0	-100
F37	315,0	315,0	0	0,0	0,0	0	-3,7	-71,9	1831
F38	302,2	216,2	-28	-4,9	0,0	-100	-15,0	0,0	-100
F39	153,9	111,2	-28	-22,4	0,0	-100	9,2	-1,7	-119
F40	150,3	132,4	-12	-21,9	0,0	-100	-8,8	1,9	-122
F41	302,2	358,5	19	-5,4	-1,8	-66	14,4	0,0	-100
F42	420,6	376,9	-10	11,5	0,0	-100	16,9	0,0	-100
F43	437,6	479,5	10	13,0	0,0	-100	-17,8	-160,8	803
F44	246,0	275,7	12	23,3	43,4	86	-22,8	-39,3	72
F45	263,2	332,4	26	23,3	-3,7	-116	24,5	0,0	-100
F46	255,2	404,1	58	22,6	-4,0	-118	-24,2	-22,9	-5
F47	254,5	534,0	110	24,2	-518,2	-2238	23,2	59,4	156
TOTAL	13346,9	13346,9	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	27	---	---	139	---	---	149

A Figura 3.66 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de força vertical aplicados nas fundações do edifício QUA-SAP-5PAV.

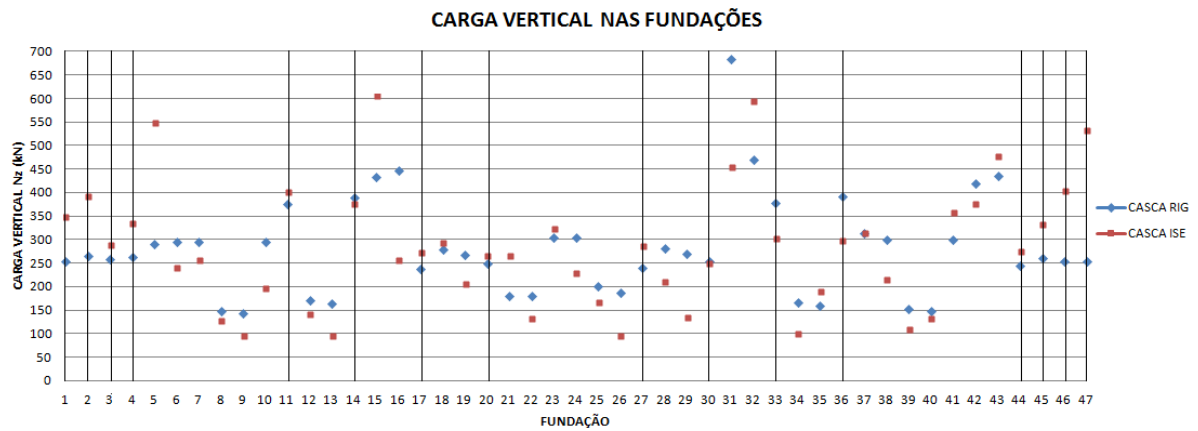


Figura 3.66 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício QUA-SAP-5PAV.

Ao observar os resultados apresentados na Tabela 3.38 constata-se a ocorrência de redistribuição de carga entre as fundações do edifício, com média do desvio absoluto para o carregamento vertical idêntica à apresentada no modelo equivalente com 10 pavimentos, de 27%. Ocorreu uma elevada tendência de redução dos momentos aplicados, com grande parte dos valores igualando a zero.

A redistribuição de carga apresentou tendência semelhante ao seu respectivo modelo com 10 pavimentos (QUA-SAP-10PAV), ou seja, as fundações da região onde o solo é caracterizado pela sondagem S2 cederam carga para as fundações vizinhas.

As fundações de periferia, em sua maior parte, aumentaram o valor do seu carregamento, excerto as fundações F33 e F36 que apresentaram uma redução significativa em seu valor, por apresentarem maior valor de recalque, quando comparado com as fundações ao seu redor.

A Tabela 3.39 mostra os valores de recalque absoluto para as fundações do edifício QUA-SAP-5PAV. Algumas informações complementares são apresentadas na Tabela 3.40.

Tabela 3.39 – Recalque dos apoios do edifício QUA-SAP-5PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	1,6	2,1	33	F24	6,5	4,8	-25
F02	1,9	2,7	44	F25	3,4	3,1	-11
F03	5,0	5,1	3	F26	6,6	4,4	-33
F04	4,6	5,7	24	F27	1,9	2,1	8
F05	1,9	3,2	69	F28	3,6	2,9	-20
F06	5,1	4,3	-15	F29	6,9	4,5	-34
F07	2,7	2,6	-4	F30	5,4	5,0	-8
F08	2,8	2,7	-1	F31	4,6	3,4	-26
F09	7,4	5,0	-33	F32	3,6	3,9	6
F10	7,3	5,0	-31	F33	2,6	2,1	-18
F11	2,0	2,1	6	F34	4,1	2,9	-29
F12	3,0	2,8	-6	F35	3,8	4,0	6
F13	7,9	4,9	-38	F36	5,7	4,9	-15
F14	5,7	5,1	-10	F37	3,6	3,4	-6
F15	2,5	3,2	30	F38	3,6	2,8	-22
F16	6,7	4,1	-39	F39	3,9	3,0	-24
F17	1,9	2,1	11	F40	3,7	3,7	0
F18	2,5	2,7	7	F41	3,5	4,0	14
F19	6,5	4,8	-27	F42	3,5	3,1	-10
F20	5,3	5,2	-2	F43	3,5	3,7	7
F21	2,4	2,9	22	F44	1,9	2,0	4
F22	6,1	4,3	-30	F45	2,5	2,8	9
F23	2,5	2,5	3	F46	2,5	3,4	37
				F47	2,0	4,4	121

Tabela 3.40 – Informações complementares sobre os recalques do edifício QUA-SAP-5PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	7,9	5,7	-28
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	6,3	3,7	-42
RECALQUE MÉDIO (mm)	4,0	3,6	-10
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	45	29	-35

As informações apresentadas na Tabela 3.40 mostram uma tendência de homogeneização dos recalques, com uma redução do coeficiente de variação, passando de 45% para 29%. Conseqüentemente o recalque diferencial máximo apresentou redução de 42% e o recalque máximo de 28%. O recalque médio apresentou baixa variação, com desvio de -10%.

As Figuras 3.67 e 3.68 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

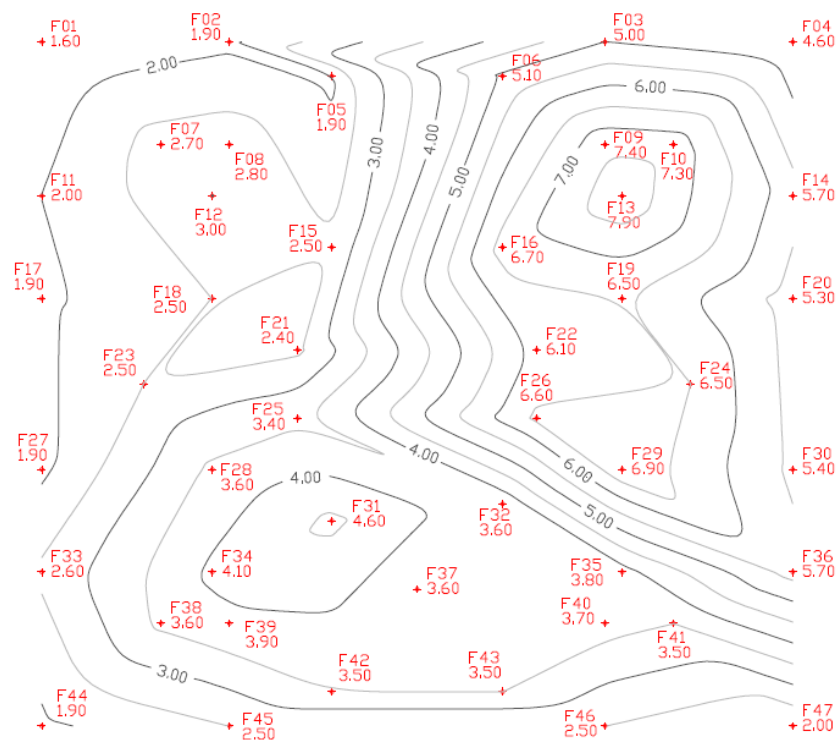


Figura 3.67 – Curvas isorecalque do edifício QUA-SAP-5PAV modelado com os apoios indeslocáveis.

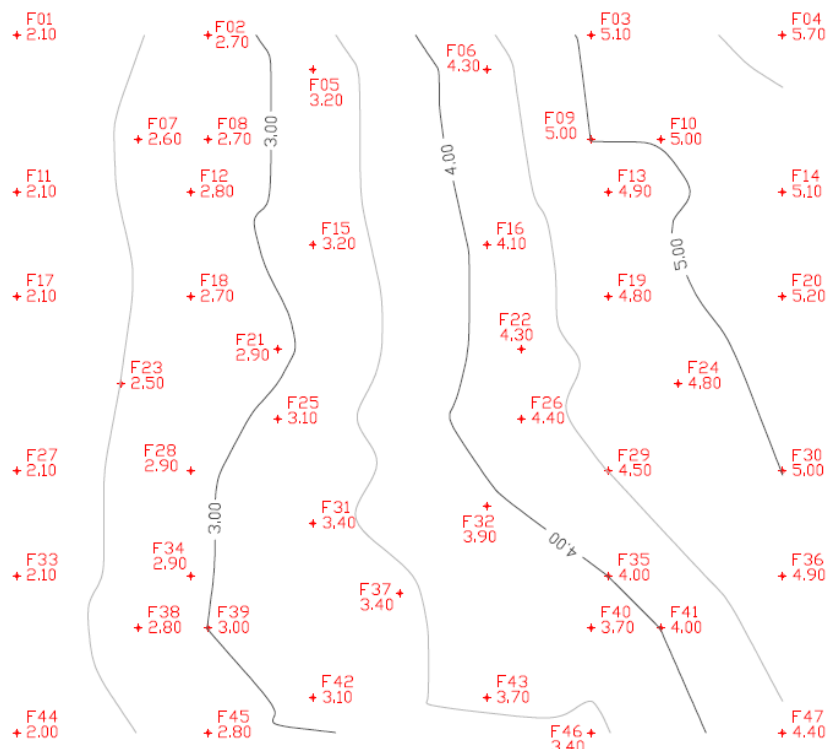


Figura 3.68 – Curvas isorecalque do edifício QUA-SAP-5PAV modelado com os apoios flexíveis.

As Figuras 3.69 e 3.70 apresentam os cortes externo e interno, respectivamente, onde apresentam-se os recalques das fundações para os dois modelos confrontados (casca RIG e casca ISE).

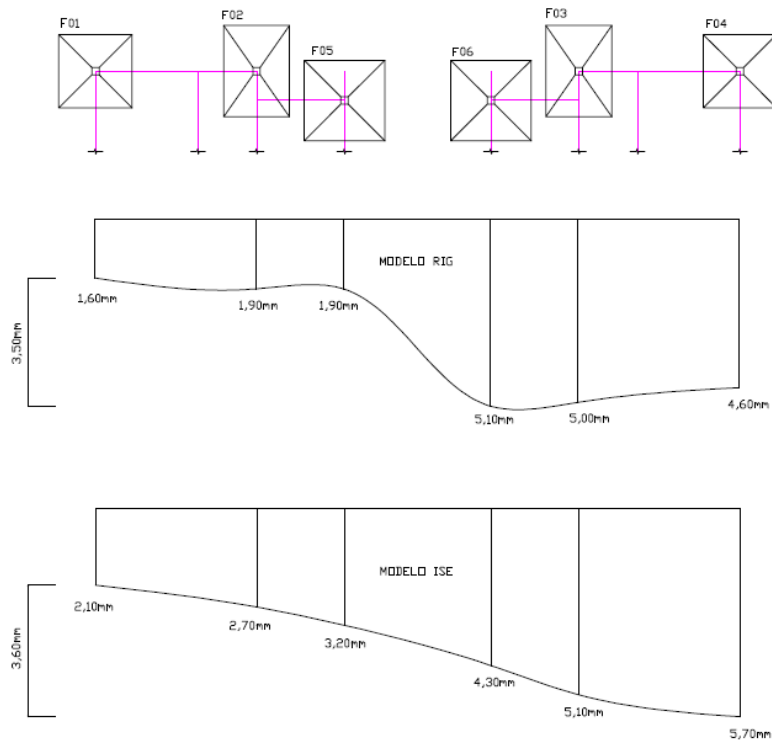


Figura 3.69 – Corte na região periférica.

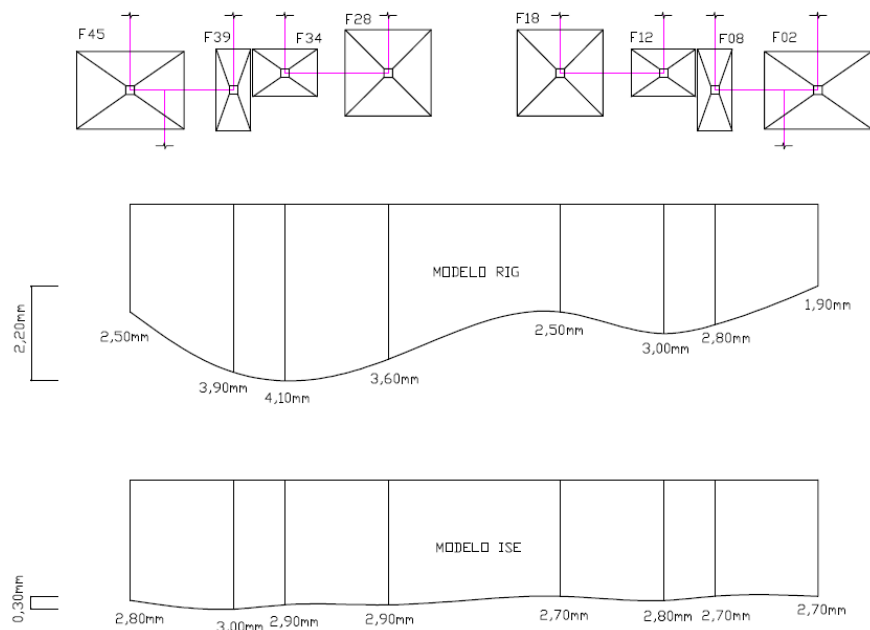


Figura 3.70 – Corte na região interna.

Observa-se pelas curvas de isorecalque e pelo corte apresentado na 3.69 que o comportamento apresentado foi semelhante ao edifício com 10 pavimentos, com uma tendência gradativa de redução dos recalques em direção às sondagens S1 e S3.

O corte externo (3.69) apresentou um leve acréscimo do recalque diferencial, que passou de 3,5mm para 3,6mm. Já o corte interno (3.70) mostra uma elevada redução do recalque diferencial máximo, evidenciando a tendência de transferência de carga dos apoios internos para os externos.

### *3.3.6.2 SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP*

Neste item são feitas algumas comparações entre os modelos simplificados e o de referência, afim de verificar a qualidade dos resultados dos modelos misto ISE e misto SIMP para o edifício quadrado com 5 pavimentos.

O modelo misto ISE apresentou convergência desejada após seis iterações.

Inicialmente são comparados os esforços normais ao nível da fundação.

Os resultados do modelo misto ISE (Tabela 3.41) mostram-se satisfatório, apresentando 45% dos resultados na faixa ótima, 34% na faixa boa e 21%, que corresponde 18 paredes, na faixa ruim. Apesar do elevado número de paredes dentro da faixa ruim observa-se, que dentre elas, a maior parte apresenta baixo valor de carga, onde pequenas variações correspondem a grandes desvios.

Ao analisarmos os resultados do modelo misto SIMP (Tabela 3.41) percebe-se uma piora significativa na qualidade do modelo, onde 26% das paredes encontram-se na faixa ótima, 39% na faixa boa e 35% na faixa ruim.

Tabela 3.41 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício QUA-SAP-5PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	130,9	130,7	0	132,4	1	PH45	96,4	112,7	17	100,8	5
PH02	10,8	11,0	2	10,9	1	PH46	5,0	5,6	11	6,6	32
PH03	120,1	116,1	-3	159,0	32	PH47	99,3	107,4	8	112,2	13
PH04	83,0	96,3	16	93,7	13	PH48	114,4	111,4	-3	124,1	8
PH05	5,2	6,8	31	7,5	43	PH49	25,6	18,5	-28	12,2	-52
PH06	148,1	147,4	-1	131,8	-11	PH50	257,1	222,0	-14	141,9	-45
PH07	2,9	3,5	21	2,0	-33	PILAR	315,0	315,0	0	315,0	0
PH08	109,3	104,5	-4	106,8	-2	PV01	241,0	276,4	15	387,5	61
PH09	12,5	9,9	-21	9,4	-25	PV02	94,4	115,3	22	33,0	-65
PH10	31,8	48,7	53	41,2	30	PV03	95,7	102,2	7	20,7	-78
PH11	84,6	83,9	-1	80,1	-5	PV04	347,9	346,0	-1	143,5	-59
PH12	64,0	65,6	3	69,0	8	PV05	6,2	7,4	20	7,7	24
PH13	192,7	170,2	-12	264,3	37	PV06	113,7	116,6	3	106,6	-6
PH14	128,4	121,5	-5	126,1	-2	PV07	2,2	1,9	-13	2,8	24
PH15	245,1	247,2	1	243,8	-1	PV08	153,2	160,4	5	177,6	16
PH16	307,3	282,4	-8	384,9	25	PV09	175,5	168,7	-4	197,2	12
PH17	238,5	237,3	-1	251,7	6	PV10	186,9	195,1	4	209,7	12
PH18	-11,5	-15,5	35	-17,0	48	PV11	277,3	272,5	-2	271,7	-2
PH19	9,9	13,0	32	12,8	30	PV12	232,2	232,5	0	208,9	-10
PH20	-4,8	-6,4	35	-7,0	47	PV13	282,5	276,3	-2	238,7	-16
PH21	57,7	70,9	23	72,4	26	PV14	300,2	286,2	-5	268,0	-11
PH22	106,7	106,7	0	106,7	0	PV15	577,7	622,1	8	670,1	16
PH23	-23,0	-29,3	27	-17,9	-22	PV16	833,7	796,2	-5	753,5	-10
PH24	-40,6	-40,6	0	-38,5	-5	PV17	2,7	2,4	-9	2,6	-2
PH25	106,7	106,7	0	106,7	0	PV18	6,8	9,4	38	7,2	5
PH26	-18,9	-20,2	6	-10,7	-44	PV19	697,2	759,0	9	739,9	6
PH27	12,1	14,1	17	13,8	14	PV20	381,3	362,1	-5	412,9	8
PH28	11,2	12,2	8	8,9	-21	PV21	204,3	226,7	11	237,7	16
PH29	2,2	2,8	26	2,4	6	PV22	289,3	281,8	-3	280,6	-3
PH30	11,2	13,0	16	13,7	23	PV23	185,9	185,7	0	178,8	-4
PH31	306,5	271,0	-12	390,8	27	PV24	229,2	242,3	6	233,5	2
PH32	193,2	189,8	-2	216,2	12	PV25	178,1	192,7	8	186,3	5
PH33	42,9	53,3	24	44,2	3	PV26	237,7	213,6	-10	224,0	-6
PH34	154,7	170,6	10	171,6	11	PV27	137,3	144,8	5	158,5	15
PH35	175,8	145,4	-17	80,5	-54	PV28	1,0	1,2	12	1,2	15
PH36	124,7	119,2	-4	130,7	5	PV29	111,8	139,8	25	111,2	-1
PH37	68,7	79,2	15	73,5	7	PV30	3,1	4,7	48	4,9	54
PH38	104,3	103,2	-1	95,4	-9	PV31	368,5	424,2	15	497,0	35
PH39	13,8	13,8	0	13,4	-3	PV32	115,2	123,5	7	107,2	-7
PH40	30,9	32,2	4	36,5	18	PV33	126,2	128,9	2	102,9	-18
PH41	21,6	24,4	13	17,3	-20	PV34	376,4	380,3	1	399,1	6
PH42	57,4	55,9	-3	63,5	11	SOMA	12168,5	12267,0	---	12262,8	---
PH43	225,1	179,0	-20	148,5	-34	MÉDIA	---	---	11	---	19
PH44	29,2	27,7	-5	24,2	-17						

A Figura 3.71 apresenta os gráficos de distribuição da força normal ao longo das paredes PH01, PH02, PH03, PH13, PH15, PV06, PV09, PV13, PV16.



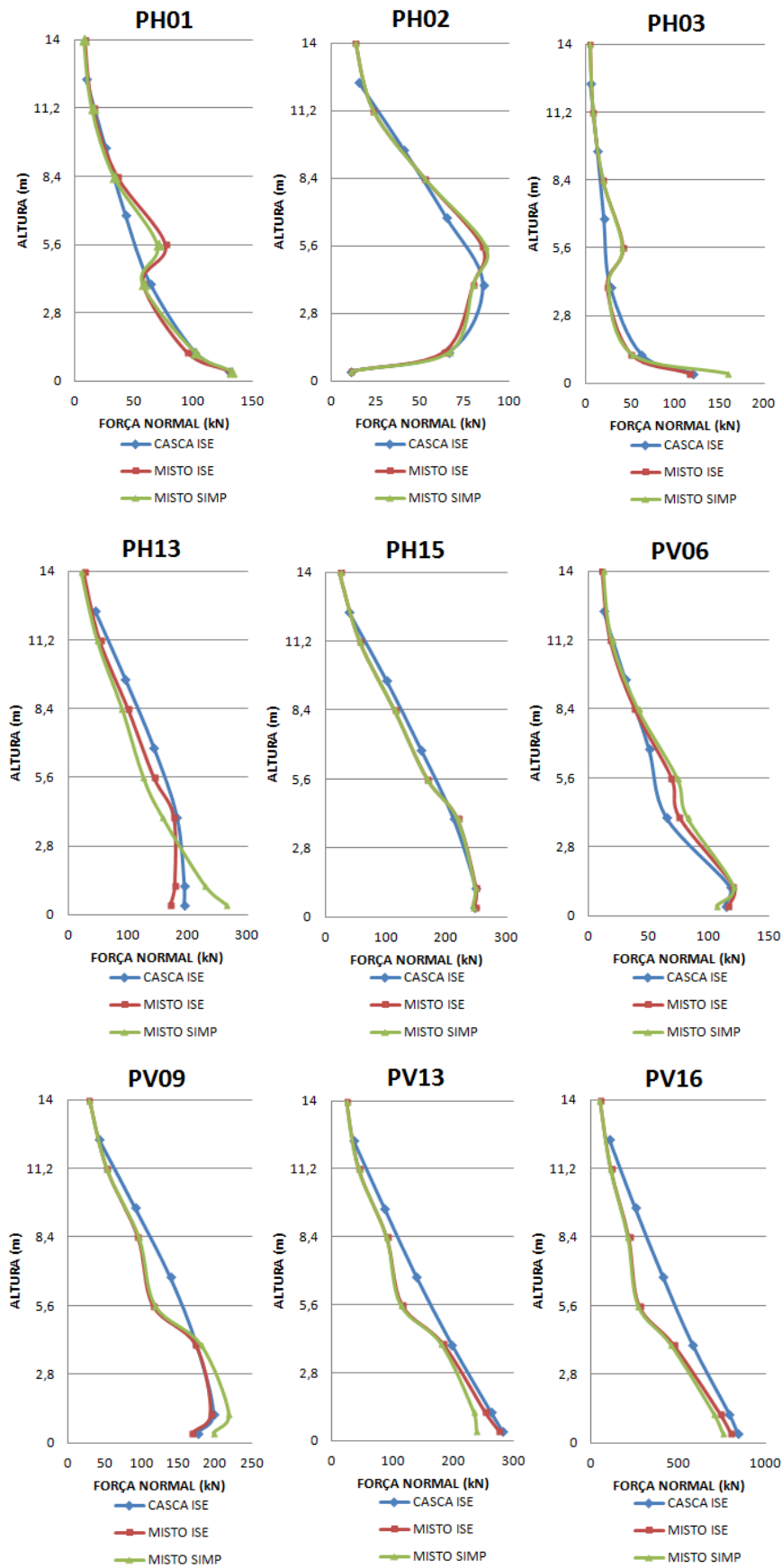


Figura 3.71 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício QUA-SAP-5PAV.

De maneira geral, observa-se que os modelos simplificados conseguem representar de forma adequada a tendência de transferência de carga entre as paredes, porém o modelo misto SIMP ao se aproximar do primeiro pavimento apresenta maiores desvios, devido a escolha no coeficiente de mola que representa o solo, pois adota-se o primeiro coeficiente da iteração, com baixa convergência.

As Tabelas 3.42 e 3.43 comparam os valores dos carregamentos das fundações.

Tabela 3.42 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-SAP-5PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	349,2	340,2	-3	-34,4	-34,2	-1	-41,4	-41,2	0
F02	394,0	379,5	-4	11,0	-15,1	-238	0,0	0,0	0
F03	289,3	300,9	4	0,0	0,0	0	-6,9	-8,5	23
F04	335,9	345,9	3	9,7	-9,0	-193	-14,3	9,6	-168
F05	549,6	527,9	-4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	241,7	241,0	0	0,0	0,0	0	6,5	-7,7	-218
F07	257,1	250,2	-3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	129,3	121,9	-6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F09	96,0	98,5	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F10	196,9	203,7	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F11	402,4	383,6	-5	0,0	0,0	0	-69,3	-48,2	-30
F12	143,1	140,2	-2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F13	96,8	100,3	4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F14	376,1	376,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F15	605,9	593,7	-2	0,0	0,0	0	-28,0	-31,3	12
F16	257,5	254,4	-1	0,0	0,0	0	-6,0	2,6	-143
F17	274,0	263,4	-4	-2,1	9,2	-536	-53,8	-38,5	-28
F18	293,8	285,3	-3	20,8	20,6	-1	0,0	0,0	0
F19	206,4	215,2	4	7,8	11,5	47	-5,0	-5,5	10
F20	266,6	268,5	1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F21	266,5	261,6	-2	-17,2	-20,2	18	-16,5	-14,9	-10
F22	133,2	137,8	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	324,9	334,4	3	0,0	0,0	0	-56,2	-62,8	12
F24	229,3	231,3	1	0,0	0,0	0	1,1	-5,0	-560
F25	168,0	167,5	0	0,0	0,0	0	-29,8	-38,8	30
F26	97,0	104,3	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	288,6	303,7	5	48,8	-19,7	-140	-60,6	-45,0	-26
F28	210,9	216,2	3	-5,3	-7,5	42	0,0	0,0	0
F29	134,8	134,8	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	250,3	246,8	-1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	456,0	483,5	6	0,0	0,0	0	-58,2	-63,6	9
F32	596,3	603,1	1	0,0	0,0	0	17,5	24,7	41
F33	303,4	314,3	4	0,0	0,0	0	-97,1	-42,3	-56
F34	100,5	103,6	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F35	190,7	185,0	-3	0,0	0,0	0	-6,2	7,9	-227
F36	299,1	295,8	-1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F37	315,0	315,0	0	0,0	0,0	0	-71,9	-66,5	-8
F38	216,2	226,0	5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F39	111,2	113,4	2	0,0	0,0	0	-1,7	9,0	-622
F40	132,4	127,9	-3	0,0	0,0	0	1,9	-2,0	-205
F41	358,5	332,5	-7	-1,8	14,5	-891	0,0	0,0	0
F42	376,9	384,6	2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F43	479,5	477,0	-1	0,0	0,0	0	-160,8	-69,9	-57
F44	275,7	281,6	2	43,4	25,6	-41	-39,3	-42,0	7
F45	332,4	339,6	2	-3,7	7,7	-308	0,0	0,0	0
F46	404,1	371,1	-8	-4,0	7,9	-297	-22,9	-24,9	9
F47	534,0	564,3	6	-518,2	57,4	-111	59,4	86,9	46
TOTAL	13346,9	13346,9	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	3	---	---	61	---	---	54

Tabela 3.43 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-SAP-5PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	349,2	349,0	0	-34,4	-43,1	25	-41,4	-44,7	8
F02	394,0	365,7	-7	11,0	95,1	768	0,0	0,0	0
F03	289,3	285,6	-1	0,0	0,0	0	-6,9	-12,7	84
F04	335,9	340,4	1	9,7	-32,3	-432	-14,3	11,8	-183
F05	549,6	491,6	-11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	241,7	248,6	3	0,0	0,0	0	6,5	17,7	172
F07	257,1	277,4	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	129,3	140,4	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F09	96,0	102,7	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F10	196,9	223,7	14	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F11	402,4	442,2	10	0,0	0,0	0	-69,3	-318,4	359
F12	143,1	153,9	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F13	96,8	108,7	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F14	376,1	387,1	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F15	605,9	575,6	-5	0,0	0,0	0	-28,0	-31,1	11
F16	257,5	275,3	7	0,0	0,0	0	-6,0	-2,6	-57
F17	274,0	207,0	-24	-2,1	-18,9	790	-53,8	-318,2	491
F18	293,8	284,8	-3	20,8	18,4	-12	0,0	0,0	0
F19	206,4	203,1	-2	7,8	10,9	40	-5,0	-6,6	33
F20	266,6	257,2	-4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F21	266,5	232,3	-13	-17,2	-25,3	47	-16,5	-16,7	1
F22	133,2	130,8	-2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F23	324,9	321,3	-1	0,0	0,0	0	-56,2	-84,2	50
F24	229,3	236,4	3	0,0	0,0	0	1,1	9,7	797
F25	168,0	182,5	9	0,0	0,0	0	-29,8	-35,8	20
F26	97,0	125,9	30	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	288,6	268,1	-7	48,8	276,4	467	-60,6	-188,2	210
F28	210,9	227,7	8	-5,3	-17,4	228	0,0	0,0	0
F29	134,8	173,4	29	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	250,3	235,6	-6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	456,0	542,6	19	0,0	0,0	0	-58,2	-46,1	-21
F32	596,3	530,5	-11	0,0	0,0	0	17,5	18,3	4
F33	303,4	329,6	9	0,0	0,0	0	-97,1	135,2	-239
F34	100,5	117,7	17	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F35	190,7	173,2	-9	0,0	0,0	0	-6,2	-9,2	49
F36	299,1	319,4	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F37	315,0	315,0	0	0,0	0,0	0	-71,9	-4,6	-94
F38	216,2	240,4	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F39	111,2	122,2	10	0,0	0,0	0	-1,7	6,8	-494
F40	132,4	145,9	10	0,0	0,0	0	1,9	14,0	635
F41	358,5	340,7	-5	-1,8	2,5	-236	0,0	0,0	0
F42	376,9	389,5	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F43	479,5	474,3	-1	0,0	0,0	0	-160,8	-33,0	-79
F44	275,7	286,2	4	43,4	51,5	19	-39,3	-60,6	54
F45	332,4	304,2	-8	-3,7	-30,5	726	0,0	0,0	0
F46	404,1	345,4	-15	-4,0	-38,4	863	-22,9	-22,8	0
F47	534,0	516,5	-3	-518,2	141,9	-127	59,4	13,9	-77
TOTAL	13346,9	13346,9	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	8	---	---	102	---	---	90

Semelhante ao ocorrido com o modelo com 10 pavimentos (QUA-SAP-10PAV), os modelos simplificados apresentaram boa representabilidade para as cargas verticais, divergindo apenas 3% para o modelo misto ISE e 8% para o modelo misto SIMP. Contudo, grandes diferenças foram observadas nos momentos.

Os resultados do modelo misto ISE apresentaram ótima aproximação do carregamento vertical, com 87% dos valores na faixa ótima e 13% na faixa boa. E o modelo misto SIMP apresentou 38% na faixa ótima, 53% na faixa boa e apenas 9% na faixa ruim.

A Tabela 3.44 apresenta os recalques estimados para os modelos simplificados e compara-os com o modelo de referência.

Tabela 3.44 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício QUA-SAP -5PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	2,1	2,1	-2	2,1	2	F24	4,8	4,9	1	4,9	2
F02	2,7	2,5	-6	2,5	-7	F25	3,1	3,1	0	3,2	3
F03	5,1	5,3	3	5,1	1	F26	4,4	4,6	4	4,9	10
F04	5,7	5,4	-5	5,8	1	F27	2,1	2,2	7	1,9	-10
F05	3,2	3,0	-5	2,9	-9	F28	2,9	2,9	2	3,0	4
F06	4,3	4,2	-2	4,4	2	F29	4,5	4,6	1	5,0	11
F07	2,6	2,5	-3	2,7	4	F30	5,0	4,9	-2	4,8	-4
F08	2,7	2,7	-3	2,9	6	F31	3,4	3,6	5	3,8	12
F09	5,0	5,2	6	5,5	10	F32	3,9	3,9	1	3,7	-4
F10	5,0	5,6	11	5,7	14	F33	2,1	2,3	6	2,5	17
F11	2,1	2,1	-1	2,8	30	F34	2,9	2,9	1	3,2	11
F12	2,8	2,7	-3	2,9	4	F35	4,0	4,0	-2	3,9	-3
F13	4,9	5,2	6	5,4	11	F36	4,9	4,7	-3	4,9	1
F14	5,1	5,9	15	5,6	10	F37	3,4	3,4	2	3,5	3
F15	3,2	3,1	-2	3,1	-4	F38	2,8	2,7	-3	3,0	10
F16	4,1	4,1	-1	4,3	5	F39	3,0	3,0	2	3,3	10
F17	2,1	2,1	-2	1,7	-17	F40	3,7	3,7	2	3,8	5
F18	2,7	2,7	-3	2,6	-6	F41	4,0	3,8	-3	3,9	-1
F19	4,8	4,9	2	4,8	-1	F42	3,1	3,3	5	3,2	4
F20	5,2	5,4	3	5,2	0	F43	3,7	3,8	2	3,8	1
F21	2,9	2,9	-2	2,7	-8	F44	2,0	2,2	8	2,2	8
F22	4,3	4,4	2	4,4	1	F45	2,8	2,8	2	2,7	-3
F23	2,5	2,6	1	2,1	-16	F46	3,4	3,3	-2	3,1	-8
						F47	4,4	4,0	-10	3,7	-16

A Tabela 3.45 apresenta algumas informações sobre os recalques estimados.

Tabela 3.45 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício QUA-SAP-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	5,7	5,9	3	5,8	1
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	3,7	3,8	4	4,0	10
RECALQUE MÉDIO (mm)	3,6	3,6	1	3,7	2
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	29,1	30,4	5	30,8	6

Os modelos simplificados conseguiram representar de forma adequada o comportamento de uniformização dos recalques, apresentando valores semelhantes ao modelo de referência.

Observa-se que todas as diferenças no recalque absoluto apresentadas pelo modelo misto ISE ficaram dentro da faixa satisfatória, com 81% dentro da faixa ótima e 19% dentro da faixa boa. O modelo misto SIMP apresentou 51% dos resultados na faixa ótima, 47% na faixa boa e apenas 2% na faixa ruim.

As Figuras 3.72 e 3.73 mostram as curvas isorecalques para os modelos misto ISE e misto SIMP, tomando como referência as curvas do modelo casca ISE.

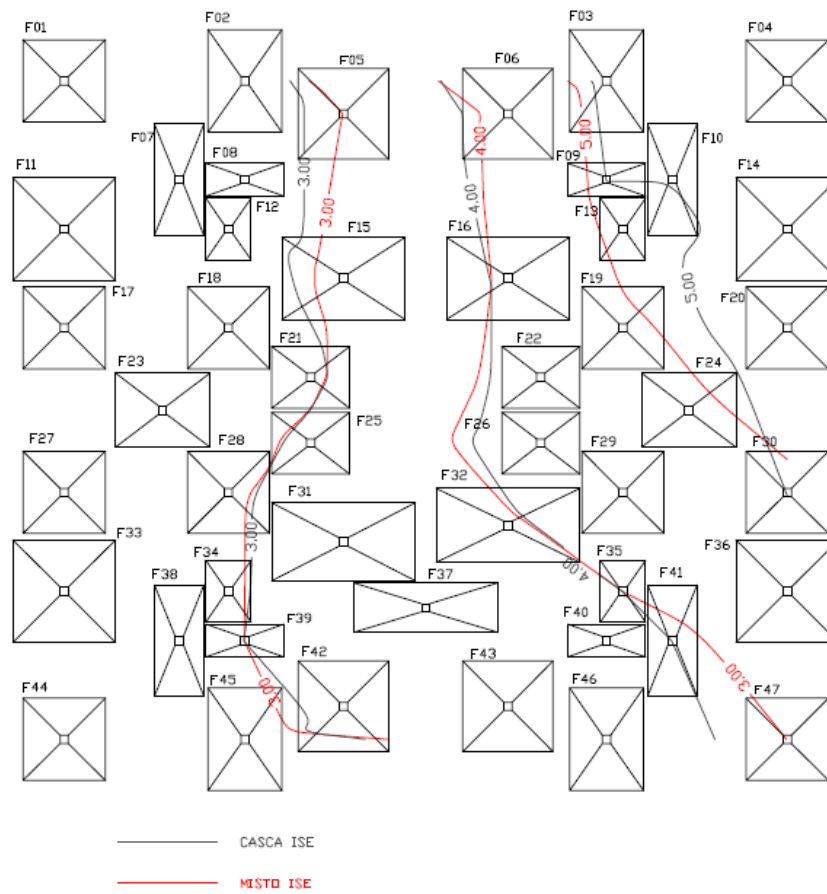


Figura 3.72 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício QUA-SAP-5PAV.

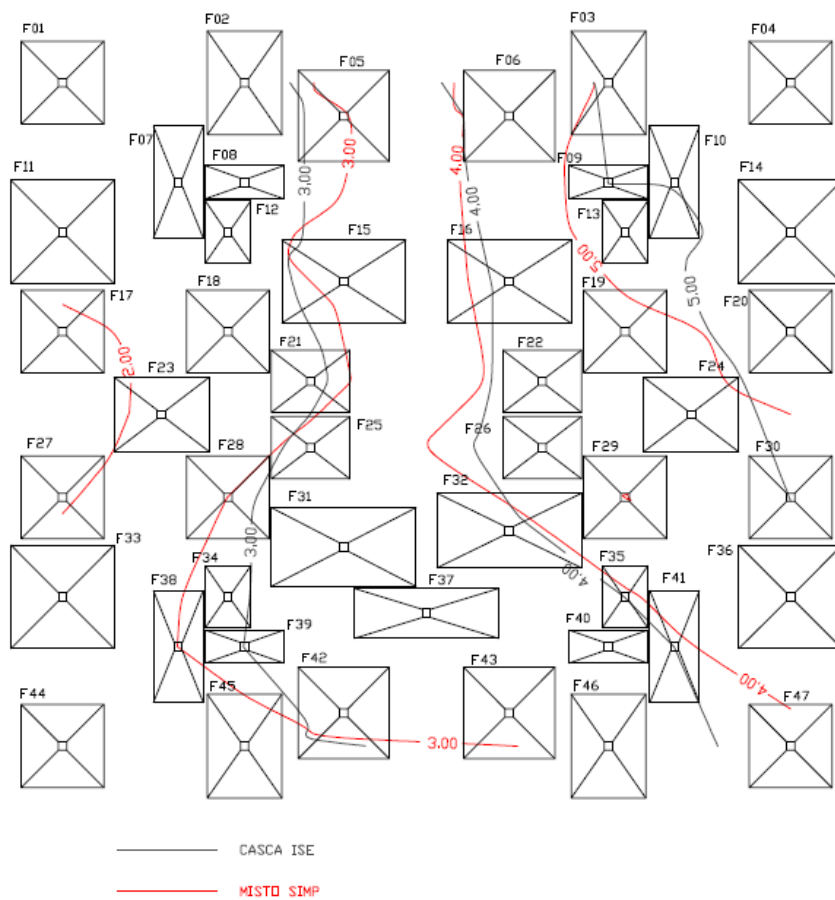


Figura 3.73 - Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício QUA-SAP-5PAV.

As curvas isorecalque dos modelos simplificados apresentaram boa representabilidade, como pode ser observado nas Figuras 3.72 e 3.73 .

### **3.4 EDIFÍCIO COM PLANTA BAIXA ALONGADA**

Como os resultados dos edifícios com planta baixa alongada não apresentaram diferenças significativas, quando comparados com os respectivos modelos que representam os edifícios de planta baixa quadrada, optou-se por apresentar no item 3.4 apenas as análises dos edifícios com 10 pavimentos, com fundação profunda e rasa.

As análises e resultados dos demais edifícios encontram-se nos apêndices A e B, respectivamente.

#### **3.4.1 GEOMETRIA E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS**

Como exemplo do edifício com característica geométrica alongada adotou-se uma adaptação da planta baixa do edifício quadrado, estudado no item 3.3.

Os apartamentos do edifício alongado são semelhantes ao do edifício quadrado, porém foram dispostos lado a lado, formando uma estrutura retangular e alongada. Essa nova configuração dispõe de duas escadas e dois elevadores. Também foi necessário ajustar o posicionamento de algumas janelas. A maior diferença encontra-se na relação entre as maiores dimensões em planta, que passou de 1,10 para 2,96.

As paredes horizontais foram denominadas de PH e as verticais de PV. A mesma consideração foi adotada para os lintéis, sendo os horizontais chamados de LH e os verticais de LV.

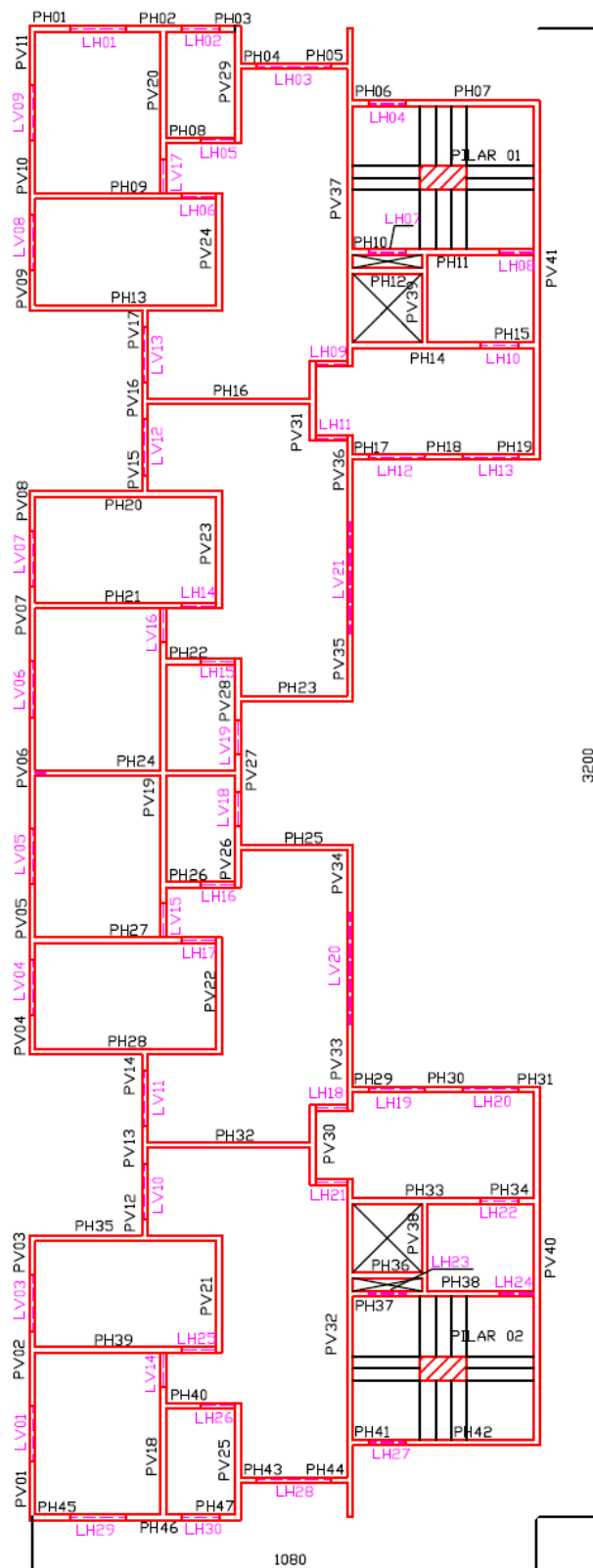


Figura 3.74 – Planta baixa alongada.



A Figura 3.75 apresenta a planta baixa de metade da edificação, onde se encontra as respectivas cotas das paredes e lintéis.

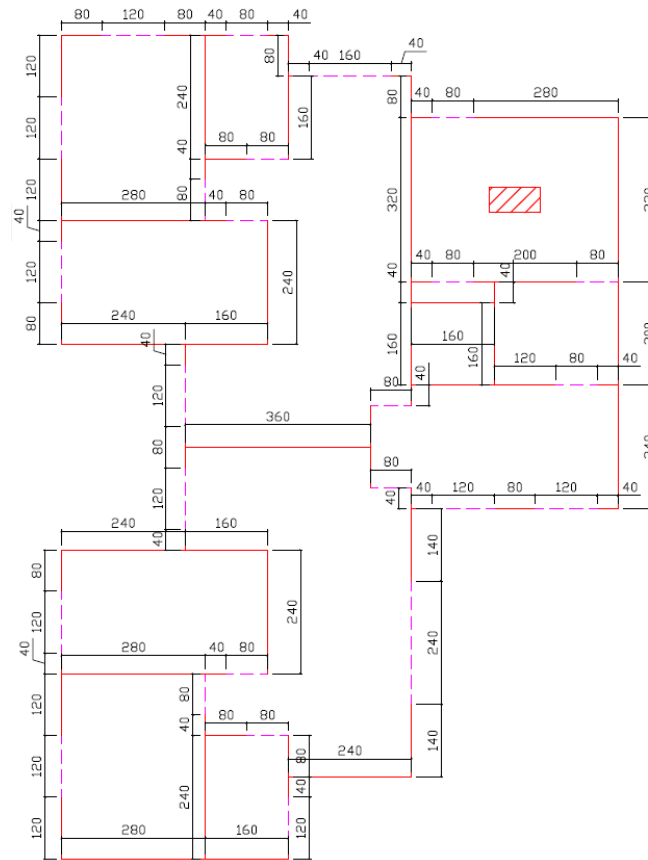


Figura 3.75 – Cotas horizontais e verticais – cm.

A Figura 3.76 apresenta a discretização do primeiro pavimento do modelo em casca e a Figura 3.77 mostra os dois primeiros pavimentos do modelo misto.

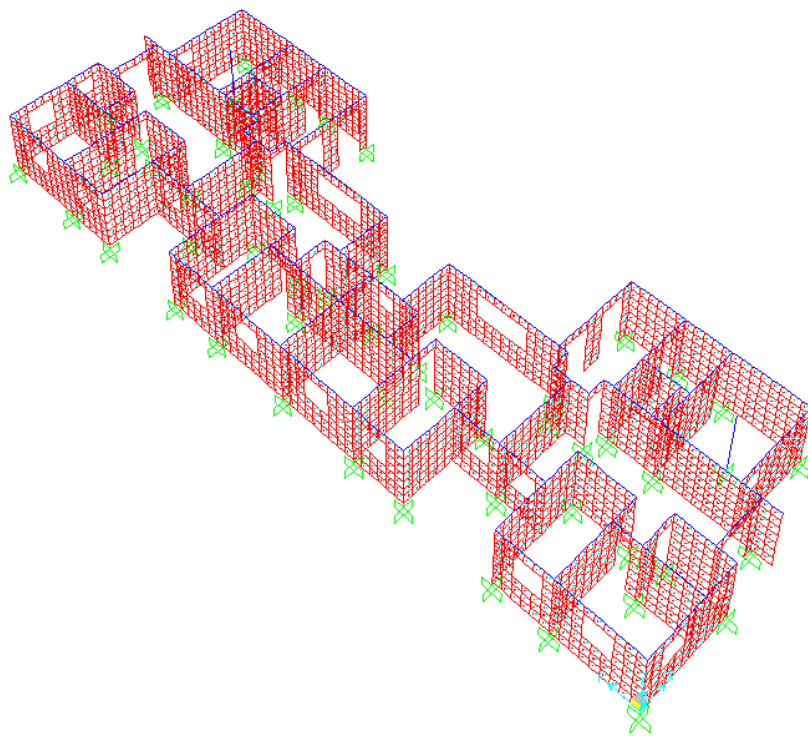


Figura 3.76 – Discretização do edifício alongado em modelo em casca.

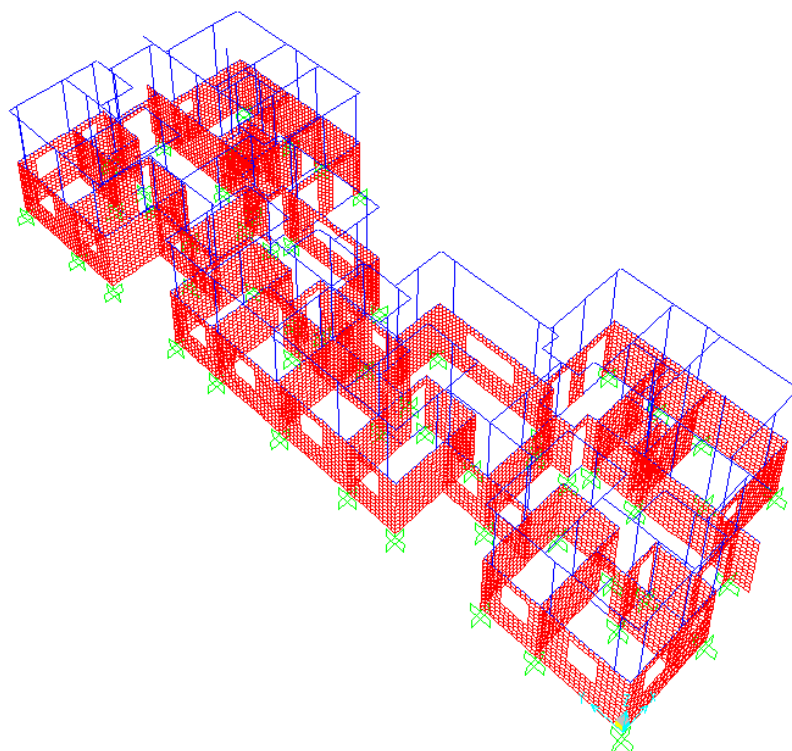


Figura 3.77 – Discretização do edifício alongado em modelo misto.

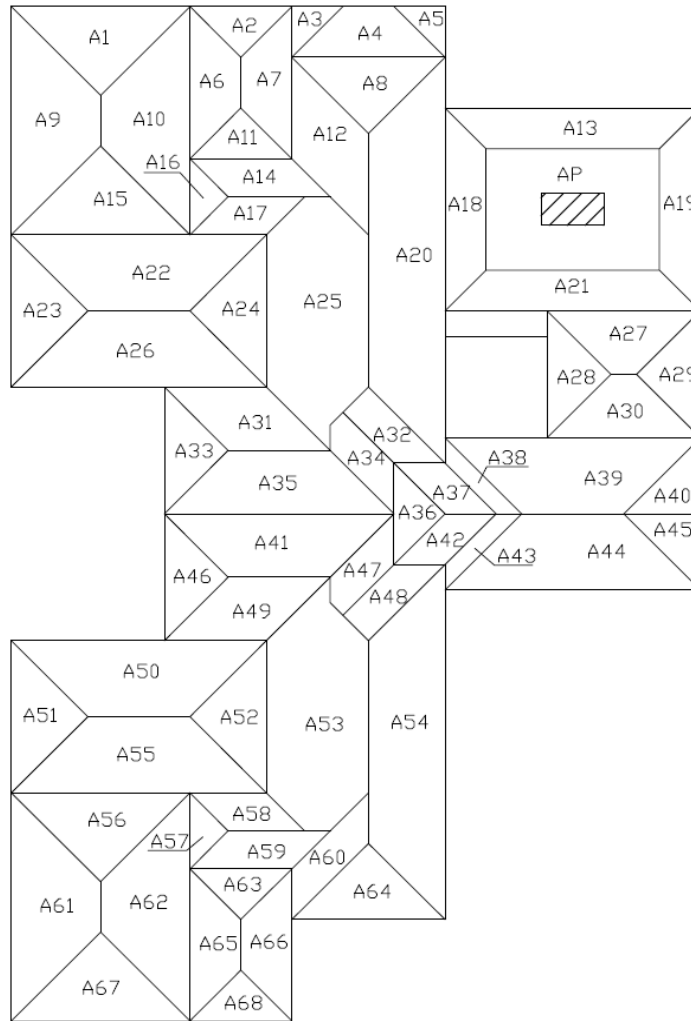


Figura 3.78 - Área de influência do edifício alongado.

Os valores de carga vertical proveniente das lajes do pavimento tipo são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3.46 – Carregamento proveniente da laje, para o edifício alongado.

IDENTIFICAÇÃO	ÁREA	L	CARGA PERMANENTE		CARGA VARIÁVEL		CARGA TOTAL	
	m <sup>2</sup>	m	kN	kN/m	kN	kN/m	kN	kN/m
A1/A15/A56/A67	2,0	2,8	6,9	2,5	2,9	1,1	9,8	3,5
A2/A11/A63/A68	0,6	1,6	2,2	1,4	1,0	0,6	3,2	2,0
A3/A5	0,3	0,8	1,1	1,4	0,5	0,6	1,6	2,0
A4	1,3	2,4	4,5	1,9	1,9	0,8	6,4	2,7
A6/A7/A65/A66	1,3	2,4	4,5	1,9	1,9	0,8	6,4	2,7
A8/A64	1,4	2,4	5,0	2,1	2,2	0,9	7,2	3,0
A9/A10/A61/A62	3,1	3,6	10,8	3,0	4,6	1,3	15,4	4,3
A12	1,9	1,6	6,7	4,2	2,9	1,8	9,6	6,0
A13/A21	2,0	4,0	7,1	1,8	3,1	0,8	10,2	2,6
A14/A59	1,0	1,6	3,4	2,1	1,4	0,9	4,8	3,0
A16/A57	0,4	1,2	1,3	1,1	0,5	0,5	1,8	1,5
A17/A58	0,7	1,2	2,5	2,1	1,1	0,9	3,6	3,0
A18/A19	1,6	3,2	5,5	1,7	2,3	0,7	7,8	2,4
A20	6,2	6,4	21,8	3,4	9,4	1,5	31,2	4,9
A22/A26/A50/A55	3,4	4,0	11,8	2,9	5,0	1,3	16,8	4,2
A23/A24/A51/A52	1,4	2,4	5,0	2,1	2,2	0,9	7,2	3,0
A25/A53	5,1	2,4	17,9	7,5	7,7	3,2	25,6	10,7
A27/A30	1,4	2,4	4,9	2,0	2,1	0,9	7,0	2,9
A28/A29	1,0	2,0	3,5	1,8	1,5	0,8	5,0	2,5
A31/A49	1,6	1,6	5,6	3,5	2,4	1,5	8,0	5,0
A32/A48	0,8	0,8	2,8	3,5	1,2	1,5	4,0	5,0
A33/A46	1,0	2,0	3,5	1,8	1,5	0,8	5,0	2,5
A34/A47	0,8	0,8	2,7	3,3	1,1	1,4	3,8	4,8
A35/A41	2,6	3,6	9,1	2,5	3,9	1,1	13,0	3,6
A36	0,6	1,6	2,2	1,4	1,0	0,6	3,2	2,0
A37/A42	0,6	0,8	2,2	2,8	1,0	1,2	3,2	4,0
A38/A43	0,4	0,4	1,4	3,5	0,6	1,5	2,0	5,0
A54	5,3	5,6	18,5	3,3	7,9	1,4	26,4	4,7
A60	1,0	2,8	3,4	1,2	1,4	0,5	4,8	1,7
AP	5,6	1	19,6	19,6	8,4	8,4	28	28

Foram adotados dois tipos de fundações: fundação profunda (blocos sobre estacas) e fundação superficial (sapata isolada).

Para o tipo de fundação bloco sobre estacas tem-se um conjunto de 56 blocos constituindo um total de 156 estacas pré-moldadas centrífugas com diâmetro e carga nominal idêntico aos utilizados no edifício quadrado. O carregamento é aplicado no centro geométrico de cada bloco.

Os tipos de blocos utilizados no projeto foram apresentados no item 3.2 na Figura 3.4. A planta de fundações com a numeração e disposição dos blocos sobre estacas é apresentada na Figura 3.79.

O solo de fundação foi caracterizado por três sondagens a percussão, identificadas pelas siglas S1, S2 e S3 e localizadas conforme planta de fundação.

De forma análoga ao edifício quadrado, todas as paredes foram apoiadas em vigas baldrame de 0,50m de altura por 0,20m de largura. A Figura 3.80 apresenta os eixos das vigas baldrame e suas respectivas numerações.

Tabela 3.47 – Informações sobre a fundação do tipo profunda, para o edifício alongado.

FUNDAÇÃO	PERFIL DE SONDAGEM	QUANDITADE DE ESTACAS	DIÂMETRO (m)	COMPRIMENTO (m)	CARGA NOMINAL (kN)
F01	S1	3,00	0,33	6,00	600
F02	S1	3,00	0,33	6,00	600
F03	S1	3,00	0,33	6,00	600
F04	S1	3,00	0,33	6,00	600
F05	S1	3,00	0,33	6,00	600
F06	S1	3,00	0,26	6,00	400
F07	S1	3,00	0,33	6,00	600
F08	S1	3,00	0,38	6,00	750
F09	S1	3,00	0,33	6,00	600
F10	S1	3,00	0,38	6,00	750
F11	S1	3,00	0,33	6,00	600
F12	S1	3,00	0,33	6,00	600
F13	S1	3,00	0,33	6,00	600
F14	S1	2,00	0,38	6,00	750
F15	S1	3,00	0,33	6,00	600
F16	S1	1,00	0,33	6,00	600
F17	S1	3,00	0,38	6,00	750
F18	S1	1,00	0,33	6,00	600
F19	S1	2,00	0,38	6,00	750
F20	S1	3,00	0,33	6,00	600
F21	S3	3,00	0,33	6,00	600
F22	S3	3,00	0,33	6,00	600
F23	S3	3,00	0,38	6,00	750
F24	S3	3,00	0,33	6,00	600
F25	S3	3,00	0,33	6,00	600
F26	S3	3,00	0,26	6,00	400
F27	S3	3,00	0,33	6,00	600
F28	S3	3,00	0,38	6,00	750
F29	S3	3,00	0,38	6,00	750
F30	S3	3,00	0,33	6,00	600
F31	S3	3,00	0,33	6,00	600
F32	S3	3,00	0,26	6,00	400
F33	S3	3,00	0,38	6,00	750
F34	S3	3,00	0,33	6,00	600
F35	S3	3,00	0,33	6,00	600
F36	S3	3,00	0,33	6,00	600
F37	S2	2,00	0,38	6,00	750
F38	S2	3,00	0,33	6,00	600
F39	S2	1,00	0,33	6,00	600
F40	S2	3,00	0,38	6,00	750
F41	S2	1,00	0,33	6,00	600
F42	S2	2,00	0,38	6,00	750
F43	S2	3,00	0,33	6,00	600
F44	S2	3,00	0,33	6,00	600
F45	S2	3,00	0,33	6,00	600
F46	S2	3,00	0,38	6,00	750
F47	S2	3,00	0,33	6,00	600
F48	S2	3,00	0,38	6,00	750
F49	S2	3,00	0,33	6,00	600
F50	S2	3,00	0,33	6,00	600
F51	S2	3,00	0,33	6,00	600
F52	S2	3,00	0,26	6,00	400
F53	S2	3,00	0,33	6,00	600
F54	S2	3,00	0,33	6,00	600
F55	S2	3,00	0,33	6,00	600
F56	S2	3,00	0,33	6,00	600

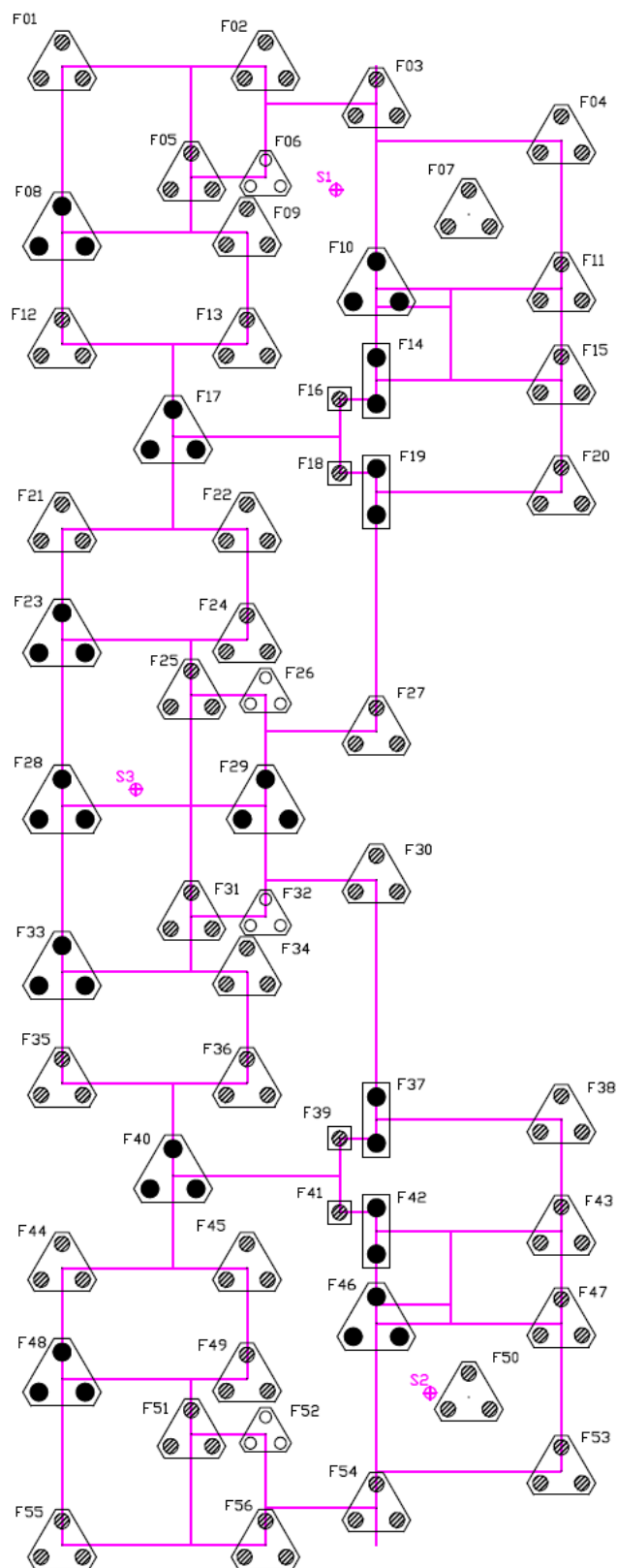


Figura 3.79 – Planta de fundação profunda para o edifício alongado.

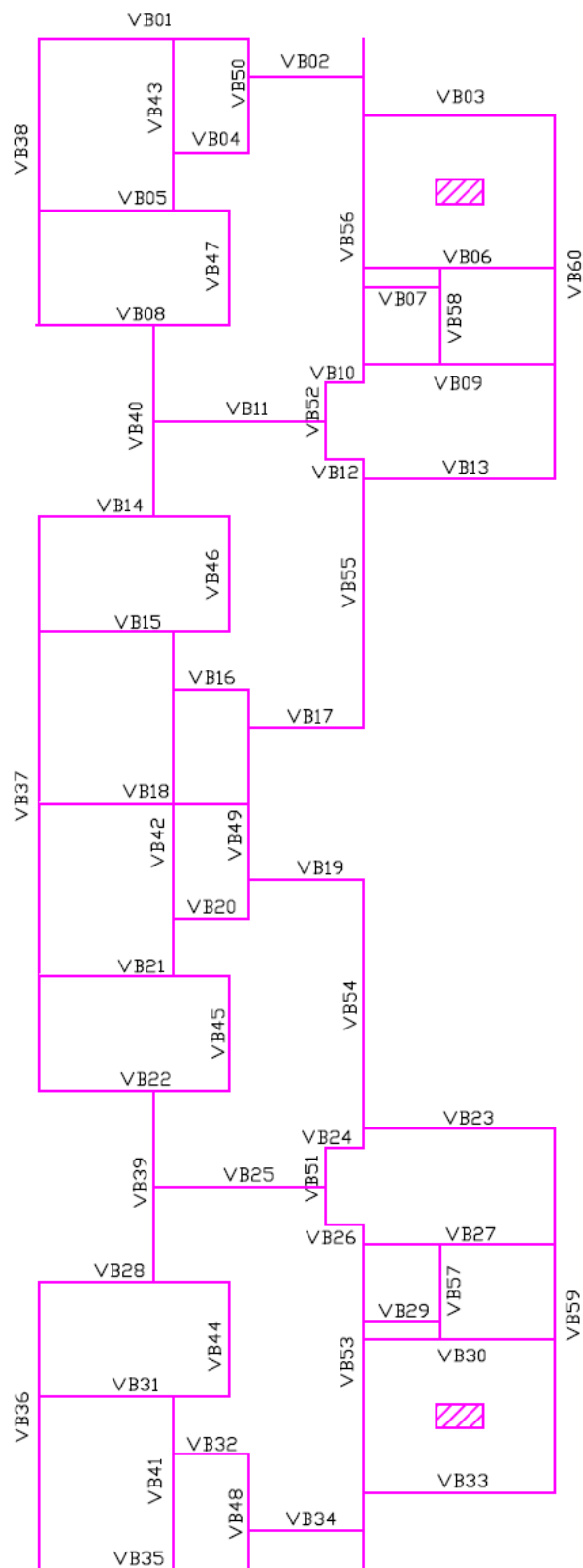


Figura 3.80 – Vigas baldrame do edifício alongado com fundação profunda.

Para o projeto de fundação rasa foram utilizados 52 sapatas isoladas com seus respectivos carregamentos aplicados em seu centro geométrico, conforme Figura 3.81. Foi utilizada a letra F para identificar as sapatas de fundação.

O solo de fundação foi caracterizado por 3 sondagens a percussão, identificadas pelas siglas S1, S2 e S3 e localizados conforme planta de fundação (Figura 3.81).

A Tabela 3.48 apresenta as características das sapatas.

Tabela 3.48 – Informações sobre a fundação do tipo rasa, para o edifício alongado.

FUNDAÇÃO	PERFIL DE SONDAAGEM	A (m)	B (m)	H (m)	H assent. (m)
F01	S1	2,0	2,0	0,8	1,5
F02	S1	1,8	2,5	0,9	1,5
F03	S1	2,2	2,2	0,8	1,5
F04	S1	2,5	1,8	0,9	1,5
F05	S1	1,2	2,7	0,9	1,5
F06	S1	1,9	0,8	0,8	1,5
F07	S1	3,5	1,2	1,1	1,5
F08	S1	2,5	2,5	0,9	1,5
F09	S1	1,1	1,5	0,6	1,5
F10	S1	3,5	1,9	1,1	1,5
F11	S1	2,5	1,8	0,9	1,5
F12	S1	2,0	2,0	0,8	1,5
F13	S1	2,0	2,0	0,8	1,5
F14	S1	2,5	1,8	0,9	1,5
F15	S1	1,9	1,5	0,8	1,5
F16	S1	2,3	1,8	0,8	1,5
F17	S1	1,9	1,5	0,8	1,5
F18	S1	2,0	2,0	0,8	1,5
F19	S3	2,0	2,0	0,8	1,5
F20	S3	1,8	2,5	0,9	1,5
F21	S3	2,5	2,5	0,9	1,5
F22	S3	1,1	1,5	0,6	1,5
F23	S3	1,2	2,7	0,9	1,5
F24	S3	1,9	0,8	0,8	1,5
F25	S3	2,2	2,2	0,8	1,5
F26	S3	2,5	2,5	0,9	1,5
F27	S3	1,8	2,5	0,9	1,5
F28	S3	2,2	2,2	0,8	1,5
F29	S3	1,2	2,7	0,9	1,5
F30	S3	1,9	0,8	0,8	1,5
F31	S3	2,5	2,5	0,9	1,5
F32	S3	1,1	1,5	0,6	1,5
F33	S3	2,0	2,0	0,8	1,5
F34	S3	1,8	2,5	0,9	1,5
F35	S2	2,0	2,0	0,8	1,5
F36	S2	1,9	1,5	0,8	1,5
F37	S2	2,3	1,8	0,8	1,5
F38	S2	1,9	1,5	0,8	1,5
F39	S2	2,5	1,8	0,9	1,5
F40	S2	2,0	2,0	0,8	1,5
F41	S2	2,0	2,0	0,8	1,5
F42	S2	3,5	1,9	1,1	1,5
F43	S2	2,5	1,8	0,9	1,5
F44	S2	2,5	2,5	0,9	1,5
F45	S2	1,1	1,5	0,6	1,5
F46	S2	3,5	1,2	1,1	1,5
F47	S2	1,2	2,7	0,9	1,5
F48	S2	1,9	0,8	0,8	1,5
F49	S2	2,5	1,8	0,9	1,5
F50	S2	2,2	2,2	0,8	1,5
F51	S2	2,0	2,0	0,8	1,5
F52	S2	1,8	2,5	0,9	1,5



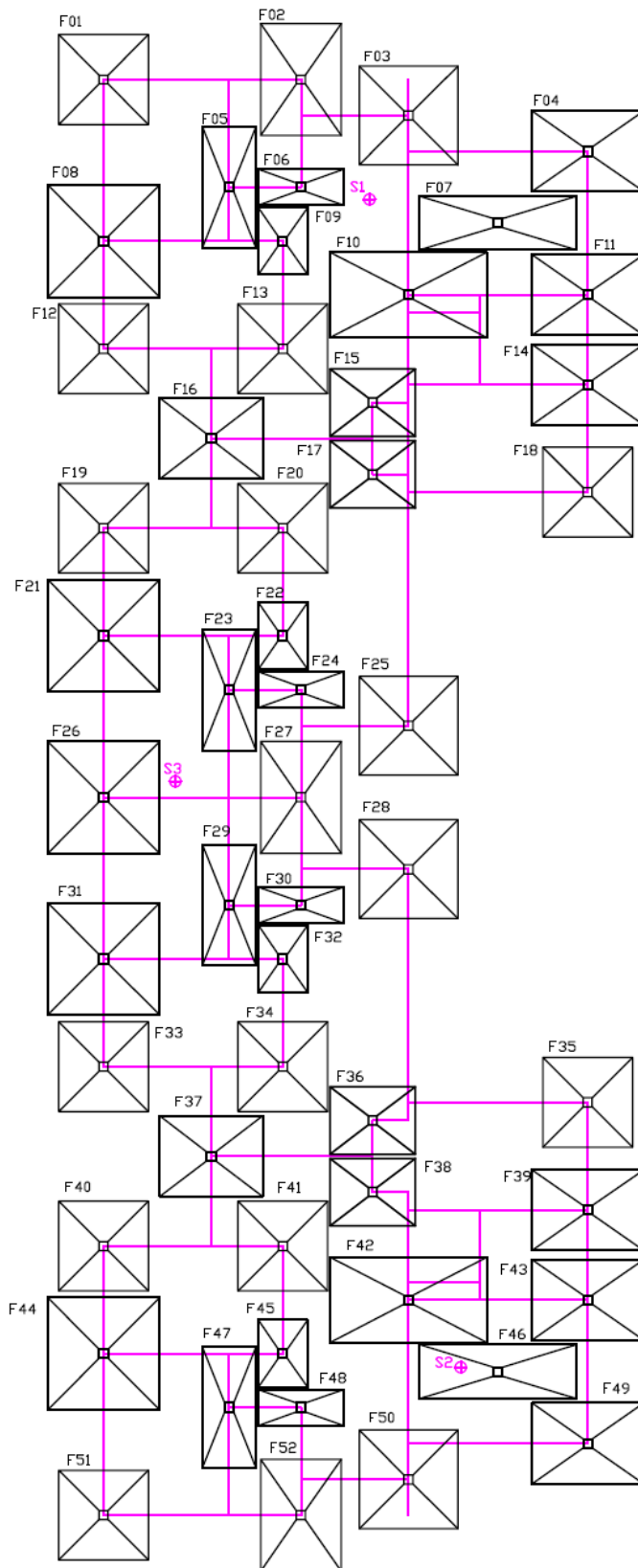


Figura 3.81 – Planta de fundação rasa para o edifício alongado.

Todas as paredes do edifício são apoiadas em vigas baldrame de 0,50m de altura por 0,20m de largura, conforme Figura 3.82.

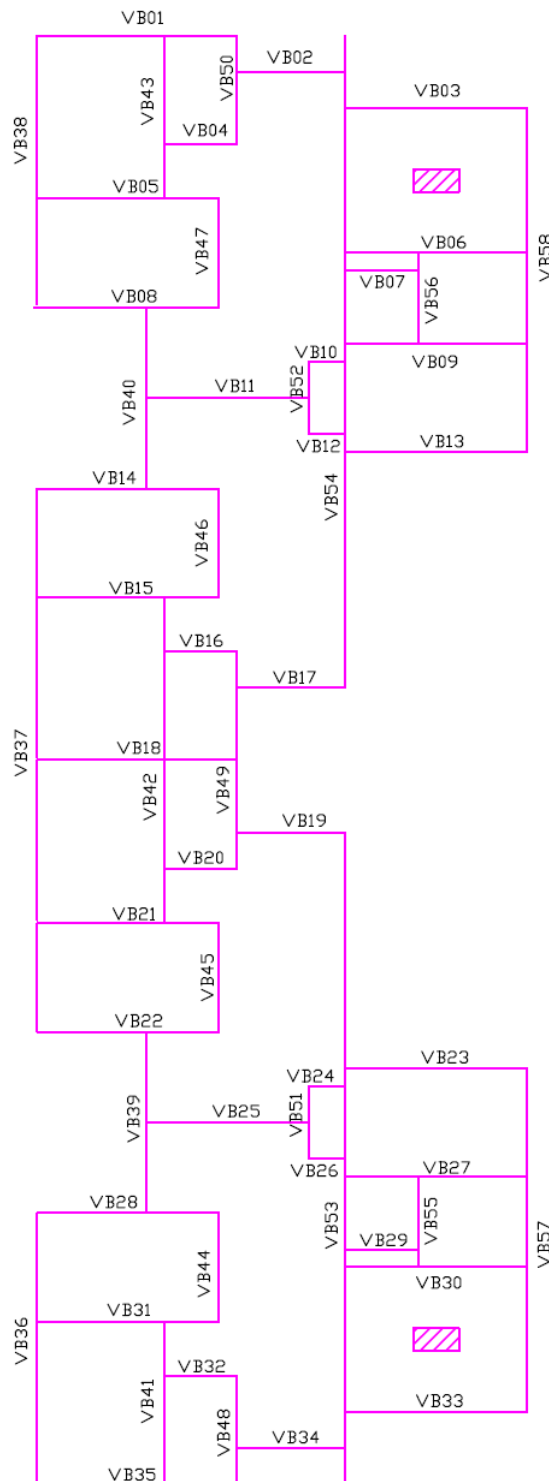


Figura 3.82 – Vigas baldrame do edifício alongado com fundação rasa.

### 3.4.2 CONSOLIDAÇÃO DO MODELO SIMPLIFICADO ALONGADO

Este item tem como objetivo avaliar a qualidade dos resultados do modelo simplificado com planta baixa alongada, para isso, são apresentados os resultados obtidos nas comparações entre os dois modelos expostos no item 3.2.

A Tabela 3.49 apresenta as comparações entre os resultados de força normal do modelo de referência, casca RIG, e o modelo misto RIG, com apenas o primeiro pavimento em casca.

Tabela 3.49 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício ALO-RIG-15PAV, com o primeiro pavimento discretizado em elementos de casca, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)
PH01	286,5	297,3	4	PH47	196,0	224,1	14
PH02	32,1	30,1	-6	PILAR 1	945,0	973,0	3
PH03	190,9	224,8	18	PILAR 2	945,0	973,0	3
PH04	55,0	70,1	27	PV01	358,4	345,9	-3
PH05	202,7	162,9	-20	PV02	548,3	499,4	-9
PH06	39,6	30,7	-22	PV03	310,3	273,9	-12
PH07	417,8	442,0	6	PV04	311,1	272,3	-12
PH08	321,6	334,3	4	PV05	553,5	509,2	-8
PH09	544,0	537,7	-1	PV06	751,0	650,6	-13
PH10	211,7	250,8	18	PV07	553,8	509,6	-8
PH11	133,5	188,0	41	PV08	311,5	272,8	-12
PH12	207,6	215,5	4	PV09	310,7	274,8	-12
PH13	829,0	807,0	-3	PV10	547,5	501,6	-8
PH14	457,5	455,2	0	PV11	352,7	348,2	-1
PH15	138,0	111,6	-19	PV12	16,7	25,1	51
PH16	549,4	585,6	7	PV13	353,0	377,6	7
PH17	151,9	132,3	-13	PV14	16,7	24,9	49
PH18	68,9	115,3	67	PV15	16,7	25,0	50
PH19	141,7	97,3	-31	PV16	353,2	377,6	7
PH20	830,8	802,9	-3	PV17	16,6	25,2	51
PH21	548,3	545,2	-1	PV18	615,5	619,0	1
PH22	325,7	287,8	-12	PV19	1205,8	975,4	-19
PH23	483,7	527,5	9	PV20	607,3	619,9	2
PH24	799,4	894,6	12	PV21	765,7	794,5	4
PH25	539,8	575,9	7	PV22	766,4	792,3	3
PH26	325,3	287,6	-12	PV23	766,1	791,4	3
PH27	548,2	544,8	-1	PV24	764,9	794,8	4
PH28	830,4	801,9	-3	PV25	737,2	746,3	1
PH29	151,7	131,9	-13	PV26	299,1	334,4	12
PH30	68,6	115,0	68	PV27	361,6	426,7	18
PH31	141,1	97,2	-31	PV28	350,7	369,3	5
PH32	549,3	586,0	7	PV29	711,2	747,0	5
PH33	452,2	448,6	-1	PV30	665,0	780,8	17
PH34	137,3	111,0	-19	PV31	664,5	779,4	17
PH35	828,9	806,1	-3	PV32	2038,1	1897,0	-7
PH36	204,7	211,3	3	PV33	532,4	547,8	3
PH37	208,7	245,8	18	PV34	396,6	449,6	13
PH38	132,2	185,3	40	PV35	553,5	445,6	-19
PH39	545,2	536,1	-2	PV36	526,9	548,9	4
PH40	328,7	333,9	2	PV37	2068,5	1937,3	-6
PH41	38,9	29,9	-23	PV38	42,0	83,0	98
PH42	412,8	434,4	5	PV39	42,4	84,4	99
PH43	56,2	70,2	25	PV40	1913,3	1784,5	-7
PH44	198,8	158,4	-20	PV41	1928,0	1800,5	-7
PH45	288,3	295,2	2	SOMA	42076,4	41816,8	-1
PH46	31,3	29,9	-4	MÉDIA	---	---	15

Apesar da média do desvio absoluto ter ficado dentro do limite aceitável, com 15%, observa-se que boa parte dos resultados, 24%, são considerados ruins. Para o restante, 38% apresentam resultados bons e 38% resultados ótimos.

Da mesma forma exposta no item 3.3.2, primeiro comparam-se os resultados do modelo misto com apenas o primeiro pavimento discretizado em casca e na sequência se faz a mesma comparação com o modelo no qual se discretizam os dois primeiros pavimentos em casca. A Tabela 3.50 apresenta os resultados do modelo com os dois primeiros pavimentos discretizado em elementos de casca.

Tabela 3.50 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício ALO-RIG-15PAV, com os dois primeiros pavimentos discretizados em elementos de casca, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)
PH01	286,5	286,6	0	PH47	196,0	221,9	13
PH02	32,1	28,2	-12	PILAR 1	945,0	945,0	0
PH03	190,9	222,4	16	PILAR 2	945,0	945,0	0
PH04	55,0	62,8	14	PV01	358,4	334,1	-7
PH05	202,7	182,6	-10	PV02	548,3	517,1	-6
PH06	39,6	34,7	-12	PV03	310,3	280,5	-10
PH07	417,8	411,4	-2	PV04	311,1	278,6	-10
PH08	321,6	340,9	6	PV05	553,5	514,5	-7
PH09	544,0	524,3	-4	PV06	751,0	672,5	-10
PH10	211,7	235,6	11	PV07	553,8	515,0	-7
PH11	133,5	155,5	16	PV08	311,5	279,1	-10
PH12	207,6	195,5	-6	PV09	310,7	281,3	-9
PH13	829,0	817,1	-1	PV10	547,5	519,3	-5
PH14	457,5	466,8	2	PV11	352,7	336,2	-5
PH15	138,0	124,2	-10	PV12	16,7	14,6	-12
PH16	549,4	554,6	1	PV13	353,0	382,6	8
PH17	151,9	120,9	-20	PV14	16,7	14,4	-14
PH18	68,9	102,1	48	PV15	16,7	14,4	-13
PH19	141,7	118,6	-16	PV16	353,2	382,7	8
PH20	830,8	811,7	-2	PV17	16,6	14,6	-12
PH21	548,3	520,5	-5	PV18	615,5	607,6	-1
PH22	325,7	312,2	-4	PV19	1205,8	1101,6	-9
PH23	483,7	508,6	5	PV20	607,3	608,6	0
PH24	799,4	789,8	-1	PV21	765,7	810,4	6
PH25	539,8	564,2	5	PV22	766,4	806,0	5
PH26	325,3	312,0	-4	PV23	766,1	805,2	5
PH27	548,2	520,1	-5	PV24	764,9	810,8	6
PH28	830,4	810,9	-2	PV25	737,2	754,8	2
PH29	151,7	120,5	-21	PV26	299,1	324,4	8
PH30	68,6	101,8	48	PV27	361,6	420,0	16
PH31	141,1	118,3	-16	PV28	350,7	364,0	4
PH32	549,3	554,8	1	PV29	711,2	755,5	6
PH33	452,2	459,8	2	PV30	665,0	787,3	18
PH34	137,3	123,5	-10	PV31	664,5	786,3	18
PH35	828,9	816,1	-2	PV32	2038,1	1982,6	-3
PH36	204,7	191,8	-6	PV33	532,4	561,0	5
PH37	208,7	231,0	11	PV34	396,6	441,8	11
PH38	132,2	153,4	16	PV35	553,5	440,8	-20
PH39	545,2	522,8	-4	PV36	526,9	562,3	7
PH40	328,7	340,4	4	PV37	2068,5	2024,5	-2
PH41	38,9	33,8	-13	PV38	42,0	38,2	-9
PH42	412,8	404,6	-2	PV39	42,4	38,8	-8
PH43	56,2	62,9	12	PV40	1913,3	1824,7	-5
PH44	198,8	177,7	-11	PV41	1928,0	1841,0	-5
PH45	288,3	284,7	-1	SOMA	42076,4	41822,6	-1
PH46	31,3	28,1	-10	MÉDIA	---	---	9

Observa-se que após a discretização do segundo pavimento em elementos de casca ocorre uma melhora significativa nos resultados, obtendo-se apenas 6% dos resultados fora da faixa aceitável. Também ocorreu uma considerável redução na média do desvio absoluto, baixando para 9% e conseqüentemente uma melhora geral dos resultados, apresentando 53% no intervalo satisfatório e 41% no ótimo.

Observe-se que as paredes PH17, PH18, PH29, PH30 e PV35 que continuaram com seus desvios acima de 18% são paredes com baixo valor de carga, em que pequenos desvios nos valores de força normal geram grandes diferenças percentuais, pouco significativas em termos práticos.

No decorrer das análises do edifício alongado, ao citar modelo misto trata-se do modelo em que os dois primeiros pavimentos foram discretizados em elementos de casca e os pavimentos acima, por elementos de barra.

Na sequência são apresentados os diagramas de força normal das paredes PH01, PH02, PH03, PH09, PH13, PV16, PV20, PV29 e PV37, que foram escolhidas para exemplificar a distribuição de força normal ao longo das paredes e a qualidade dos resultados.

Essas paredes são equivalentes as escolhidas para a análise do modelo quadrado, excerto a parede PH13 que não corresponde a parede PH15 do modelo quadrado, por não existir parede equivalente. A escolha da parede PH13 se deu pela semelhança de características com a parede PH15, pois são paredes de mesmo comprimento, sem aberturas e apoiadas sobre duas fundações extremas.

Nas comparações de força normal ao longo das paredes (Figura 3.83) ressalta-se a boa qualidade e aproximação dos resultados. Observa-se que o modelo misto conseguiu representar muito bem a tendência de migração de carga para os apoios.

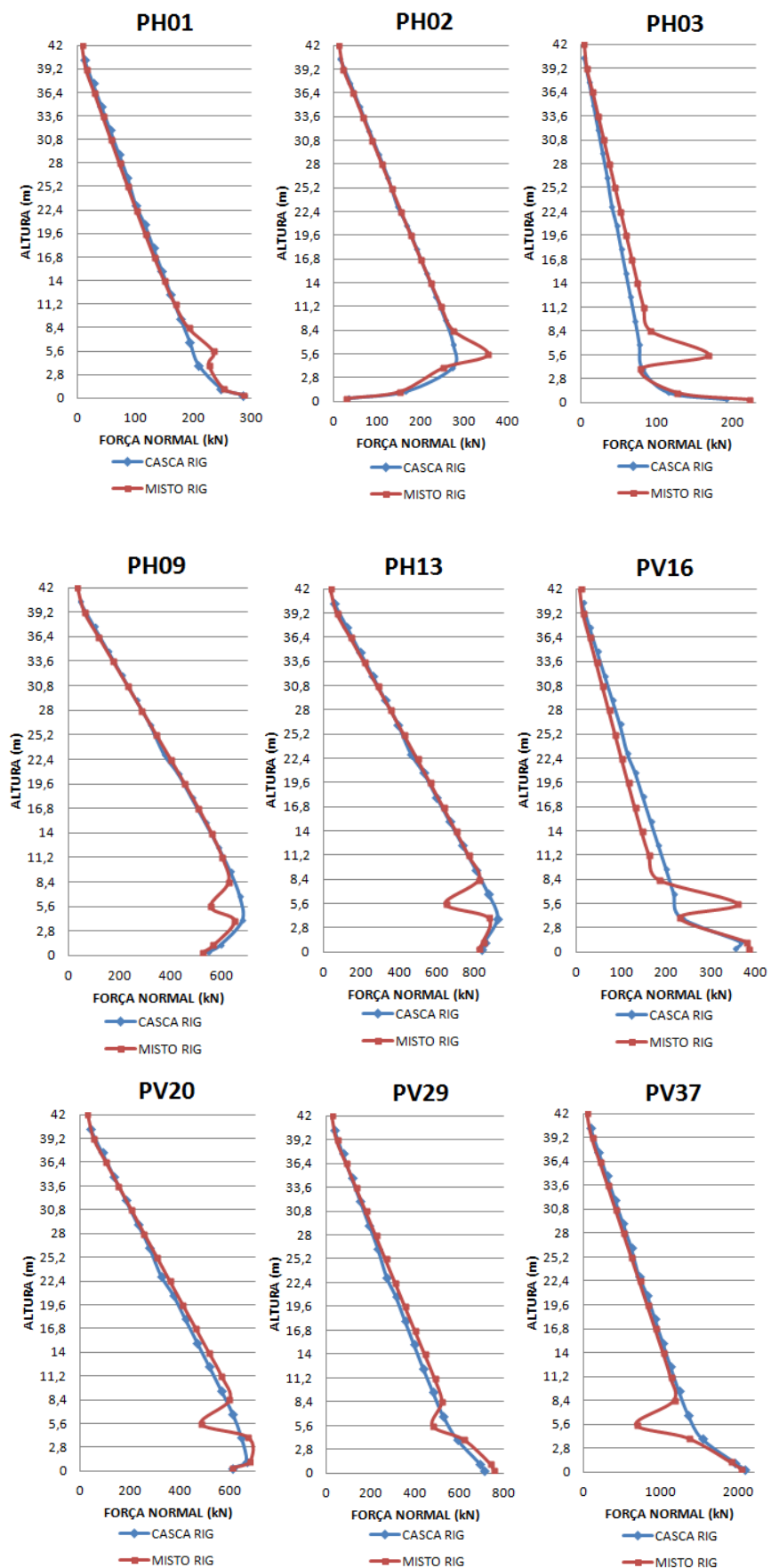


Figura 3.83 – Diagrama de força normal das paredes do edifício ALO-RIG-15PAV.

A seguir serão apresentados e comparados os carregamentos resultantes da fundação.

Tabela 3.51 – Carregamento das fundações do edifício ALO-RIG-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)	CASCA RIG	MISTO RIG	DIFER. (%)
F01	706,9	676,8	-4	-64,8	-65,7	2	-67,7	-72,1	6
F02	776,5	829,7	7	-68,1	-78,5	15	73,3	81,3	11
F03	966,3	882,5	-9	-22,2	-20,5	-8	40,9	40,5	-1
F04	797,9	790,0	-1	-69,1	-72,0	4	75,9	76,1	0
F05	882,7	906,6	3	14,1	12,3	-12	-42,8	-51,5	20
F06	438,5	466,4	6	64,5	74,1	15	25,9	27,9	8
F07	973,0	973,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	1092,0	1007,4	-8	13,8	14,6	6	-75,4	-80,5	7
F09	488,9	519,5	6	-67,5	-76,8	14	61,6	68,1	10
F10	1400,9	1407,2	0	-2,7	-2,7	-2	-90,8	-105,8	16
F11	781,1	776,9	-1	11,7	11,0	-6	70,7	85,7	21
F12	735,2	659,5	-10	54,4	52,8	-3	-73,3	-74,8	2
F13	816,1	880,5	8	67,5	78,1	16	76,4	84,8	11
F14	1071,2	1062,5	-1	29,4	32,0	9	-83,9	-94,5	13
F15	795,5	769,9	-3	-2,4	-1,5	-36	58,9	66,6	13
F16	435,7	501,7	15	-66,5	-82,9	25	-13,1	-12,2	-7
F17	1009,4	1011,7	0	0,0	0,0	0	-72,8	-84,6	16
F18	432,7	499,2	15	65,9	82,7	25	-10,8	-10,5	-3
F19	714,2	796,3	11	-31,9	-38,2	20	-57,1	-77,6	36
F20	491,2	469,7	-4	49,9	50,1	0	55,1	68,6	25
F21	736,9	654,1	-11	-54,6	-52,4	-4	-73,4	-74,3	1
F22	817,4	875,2	7	-67,6	-77,6	15	76,5	84,2	10
F23	1102,5	997,1	-10	-14,3	-14,3	0	-76,1	-79,9	5
F24	490,3	515,5	5	67,6	76,3	13	62,0	67,5	9
F25	904,5	853,5	-6	-15,2	-10,5	0	-43,4	-47,8	10
F26	478,3	486,3	2	-72,3	-79,4	0	25,7	25,3	-2
F27	772,5	892,8	16	72,4	88,1	22	71,0	84,0	18
F28	1206,5	1073,5	-11	0,0	0,0	0	-77,2	-78,8	2
F29	1118,2	1181,7	6	1,6	1,1	-30	73,5	79,0	7
F30	815,2	898,3	10	-75,6	-88,3	17	76,3	85,9	13
F31	903,5	852,8	-6	15,2	10,5	-31	-43,5	-47,8	10
F32	457,0	469,8	3	73,9	78,7	6	24,6	24,3	-2
F33	1102,0	996,2	-10	14,3	14,3	1	-76,1	-79,8	5
F34	490,4	516,2	5	-67,7	-76,4	13	62,0	67,4	9
F35	736,2	653,0	-11	54,5	52,3	-4	-73,4	-74,1	1
F36	817,5	875,0	7	67,6	77,7	15	76,5	84,2	10
F37	719,6	794,4	10	32,3	38,2	18	-56,9	-77,4	36
F38	488,9	468,3	-4	-49,6	-49,9	1	54,9	68,4	25
F39	433,1	499,8	15	-66,0	-82,8	25	-11,0	-10,5	-5
F40	1009,0	1011,5	0	0,0	0,0	0	-72,8	-84,6	16
F41	435,7	501,8	15	66,5	83,0	25	-12,9	-12,0	-7
F42	1058,3	1045,6	-1	-29,0	-31,4	8	-82,9	-93,1	12
F43	790,3	764,5	-3	2,4	1,7	-32	58,4	65,9	13
F44	734,7	657,9	-10	-54,3	-52,7	-3	-73,2	-74,6	2
F45	816,6	880,4	8	-67,6	-78,1	16	76,4	84,7	11
F46	1381,5	1380,1	0	2,8	2,9	1	-89,6	-104,0	16
F47	774,3	768,5	-1	-11,6	-10,8	-7	69,8	84,5	21
F48	1094,6	1003,5	-8	-13,9	-14,5	4	-75,6	-80,2	6
F49	489,8	518,8	6	67,6	76,7	14	61,8	67,9	10
F50	973,0	973,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	904,7	905,1	0	-15,4	-12,3	-21	-43,8	-51,4	17
F52	453,8	466,3	3	-67,2	-74,0	10	26,5	27,9	5
F53	789,0	778,0	-1	68,4	71,0	4	75,0	74,8	0
F54	951,1	860,5	-10	21,9	20,1	-8	40,8	39,7	-3
F55	714,5	672,6	-6	65,5	65,4	0	-69,8	-71,7	3
F56	694,8	827,8	19	73,9	78,3	6	0,0	0,0	0
TOTAL	44462,2	44456,6	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	6	---	---	11	---	---	10

Observando a Tabela 2.1 destaca-se a boa aproximação do carregamento vertical com média do desvio absoluto de 6%. Obteve-se apenas uma fundação, F56, com valor fora da faixa aceitável, tendo 59% dos resultados considerados bons e 39% ótimos.

Ao observar os momentos aplicados no plano percebe-se um aumento nos desvios apurados, porem de baixa influência no projeto decorrente da baixa magnitude dos valores.

### 3.4.3 RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. PROFUNDA

#### 3.4.3.1 *PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE*

Neste item são apresentados os efeitos causados pela consideração da interação solo-estrutura no edifício de planta baixa alongada com 10 pavimentos e fundação profunda. Serão apresentadas e discutidas comparações entre o modelo casca RIG e o modelo casca ISE.

O modelo em questão obteve convergência desejada após sete iterações.

Na Tabela 3.52 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício em questão.



Tabela 3.52 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício ALO-EST-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	189.3	345.5	83	PH47	118.7	162.6	37
PH02	24.5	41.9	71	PILAR 01	630.0	630.0	0
PH03	128.2	168.6	32	PILAR 02	630.0	630.0	0
PH04	36.4	46.9	29	PV01	236.8	340.6	44
PH05	132.2	143.8	9	PV02	364.7	452.7	24
PH06	25.5	26.6	4	PV03	206.6	279.5	35
PH07	273.0	400.7	47	PV04	206.5	245.2	19
PH08	214.8	149.0	-31	PV05	366.1	362.8	-1
PH09	360.9	377.7	5	PV06	492.5	313.0	-36
PH10	138.9	91.2	-34	PV07	366.2	246.3	-33
PH11	86.3	100.8	17	PV08	206.6	277.9	35
PH12	134.3	89.3	-34	PV09	206.7	292.4	41
PH13	554.3	586.5	6	PV10	363.7	453.1	25
PH14	298.6	195.4	-35	PV11	232.5	409.9	76
PH15	92.2	79.7	-14	PV12	10.8	5.3	-51
PH16	370.8	376.5	2	PV13	239.3	290.5	21
PH17	42.3	32.2	-24	PV14	10.7	15.8	47
PH18	46.3	35.1	-24	PV15	10.7	12.3	14
PH19	94.2	171.9	82	PV16	239.4	286.1	20
PH20	554.1	566.8	2	PV17	10.8	8.6	-20
PH21	362.2	274.5	-24	PV18	410.0	373.1	-9
PH22	216.0	185.1	-14	PV19	795.9	691.5	-13
PH23	323.4	276.5	-14	PV20	403.5	319.3	-21
PH24	525.0	356.7	-32	PV21	521.6	561.0	8
PH25	357.0	255.8	-28	PV22	520.7	450.8	-13
PH26	215.8	173.7	-19	PV23	520.1	442.0	-15
PH27	362.3	345.3	-5	PV24	520.3	389.0	-25
PH28	554.2	538.8	-3	PV25	495.6	514.3	4
PH29	42.2	31.1	-26	PV26	199.0	253.1	27
PH30	46.1	29.5	-36	PV27	240.9	177.2	-26
PH31	93.8	161.8	72	PV28	233.6	178.8	-23
PH32	370.9	362.5	-2	PV29	476.8	446.1	-6
PH33	294.5	199.5	-32	PV30	456.6	362.3	-21
PH34	91.7	69.7	-24	PV31	456.1	363.9	-20
PH35	554.6	605.5	9	PV32	1327.4	1172.9	-12
PH36	132.1	103.8	-21	PV33	362.7	443.8	22
PH37	136.5	107.5	-21	PV34	264.0	274.8	4
PH38	85.3	73.4	-14	PV35	366.1	362.8	-1
PH39	362.2	383.8	6	PV36	361.8	424.9	17
PH40	220.1	190.1	-14	PV37	1351.0	1108.7	-18
PH41	25.0	25.4	2	PV38	25.2	10.2	-59
PH42	269.5	324.6	20	PV39	25.5	11.0	-57
PH43	37.3	28.8	-23	PV40	1269.0	1609.8	27
PH44	129.3	124.57	-4	PV41	1278.9	1623.7	27
PH45	190.8	288.3	51	SOMA	27845.6	27846.1	---
PH46	19.3	23.8	23	MÉDIA	---	---	24

Observa-se que ocorreu uma maior redistribuição dos esforços nas paredes após a redução de rigidez, devido a diminuição da quantidade de pavimentos. A média do desvio absoluto foi de 24% frente a 18% apurado no respectivo edifício com 15 pavimentos (vide Apêndice A).

A Figura 3.84 apresenta os diagramas de força normal das paredes analisadas. Os valores percentuais indicam as diferenças das forças normais entre os modelos casca RIG e casca ISE.

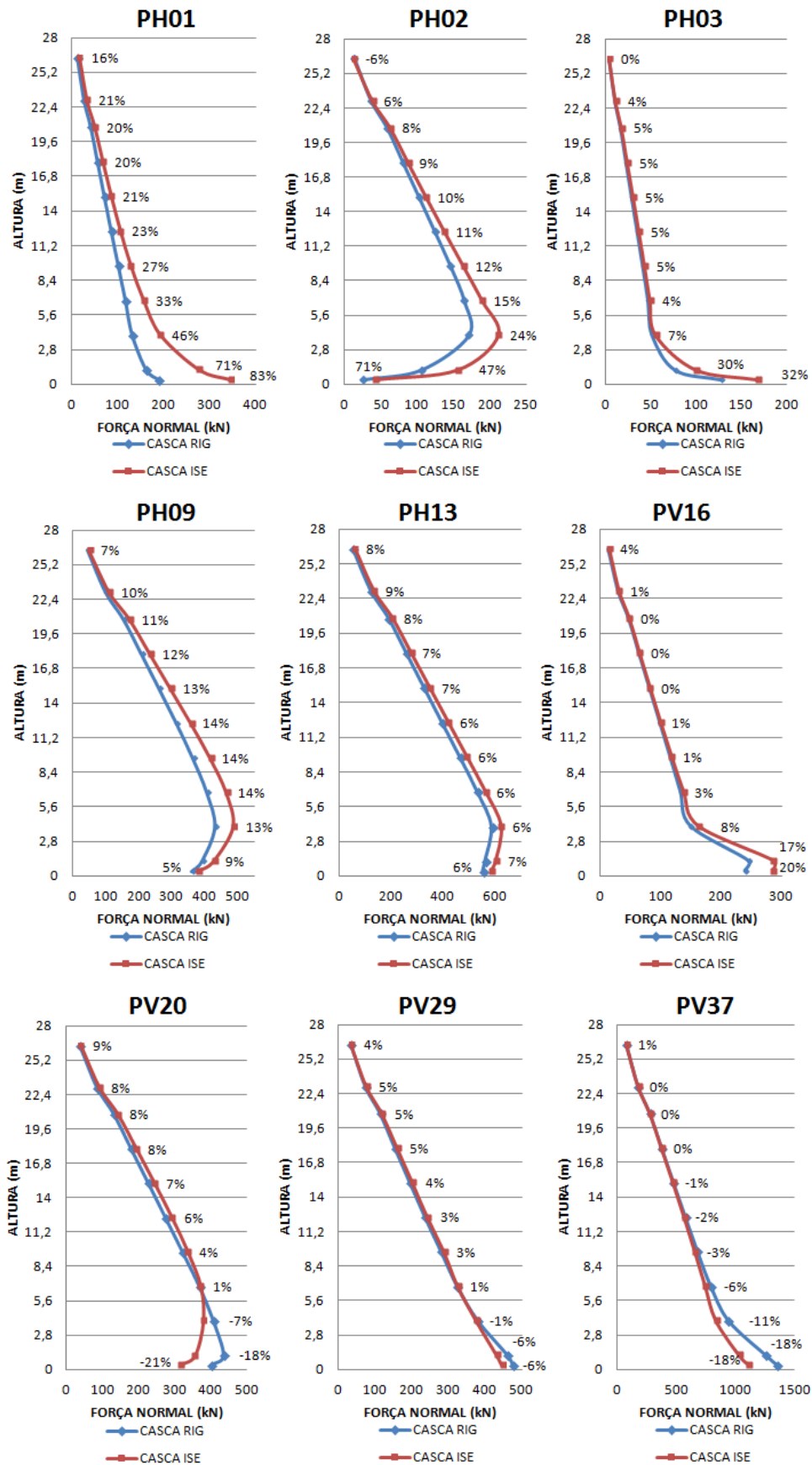


Figura 3.84 – Diagrama de força normal das paredes do edifício ALO-EST-10PAV.

Analisando os gráficos de distribuição força normal apresentado na Figura 3.84 percebe-se um aumento da influência da interação solo-estrutura, quando comparado com o respectivo edifício de maior rigidez (15 pavimentos), porém os desvios acima do segundo pavimento se mantiveram abaixo do limite estabelecido de 18%, excerto para a parede PH01. O mesmo ocorreu quando se reduziu a rigidez do edifício quadrado.

Para avaliar a modificação do esforço cortante e momento fletor nas vigas baldrame, após a consideração da interação solo-estrutura, foram escolhidas as vigas VB01, VB05, VB40 e VB56, para as quais foram realizadas comparações entre os modelos casca RIG e casca ISE. Essas vigas são equivalentes as escolhidas para a análise do modelo quadrado, tendo como critério de escolha a diversidade em suas características.

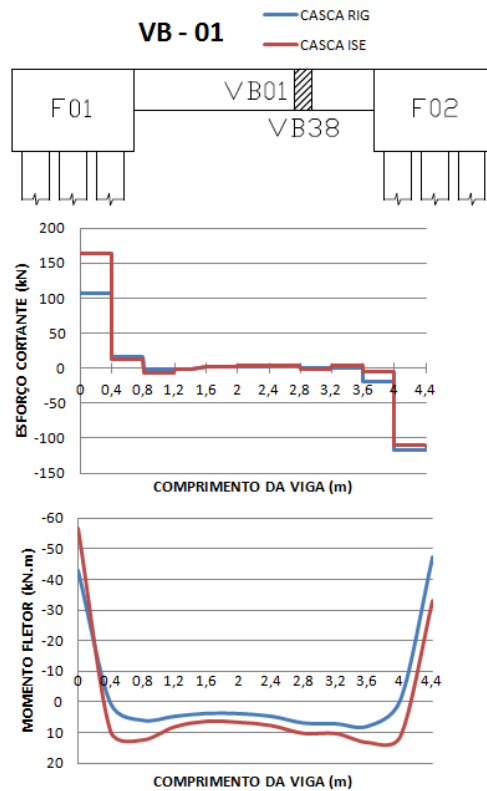


Figura 3.85 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício ALO-EST-10PAV.

A viga VB01 apresentou aumento do esforço cortante de 55% no apoio F01 e redução de 5% no apoio F02. O momento fletor positivo aumentou em todo comprimento da viga, com aumento máximo superior a 100% próximo aos apoios. O momento fletor negativo apresentou aumento de 32% no apoio F01 e redução de 30% no apoio F02.

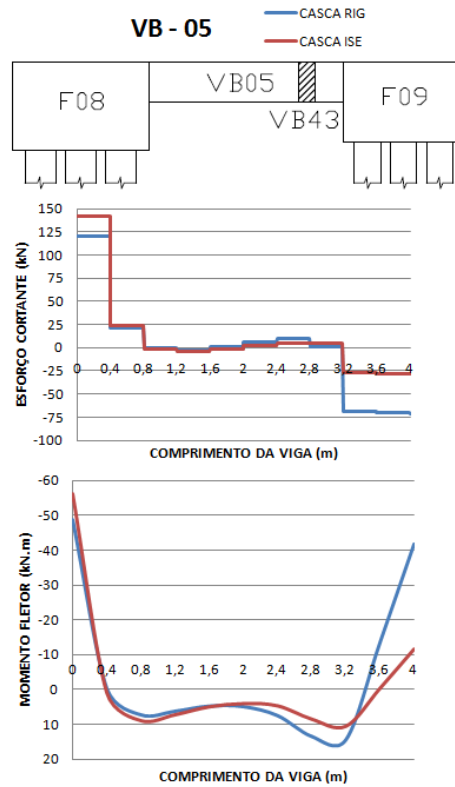


Figura 3.86 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB05 do edifício ALO-EST-10PAV.

A parede PH09 que se apoia na viga VB05 praticamente não sofreu alteração na sua força normal, com desvio de apenas 5%, contudo o diagrama de esforço cortante apresentou um aumento, de 18%, no apoio F08 e uma redução de 60% no apoio F09. Provavelmente ocasionado pela migração de carga para o apoio F08, como apresentado na Tabela 3.53. O momento fletor negativo apresentou um leve aumento, de 15%, no apoio F08 e uma acentuada redução, de 72% no apoio F09.

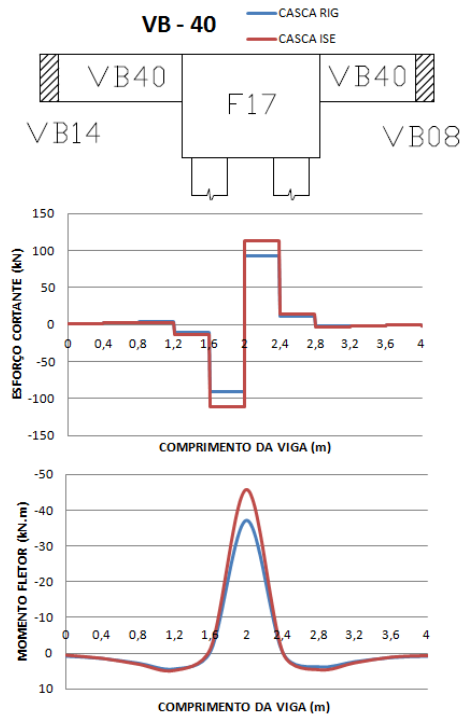


Figura 3.87 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB40 do edifício ALO-EST-10PAV.

A viga VB40 apresentou aumento de 22% no esforço cortante e 23% no momento fletor negativo, provavelmente ocasionado pelo aumento de 20% na força normal da parede PV16.

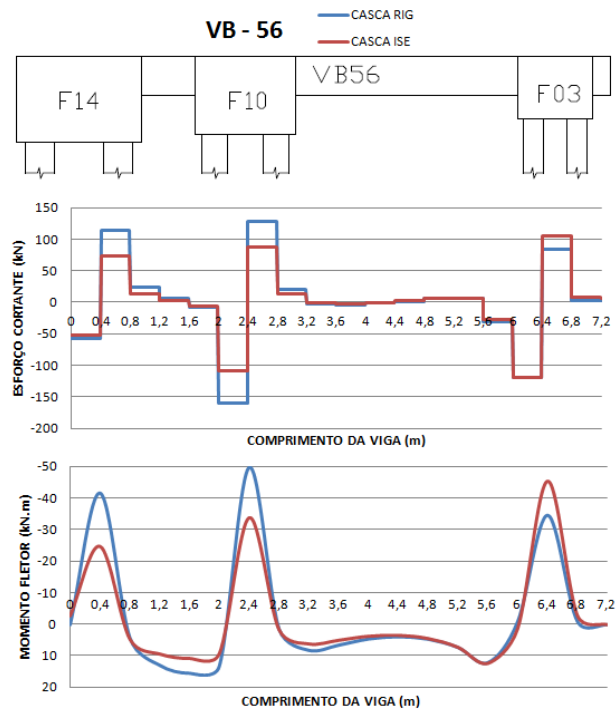


Figura 3.88 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB56 do edifício ALO-EST-10PAV.

O diagrama de esforço cortante apresentou redução de 35% e 31% nos apoios F14 e F10, nesta ordem. Já o apoio F03 apresentou aumento de 26%, decorrente da tendência de migração de carga para os apoios periféricos.

Os momentos fletores negativos nos apoios F14 e F10 apresentaram redução de 41% e 32%, respectivamente, e próximo do apoio F03 apresentou aumento de 32%.

Quando comparamos os diagramas das vigas baldrame do edifício em questão com as do respectivo edifício com 15 pavimentos percebe-se que não existe diferenças no comportamento dos diagramas, após a flexibilização dos apoios.

Os carregamentos dos blocos de fundação do edifício obtidos no modelo de casca com os apoios indeslocáveis foram comparados com os carregamentos obtidos no modelo de casca sobre apoios flexíveis e apresentados na Tabela 3.53.

Os resultados da Tabela 3.53 mostram uma redistribuição do carregamento entre as fundações do edifício, com média de 24% para o carregamento vertical, superior ao apresentado pelo edifício com 15 pavimentos. Os resultados das comparações dos momentos aplicados indicam uma forte tendência de redução dos valores após a flexibilização dos apoios.

Tabela 3.53 – Carregamento das fundações do edifício ALO-EST-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	470.6	828.2	76	-43.2	-47.8	11	-45.2	-56.7	25
F02	523.0	677.6	30	-46.0	-70.7	54	49.3	30.8	-38
F03	635.8	700.4	10	-14.7	0.0	-100	27.2	28.8	6
F04	529.0	771.1	46	-45.9	-45.9	0	50.3	57.6	15
F05	592.7	425.6	-28	9.3	0.0	-100	-28.7	0.0	-100
F06	296.1	165.1	-44	43.6	0.0	-100	17.4	22.8	31
F07	658.0	658.0	0	0.0	0.0	0	1.2	0.0	-100
F08	731.5	908.9	24	9.1	0.0	-100	-50.6	-57.1	13
F09	333.9	204.8	-39	-46.2	-2.7	-94	41.6	11.2	-73
F10	922.6	599.6	-35	-1.9	0.0	-100	-59.9	-15.2	-75
F11	520.8	566.7	9	7.7	0.0	-100	46.9	57.5	23
F12	492.9	683.8	39	36.5	35.1	-4	-49.2	-52.6	7
F13	555.6	420.6	-24	46.1	29.4	-36	51.9	15.9	-69
F14	706.5	453.9	-36	19.3	0.0	-100	-55.4	0.0	-100
F15	533.0	578.1	8	-1.7	0.0	-100	39.3	44.9	14
F16	299.7	188.7	-37	-45.7	0.0	-100	-8.7	0.0	-100
F17	687.6	817.4	19	0.0	0.0	0	-49.6	-49.8	0
F18	298.2	234.8	-21	45.4	0.0	-100	-7.6	0.0	-100
F19	495.7	558.8	13	-22.1	0.0	-100	-39.9	0.0	-100
F20	331.3	599.2	81	33.6	54.2	61	37.9	50.2	32
F21	492.7	654.2	33	-36.5	-17.5	-52	-49.2	-31.3	-36
F22	555.4	392.1	-29	-46.1	-4.3	-91	51.9	16.2	-69
F23	735.2	490.2	-33	-9.4	0.0	-100	-50.8	-38.4	-24
F24	334.0	331.2	-1	46.2	19.7	-57	41.7	30.1	-28
F25	603.0	512.2	-15	-9.9	0.0	-100	-28.9	-10.0	-66
F26	321.0	253.3	-21	-48.6	-6.6	-86	17.2	16.9	-2
F27	523.2	605.4	16	49.3	32.2	-35	48.0	-115.8	-341
F28	798.2	489.3	-39	0.0	0.0	0	-51.1	-32.1	-37
F29	747.5	536.0	-28	1.1	0.6	-43	49.1	31.9	-35
F30	546.5	584.5	7	-50.9	-19.1	-63	51.0	39.1	-23
F31	602.5	510.1	-15	9.9	2.4	-76	-29.0	-4.0	-86
F32	305.8	252.8	-17	49.4	10.7	-78	16.5	3.7	-78
F33	735.2	726.7	-1	9.4	8.0	-14	-50.8	-41.2	-19
F34	334.2	301.2	-10	-46.2	-4.4	-91	41.7	39.9	-4
F35	492.5	551.1	12	36.5	13.4	-63	-49.1	-13.8	-72
F36	555.7	480.2	-14	46.1	18.2	-60	51.9	19.7	-62
F37	496.6	571.6	15	22.2	0.0	-100	-39.8	0.0	-100
F38	329.8	553.1	68	-33.5	-23.7	-29	37.8	37.5	-1
F39	298.5	211.2	-29	-45.4	0.0	-100	-7.6	0.0	-100
F40	687.7	812.3	18	0.0	7.8	0	-49.6	-34.2	-31
F41	299.8	204.4	-32	45.7	0.0	-100	-8.5	0.0	-100
F42	696.5	488.1	-30	-19.0	0.0	-100	-54.6	0.0	-100
F43	529.4	590.4	12	1.7	0.0	-100	38.9	24.1	-38
F44	492.9	610.4	24	-36.5	-15.0	-59	-49.2	-27.2	-45
F45	556.5	512.3	-8	-46.2	-15.9	-66	52.0	17.6	-66
F46	907.5	703.5	-22	2.0	0.0	-100	-59.0	-16.2	-72
F47	516.0	583.3	13	-7.6	0.0	-100	46.2	29.0	-37
F48	734.1	890.2	21	-9.2	0.0	-100	-50.8	-39.7	-22
F49	334.9	383.0	14	46.3	25.5	-45	41.8	18.8	-55
F50	658.0	658.0	0	0.0	0.0	0	1.3	0.0	-100
F51	608.8	531.5	-13	-10.3	0.0	-100	-29.5	-3.3	-89
F52	307.1	276.0	-10	-45.5	-5.8	-87	17.9	12.1	-32
F53	522.8	639.4	22	45.4	19.7	-57	49.7	16.1	-68
F54	624.1	653.5	5	14.4	0.0	-100	27.1	8.9	-67
F55	476.5	664.6	39	43.7	20.1	-54	-46.7	-16.4	-65
F56	469.0	594.7	27	50.0	28.5	-43	3.9	2.6	-33
TOTAL	29843.4	29843.4	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	24	---	---	68	---	---	58

A Figura 3.89 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical nas fundações, onde as linhas verticais ressaltam as fundações periféricas. A delimitação tracejada indica a região central do edifício.

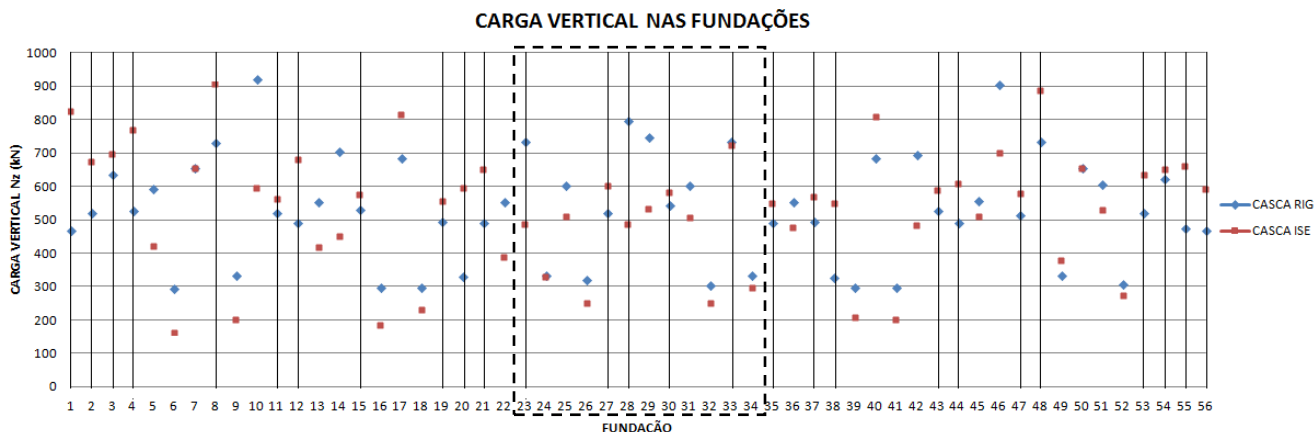


Figura 3.89 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício ALO-EST-10PAV.

Ao analisar o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical, percebe-se uma migração de carga para a região periférica, com todos os apoios de periferia aumentando o seu valor de carregamento, excerto as fundações F23, F28 e F33 que apesar de serem apoios periféricos pertencem a região central do edifício, que apresenta tendência de ceder carga.

A Tabela 3.54 apresenta os recalques absoluto dos apoios do edifício.

Tabela 3.54 – Recalque dos apoios do edifício ALO-EST-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	1,6	1,9	19	F29	2,8	2,6	-6
F02	2,1	2,2	5	F30	2,2	2,1	-4
F03	2,2	2,2	2	F31	2,7	2,5	-7
F04	1,8	2,0	11	F32	2,5	2,4	-6
F05	2,6	2,5	-4	F33	2,4	2,3	-1
F06	2,8	2,6	-5	F34	2,3	2,2	-3
F07	2,4	2,4	0	F35	2,0	2,4	18
F08	2,1	2,2	6	F36	2,6	2,2	-14
F09	2,7	2,6	-3	F37	1,9	1,9	3
F10	2,8	2,6	-7	F38	1,1	1,4	29
F11	2,1	2,1	2	F39	3,2	2,1	-34
F12	2,0	2,1	7	F40	1,9	2,0	5
F13	2,6	2,5	-4	F41	3,2	2,1	-36
F14	2,8	2,6	-10	F42	2,3	1,9	-17
F15	2,1	2,1	2	F43	1,5	1,6	6
F16	2,9	2,6	-9	F44	1,5	1,7	14
F17	2,2	2,3	3	F45	2,1	1,9	-11
F18	2,6	2,4	-7	F46	2,1	1,9	-11
F19	2,2	2,3	2	F47	1,4	1,6	9
F20	1,6	1,8	11	F48	1,6	1,7	10
F21	2,1	2,3	13	F49	1,7	1,7	0
F22	2,9	2,6	-11	F50	1,9	1,9	0
F23	2,9	2,7	-6	F51	2,0	1,7	-12
F24	2,5	2,4	-1	F52	1,9	1,8	-5
F25	2,7	2,6	-2	F53	1,4	1,5	9
F26	2,7	2,5	-7	F54	1,7	1,7	1
F27	2,3	2,2	-3	F55	1,2	1,5	26
F28	3,0	2,8	-8	F56	1,4	1,6	20



Na Tabela 3.55 são apresentadas algumas informações necessárias para a análise da influência da interação solo-estrutura nos recalques do edifício.

Tabela 3.55 – Informações complementares sobre os recalques do edifício QUA-EST-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	3,2	2,8	-15
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	2,2	1,4	-36
RECALQUE MÉDIO (mm)	2,2	2,1	-3
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	24	17	-28

De maneira geral, os resultados apresentados na Tabela 3.55 mostram uma tendência de uniformização dos recalques, porém bem menos acentuada que a do edifício com 15 pavimentos, de maior rigidez. Para o edifício em questão o recalque diferencial máximo baixou 36%, já para o edifício com 15 pavimentos essa redução foi bem mais acentuada, e apesar dos maiores carregamentos aplicados nas fundações, apresentou um recalque diferencial máximo de 1,3mm (vide Apêndice A).

O recalque máximo apresentou uma suave redução de 15% e o recalque médio se manteve praticamente inalterado, com diferença de -3%.

As Figuras 3.90 e 3.91 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

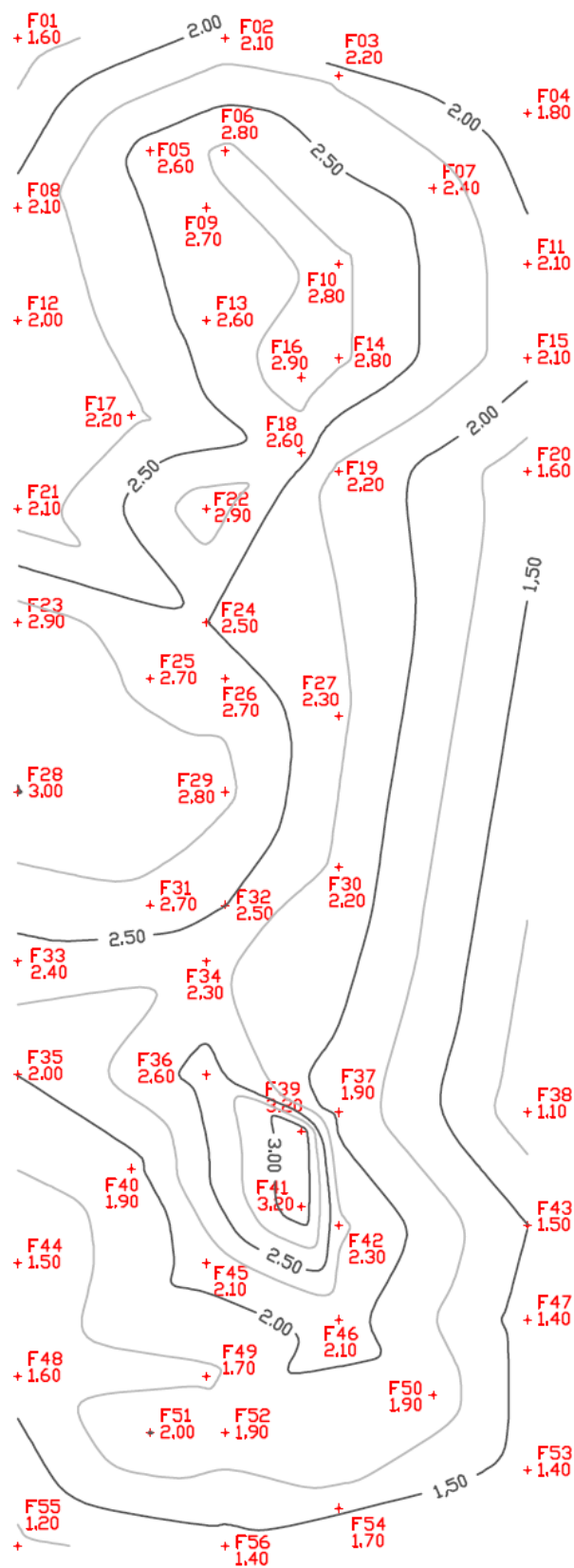


Figura 3.90 – Curvas isorecalque do edifício ALO-EST-10PAV modelado com os apoios indeslocáveis.

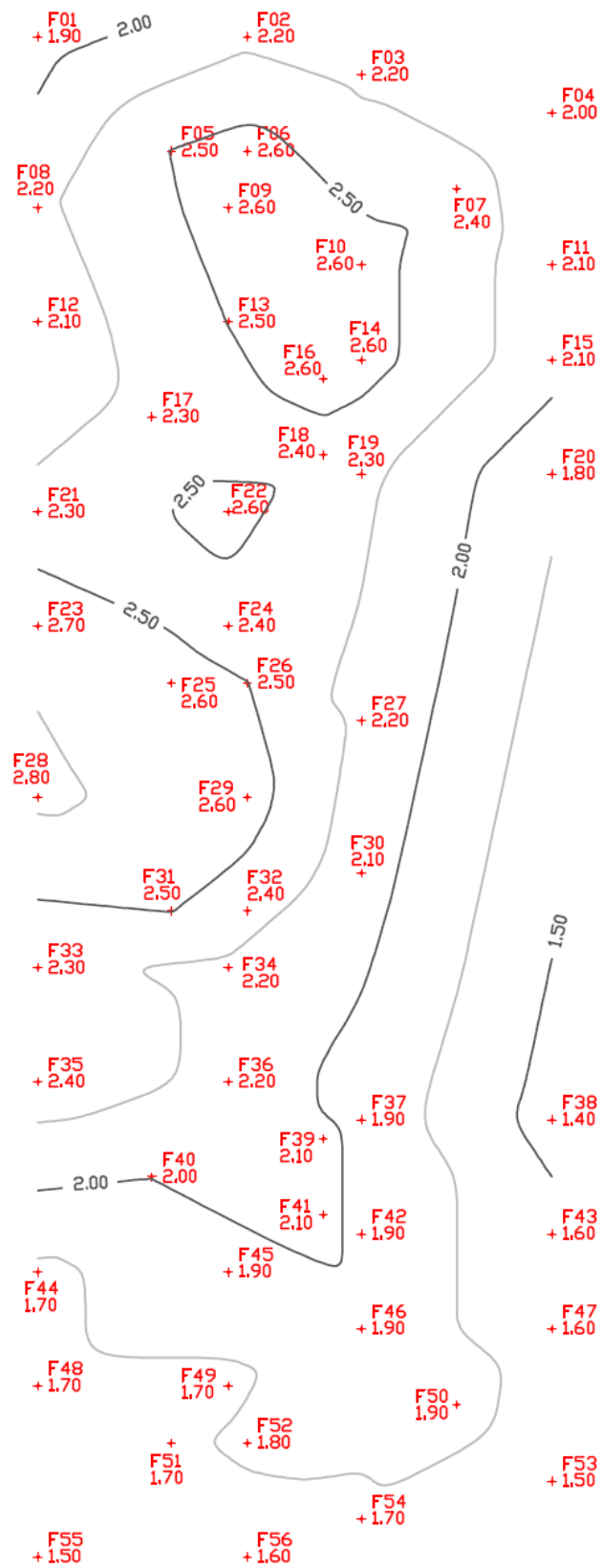


Figura 3.91 – Curvas isorecalque do edifício ALO-EST-10PAV modelado com os apoios flexíveis.

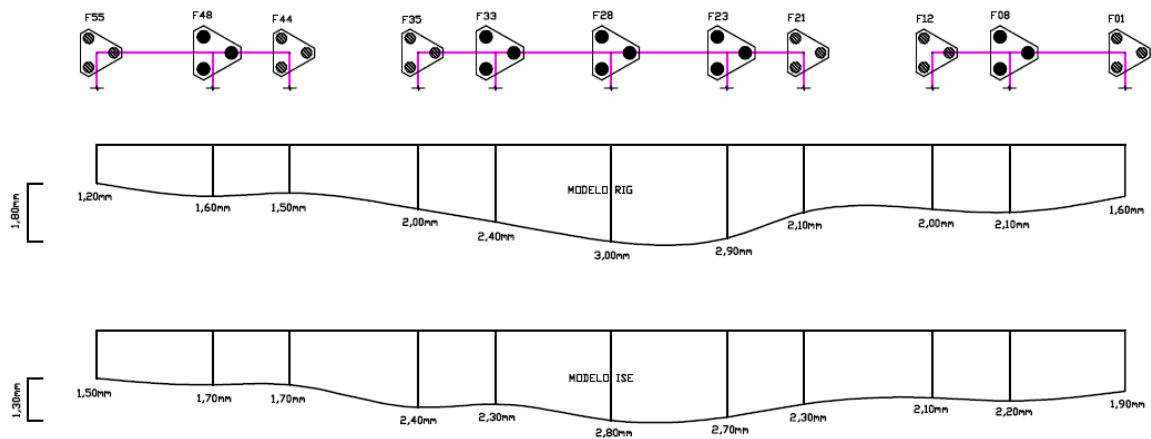


Figura 3.92 – Corte na região periférica.

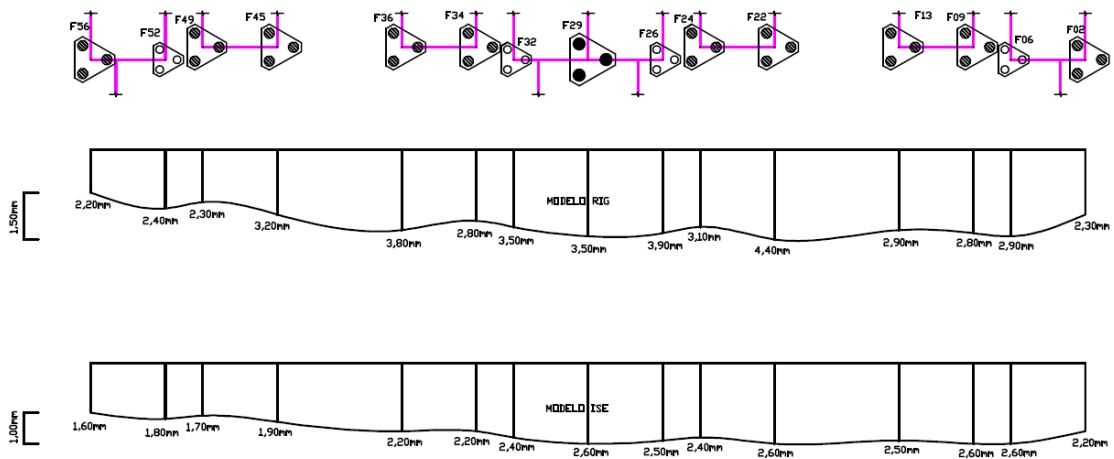


Figura 3.93 – Corte na região interna.

As curvas isorecalque e os cortes apresentados nas figuras acima evidenciam a uniformização dos recalques após a consideração da interação solo-estrutura. O corte externo (Figura 3.92) mostra uma redução do recalque da região central frente a um aumento dos recalques das regiões extremas. Já o corte interno (Figura 3.93) apresentou redução no recalque de todas as fundações.

### 3.4.3.2 SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP

Neste item são apresentados e analisados os resultados dos modelos simplificados, tomando como referência o modelo discretizado em elementos de casca onde a consideração da interação solo-estrutura foi feita conforme item 2.4.1.1.

O modelo misto ISE apresentou convergência em seis iterações.

Inicialmente serão apresentados e comparados os resultados dos esforços normais nas paredes do edifício.

Tabela 3.56 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício ALO-EST-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	345,5	331,2	-4	259,2	-25	PH47	162,6	180,8	11	172,9	6
PH02	41,9	34,4	-18	23,7	-43	PILAR 01	630,0	630,0	0	630,0	0
PH03	168,6	195,3	16	163,4	-3	PILAR 02	630,0	630,0	0	630,0	0
PH04	46,9	52,3	11	42,9	-9	PV01	340,6	314,9	-8	300,9	-12
PH05	143,8	132,7	-8	130,8	-9	PV02	452,7	419,0	-7	401,4	-11
PH06	26,6	24,4	-8	22,6	-15	PV03	279,5	259,2	-7	241,4	-14
PH07	400,7	397,8	-1	334,3	-17	PV04	245,2	249,2	2	224,4	-8
PH08	149,0	141,8	-5	296,0	99	PV05	362,8	357,9	-1	351,7	-3
PH09	377,7	342,7	-9	346,3	-8	PV06	313,0	305,9	-2	362,5	16
PH10	91,2	105,7	16	113,9	25	PV07	246,3	250,6	2	306,8	25
PH11	100,8	111,9	11	106,7	6	PV08	277,9	275,2	-1	223,4	-20
PH12	89,3	88,6	-1	109,5	23	PV09	292,4	257,4	-12	219,3	-25
PH13	586,5	550,7	-6	550,1	-6	PV10	453,1	413,7	-9	377,9	-17
PH14	195,4	212,0	8	237,1	21	PV11	409,9	374,4	-9	299,0	-27
PH15	79,7	71,1	-11	72,7	-9	PV12	5,3	3,9	-26	3,0	-43
PH16	376,5	372,2	-1	357,1	-5	PV13	290,5	315,7	9	296,8	2
PH17	32,2	55,0	71	60,5	88	PV14	15,8	12,9	-19	11,0	-30
PH18	35,1	56,0	59	51,0	45	PV15	12,3	11,6	-5	10,9	-12
PH19	171,9	138,2	-20	90,0	-48	PV16	286,1	307,6	8	279,7	-2
PH20	566,8	574,2	1	551,0	-3	PV17	8,6	6,9	-19	6,6	-23
PH21	274,5	289,8	6	304,5	11	PV18	373,1	414,5	11	379,8	2
PH22	185,1	206,4	11	195,7	6	PV19	691,5	667,9	-3	704,2	2
PH23	276,5	255,0	-8	312,1	13	PV20	319,3	299,1	-6	233,9	-27
PH24	356,7	390,4	9	434,0	22	PV21	561,0	542,7	-3	546,7	-3
PH25	255,8	301,9	18	351,8	38	PV22	450,8	493,6	9	507,5	13
PH26	173,7	190,9	10	192,0	11	PV23	442,0	486,3	10	504,3	14
PH27	345,3	340,7	-1	334,3	-3	PV24	389,0	425,9	9	496,5	28
PH28	538,8	569,4	6	521,0	-3	PV25	514,3	471,8	-8	492,5	-4
PH29	31,1	55,6	79	61,5	98	PV26	253,1	247,7	-2	223,8	-12
PH30	29,5	49,8	69	53,6	82	PV27	177,2	203,0	15	258,6	46
PH31	161,8	133,6	-17	117,9	-27	PV28	178,8	211,2	18	223,2	25
PH32	362,5	355,5	-2	340,2	-6	PV29	446,1	459,2	3	556,0	25
PH33	199,5	208,8	5	224,6	13	PV30	362,3	391,5	8	389,2	7
PH34	69,7	60,1	-14	60,2	-14	PV31	363,9	406,1	12	492,3	35
PH35	605,5	569,1	-6	561,9	-7	PV32	1172,9	1165,7	-1	1243,4	6
PH36	103,8	98,4	-5	107,3	3	PV33	443,8	464,2	5	431,4	-3
PH37	107,5	119,7	11	132,2	23	PV34	274,8	299,6	9	279,3	2
PH38	73,4	82,6	13	86,3	18	PV35	362,8	315,4	-13	284,3	-22
PH39	383,8	346,8	-10	343,1	-11	PV36	424,9	459,2	8	428,3	1
PH40	190,1	158,6	-17	199,2	5	PV37	1108,7	1129,2	2	1279,1	15
PH41	25,4	22,6	-11	23,3	-8	PV38	10,2	9,9	-3	10,9	7
PH42	324,6	315,9	-3	302,5	-7	PV39	11,0	9,7	-12	13,4	22
PH43	28,8	33,4	16	36,5	27	PV40	1609,8	1555,8	-3	1493,9	-7
PH44	124,6	132,3	6	109,4	-12	PV41	1623,7	1540,9	-5	1401,1	-14
PH45	288,3	270,4	-6	260,7	-10	SOMA	27846,1	27812,4	---	27825,7	---
PH46	23,8	19,5	-18	17,5	-27	MÉDIA	---	---	11	---	18

A seguir são apresentados os gráficos com o esforço normal ao longo das paredes.

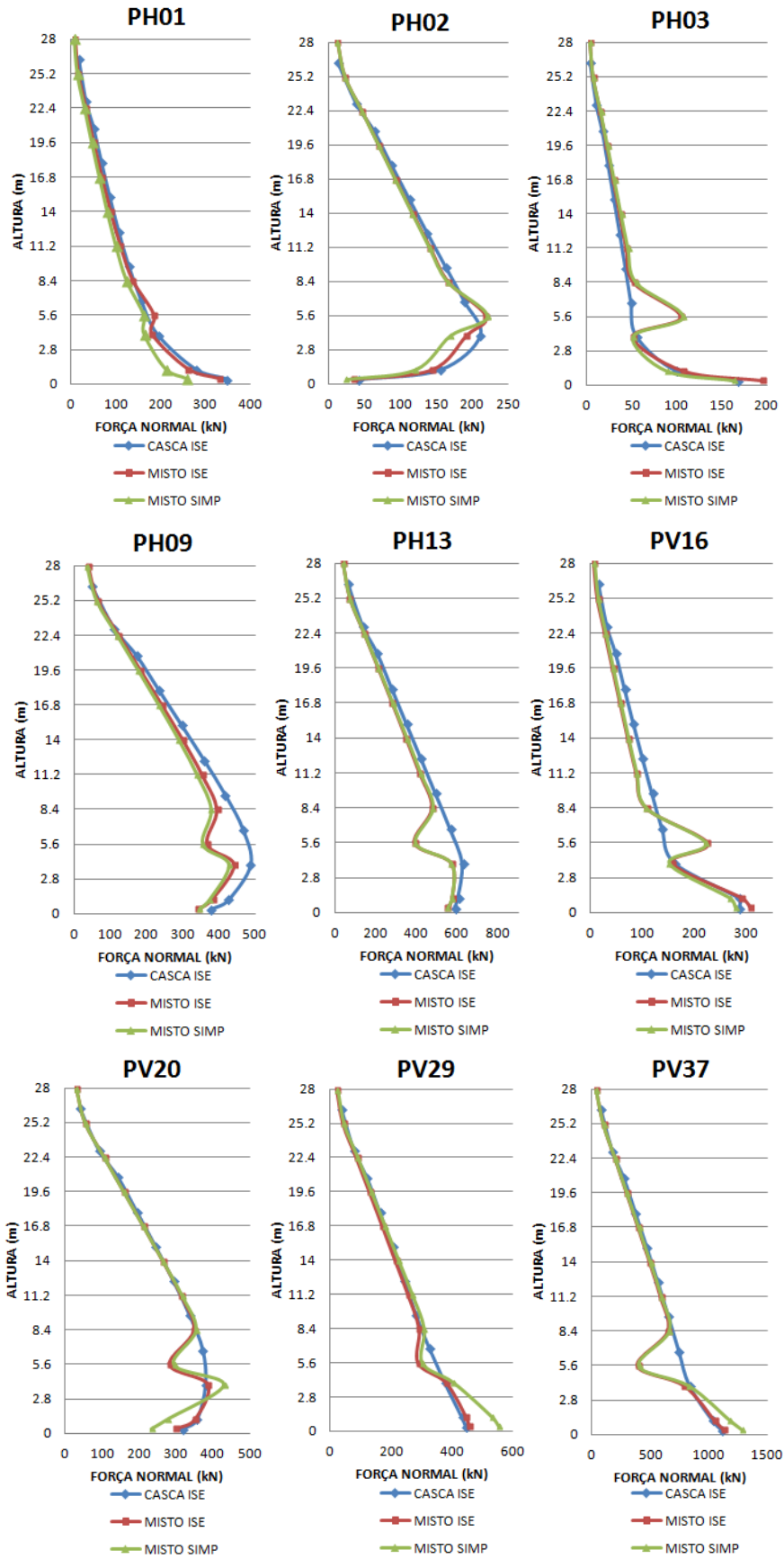


Figura 3.94 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício ALO-EST-10PAV.

Os modelos simplificados apresentaram média do desvio dentro do limite aceitável, com 11% para o modelo misto ISE e 18% para o modelo misto SIMP.

O modelo misto ISE apresentou 32% dos resultados na faixa ótima, 59% na faixa boa e apenas 9%, ou oito paredes, na faixa ruim. Neste caso, as paredes com desvio acima do limite são de baixa importância para o projeto, pois são paredes de pequenos comprimentos e baixo valor de carga. Já o modelo misto SIMP apresentou 21% dos resultados na faixa ótima, 43% na faixa boa e 36% das paredes fora do limite aceitável, onde boa parte tem importância significativa para a qualidade do projeto.

Ao observar os gráficos de distribuição do esforço normal ao longo das paredes (Figura 3.94) percebe-se uma boa representabilidade dos modelos simplificados, principalmente o modelo misto ISE que para todas as paredes analisadas apresenta ótima convergência com o gráfico do modelo de referência. O modelo misto SIMP apresenta maiores divergência para os resultados do primeiro pavimento.

Os carregamentos dos blocos de fundação do edifício obtidos nos modelos misto ISE e misto SIMP são comparados com os carregamentos obtidos no modelo de referência. Na Tabela 3.57 encontram-se os resultados para o modelo misto ISE e na Tabela 3.58 os resultados para o modelo misto SIMP.

Os modelos simplificados conseguiram representar de forma adequada a redistribuição de carga vertical entre os apoios, com média do desvio de 8% para o modelo misto ISE e de 16% para o modelo misto SIMP, porém apresentaram grandes diferenças dos momentos aplicados, apesar de também apresentarem tendência de redução dos momentos.

Comparando o resultado de carregamento vertical o modelo misto ISE apresentou 50% dos resultados dentro da faixa ótima, 45% dentro da faixa boa e apenas 5% na faixa ruim. Já o modelo misto SIMP apresentou 27% dos resultados na faixa ótima, 39% na faixa boa e 34% na faixa ruim.

Tabela 3.57 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-EST-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	826,6	767,5	-7	-48,0	-51,1	7	-57,1	-62,1	9
F02	674,8	690,6	2	-71,5	-58,9	-18	30,6	33,5	9
F03	697,3	667,0	-4	0,0	0,0	0	28,4	29,6	4
F04	770,8	767,2	0	-46,3	-48,2	4	58,0	59,0	2
F05	426,6	416,5	-2	0,0	0,0	0	1,1	-5,3	-571
F06	158,3	179,5	13	0,0	0,0	0	-3,5	0,5	-114
F07	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	910,0	809,7	-11	0,0	0,0	0	-57,5	-60,7	6
F09	206,0	234,9	14	-2,8	-6,2	125	11,2	12,3	10
F10	600,6	631,6	5	0,0	0,0	0	-15,3	-23,6	55
F11	567,1	564,2	-1	0,0	0,0	0	57,4	67,3	17
F12	686,2	597,9	-13	35,3	36,6	4	-52,9	-57,7	9
F13	423,6	453,4	7	29,6	33,9	14	16,1	17,4	8
F14	456,3	470,0	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F15	581,8	561,0	-4	0,0	0,0	0	45,0	50,8	13
F16	190,8	226,1	18	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F17	824,7	812,7	-1	0,0	0,0	0	-50,3	-55,4	10
F18	237,7	265,0	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F19	576,0	632,3	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F20	603,2	548,0	-9	54,2	53,7	-1	50,5	58,6	16
F21	669,7	635,9	-5	-17,4	-21,9	26	-44,7	-34,0	-24
F22	399,0	443,3	11	-4,4	-6,0	35	16,0	15,6	-2
F23	505,8	494,8	-2	0,0	0,0	0	-40,0	-48,5	21
F24	336,7	357,8	6	19,6	24,9	27	30,2	31,3	4
F25	540,1	542,2	0	2,5	-0,2	-108	-12,4	-26,8	117
F26	268,6	286,0	6	-7,6	-9,2	22	13,3	23,6	78
F27	457,3	553,2	21	5,3	30,2	469	10,1	-40,5	-502
F28	515,8	488,4	-5	0,0	0,0	0	-35,3	-45,0	27
F29	566,7	616,5	9	0,6	2,5	298	32,1	32,6	1
F30	594,2	648,1	9	-19,0	-14,2	-25	40,2	53,7	33
F31	408,2	526,6	29	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F32	232,2	270,9	17	8,0	14,3	80	5,6	-6,0	-207
F33	753,3	690,3	-8	9,1	10,6	16	-41,2	-45,6	11
F34	304,4	336,1	10	-3,1	-10,0	223	40,9	39,6	-3
F35	559,1	581,8	4	12,9	33,1	157	-13,1	-44,8	243
F36	495,7	506,3	2	18,4	20,9	14	20,3	21,0	4
F37	580,7	637,6	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F38	557,4	534,2	-4	-24,3	-29,3	21	38,4	42,4	10
F39	212,8	218,5	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F40	835,7	809,8	-3	0,0	0,0	0	-35,0	-39,3	12
F41	207,4	211,7	2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	495,9	502,9	1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F43	595,3	575,0	-3	0,0	0,0	0	24,0	25,7	7
F44	621,3	570,3	-8	-14,3	-18,6	29	-27,3	-31,1	14
F45	535,5	504,8	-6	-16,9	-17,0	0	18,5	17,6	-5
F46	716,3	716,4	0	0,0	0,0	0	-16,6	-21,2	28
F47	590,2	573,5	-3	0,0	0,0	0	29,0	35,8	23
F48	932,5	800,8	-14	0,0	0,0	0	-41,5	-40,5	-2
F49	392,3	364,0	-7	23,5	28,8	23	21,4	17,9	-16
F50	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	326,5	501,0	53	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F52	292,0	265,3	-9	-1,3	-5,9	357	16,1	13,8	-15
F53	646,2	622,3	-4	19,4	21,0	8	16,3	16,1	-1
F54	654,8	629,6	-4	0,0	0,0	0	9,3	31,4	237
F55	683,5	611,8	-10	17,6	24,3	38	-17,2	-17,3	1
F56	626,0	601,6	-4	28,0	33,0	18	3,0	12,0	301
TOTAL	26941,0	27110,0	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	8	---	---	39	---	---	50



Tabela 3.58 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-EST-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	826,6	607,1	-27	-48,0	-47,3	-1	-57,1	-50,8	-11
F02	674,8	608,2	-10	-71,5	-64,4	-10	30,6	30,6	0
F03	697,3	633,2	-9	0,0	0,0	0	28,4	26,6	-6
F04	770,8	648,7	-16	-46,3	-46,9	1	58,0	54,2	-7
F05	426,6	573,0	34	0,0	0,0	0	1,1	-35,7	-3251
F06	158,3	248,9	57	0,0	0,0	0	-3,5	-3,8	11
F07	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	910,0	755,6	-17	0,0	0,0	0	-57,5	-67,6	18
F09	206,0	309,5	50	-2,8	-20,6	645	11,2	22,3	100
F10	600,6	802,7	34	0,0	0,0	0	-15,3	-29,4	0
F11	567,1	550,8	-3	0,0	0,0	0	57,4	58,9	3
F12	686,2	510,7	-26	35,3	31,1	-12	-52,9	-51,2	-3
F13	423,6	537,0	27	29,6	33,7	14	16,1	25,9	61
F14	456,3	593,0	30	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F15	581,8	549,2	-6	0,0	0,0	0	45,0	44,9	0
F16	190,8	276,5	45	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F17	824,7	736,7	-11	0,0	0,0	0	-50,3	-53,2	6
F18	237,7	292,5	23	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F19	576,0	586,1	2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F20	603,2	407,7	-32	54,2	51,4	-5	50,5	48,7	-3
F21	669,7	530,1	-21	-17,4	-18,4	0	-44,7	-46,7	0
F22	399,0	492,5	23	-4,4	-9,8	0	16,0	21,0	0
F23	505,8	593,7	17	0,0	1,1	0	-40,0	-41,6	0
F24	336,7	346,6	3	19,6	27,2	0	30,2	27,2	0
F25	540,1	550,4	2	2,5	-0,7	-130	-12,4	-19,3	56
F26	268,6	291,3	8	-7,6	-8,9	0	13,3	12,2	-8
F27	457,3	567,1	24	5,3	16,5	0	10,1	12,9	0
F28	515,8	612,6	19	0,0	0,0	0	-35,3	-35,4	0
F29	566,7	701,5	24	0,6	-5,0	-910	32,1	25,1	0
F30	594,2	589,9	-1	-19,0	-13,1	-31	40,2	38,3	0
F31	408,2	539,7	32	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F32	232,2	289,8	25	8,0	14,6	83	5,6	8,3	47
F33	753,3	676,8	-10	9,1	7,9	-14	-41,2	-44,1	7
F34	304,4	348,8	15	-3,1	-19,5	533	40,9	37,3	-9
F35	559,1	508,6	-9	12,9	29,0	0	-13,1	-33,6	157
F36	495,7	497,2	0	18,4	12,9	0	20,3	10,0	-51
F37	580,7	594,6	2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F38	557,4	472,1	-15	-24,3	-32,1	32	38,4	53,5	39
F39	212,8	213,3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F40	835,7	763,3	-9	0,0	0,0	0	-35,0	-40,6	16
F41	207,4	206,9	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	495,9	565,2	14	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F43	595,3	584,0	-2	0,0	0,0	0	24,0	26,5	10
F44	621,3	539,4	-13	-14,3	-19,4	35	-27,3	-37,1	36
F45	535,5	514,1	-4	-16,9	-12,3	0	18,5	17,5	-5
F46	716,3	791,7	11	0,0	0,0	0	-16,6	-26,7	0
F47	590,2	568,8	-4	0,0	0,0	0	29,0	33,9	0
F48	932,5	770,9	-17	0,0	0,0	0	-41,5	-43,3	4
F49	392,3	367,6	-6	23,5	31,1	32	21,4	20,1	-6
F50	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	326,5	558,4	71	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F52	292,0	293,0	0	-1,3	-10,3	705	16,1	10,3	-36
F53	646,2	590,7	-9	19,4	21,2	9	16,3	18,4	13
F54	654,8	608,1	-7	0,0	0,0	0	9,3	11,3	22
F55	683,5	591,9	-13	17,6	29,3	66	-17,2	-25,0	45
F56	626,0	567,0	-9	28,0	22,0	-21	3,0	14,2	374
TOTAL	26941,0	27189,7	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	16	---	---	69	---	---	84

Os recalques absolutos das fundações e suas respectivas comparações com o modelo de referência são apresentadas na Tabela 3.59.

Tabela 3.59 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício ALO-EST-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	1,9	1,8	-4	1,7	-11	F29	2,6	2,7	2	2,7	4
F02	2,2	2,2	1	2,1	-2	F30	2,1	2,3	9	2,1	1
F03	2,2	2,2	-1	2,2	-2	F31	2,5	2,5	1	2,5	2
F04	2,0	2,0	0	1,9	-6	F32	2,4	2,4	1	2,5	2
F05	2,5	2,5	0	3,1	22	F33	2,3	2,3	-1	2,3	-1
F06	2,6	2,7	1	2,7	3	F34	2,2	2,3	2	2,3	2
F07	2,4	2,4	0	2,4	0	F35	2,4	2,0	-14	1,9	-18
F08	2,2	2,1	-3	2,1	-4	F36	2,2	2,3	2	2,2	1
F09	2,6	2,6	1	2,7	3	F37	1,9	2,0	7	2,0	2
F10	2,6	2,6	1	2,7	4	F38	1,4	1,4	1	1,2	-10
F11	2,1	2,1	0	2,1	0	F39	2,1	2,2	7	2,1	2
F12	2,1	2,0	-4	2,0	-6	F40	2,0	2,0	0	1,9	-3
F13	2,5	2,5	1	2,6	3	F41	2,1	2,2	7	2,1	1
F14	2,6	2,6	1	2,7	4	F42	1,9	2,0	2	2,1	6
F15	2,1	2,1	0	2,1	-1	F43	1,6	1,6	1	1,5	0
F16	2,6	2,7	3	2,8	7	F44	1,7	1,6	-5	1,6	-10
F17	2,3	2,3	0	2,3	-2	F45	1,9	1,9	0	1,9	0
F18	2,4	2,5	3	2,6	6	F46	1,9	1,9	1	2,0	5
F19	2,3	2,3	3	2,3	1	F47	1,6	1,6	1	1,5	-2
F20	1,8	1,8	-2	1,7	-7	F48	1,7	1,6	-5	1,6	-8
F21	2,3	2,3	-2	2,1	-10	F49	1,7	1,7	-1	1,7	-1
F22	2,6	2,7	3	2,7	5	F50	1,9	1,9	0	1,9	0
F23	2,7	2,7	0	2,8	2	F51	1,7	1,7	-2	1,8	4
F24	2,4	2,5	1	2,4	1	F52	1,8	1,7	-2	1,8	0
F25	2,6	2,6	-2	2,6	-1	F53	1,5	1,5	1	1,4	-7
F26	2,5	2,5	1	2,5	2	F54	1,7	1,5	-13	1,6	-7
F27	2,2	2,0	-10	2,2	-2	F55	1,5	1,4	-6	1,4	-9
F28	2,8	2,8	0	2,8	2	F56	1,6	1,6	-3	1,5	-7

A Tabela 3.60 apresenta algumas informações adicionais quanto aos recalques na fundação do edifício.

Tabela 3.60 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício ALO-EST-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	2,8	2,8	0	3,1	11
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	1,4	1,4	0	1,8	32
RECALQUE MÉDIO (mm)	2,1	2,1	0	2,1	0
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	17	18	7	20	20

As Figuras 3.95 e 3.96 apresentam as comparações das curvas isorecalque dos modelos simplificados com o modelo de referência.

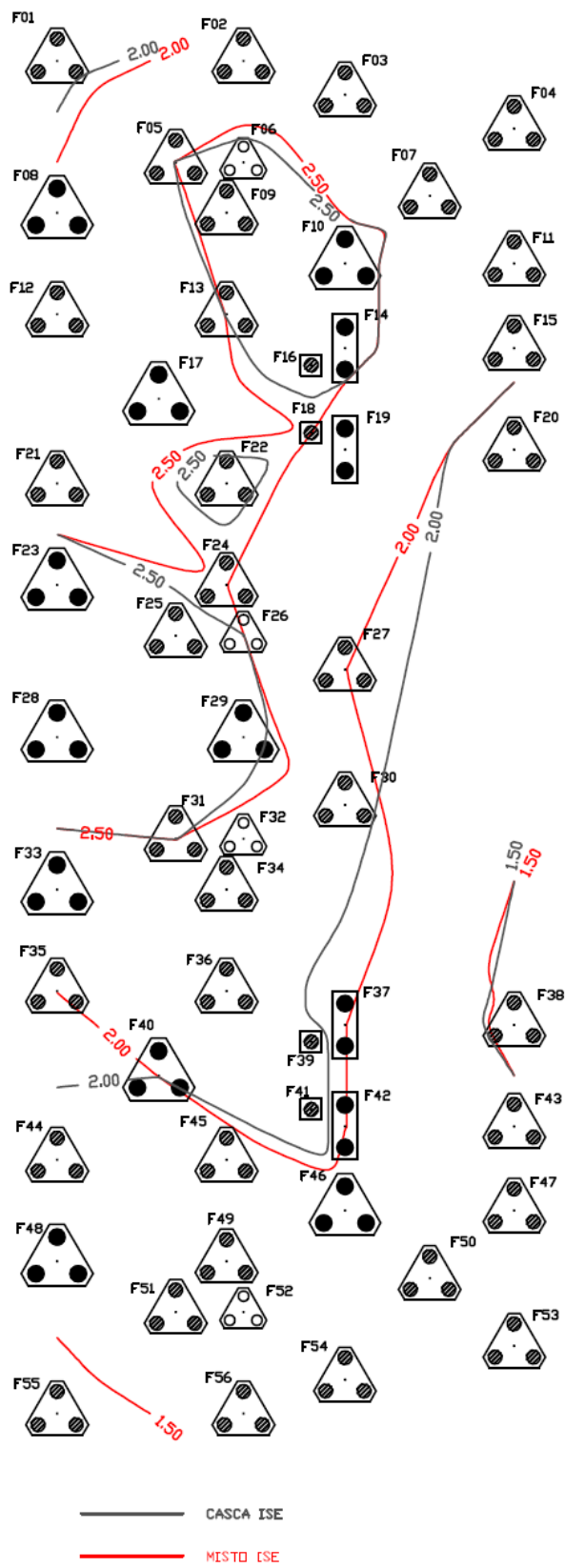


Figura 3.95 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-EST-10PAV.

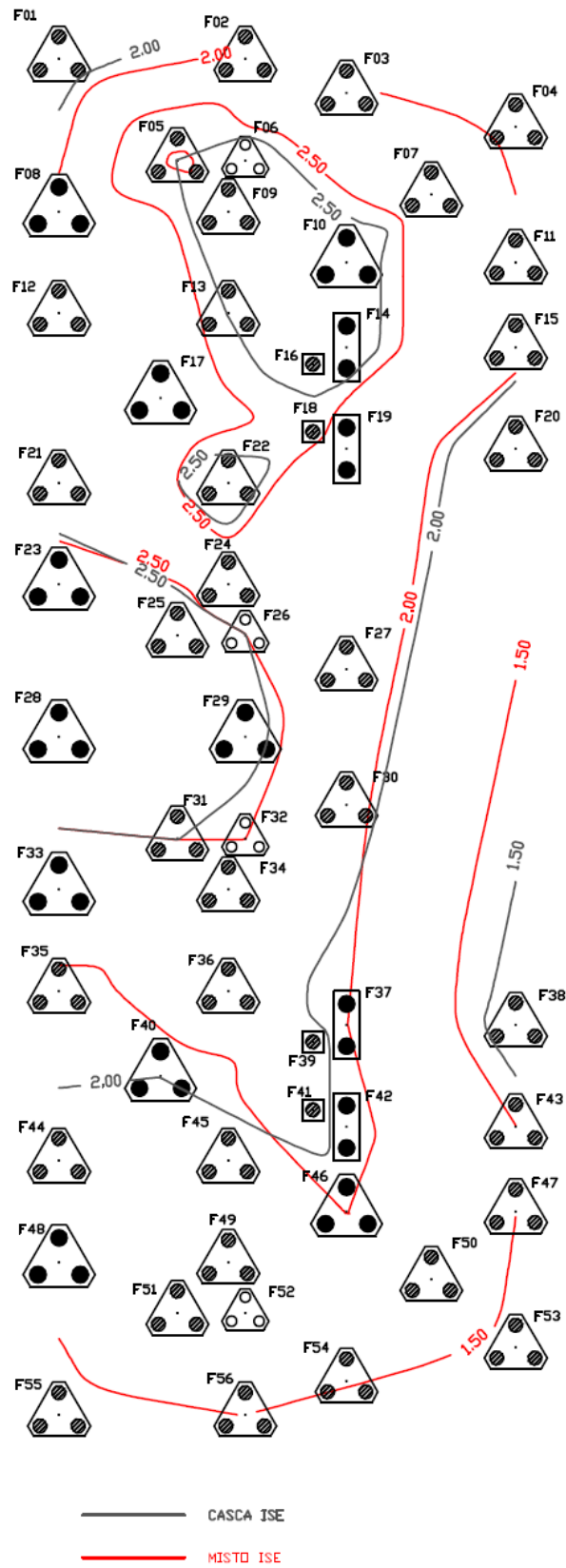


Figura 3.96 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-EST-10PAV.

O modelo misto ISE apresentou ótima aproximação dos valores que recalque, quando comparados com o modelo de referencia. Todos os valores ficaram dentro do limite aceitável, com 86% dos resultados na faixa ótima e 14% na faixa boa. Além disso, não apresentou desvios quando comparados os valores de recalque máximo, recalque diferencial máximo e recalque médio.

O modelo misto SIMP apesar de apresentar grandes desvios nos valores de força normal nas paredes e nos valores de carregamento das fundações mostrou boa aproximação dos resultados dos recalques dos apoios, como pode ser observado na 3.96. O modelo apresentou 70% dos resultados na faixa ótima, 29% na faixa boa e apenas 2%, ou uma fundação, na faixa ruim.

#### 3.4.4 RESULTADOS E ANÁLISES PARA 10 PAVIMENTOS – FUND. SUPERFICIAL

##### 3.4.4.1 PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE

Na sequencia serão apresentados e comparados os resultados entre os modelos casca RIG, com apoios indeslocáveis, e o modelo casca ISE, que considera a interação solo-estrutura através da metodologia apresentada no item 2.4.1.2, tendo como objetivo principal objetivo avaliar os efeitos da deslocabilidade dos apoios no modelo que representa o edifício alongado com 10 pavimentos e com fundação superficial (ALO-SAP-10PAV).

O modelo em questão obteve convergência desejada em cinco iterações.

Na Tabela 3.61 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) nas paredes do edifício.

Tabela 3.61 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício ALO-SAP-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	190,1	251,0	32	PH47	120,3	185,8	54
PH02	25,0	19,5	-22	PILAR 01	630,0	630,0	0
PH03	130,7	162,4	24	PILAR 02	630,0	630,0	0
PH04	36,5	41,9	15	PV01	235,4	304,1	29
PH05	151,8	114,1	-25	PV02	364,0	347,3	-5
PH06	29,2	26,4	-10	PV03	207,3	177,6	-14
PH07	306,3	353,7	15	PV04	208,0	382,2	84
PH08	217,4	174,4	-20	PV05	368,9	550,8	49
PH09	363,0	363,8	0	PV06	499,4	415,4	-17
PH10	184,7	134,3	-27	PV07	369,8	287,1	-22
PH11	103,9	121,0	16	PV08	208,7	291,9	40
PH12	167,9	132,6	-21	PV09	207,6	305,5	47
PH13	559,8	680,2	22	PV10	364,6	454,1	25
PH14	73,6	88,5	20	PV11	233,6	327,5	40
PH15	99,3	91,7	-8	PV12	10,8	16,3	50
PH16	384,4	423,9	10	PV13	245,7	152,9	-38
PH17	14,9	5,7	-62	PV14	10,8	-17,0	-257
PH18	26,3	30,3	15	PV15	10,9	23,5	116
PH19	103,5	217,3	110	PV16	265,2	263,9	-1
PH20	562,3	646,2	15	PV17	10,8	6,1	-43
PH21	367,0	302,6	-18	PV18	413,6	308,8	-25
PH22	223,6	175,8	-21	PV19	821,4	804,0	-2
PH23	374,9	473,2	26	PV20	408,7	316,3	-23
PH24	543,2	393,6	-28	PV21	529,8	392,8	-26
PH25	481,6	714,5	48	PV22	531,4	739,9	39
PH26	222,0	191,2	-14	PV23	530,0	435,2	-18
PH27	366,3	431,1	18	PV24	528,9	488,3	-8
PH28	561,7	1029,1	83	PV25	504,3	457,8	-9
PH29	14,1	34,0	141	PV26	197,1	161,2	-18
PH30	26,3	13,2	-50	PV27	255,5	232,5	-9
PH31	104,5	189,0	81	PV28	255,5	199,6	-22
PH32	385,9	244,3	-37	PV29	487,0	456,1	-6
PH33	73,1	58,2	-20	PV30	486,9	387,9	-20
PH34	99,9	88,3	-12	PV31	483,4	659,4	36
PH35	560,3	371,7	-34	PV32	1218,8	903,9	-26
PH36	165,6	80,6	-51	PV33	99,7	-60,8	-161
PH37	181,9	101,8	-44	PV34	341,0	488,0	43
PH38	103,0	66,7	-35	PV35	368,9	550,8	49
PH39	363,0	255,4	-30	PV36	88,3	-71,4	-181
PH40	222,1	114,2	-49	PV37	1243,9	997,4	-20
PH41	28,4	23,6	-17	PV38	11,4	3,4	-70
PH42	300,8	346,0	15	PV39	11,5	7,1	-38
PH43	37,3	32,9	-12	PV40	1453,4	1477,7	2
PH44	147,2	130,34	-11	PV41	1456,1	1753,9	20
PH45	189,7	279,6	47	SOMA	27821,8	28072,6	---
PH46	19,5	27,8	43	MÉDIA	---	---	36

Após a flexibilização dos apoios observa-se uma acentuada redistribuição dos esforços entre as paredes, com média dos desvios de 36%, superior ao apresentado pelo edifício equivalente e com fundação profunda (ALO-EST-10PAV).

A Figura 3.97 apresenta os diagramas de força normal das paredes analisadas. Os valores percentuais indicam as diferenças das forças normais entre os modelos casca RIG e casca ISE.

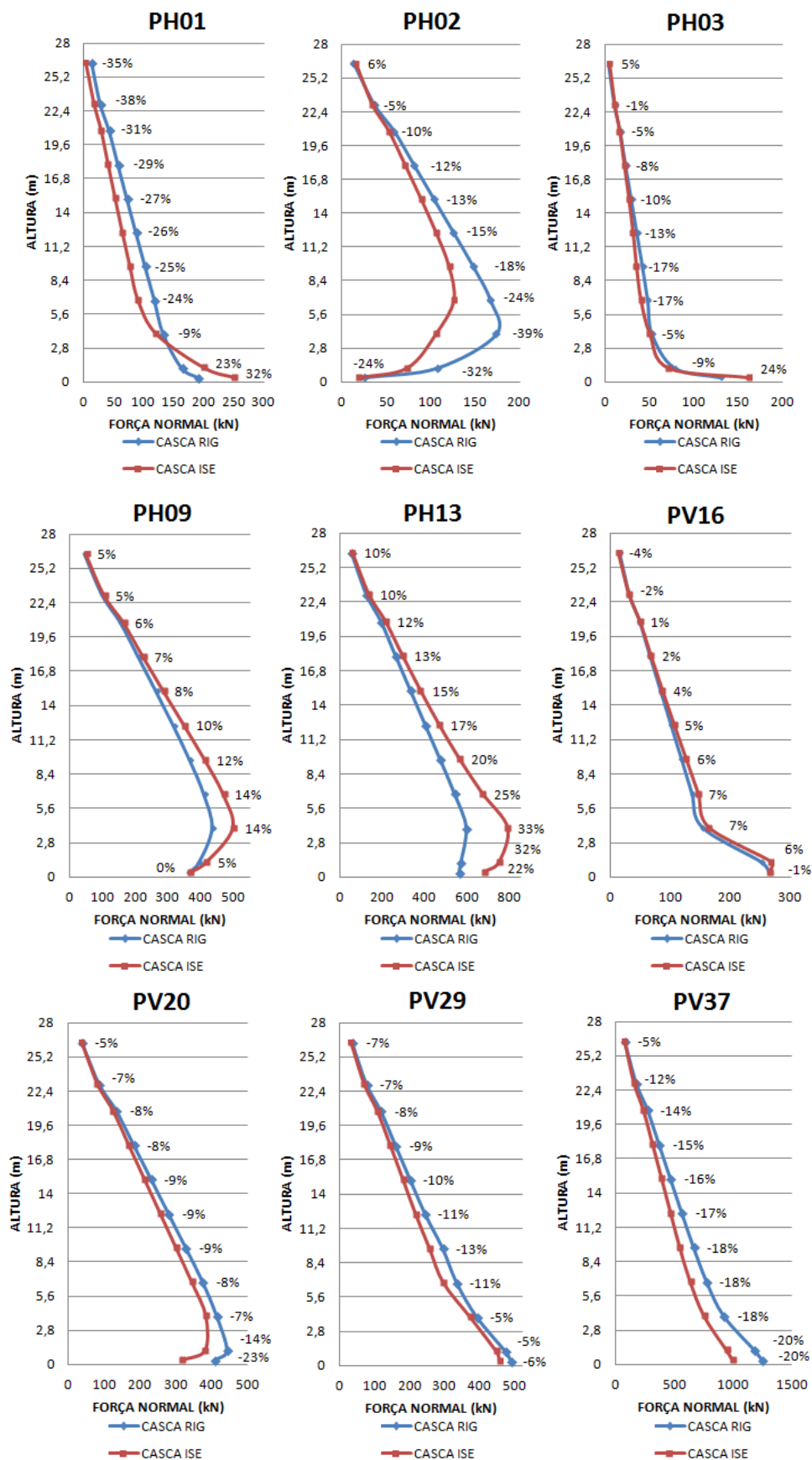


Figura 3.97 – Diagrama de força normal das paredes do edifício ALO-SAP-10PAV.

Após a redução de rigidez do edifício, por conta da redução do número de pavimentos, observa-se uma maior influência da interação solo-estrutura na redistribuição dos esforços das paredes acima do segundo pavimento.

As figuras abaixo apresentam os gráficos dos esforços para as vigas VB01, VB05, VB40 e VB56.

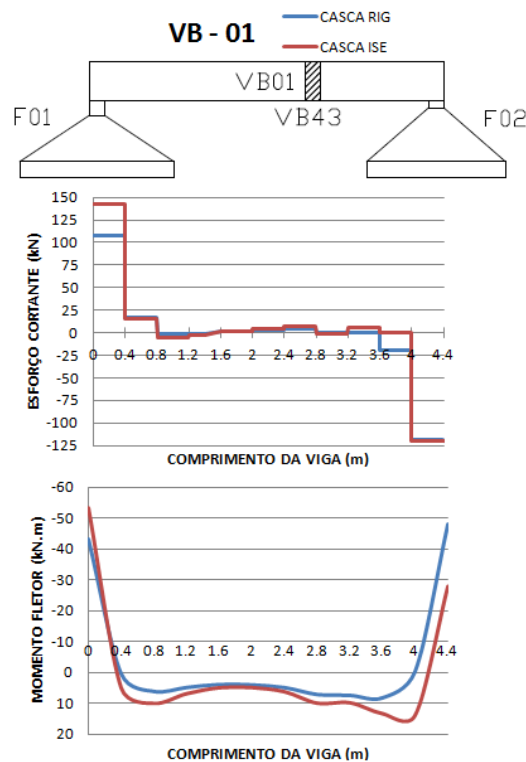


Figura 3.98 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício ALO-SAP-10PAV.

A viga VB01 apresentou acréscimo de esforço cortante nos apoios, com aumento de 34% em F01 e um insignificante aumento de 1% em F02, apesar do aumento de carga apresentado pela parede PH02 que se apoia diretamente F02.

O momento fletor positivo aumentou ao longo da viga, apresentando acréscimo máximo na ordem de 100%, próximo aos apoios, onde são assentadas as paredes PH01 e PH02 que apresentaram aumento de carga.



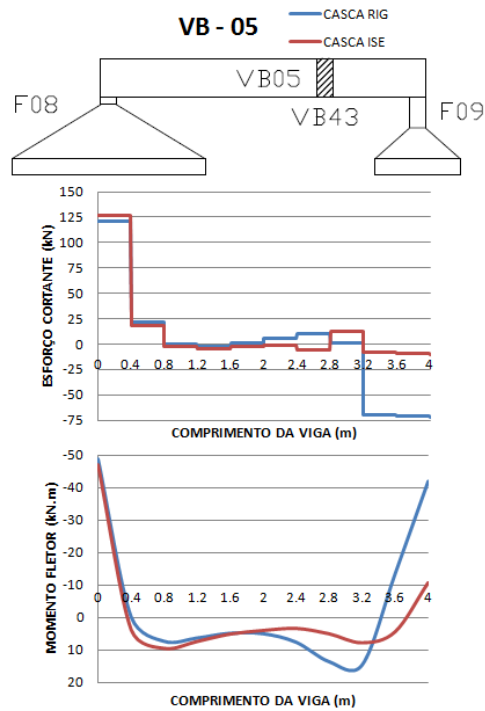


Figura 3.99 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB05 do edifício ALO-SAP-10PAV.

Os esforços próximo a fundação F08 se mantiveram praticamente inalterados, com aumento de 5% do esforço cortante e redução de 4% no momento fletor negativo. Porém próximo ao apoio F09 apresentou uma acentuada redução, de 86% no esforço cortante e 74% no momento fletor, ocasionada pela migração de carga para o apoio F08.

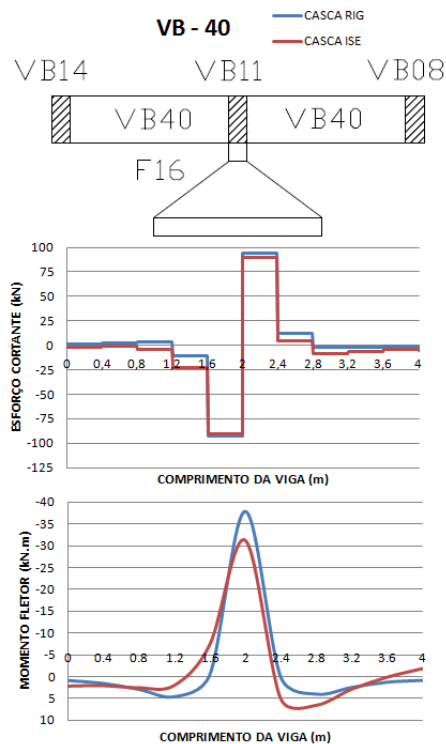


Figura 3.100 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB40 do edifício ALO-SAP-10PAV.

A carga na parede PV16, que se apoia na região central de VB40, praticamente não apresentou alteração em seu carregamento, com desvio de -1%, com isso, o esforço cortante apresentou pequena diferença, com redução de apenas 5%. Contudo, a flexibilização do apoio gerou uma redução de 17% no momento fletor negativo.

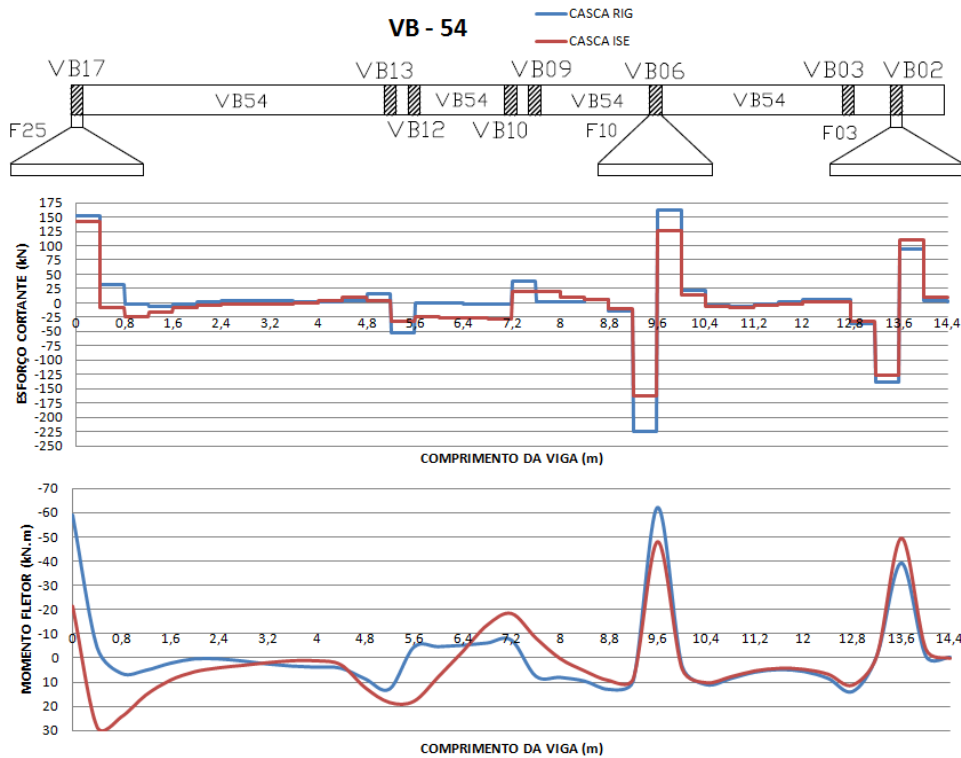


Figura 3.101 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB54 do edifício QUA-EST-10PAV.

A viga VB54 apresentou redução de 6% e 23% no esforço cortante próximo aos apoios F25 e F10, nesta ordem, e aumento de 17% no apoio F03. Os momentos fletores nos apoios seguiram a mesma tendência, com redução de 64% e 23% nos apoios F25 e F10, nesta ordem, e aumento de 26% no apoio F03. O momento fletor positivo apresentou seu máximo próximo ao apoio F25, com aumento de próximo a 300%.

A Tabela 3.62 apresenta os carregamentos aplicados nas fundações.

Tabela 3.62 – Carregamento das fundações do edifício ALO-SAP-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	473,1	707,8	50	-43,4	-71,3	64	-45,6	-55,3	21
F02	532,9	635,6	19	-46,9	-32,7	-30	50,1	23,4	-53
F03	726,2	717,8	-1	-17,2	0,0	-100	30,4	12,6	-59
F04	592,6	720,0	21	-51,4	-20,0	-61	56,3	59,0	5
F05	600,0	461,5	-23	9,5	0,0	-100	-29,0	0,0	-100
F06	301,8	199,8	-34	44,5	0,0	-100	17,6	3,3	-81
F07	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	1,4	0,0	-100
F08	734,3	889,6	21	9,1	0,0	-100	-50,8	-46,9	-8
F09	338,6	266,3	-21	-46,9	-2,5	-95	41,9	0,0	-100
F10	1228,8	879,0	-28	-19,1	-4,7	-76	-76,6	-27,1	-65
F11	595,2	617,4	4	8,2	0,0	-100	57,2	80,7	41
F12	495,9	663,4	34	36,6	18,7	-49	-49,5	-56,2	14
F13	563,5	543,0	-4	46,8	21,2	-55	52,6	6,6	-87
F14	614,8	673,1	9	-2,4	0,0	-100	51,0	68,0	33
F15	399,6	454,7	14	-46,9	-87,3	86	-68,3	-1,8	-97
F16	705,5	739,0	5	0,0	0,0	0	-51,0	-43,1	-15
F17	435,9	535,4	23	45,0	1,3	-97	-93,6	-60,8	-35
F18	382,1	734,9	92	38,9	38,7	0	49,0	76,0	55
F19	498,2	732,8	47	-36,9	-32,8	-11	-49,7	-18,3	-63
F20	565,1	580,6	3	-46,9	-21,6	-54	52,8	22,8	-57
F21	743,3	556,4	-25	-9,5	0,0	-100	-51,4	-8,4	-84
F22	339,9	250,5	-26	47,0	0,0	-100	42,4	75,8	79
F23	623,4	615,2	-1	-10,6	1,9	-118	-29,8	0,0	-100
F24	349,6	274,8	-21	-53,4	0,0	-100	17,6	0,0	-100
F25	611,5	828,6	35	61,6	17,5	-72	55,5	14,7	-74
F26	810,9	624,3	-23	0,0	0,0	0	-52,0	0,0	-100
F27	795,3	678,6	-15	1,0	9,3	869	51,2	7,7	-85
F28	716,6	979,5	37	-70,8	-41,0	-42	66,4	19,7	-70
F29	619,9	546,2	-12	10,5	0,0	-100	-29,7	0,0	-100
F30	335,7	269,5	-20	56,0	0,0	-100	16,3	0,0	-100
F31	741,7	1085,4	46	9,5	0,0	-100	-51,3	-28,2	-45
F32	340,5	341,8	0	-47,1	-2,1	-95	42,3	0,0	-100
F33	497,0	890,7	79	36,8	-1,7	-105	-49,6	-92,2	86
F34	565,8	934,7	65	47,0	49,1	4	52,8	62,3	18
F35	385,7	573,7	49	-39,3	0,0	-100	49,8	29,2	-41
F36	445,7	296,6	-33	-45,1	-1,1	-98	-98,8	0,0	-100
F37	707,1	369,2	-48	0,0	0,0	0	-51,2	2,5	-105
F38	401,4	283,3	-29	47,3	0,0	-100	-68,1	-22,6	-67
F39	616,4	531,5	-14	2,6	0,0	-100	50,9	43,9	-14
F40	495,6	453,8	-8	-36,6	-1,0	-97	-49,5	-4,9	-90
F41	564,5	395,2	-30	-46,9	-37,3	-20	52,7	0,0	-100
F42	1210,9	690,5	-43	19,1	0,0	-100	-75,5	-23,4	-69
F43	591,6	491,7	-17	-7,9	0,0	-100	56,5	1,2	-98
F44	734,0	687,4	-6	-9,1	0,0	-100	-50,8	-1,3	-97
F45	339,3	174,7	-49	47,0	0,0	-100	42,0	0,0	-100
F46	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	1,6	0,0	-100
F47	614,0	392,9	-36	-10,4	0,0	-100	-29,7	0,0	-100
F48	311,9	196,0	-37	-46,3	0,0	-100	18,0	0,0	-100
F49	583,5	608,3	4	50,7	0,0	-100	55,4	6,1	-89
F50	707,9	603,8	-15	16,8	0,0	-100	30,1	0,0	-100
F51	474,7	592,4	25	43,5	10,0	-77	-46,6	-52,4	12
F52	475,9	566,7	19	50,8	0,0	-100	4,0	0,0	-100
TOTAL	29851,4	29851,4	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	25	---	---	90	---	---	71

De maneira geral, após a flexibilização dos apoios ocorreu uma redistribuição dos carregamentos da fundação, apresentando média dos desvios de 25%, semelhante ao encontrado no respectivo modelo com fundação profunda. Porém, analisando os resultados individualmente, percebe-se que a mudança do tipo de fundação influenciou na redistribuição de carga do edifício, pois os modelos apresentam tendências distintas de redistribuição.

A Figura 3.102 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical nas fundações, onde as linhas verticais ressaltam as fundações periféricas. A delimitação tracejada indica a região onde o solo é caracterizado pelo perfil de sondagens S2.

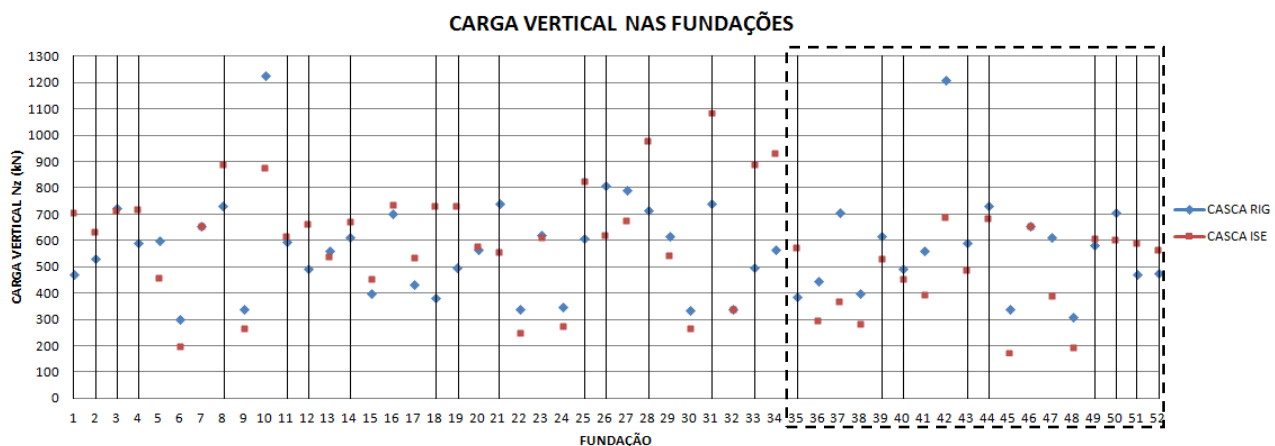


Figura 3.102 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício ALO-SAP-10PAV.

De maneira análoga aos outros edifícios estudados, a tendência de migração de carga para os apoios periféricos é evidenciada, porém, ao analisar o gráfico de dispersão, observa-se que também ocorre uma migração da região caracterizada pelo perfil de sondagem S2 (região tracejada no gráfico) para as demais, pois todas as fundações desta região cederam carga, exceto os apoios F35, F49, F51 e F52, por serem periféricos.

A Tabela 3.63 apresenta os recalques das fundações estimados com o auxílio do programa ISE\_SAPATA 1.0 e conforme metodologia apresentada no item 2.4.1.2.

Tabela 3.63 – Recalque dos apoios do edifício ALO-SAP-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	3,0	4,3	44	F27	7,7	7,5	-3
F02	3,9	4,3	11	F28	5,9	7,4	25
F03	4,7	4,7	-1	F29	7,7	7,8	1
F04	3,9	4,5	16	F30	8,0	7,8	-2
F05	5,5	4,4	-21	F31	5,5	7,5	37
F06	5,9	4,7	-21	F32	7,6	8,5	12
F07	5,2	5,0	-5	F33	5,1	7,8	55
F08	3,9	5,1	28	F34	6,1	7,6	24
F09	6,2	5,0	-20	F35	7,2	10,1	40
F10	6,5	5,1	-21	F36	12,6	9,0	-29
F11	4,5	4,8	6	F37	14,5	8,0	-45
F12	3,9	5,0	29	F38	13,6	9,1	-33
F13	5,4	5,0	-8	F39	11,7	10,5	-10
F14	4,2	5,0	17	F40	10,5	8,9	-15
F15	5,1	5,3	4	F41	14,5	9,0	-38
F16	5,3	5,5	4	F42	17,5	10,8	-38
F17	4,7	5,3	14	F43	12,4	10,7	-14
F18	2,6	4,5	70	F44	10,8	10,2	-5
F19	4,4	5,9	34	F45	17,1	9,9	-42
F20	6,0	6,0	2	F46	14,1	13,1	-7
F21	8,6	6,8	-20	F47	15,3	10,5	-32
F22	7,4	6,4	-13	F48	16,2	10,6	-34
F23	7,5	7,3	-2	F49	10,5	10,7	2
F24	8,0	7,1	-11	F50	12,6	10,9	-13
F25	5,4	6,5	22	F51	8,3	10,1	22
F26	8,7	7,0	-19	F52	9,7	10,5	8

Tabela 3.64 – Informações complementares sobre os recalques do edifício ALO-SAP-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	17,5	13,1	-25
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	14,9	8,8	-41
RECALQUE MÉDIO (mm)	8,1	7,4	-9
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	49	32	-35

A tendência de uniformização dos recalques fica evidenciada através dos resultados apresentados na Tabela 3.64, pois tanto o recalque máximo quanto o recalque diferencial máximo apresentaram uma relevante redução, de 25% e 41%, respectivamente. O recalque médio apresentou baixa dispersão, de -9%, mostrando que as fundações mais carregadas cedem carga para as fundações vizinhas menos carregadas.

As 3.103 e 3.104 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

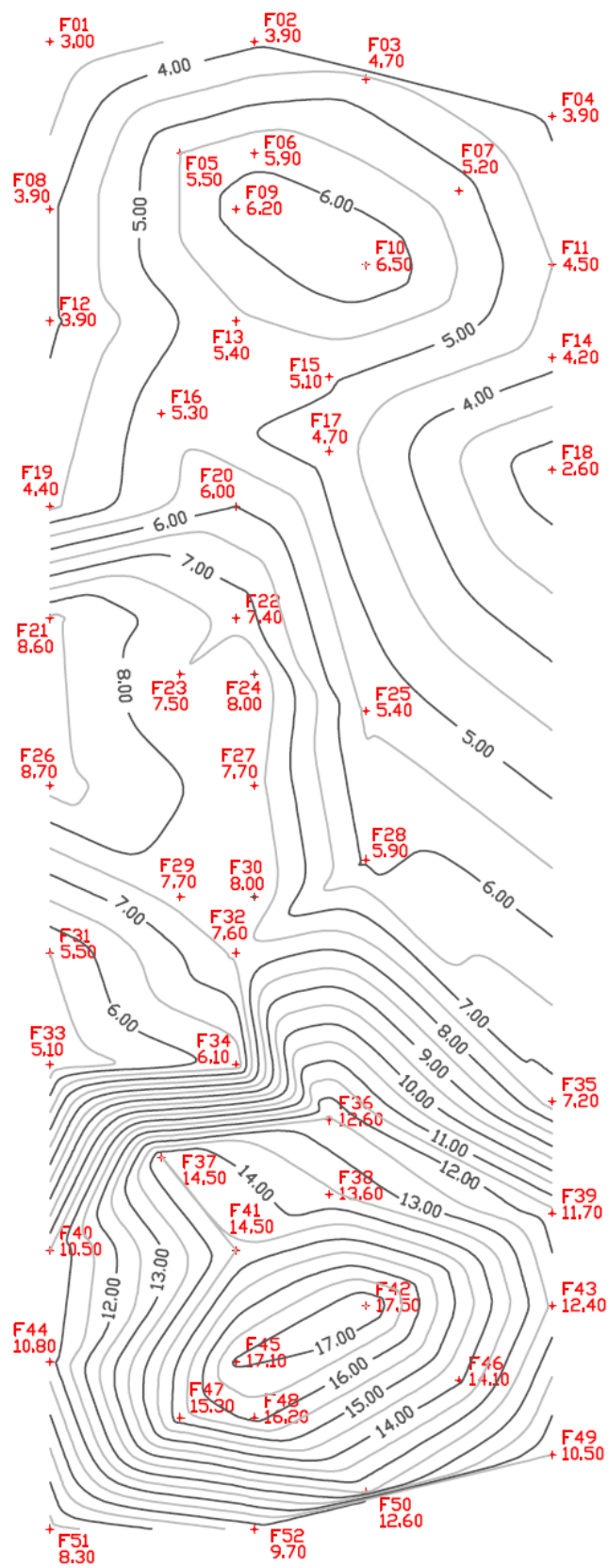


Figura 3.103 – Curvas isorecalque do edifício ALO-SAP-10PAV modelado com os apoios indeslocáveis.

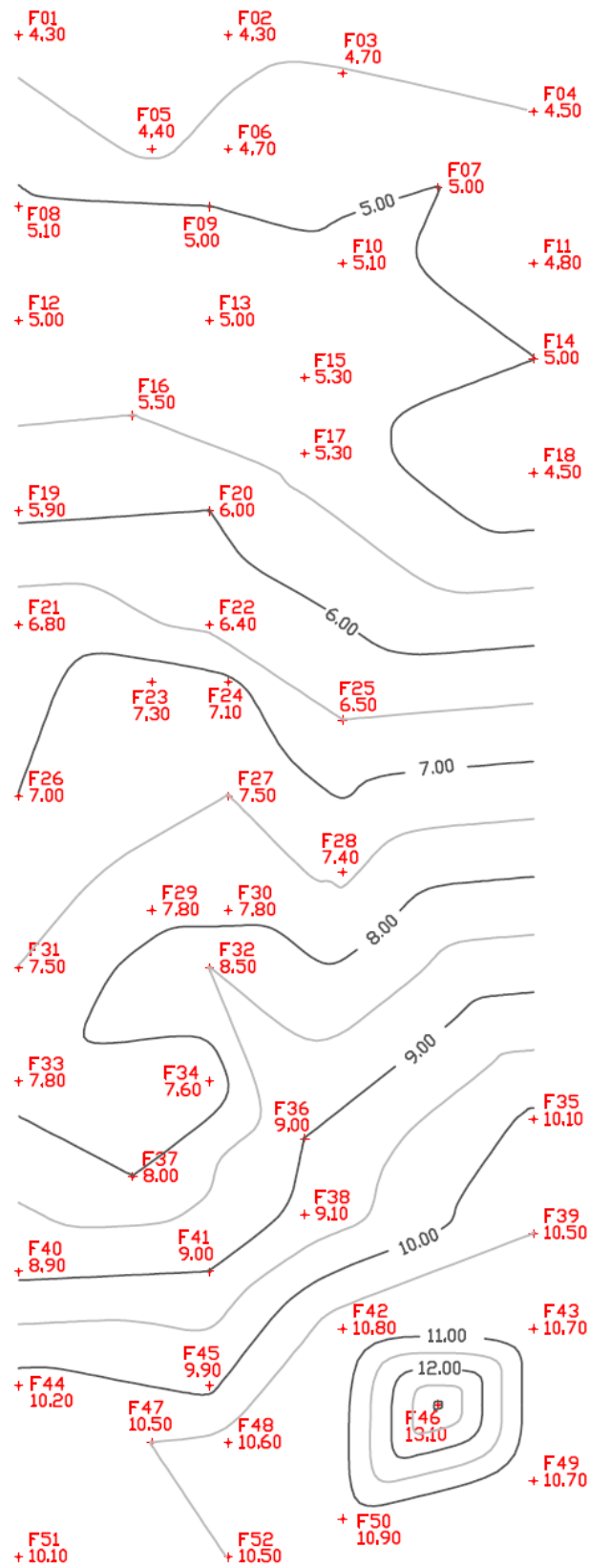


Figura 3.104 – Curvas isorecalque do edifício ALO-SAP-10PAV modelado com os apoios flexíveis.

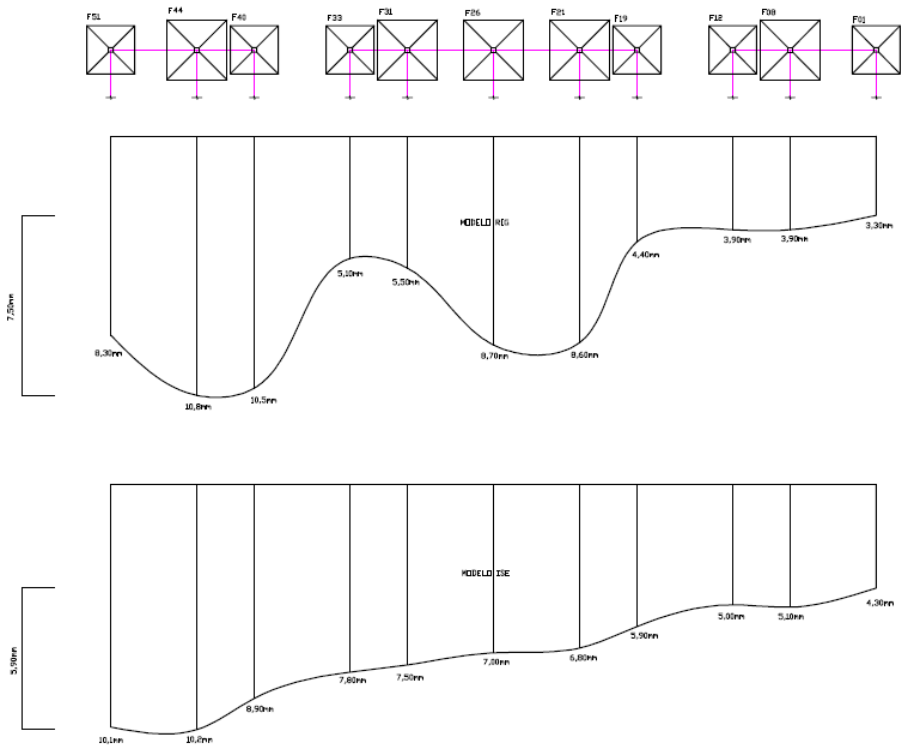


Figura 3.105 – Corte na região periférica.

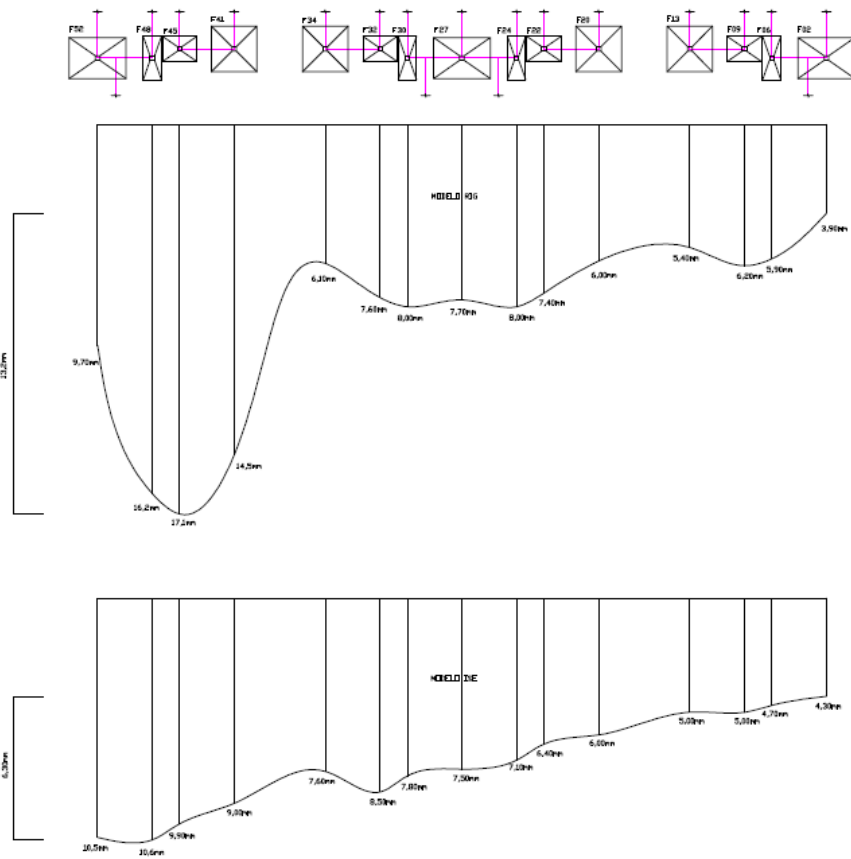


Figura 3.106 – Corte na região interna.



Ao observar as curvas isorecalque e os cortes apresentados nas figuras acima percebe-se uma elevada redução dos recalques dos apoios localizados na região caracterizada pela sondagem S2 com uma tendência de redução gradativa no sentido das sondagens S3 e S1.

#### *3.4.4.2 SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/MISTO SIMP*

Neste item apresentam-se os resultados apurados para os modelos simplificados, misto ISE e misto SIMP, onde a superestrutura, a partir do segundo pavimento, é discretizada em elementos de barra e a interação solo-estrutura é avaliada conforme metodologia apresentada no item 2.4.1.2. Os resultados dos modelos simplificados são comparados com o modelo de referência, casca ISE.

O modelo misto ISE apresentou convergência desejada após cinco iterações.

Na Tabela 3.65 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

O modelo misto ISE apresentou média do desvio de 12%, com 35% dos resultados dentro da faixa ótima, 52% dentro da faixa boa e 13% dentro da faixa ruim. Dentre as paredes fora do limite aceitável observa-se que a maioria apresenta baixo valor de carga e com pouca importância para o projeto.

O modelo misto SIMP apresentou média do desvio no limite da faixa aceitável, com 18%. Também apresentou alta porcentagem, 41%, de paredes dentro da faixa ruim. Das paredes restantes, 22% ficaram dentro da faixa ótima e 37% dentro da faixa boa.

Tabela 3.65 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício ALO-SAP-10PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	251,0	207,6	-17	191,9	-24	PH47	185,8	217,0	17	207,6	12
PH02	19,5	22,6	16	12,0	-39	PILAR 01	630,0	630,0	0	630,0	0
PH03	162,4	138,2	-15	220,0	36	PILAR 02	630,0	630,0	0	630,0	0
PH04	41,9	39,5	-6	41,6	-1	PV01	304,1	300,8	-1	294,8	-3
PH05	114,1	106,5	-7	137,1	20	PV02	347,3	398,0	15	397,0	14
PH06	26,4	22,4	-15	23,3	-12	PV03	177,6	208,3	17	220,5	24
PH07	353,7	319,1	-10	278,5	-21	PV04	382,2	349,0	-9	329,3	-14
PH08	174,4	143,7	-18	143,5	-18	PV05	550,8	545,9	-1	521,0	-5
PH09	363,8	303,0	-17	276,0	-24	PV06	415,4	421,6	1	379,1	-9
PH10	134,3	145,0	8	148,3	10	PV07	287,1	272,5	-5	280,1	-2
PH11	121,0	139,9	16	135,5	12	PV08	291,9	274,7	-6	264,3	-9
PH12	132,6	118,9	-10	117,5	-11	PV09	305,5	264,7	-13	215,5	-29
PH13	680,2	630,5	-7	606,6	-11	PV10	454,1	387,3	-15	356,8	-21
PH14	88,5	87,2	-2	91,4	3	PV11	327,5	275,3	-16	226,8	-31
PH15	91,7	75,1	-18	69,0	-25	PV12	16,3	13,1	-20	13,1	-19
PH16	423,9	425,7	0	383,4	-10	PV13	152,9	175,3	15	219,2	43
PH17	5,7	2,3	-60	9,3	63	PV14	-17,0	-13,1	-23	-12,9	-24
PH18	30,3	42,0	38	46,0	52	PV15	23,5	9,6	-59	10,0	-58
PH19	217,3	227,9	5	223,4	3	PV16	263,9	261,1	-1	250,6	-5
PH20	646,2	596,3	-8	537,5	-17	PV17	6,1	7,1	17	8,3	37
PH21	302,6	252,5	-17	276,0	-9	PV18	308,8	304,6	-1	320,0	4
PH22	175,8	170,0	-3	197,3	12	PV19	804,0	818,3	2	893,5	11
PH23	473,2	482,6	2	461,5	-2	PV20	316,3	307,4	-3	251,4	-21
PH24	393,6	396,0	1	399,4	1	PV21	392,8	396,0	1	421,2	7
PH25	714,5	583,8	-18	574,6	-20	PV22	739,9	754,9	2	366,9	-50
PH26	191,2	187,4	-2	203,2	6	PV23	435,2	499,8	15	494,4	14
PH27	431,1	433,0	0	443,4	3	PV24	488,3	491,0	1	450,7	-8
PH28	1029,1	1011,3	-2	1297,1	26	PV25	457,8	462,2	1	455,8	0
PH29	34,0	18,1	-47	18,5	-45	PV26	161,2	190,6	18	219,2	36
PH30	13,2	21,1	59	21,6	63	PV27	232,5	271,6	17	294,0	26
PH31	189,0	183,9	-3	176,0	-7	PV28	199,6	208,1	4	225,8	13
PH32	244,3	239,2	-2	276,8	13	PV29	456,1	460,2	1	615,4	35
PH33	58,2	67,3	16	65,3	12	PV30	387,9	428,9	11	418,3	8
PH34	88,3	72,1	-18	71,0	-20	PV31	659,4	790,4	20	720,7	9
PH35	371,7	438,6	18	446,6	20	PV32	903,9	984,2	9	937,5	4
PH36	80,6	94,9	18	96,7	20	PV33	-60,8	-45,5	-25	-39,5	-35
PH37	101,8	114,2	12	126,3	24	PV34	488,0	510,5	5	484,2	-1
PH38	66,7	75,2	13	93,8	41	PV35	550,8	429,3	-22	400,7	-27
PH39	255,4	260,5	2	256,1	0	PV36	-71,4	-51,6	-28	-61,5	-14
PH40	114,2	131,1	15	144,5	27	PV37	997,4	959,4	-4	1009,3	1
PH41	23,6	25,7	9	25,6	8	PV38	3,4	3,0	-13	4,4	27
PH42	346,0	368,0	6	369,8	7	PV39	7,1	5,7	-21	6,5	-9
PH43	32,9	35,9	9	35,1	7	PV40	1477,7	1597,2	8	1576,9	7
PH44	130,3	115,0	-12	116,2	-11	PV41	1753,9	1791,0	2	1687,9	-4
PH45	279,6	306,8	10	294,1	5	SOMA	28072,6	28096,0	---	27793,8	---
PH46	27,8	23,3	-16	20,4	-26	MÉDIA	---	---	12	---	18

Na Figura 3.107 são apresentados os diagramas de esforço normal ao longo das paredes.

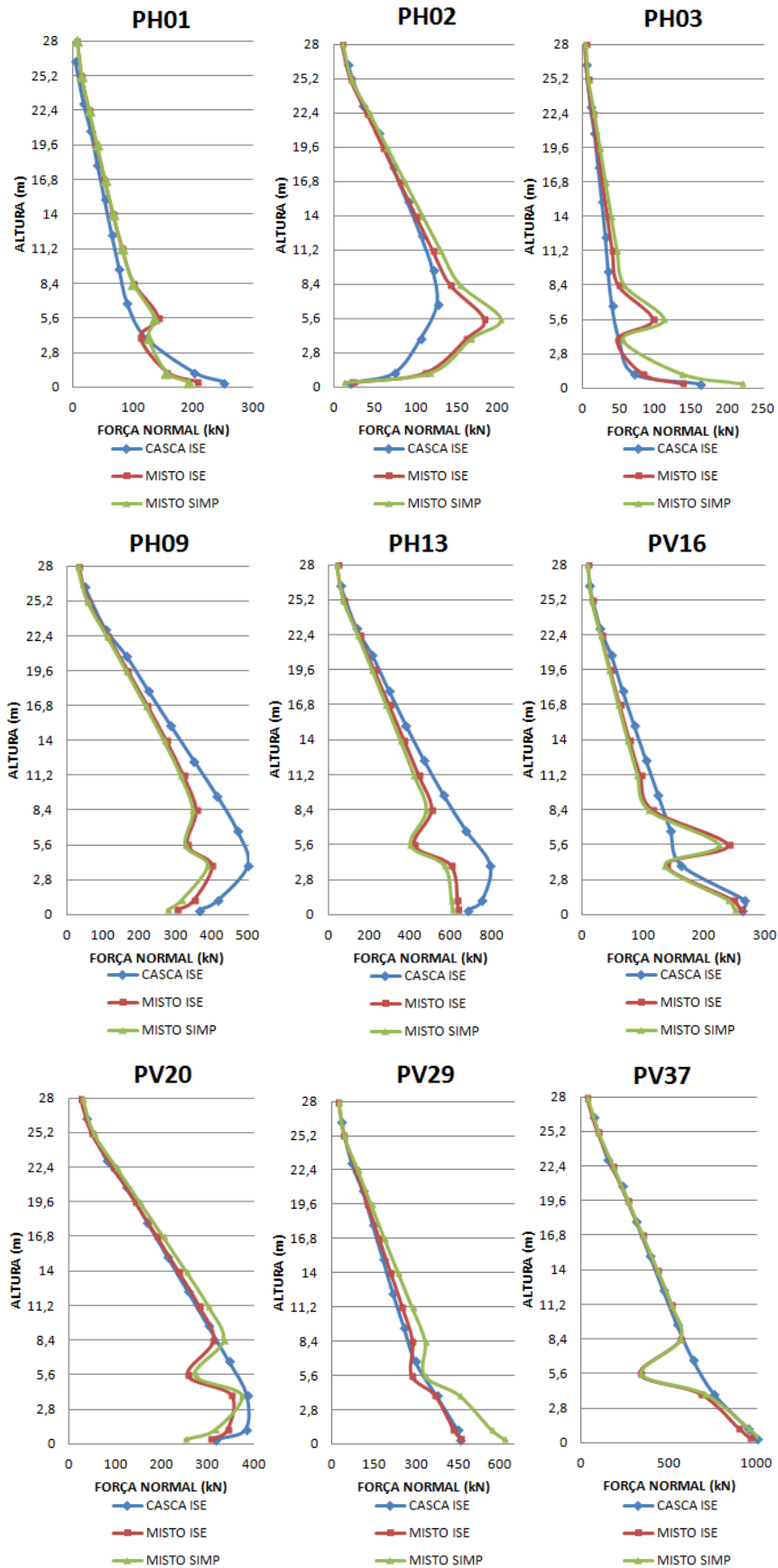


Figura 3.107 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício QUA-EST-10PAV.

Analisando os diagramas de esforços percebe-se que as maiores divergências do modelo misto SIMP acontecem nos dois primeiros pavimentos devida a utilização dos coeficientes de mola da primeira iteração, ao qual apresentam as menores convergências.

A Tabela 3.66 apresenta os carregamentos no apoio do modelo misto ISE.

Tabela 3.66 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-SAP-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	707,8	636,3	-10	-71,3	-73,8	4	-55,3	-52,6	-5
F02	635,6	568,3	-11	-32,7	-99,1	203	23,4	18,8	-20
F03	717,8	599,8	-16	0,0	0,0	0	12,6	1,8	-86
F04	720,0	666,3	-7	-20,0	-81,4	307	59,0	42,6	-28
F05	461,5	424,2	-8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	199,8	204,5	2	0,0	0,0	0	3,3	1,2	-64
F07	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	889,6	774,2	-13	0,0	0,0	0	-46,9	-61,7	32
F09	266,3	220,8	-17	-2,5	-12,2	384	0,0	0,0	0
F10	879,0	871,7	-1	-4,7	-27,1	480	-27,1	-47,1	74
F11	617,4	613,7	-1	0,0	0,0	0	80,7	93,6	16
F12	663,4	611,6	-8	18,7	1,0	-94	-56,2	-84,9	51
F13	543,0	521,5	-4	21,2	6,4	-70	6,6	4,0	-39
F14	673,1	711,0	6	0,0	0,0	0	68,0	75,9	12
F15	454,7	436,0	-4	-87,3	-17,7	-80	-1,8	-17,4	845
F16	739,0	679,1	-8	0,0	0,0	0	-43,1	-50,8	18
F17	535,4	504,4	-6	1,3	5,3	303	-60,8	212,2	-449
F18	734,9	811,1	10	38,7	28,4	-27	76,0	94,2	24
F19	732,8	643,5	-12	-32,8	-41,4	26	-18,3	-41,1	125
F20	580,6	541,6	-7	-21,6	-44,7	106	22,8	16,1	-29
F21	556,4	500,3	-10	0,0	0,0	0	-8,4	-22,0	164
F22	250,5	263,5	5	0,0	0,0	0	75,8	0,0	-100
F23	615,2	569,9	-7	1,9	14,2	658	0,0	0,0	0
F24	274,8	267,8	-3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	828,6	884,9	7	17,5	12,1	-30	14,7	14,0	-5
F26	624,3	614,4	-2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	678,6	703,3	4	9,3	25,6	175	7,7	2,1	-73
F28	979,5	1000,5	2	-41,0	-66,3	62	19,7	16,6	-16
F29	546,2	608,8	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	269,5	291,4	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	1085,4	1073,7	-1	0,0	0,0	0	-28,2	-57,0	102
F32	341,8	342,8	0	-2,1	-1,9	-11	0,0	0,0	0
F33	890,7	886,6	0	-1,7	-2,4	35	-92,2	-108,5	18
F34	934,7	985,1	5	49,1	77,8	58	62,3	58,0	-7
F35	573,7	593,2	3	0,0	0,0	0	29,2	35,2	20
F36	296,6	303,5	2	-1,1	-3,4	215	0,0	0,0	0
F37	369,2	387,1	5	0,0	0,0	0	2,5	-4,7	-288
F38	283,3	299,9	6	0,0	0,0	0	-22,6	-8,1	-64
F39	531,5	572,2	8	0,0	0,0	0	43,9	42,2	-4
F40	453,8	475,7	5	-1,0	-4,1	310	-4,9	-19,4	294
F41	395,2	422,8	7	-37,3	-21,6	-42	0,0	0,0	0
F42	690,5	744,5	8	0,0	0,0	0	-23,4	-46,6	100
F43	491,7	521,1	6	0,0	0,0	0	1,2	5,7	387
F44	687,4	715,5	4	0,0	0,0	0	-1,3	-0,6	-56
F45	174,7	184,3	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F46	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F47	392,9	428,2	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F48	196,0	208,6	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F49	608,3	705,1	16	0,0	0,0	0	6,1	3,9	-36
F50	603,8	659,5	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	592,4	634,8	7	10,0	3,1	-69	-52,4	-59,5	13
F52	566,7	633,5	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
TOTAL	29284,7	29204,9	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	6	---	---	72	---	---	70

A Tabela 3.67 apresenta os carregamentos no apoio do modelo misto SIMP.

Tabela 3.67 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-SAP-10PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	707,8	510,4	-28	-71,3	-129,8	82	-55,3	-41,4	-25
F02	635,6	346,9	-45	-32,7	93,6	-386	23,4	60,8	159
F03	717,8	869,7	21	0,0	0,0	0	12,6	543,7	4224
F04	720,0	587,2	-18	-20,0	172,5	-962	59,0	554,1	838
F05	461,5	405,0	-12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	199,8	161,3	-19	0,0	0,0	0	3,3	39,2	1090
F07	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	889,6	608,9	-32	0,0	0,0	0	-46,9	139,5	-398
F09	266,3	222,2	-17	-2,5	-13,1	416	0,0	0,0	0
F10	879,0	984,0	12	-4,7	-16,5	253	-27,1	-29,5	9
F11	617,4	639,3	4	0,0	0,0	0	80,7	420,8	422
F12	663,4	610,7	-8	18,7	147,1	688	-56,2	-150,6	168
F13	543,0	475,9	-12	21,2	10,8	-49	6,6	19,1	188
F14	673,1	742,9	10	0,0	0,0	0	68,0	88,9	31
F15	454,7	358,3	-21	-87,3	-32,0	-63	-1,8	-73,0	3870
F16	739,0	700,7	-5	0,0	0,0	0	-43,1	-186,2	332
F17	535,4	606,8	13	1,3	33,7	2475	-60,8	2,8	-105
F18	734,9	739,2	1	38,7	-165,9	-528	76,0	110,3	45
F19	732,8	663,2	-9	-32,8	-65,4	99	-18,3	111,7	-711
F20	580,6	536,4	-8	-21,6	-40,3	86	22,8	31,5	38
F21	556,4	782,8	41	0,0	0,0	0	-8,4	-197,5	2265
F22	250,5	281,5	12	0,0	0,0	0	75,8	-2,3	-103
F23	615,2	556,8	-9	1,9	23,8	1170	0,0	0,0	0
F24	274,8	294,2	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	828,6	743,9	-10	17,5	31,7	81	14,7	-92,1	-727
F26	624,3	700,5	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	678,6	748,5	10	9,3	-7,9	-185	7,7	35,4	362
F28	979,5	866,2	-12	-41,0	-78,6	92	19,7	-173,8	-981
F29	546,2	631,3	16	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	269,5	327,2	21	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	1085,4	1077,4	-1	0,0	-13,0	0	-28,2	136,1	-582
F32	341,8	356,4	4	-2,1	-11,3	428	0,0	0,0	0
F33	890,7	866,7	-3	-1,7	17,3	-1091	-92,2	-436,1	373
F34	934,7	778,6	-17	49,1	20,3	-59	62,3	53,3	-14
F35	573,7	509,0	-11	0,0	36,6	0	29,2	41,7	43
F36	296,6	329,4	11	-1,1	48,9	-4676	0,0	0,0	0
F37	369,2	476,5	29	0,0	0,0	0	2,5	37,5	1392
F38	283,3	294,0	4	0,0	0,0	0	-22,6	-24,9	10
F39	531,5	546,8	3	0,0	0,0	0	43,9	96,0	119
F40	453,8	638,5	41	-1,0	-93,1	9195	-4,9	-319,4	6377
F41	395,2	402,6	2	-37,3	-34,4	-8	0,0	0,0	0
F42	690,5	793,9	15	0,0	0,0	0	-23,4	-14,3	-39
F43	491,7	513,3	4	0,0	0,0	0	1,2	-77,7	-6712
F44	687,4	764,0	11	0,0	0,0	0	-1,3	-2,8	120
F45	174,7	218,8	25	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F46	658,0	658,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F47	392,9	464,9	18	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F48	196,0	219,9	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F49	608,3	628,5	3	0,0	0,0	0	6,1	163,1	2564
F50	603,8	685,5	14	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	592,4	682,9	15	10,0	104,4	948	-52,4	-45,2	-14
F52	566,7	583,4	3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
TOTAL	29284,7	29265,0	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	13	---	---	462	---	---	682

As comparações dos carregamentos verticais para o modelo misto ISE mostram que todas as fundações apresentaram resultados dentro do limite aceitável, com 40% na faixa

ótima e 60% na faixa boa. Já o misto SIMP apresentou 27% das fundações na faixa ótima, 52% na faixa boa e 21% na faixa ruim.

Observa-se que os momentos aplicados na fundação não foram bem representados pelos modelos simplificados, pois apresentaram alta média do desvio absoluto, apesar da maioria das fundações anularem o valor do momento, seguindo a tendência do modelo de referência.

Os recalques absolutos das fundações e suas respectivas comparações com o modelo de referência são apresentadas na Tabela 3.68.

Tabela 3.68 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício ALO-SAP-10PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	4,3	3,2	-26	3,0	-30	F27	7,5	7,6	2	6,9	-7
F02	4,3	4,0	-7	1,1	-74	F28	7,4	7,7	3	6,7	-10
F03	4,7	3,8	-19	5,1	9	F29	7,8	7,6	-2	7,3	-6
F04	4,5	4,5	1	4,3	-3	F30	7,8	8,2	5	7,9	1
F05	4,4	3,9	-11	4,3	-2	F31	7,5	7,0	-6	7,5	1
F06	4,7	4,1	-12	2,9	-37	F32	8,5	8,0	-5	7,8	-8
F07	5,0	4,6	-8	5,8	17	F33	7,8	7,6	-3	7,8	-1
F08	5,1	4,0	-20	3,3	-35	F34	7,6	8,1	7	6,9	-9
F09	5,0	4,4	-11	4,3	-13	F35	10,1	10,5	4	9,0	-10
F10	5,1	4,9	-4	5,3	3	F36	9,0	10,5	16	10,1	12
F11	4,8	4,8	-1	5,2	8	F37	8,0	10,8	35	8,8	10
F12	5,0	4,5	-10	4,4	-12	F38	9,1	10,5	15	10,2	12
F13	5,0	4,8	-4	4,5	-9	F39	10,5	11,4	8	10,7	2
F14	5,0	5,1	4	5,3	7	F40	8,9	9,7	10	12,6	42
F15	5,3	5,3	1	3,5	-34	F41	9,0	10,9	20	9,3	3
F16	5,5	5,3	-4	5,3	-4	F42	10,8	11,6	8	12,1	12
F17	5,3	5,4	1	5,6	6	F43	10,7	11,8	10	11,0	3
F18	4,5	5,0	12	4,7	5	F44	10,2	10,5	3	11,0	7
F19	5,9	5,1	-13	5,5	-6	F45	9,9	11,2	14	11,2	14
F20	6,0	5,7	-6	6,2	2	F46	13,1	13,5	3	13,7	4
F21	6,8	6,3	-8	8,4	22	F47	10,5	11,5	10	11,6	11
F22	6,4	6,4	0	6,3	-3	F48	10,6	11,6	9	11,9	12
F23	7,3	7,0	-4	5,1	-30	F49	10,7	12,3	14	11,0	3
F24	7,1	7,0	-2	6,6	-7	F50	10,9	12,1	11	12,2	11
F25	6,5	6,9	5	6,0	-8	F51	10,1	11,0	9	11,6	15
F26	7,0	6,5	-8	8,5	21	F52	10,5	11,8	13	11,0	5

Tabela 3.69 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício ALO-SAP-10PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	13,1	13,5	3	13,7	4
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	8,8	10,3	17	12,6	43
RECALQUE MÉDIO (mm)	7,4	7,6	3	7,5	1
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	32	39	22	41	29

Comparando os valores de recalque absoluto entre os modelos misto ISE e o modelo casca ISE percebe-se uma boa aproximação, onde 40% dos resultados mostram-se ótimos, 50% bons e 10% ruins.

Apesar da semelhança do recalque médio apresentada pelo modelo misto SIMP observa-se a grande diferença entre o recalque diferencial máximo, de 43%, mostrando a ocorrência de acentuadas diferenças nos recalques absolutos, evidenciada pelo alto coeficiente de variação, 41%. Além disso, o modelo apresenta 17% dos resultados fora do limite aceitável. Do restante, 31% encontram-se na faixa ótima e 52% na faixa boa.

As Figuras 3.108 e 3.109 apresentam as comparações das curvas isorecalque dos modelos simplificados com o modelo de referência.

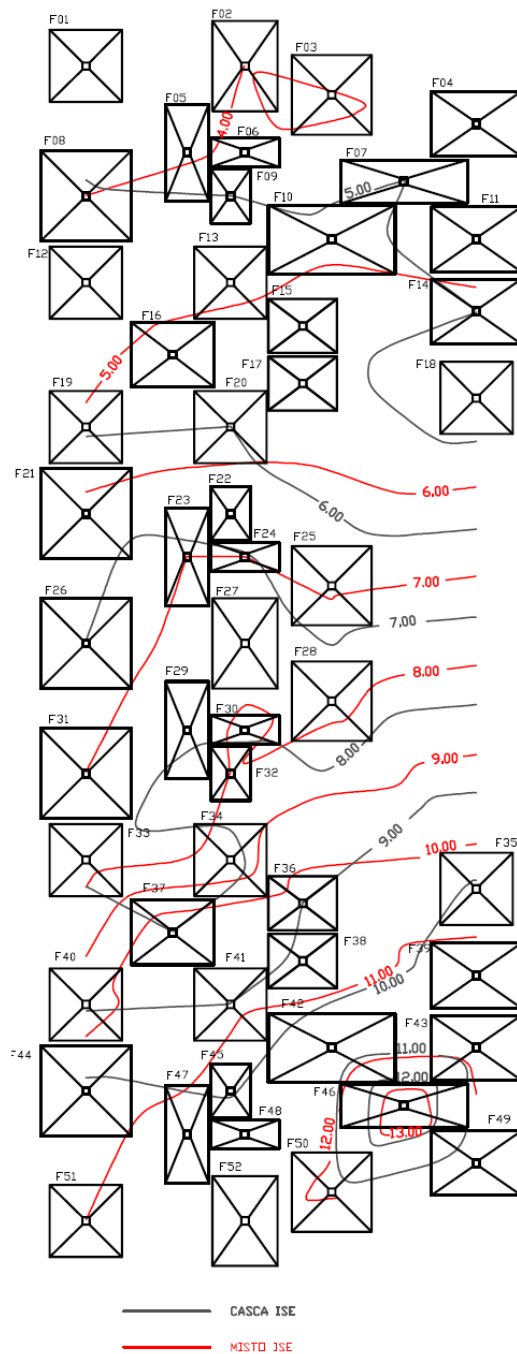


Figura 3.108 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-SAP-10PAV.

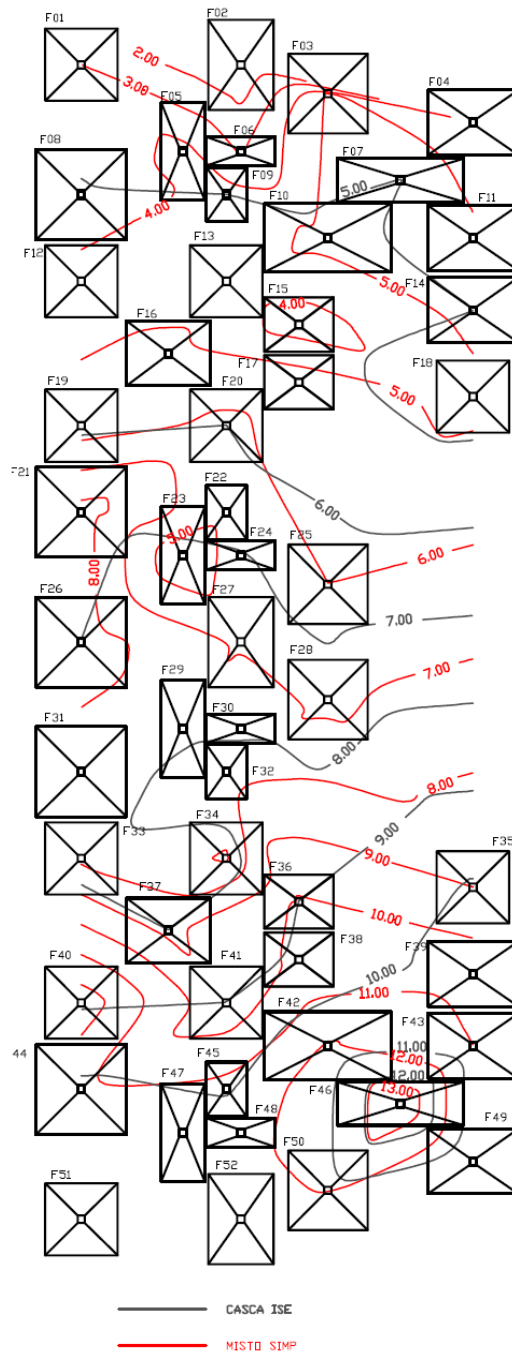


Figura 3.109 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-SAP-10PAV.

Analisando-se as curvas de isorecalque do modelo misto ISE (3.108) observa-se uma boa representabilidade, pois o modelo apresentou boa aproximação entre as curvas. Já o modelo misto SIMP (3.109) não apresentou a mesma qualidade, pois observa-se um alto desencontro entre as curvas isorecalque e grandes diferenças nos valores de recalque absoluto.



### 3.5 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Para melhor compreensão dos resultados observou-se a necessidade de modelar e analisar outras configurações de edifícios não apresentadas nos itens anteriores. Para tanto, optou-se por aprofundar as análises dos modelos que representam o edifício de planta baixa quadrada, visto que nas análises anteriores os modelos dos edifícios com planta baixa alongada apresentaram resultados com características semelhantes às dos edifícios quadrados.

Na Tabela 3.70 apresentam-se as razões de uniformização dos recalques (RU) para cada edifício, que corresponde à razão entre o recalque diferencial máximo, levando em consideração a interação solo-estrutura, e o recalque diferencial máximo estimado convencionalmente. Observa-se que, quanto menor o valor de RU maior é a tendência de uniformização dos recalques da edificação. Ao contrário, quando RU tende à unidade, observa-se baixa influência da interação solo-estrutura na estimativa dos recalques.

Tabela 3.70 – Razão de uniformização dos recalques (RU).

EDIFÍCIO	REC. DIFER. MÁX. (mm)		DIFER.	RU
	RIG	ISE		
QUA-EST-20PAV	8,9	4,3	-52	0,48
QUA-EST-20SPAV	8,7	4,0	-53	0,47
QUA-EST-15PAV	5,4	2,5	-55	0,45
QUA-EST-10PAV	2,9	1,6	-46	0,54
QUA-EST-5PAV	2,3	1,7	-24	0,76
QUA-SAP-15PAV	17,9	10,1	-44	0,56
QUA-SAP-10PAV	12,1	6,7	-44	0,56
QUA-SAP-5PAV	6,3	3,7	-42	0,58
ALO-EST-15PAV	3,8	1,3	-66	0,34
ALO-EST-10PAV	2,2	1,4	-36	0,64
ALO-SAP-10PAV	14,9	8,8	-41	0,59
ALO-SAP-05PAV	7,5	4,5	-39	0,61

De maneira geral, a consideração da interação solo-estrutura gerou uma homogeneização dos recalques, com redução acentuada do recalque diferencial máximo, que apresentou diminuição superior a 24% para todos os edifícios. A maior redução, de 66%, ocorreu no edifício ALO-EST-15PAV (vide apêndice A). O recalque máximo também apresentou redução, porém menos acentuada que a redução apresentada pelo respectivo recalque diferencial máximo.

A interação solo-estrutura causa baixa influência no recalque médio, pois todos os edifícios apresentaram baixa redução, inferior a 12%.

Observando-se os resultados de RU para os edifícios com fundação profunda percebe-se uma grande variação dos valores, sendo que a tendência de uniformização aumenta com o acréscimo de pavimentos, ocorrendo uma estabilização da uniformização dos recalques

a partir do décimo quinto pavimento, pois os valores de RU para os edifícios de 15 e 20 pavimentos foram semelhantes. Porém, ao se avaliarem os edifícios com fundação superficial, percebe-se que a rigidez da superestrutura equivalente a 5 pavimentos foi suficiente para manter o valor RU próximo aos respectivos edifícios de maior rigidez.

As diferenças apresentadas pelos edifícios de fundação profunda, quanto à tendência de uniformização dos recalques, não está ligada, neste caso, à rigidez da superestrutura, pois quando comparamos os resultados do edifício de 20 pavimentos (QUA-EST-20PAV) com o respectivo modelo equivalente (QUA-EST-20SPAV), no qual aplicam-se as cargas referentes a um edifício de 20 pavimentos no modelo de um edifício de 5 pavimentos, percebe-se que não existe diferença significativa no valor de RU.

O mecanismo de transferência de carga para o solo nas diferentes fundações utilizadas no trabalho é o que influencia o comportamento da uniformização dos recalques. Para os edifícios com fundação direta, observa-se uma proporcionalidade entre a carga aplicada na fundação e o correspondente recalque estimado, mantendo-se, com isso, coeficientes de mola semelhantes para as diferentes quantidades de pavimentos. Já para os edifícios com fundação profunda, o aumento no nível de carregamento, decorrente do número de pavimentos, gerou diferentes comportamentos no diagrama de força normal das estacas, resultando em uma não proporcionalidade entre a carga aplicada na fundação e o seu respectivo recalque.

A Figura 3.110 apresenta uma situação hipotética, em que forças axiais de diferentes intensidades ( $P_1 < P_2 < P_3$ ) aplicadas no topo da estaca geram diferentes comportamentos no diagrama de força normal. Neste caso, a estaca está dimensionada para o nível de carga  $P_3$ , em que ocorre o esgotamento da resistência lateral e o acionamento da resistência de ponta, conforme o método do Aoki e Lopes (1975). Para as cargas menores  $P_1$  e  $P_2$ , a estaca encontra-se superdimensionada, sendo que apenas a resistência lateral do fuste é responsável pela total transferência de carga para o solo. Portanto, devido às diferentes formas que a estaca se comporta quanto ao seu encurtamento elástico e ao recalque da base, não existe uma razão constante entre a carga aplicada e o recalque no topo da fundação, e consequentemente apresentam diferentes valores de coeficientes de mola para diferentes números de pavimentos. Assim, observa-se um mecanismo bastante diferente de absorção de carga entre a fundação em sapata e em estaca. Enquanto no primeiro caso toda a força é transmitida no topo, no segundo a transmissão se faz ao longo do comprimento da estaca e podendo alterar tal comprimento à medida em que essa força se altera.

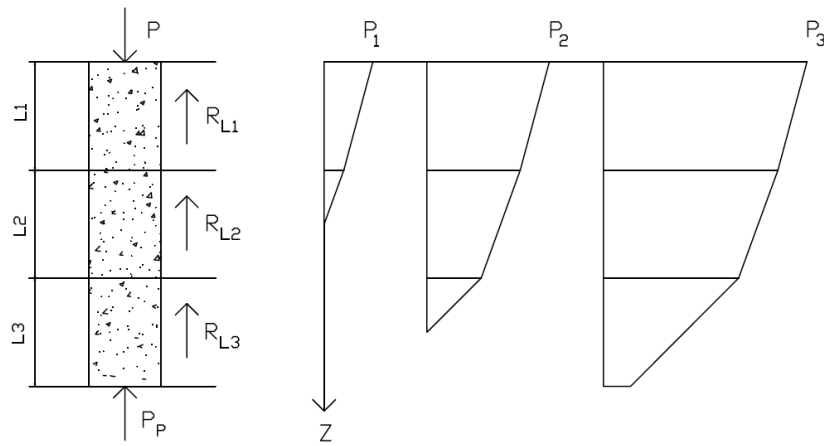


Figura 3.110 – Diagrama de força normal (situação hipotética).

A consideração da interação solo-estrutura gerou uma redistribuição significativa nos carregamentos das fundações em todos os modelos estudados, com acentuados incrementos de carga em alguns apoios e alívio em outros. Observou-se usualmente uma migração de carga para os apoios de periferia, embora, em alguns casos, as fundações periféricas tenham cedido carga, por apresentarem maiores recalques, quando comparados com as fundações vizinhas. Tem-se como regra geral, a migração de carga dos apoios de maiores recalques para os vizinhos de recalque mais baixo.

As Tabelas 3.71 e 3.72 apresentam as razões entre as reações dos apoios dos modelos quadrados que consideram a interação solo-estrutura (ISE) e seus respectivos modelos com apoios indeslocáveis (RIG). Isso se faz, para as fundações profundas e rasas, respectivamente.

Tabela 3.71 – Razões entre as reações de apoio para o edifício quadrado com fundação profunda.

EDIFÍCIO QUA-EST											
RAZÃO = ISE / RIG											
FUND.	5 PAV	10 PAV	15 PAV	20S PAV	20 PAV	FUND.	5 PAV	10 PAV	15 PAV	20S PAV	20 PAV
F01	2.46	1.64	1.27	1.10	1.10	F27	0.23	0.49	0.59	0.55	0.56
F02	1.44	1.24	1.13	1.08	1.08	F28	0.88	0.81	0.74	0.75	0.76
F03	1.47	1.19	1.01	0.93	0.93	F29	0.20	0.50	0.61	0.66	0.60
F04	1.93	1.27	1.07	1.01	1.01	F30	1.26	1.22	1.17	1.22	1.15
F05	1.44	1.12	1.04	1.01	1.01	F31	2.00	1.58	1.49	1.53	1.56
F06	1.35	1.04	0.95	0.85	0.85	F32	0.20	0.54	0.68	0.71	0.74
F07	0.47	0.78	0.82	0.81	0.81	F33	0.90	0.97	0.96	0.93	0.99
F08	0.33	0.46	0.82	1.02	1.02	F34	1.49	1.19	1.11	1.13	1.16
F09	0.10	0.49	0.81	1.05	1.05	F35	0.35	0.71	0.87	0.87	0.80
F10	0.61	0.82	0.83	0.81	0.81	F36	0.57	0.89	0.90	0.90	0.85
F11	1.38	1.21	1.06	1.00	1.00	F37	0.68	0.93	1.02	0.94	0.94
F12	0.39	0.74	0.92	1.14	1.14	F38	0.33	0.80	1.11	1.15	1.21
F13	0.32	0.76	1.05	1.18	1.18	F39	0.24	0.75	1.23	1.27	1.35
F14	1.11	1.11	1.08	1.02	1.02	F40	1.30	1.20	1.15	1.15	1.17
F15	0.69	0.91	1.01	1.10	1.10	F41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F16	1.01	0.89	0.75	0.72	0.72	F42	0.61	0.90	0.88	0.81	0.82
F17	1.46	1.30	1.24	1.27	1.27	F43	0.45	0.80	1.14	1.16	1.18
F18	0.38	0.71	0.88	1.01	1.01	F44	0.37	0.78	1.21	1.21	1.25
F19	0.71	0.89	0.91	0.91	0.91	F45	0.48	0.82	0.89	0.85	0.87
F20	1.47	1.18	1.08	1.09	1.09	F46	1.75	1.09	0.88	0.90	0.84
F21	0.66	1.01	1.26	1.39	1.39	F47	1.51	1.02	0.84	0.87	0.82
F22	0.85	1.14	1.25	1.17	1.17	F48	2.43	1.45	1.12	1.07	1.06
F23	0.90	0.96	1.00	1.04	1.04	F49	1.59	1.33	1.07	1.01	1.02
F24	0.86	0.80	0.72	0.74	0.74	F50	1.41	1.27	1.11	1.06	1.08
F25	0.84	1.04	1.17	1.29	1.29	F51	1.66	1.30	1.11	1.11	1.11
F26	0.83	1.09	1.25	1.27	1.27	MÉDIA	0.97	0.98	1.01	1.02	1.01
	COEF. VAR.	61%	28%	19%	20%	20%					

Tabela 3.72 – Razões entre as reações de apoio para o edifício quadrado com fundação rasa.

EDIFÍCIO QUA-SAP							
RAZÃO = ISE / RIG							
FUND.	5 PAV	10 PAV	15 PAV	FUND.	5 PAV	10 PAV	15 PAV
F01	1.36	1.38	1.38	F25	0.83	0.85	0.87
F02	1.47	1.52	1.54	F26	0.51	0.52	0.54
F03	1.11	1.05	1.05	F27	1.19	1.20	1.18
F04	1.27	1.19	1.20	F28	0.74	0.74	0.75
F05	1.88	1.84	1.83	F29	0.50	0.51	0.51
F06	0.81	0.80	0.79	F30	0.98	0.97	0.97
F07	0.86	0.89	0.90	F31	0.67	0.66	0.66
F08	0.87	0.90	0.92	F32	1.26	1.25	1.24
F09	0.66	0.63	0.62	F33	0.80	0.79	0.76
F10	0.66	0.64	0.63	F34	0.59	0.60	0.61
F11	1.06	1.08	1.07	F35	1.18	1.21	1.17
F12	0.83	0.84	0.85	F36	0.76	0.75	0.76
F13	0.58	0.58	0.58	F37	1.00	1.00	1.00
F14	0.96	0.93	0.91	F38	0.72	0.69	0.69
F15	1.40	1.37	1.36	F39	0.72	0.70	0.69
F16	0.57	0.56	0.56	F40	0.88	0.90	0.95
F17	1.15	1.16	1.15	F41	1.19	1.20	1.21
F18	1.05	1.07	1.09	F42	0.90	0.90	0.88
F19	0.77	0.75	0.76	F43	1.10	1.09	1.05
F20	1.06	1.01	1.03	F44	1.12	1.09	1.04
F21	1.46	1.50	1.51	F45	1.26	1.23	1.19
F22	0.73	0.74	0.75	F46	1.58	1.61	1.68
F23	1.06	1.08	1.09	F47	2.10	2.26	2.32
F24	0.75	0.74	0.75	MÉDIA	1.00	1.00	1.00
	COEF. VAR.	34%	36%	36%			

As reações nos apoios dos modelos com interação solo-estrutura apresentaram diferenças importantes quando comparados com os modelos de apoios indeslocáveis. Para os edifícios com fundação profunda, observa-se uma mudança significativa na redistribuição de carga para os diferentes tipos de pavimentos, porém, essa diferença não está relacionada com a rigidez da superestrutura, nos casos aqui estudados, visto que o edifício QUA-EST-20SPAV apresenta resultados semelhantes ao edifício QUA-EST-20PAV. Relaciona-se com o acréscimo de carga e a maior mobilização de camadas mais profundas do solo. Também ao observar os resultados dos modelos com fundação rasa, percebe-se que os incrementos de pavimento não geram uma modificação significativa na redistribuição do carregamento, mantendo-se o coeficiente de variação próximo de 36% e a proporcionalidade das reações.

A maior influência da interação solo-estrutura ocorre nos dois primeiros pavimentos, nos quais aparecem diferenças maiores que 18%, como observado nos resultados apresentados nos itens anteriores.

A consideração da interação solo-estrutura mostrou uma tendência de redução dos momentos aplicados nas fundações, para todos os casos analisados.

Observa-se a necessidade de modelar em elementos de casca os dois primeiros pavimentos dos modelos simplificados, tendo em vista que a modelagem de apenas o primeiro pavimento em elementos de casca ou de toda a estrutura em elementos de barras não consegue representar de forma adequada a migração de carga para os apoios.

Observa-se uma boa representatividade do modelo misto ISE, pois, em todos os modelos analisados, as médias dos desvios de força normal nas paredes ficou abaixo de 12% e dos carregamentos nas fundações abaixo de 8%. Além disso, apresentaram a maior parte dos seus resultados dentro da faixa aceitável. Também apresentaram boa proximidade quando comparadas as curvas isorecalques.

Os modelos do tipo misto SIMP, apesar de apresentarem uma significativa piora nos resultados, quando comparados aos modelos do tipo misto ISE, conseguiram representar de forma adequada a tendência de migração de carga para os apoios, embora boa parte dos resultados de força normal das paredes tenha apresentado diferença acima do limite aceitável, quando comparado ao modelo de referência.

# 4 CONCLUSÃO

---

---

## 4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A consideração da interação solo-estrutura, com o emprego das metodologias apresentadas neste trabalho, em que se considera a rigidez da edificação, a heterogeneidade do solo e o efeito de grupo das fundações, aproxima a modelagem da estrutura da realidade física, frente aos modelos simplificados que utilizam molas de rigidez isoladas e que ignoram a natural continuidade do solo. Além disso, a utilização dos apoios indeslocáveis negligencia o real comportamento da estrutura por desconsiderar as deformações do solo.

A consideração da interação solo-estrutura ocasionou uma tendência de uniformização dos recalques, com uma acentuada redistribuição dos carregamentos nas fundações, e redução significativa dos valores dos momentos aplicados. Como regra geral, tem-se que as fundações que tendem a sofrer maiores recalques cedem parte de suas cargas para fundações vizinhas de menores recalques, como era de se esperar.

Como consequência da homogeneização dos recalques, ocasionada pela consideração da interação solo-estrutura, o recalque diferencial máximo e o recalque absoluto máximo apresentam uma acentuada redução, sendo que o recalque médio é pouco influenciado, apresentando-se praticamente constante. Esse fato pode e deve ser explorado pelos projetistas na eventualidade de utilização de modelos simplificados.

A consideração da interação solo-estrutura causa modificações importantes no esforço normal das paredes, que não podem ser desconsideradas no projeto estrutural. A maior influência da interação solo-estrutura ocorre nos dois primeiros pavimentos, nos quais ocorrem diferenças maiores que 18%, adotadas como limite aceitável neste trabalho.

Observa-se que, para os edifícios de paredes de concreto, a rigidez da superestrutura equivalente a 5 pavimentos é suficiente para quantificar os efeitos da interação solo-estrutura, independente do tipo de fundação, ou seja, o aumento de pavimentos provoca apenas acréscimo de carga.

As alterações observadas, para os modelos com fundação profunda, não estão relacionadas com a rigidez da superestrutura, e sim com o acréscimo de carga e a maior

mobilização de camadas mais profundas do solo, que modificam a tendência de uniformização dos recalques.

A modificação do tipo de planta baixa (quadrada ou alongada) não gerou alterações significativas no comportamento da edificação frente aos efeitos da interação solo-estrutura.

Os modelos simplificados representaram de forma adequada o fluxo de tensões nas paredes e a distribuição de carga nas fundação. O modelo misto ISE apresentou os melhores resultados.

## **4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Sugere-se o estudo da consideração das ações horizontais em edifícios de grande altura devido a sua importância nos esforços das paredes e também no aumento de ações nas fundações. Também é importante avaliar a qualidade dos modelos simplificados tendo em vista a consideração das ações horizontais.

Sugere-se também o aprofundamento no estudo da rigidez solo-estrutura para diferentes tipos de fundações e diferentes tipos de solo, verificando assim sua influência na distribuição de esforços nas paredes de concreto.

Desenvolvimento de um programa computacional único e integrado, no qual utilizam-se as metodologias para a consideração da interação solo-estrutura apresentadas neste trabalho, em conjunto com os elementos que permitem representar a superestrutura em si.

Realizar um estudo comparativo dos resultados obtidos por modelagem computacional com os resultados apurados através de instrumentações de edifícios de paredes de concreto reais.

Avaliar os efeitos ao longo do tempo, considerando tanto as ações evolutivas como o adensamento progressivo do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, U. R. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.
- ANTONIAZZI, J. P. **Interação solo-estrutura de edifícios com fundações superficiais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- ANTUNES, H. M. C. C.; IWAMOTO, R. K. A importância da consideração solo-estrutura para edifícios de múltiplos andares. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 42. 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Ibracon, 2000.
- AOKI, N; LOPES, F. R. Estimating stress and settlements due to deep foundation. In: V Conf. Panam. Soil Mechanics and Foundation Engineering. 1975, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1975. p. 377-386.
- AOKI, N; VELLOSO, D. A. An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: V Conf. Panam. Soil Mechanics and Foundation Engineering. 1975, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1975. p. 367-376.
- AOKI, N. Modelo simples de transferência de carga de estaca vertical sujeita a carga axial de compressão. In: Ciclo de Palestras Sobre Engenharia de Fundações, 3, 1987, Recife. **Anais...** ABMS/NR, 1987.
- AOKI, N. Aspectos geotécnicos da interação estrutura-macizo de solos. In: XXVIII Jornadas Sul – Americanas de Engenharia Estrutural, 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Parede de Concreto: Coletânea de ativos. São Paulo, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1994.
- \_\_\_\_\_. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.



BALBO, J. T. Revisão crítica dos conceitos e reminiscência sobre o módulo de reação do subleito em pavimentos de concreto. **Revista Pavimentação**, São Paulo, ano 4.

BARATA, F. E. **Recalques de edifícios sobre fundações diretas em terrenos de compressibilidade rápida e com consideração da rigidez da estrutura**. 1986. Tese de concurso para professor Titular do Departamento de Construção Civil do Setor de Geomecânica da EEUFRRJ, Rio de Janeiro, 1986.

BARBOSA, A. J. **Edifícios com paredes de seção aberta contraventadas por lintéis, bob carga lateral**. 1978. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1978.

BOWLES, E. J. **Foundation analysis and desing**. New York: McGraw-Hill, 1997.

BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BROWN, P. T. The significance of structure-foudation interaction. **Second Australia-New Zealand Conference Geomechanics**, Brisbane, 1977.

BROWN, P. T.; YU, S. K. R. Load sequence and structure-foundation. **Journal of Structural Engineering**, ASCE, vol. 112, p. 481-488, 1977.

CHAMECKI, S. Structural rigidity in calculating settlements. **Journal of Soil Mechanics and Foundation Division**, ASCE, v.82,n.SM-1, p1-19, 1956.

CHAMECKI, S. Novo conceito de recalque diferencial admissível. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 2. 1958, Recife. **Anais...** Recife: ABMS, p. 3-6, 1958.

COLARES, G. M. **Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

CORRÊA, M. R. S. **Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projeto de sistemas estruturais de edifícios**. 1991. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Editora PINI Ltda, 2003.

COSTA, J. L. **Núcleos estruturais sobre fundações flexíveis**. 1982. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.

CRESPO, V. A. S. **Estudo da sensibilidade de edificações em relação ao solo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2004.

FARIA, R. Paredes maciças. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 17, n. 143, p. 34-39, fev. 2009.

GOSHY, A. D. Soil-foundation-structure interaction. **Journal of the Structural Division**, ASCE. Vol. 104, p. 749-761, 1978.

GONÇALVES, J. C. **Avaliação da influência dos recalques das fundações na variação de cargas dos pilares de um edifício**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

GUSMÃO, A. D. **Estudo da interação solo-estrutura e sua influência em recalques de edificações**. 1990. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

GUSMÃO, A. D. Aspectos relevantes da interação solo-estrutura em edificação. **Solos e Rochas**, São Paulo, v.17, p. 47-55, abr. 1994.

GUSMÃO, A. D., GUSMÃO FILHO, J. A. Avaliação da influência da interação solo-estrutura em edificações. **X COBRAMSEF**, Foz do Iguaçu, v.1, p. 67-74, 1994.

GUSMÃO FILHO, J. A. **Contribuição à prática de fundações: a experiência de Recife**. 1995. Tese (Professor Titular) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1995.

HOLANDA JÚNIOR, O. G. et al. Influência da interação solo-estrutura em edifícios de concreto armado sobre fundações diretas submetidas a ações verticais. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 41. 1999, Salvador. **Anais...** Salvador: Ibracon, 1999.

HOLANDA JÚNIOR, O. G. **Interação solo-estrutura para edifícios de concreto armado sobre fundações diretas**. 1998. . Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

IWAMOTO, R. K. **Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda.** 2000. . Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

JORDÃO, D. R. **Estabilidade global de edifícios sobre fundações profundas, considerando a interação estrutura-solo.** 2003. . Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. et al. Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo. In: Congresso latino – americano: Tecnologia e gestão na produção de edifícios. 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1998. P. 151–158.

LIU, Y. P. et al. Second-Order Analysis and Design of Wall-framed Structures Allowing for Imperfections. **Advances in Structural Engineering**, v.13, n.3, p.513 – 524, jun. 2010.

LUZ, G. Comparação: metade parede de concreto, metade alvenaria estrutural. **Tecnologia do concreto armado em notícias.** p.8-10, maio 2012.

MEYERHOF, G. G. Some recent foundation research and its application to design. **Structural Engineering**, Londres, v. 31, n. 2, p. 151-167, jun. 1953.

MINDLIN, R. D. Force at a point in the interior of a semi-infinite solid. **Physics**, v. 7, p. 195-202, may. 1936.

MISURELLI, H; MASSUDA, C. Como construir paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 17, n. 147, p. 74-80, jun. 2009.

MOTA, M. M. C. **Interação solo-estrutura em edifícios com fundação profunda: método numérico e resultados observados no campo.** 2009. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MOURA, A. R. L. U. **Interação solo-estrutura em edifícios.** 1995. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1995.

NADJAI, A.; JOHNSON, D. Elastic analysis of spatial shear wall systems with flexible bases. **The Structural Design of Tall Buildings**, v.5, p.55-72, 1996.

NASCIMENTO NETO, J. A. **Investigação das solicitações de cisalhamento em edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações horizontais.** 1999. Dissertação (Mestrado em

Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

NUNES, V. Q. G. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PEREIRA, G. S. **Contribuição à análise de estruturas de contraventamento de edifícios em concreto armado**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

PEREIRA, A. C. O. **Estudo da influência da modelagem estrutural do núcleo nos painéis de contraventamento de edifícios altos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

PORTO, T. **Estudo da interação de paredes de alvenaria estrutural com a estrutura de fundação**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

REIS, J. H. C. **Interação solo-estrutura de grupo de edifícios com fundações superficiais em argila mole**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SILVA, N. U. P. **Análise de tensões verticais em edifícios de alvenaria estrutural considerando a interação solo-estrutura**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

SILVA, R. B. J.; VAQUERO, A.; FONSECA A. Paredes de concreto armado moldadas in loco. **Tecnologia do concreto armado em notícias**. dez. 2007.

SOARES, J. M. **Estudo numérico-experimental da interação solo-estrutura em dois edifícios do distrito federal**. 2004. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

SOUZA, R. A.; REIS, J. H. C. Interação solo-estrutura para edifícios sobre fundações rasas. **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 161-171, jun. 2008.

TESTONI, E. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto por meio de pórtico tridimensional sobre apoios elásticos.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações.** São Paulo: Oficina de textos, 2004.

YAGUI, T. **Estruturas constituídas de paredes delgadas com diafragmas transversais.** 1971. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1971.

YAGUI, T. **Análise de estruturas de edifícios construídas de núcleo de concreto armado e pilares ou pendurais de aço (carregamento crítico de instabilidade).** 1978. Tese (livre-docência) – Universidade de Campinas, 1978.

## APÊNDICE A – RESULTADOS E ANÁLISES DO EDIFÍCIO ALO-EST-15PAV

### PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE

A Tabela A. 1 apresenta os valores de força normal (ao nível da fundação) das paredes do edifício ALO-EST-15PAV.

Tabela A. 1 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício ALO-EST-15PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	286,5	444,5	55	PH47	176,3	225,7	28
PH02	51,0	49,9	-2	PILAR 01	945,0	945,0	0
PH03	190,9	244,1	28	PILAR 02	945,0	945,0	0
PH04	55,0	51,9	-6	PV01	358,4	448,6	25
PH05	202,7	201,3	-1	PV02	548,3	649,7	18
PH06	39,6	39,8	0	PV03	310,3	374,2	21
PH07	417,8	525,8	26	PV04	311,1	357,3	15
PH08	321,6	299,7	-7	PV05	553,5	557,1	1
PH09	544,0	541,6	0	PV06	751,0	579,2	-23
PH10	211,7	160,2	-24	PV07	553,8	466,4	-16
PH11	133,5	132,0	-1	PV08	311,5	350,0	12
PH12	207,6	157,4	-24	PV09	310,7	425,1	37
PH13	829,0	895,2	8	PV10	547,5	636,1	16
PH14	457,5	313,3	-32	PV11	352,7	526,4	49
PH15	138,0	115,9	-16	PV12	16,7	12,3	-26
PH16	549,4	549,8	0	PV13	353,0	441,8	25
PH17	61,0	47,7	-22	PV14	16,7	17,4	4
PH18	68,9	45,5	-34	PV15	16,7	19,5	17
PH19	141,7	237,7	68	PV16	353,2	428,7	21
PH20	830,8	760,9	-8	PV17	16,6	12,9	-23
PH21	548,3	453,0	-17	PV18	615,5	541,6	-12
PH22	325,7	257,3	-21	PV19	1205,8	1057,4	-12
PH23	483,7	467,8	-3	PV20	607,3	496,3	-18
PH24	799,4	650,2	-19	PV21	765,7	887,3	16
PH25	539,8	487,0	-10	PV22	766,4	805,1	5
PH26	325,3	190,5	-41	PV23	766,1	742,1	-3
PH27	548,2	571,7	4	PV24	764,9	692,4	-9
PH28	830,4	798,4	-4	PV25	737,2	854,1	16
PH29	60,8	50,6	-17	PV26	299,1	400,8	34
PH30	68,6	33,8	-51	PV27	361,6	330,9	-8
PH31	141,1	227,1	61	PV28	350,7	332,2	-5
PH32	549,3	522,8	-5	PV29	711,2	680,5	-4
PH33	452,2	316,1	-30	PV30	665,0	473,7	-29
PH34	137,3	97,5	-29	PV31	664,5	554,5	-17
PH35	828,9	826,7	0	PV32	2038,1	1865,2	-8
PH36	204,7	180,2	-12	PV33	532,4	600,8	13
PH37	208,7	187,9	-10	PV34	396,6	377,7	-5
PH38	132,2	91,8	-31	PV35	553,5	557,1	1
PH39	545,2	531,7	-2	PV36	526,9	627,4	19
PH40	328,7	306,3	-7	PV37	2068,5	1791,9	-13
PH41	38,9	34,7	-11	PV38	42,0	21,1	-50
PH42	412,8	450,7	9	PV39	42,4	21,7	-49
PH43	56,2	33,4	-40	PV40	1913,3	2287,4	20
PH44	198,8	175,43	-12	PV41	1928,0	2408,7	25
PH45	288,3	376,1	30	SOMA	41882,0	41996,2	---
PH46	39,0	37,3	-4	MÉDIA	---	---	18

A seguir são apresentados os diagramas do esforço normal ao longo da parede.

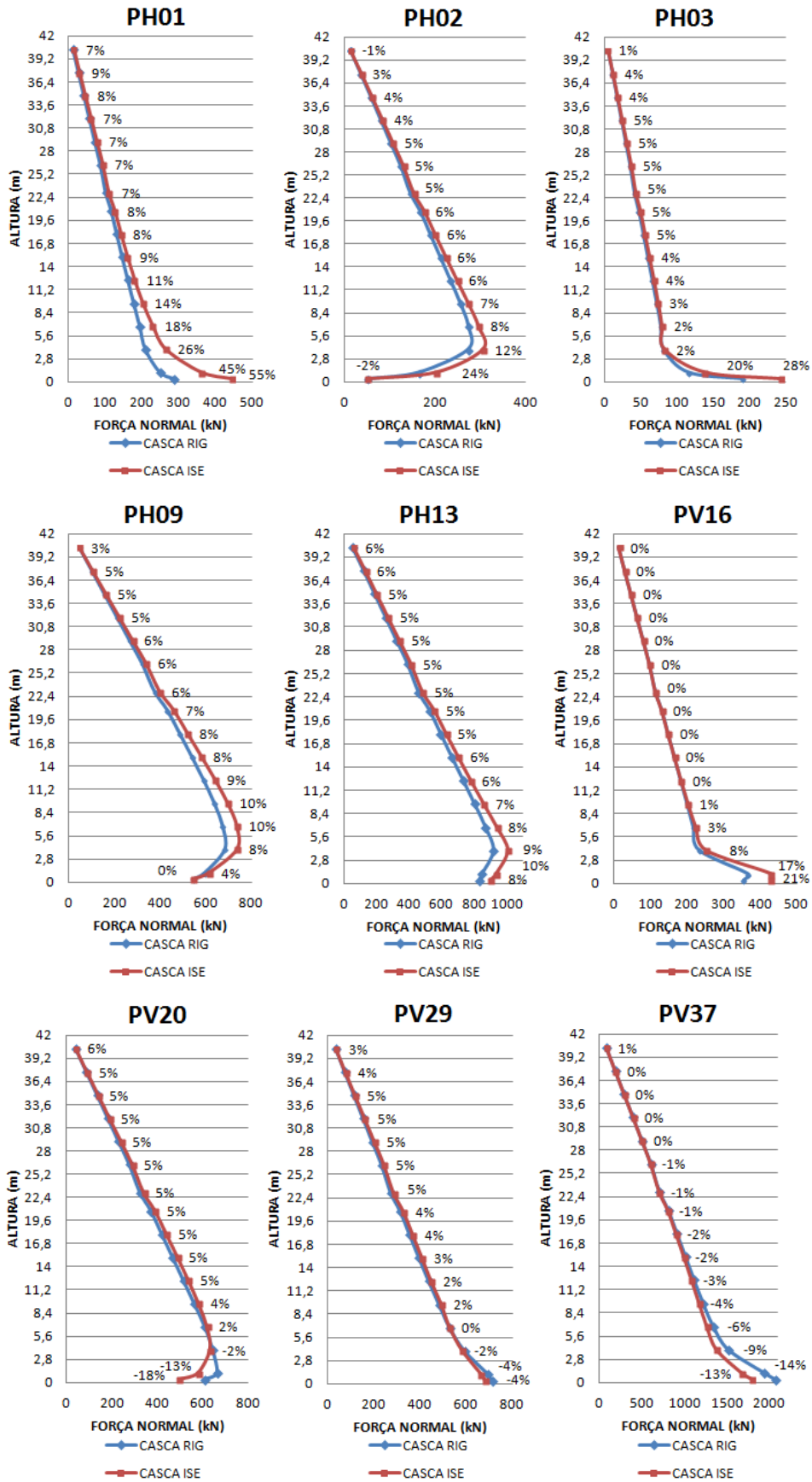


Figura A. 1 – Diagrama de força normal das paredes do edifício ALO-EST-15PAV.

A consideração da interação solo-estrutura gera uma notável redistribuição de esforços na parede, onde a média do desvio absoluto é idêntica ao encontrado no respectivo modelo quadrado, 18%.

Observando-se os diagramas de força normal apresentados constata-se que a real influência da interação solo-estrutura ocorre apenas nos dois primeiros pavimentos, principalmente no primeiro, onde ocorrem os maiores desvios.

As figuras abaixo apresentam os gráficos dos esforços para as vigas VB01, VB05, VB40 e VB56.

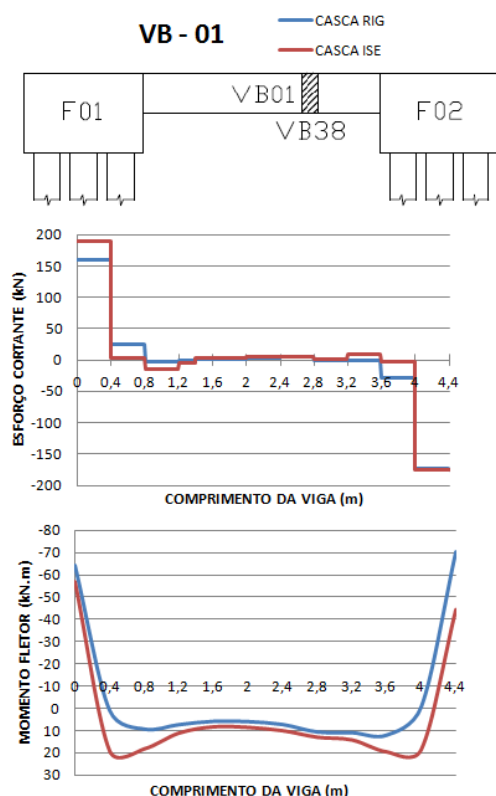


Figura A. 2 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício ALO-EST-15PAV.

Observa-se um aumento de 19% do esforço cortante próximo ao apoio F01, decorrente do aumento de carga de 55% da parede PH01. Já no apoio F02 ocorreu um suave aumento de 1%, apesar do acréscimo de carga de 28% da parede PH03 após a interação solo-estrutura.

Na comparação do momento fletor, observa-se uma redução dos momentos fletores negativos próximos aos apoios F01 e F02, com queda de 12% e 37% respectivamente, e um aumento do momento fletor positivo na ordem de 98% próximo à parede PH01 e 65% próximo à parede PH03.



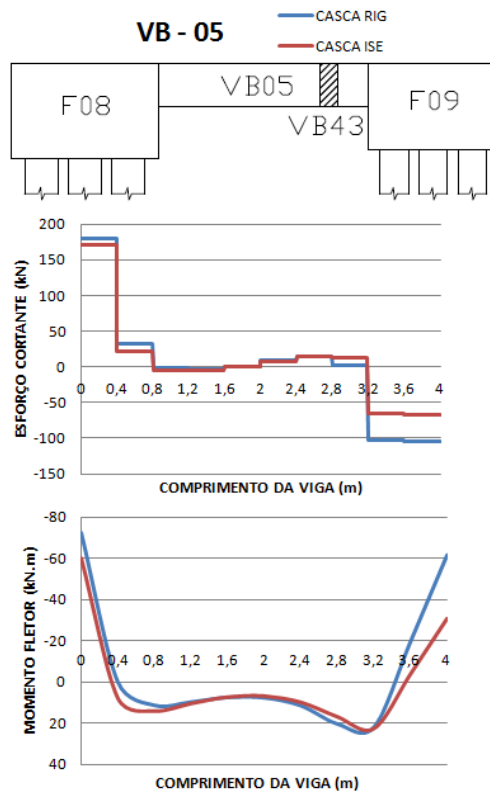


Figura A. 3 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB05 do edifício ALO-EST-15PAV.

Após a consideração da interação solo-estrutura observa-se uma redução do esforço cortante e do momento fletor próximo aos apoios, apesar da força normal da parede PH09, que se apoia em VB05, se manter praticamente inalterada. A redução do esforço cortante foi de 5% e 36% próximo aos apoios F08 e F09, respectivamente. Já a redução do momento fletor negativo foi de 17% e 50% nos apoios F08 e F09, nessa ordem.

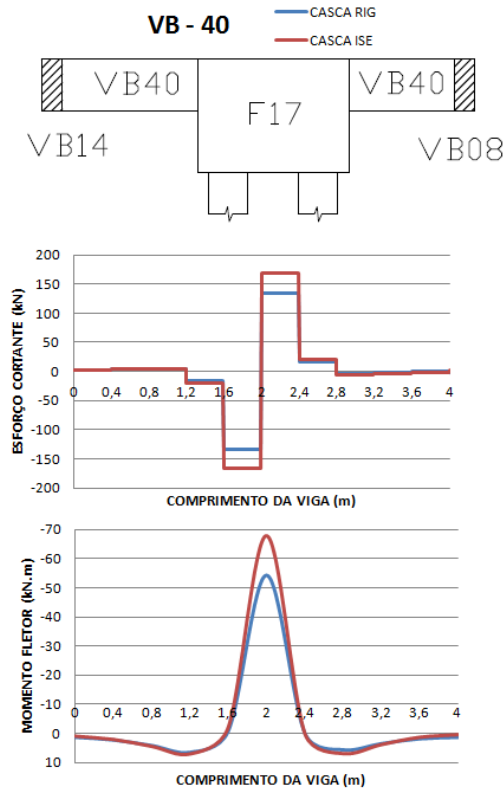


Figura A. 4 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB40 do edifício ALO-EST-15PAV.

O modelo casca ISE apresentou um aumento de 25% tanto no esforço cortante quanto no momento fletor junto ao apoio F17, decorrente do acréscimo de carga de 21% da parede PV16.

O comportamento dos gráficos das vigas VB01, VB05 e VB40 foi semelhante ao da sua respectiva viga do edifício quadrado, pois a distribuição de carga nas paredes acima foi parecida. Porém, para a viga VB56 o comportamento foi distinto, pois ocorreu um descarregamento de 13% da parede PV37, frente a um aumento de carga da respectiva parede do edifício quadrado.

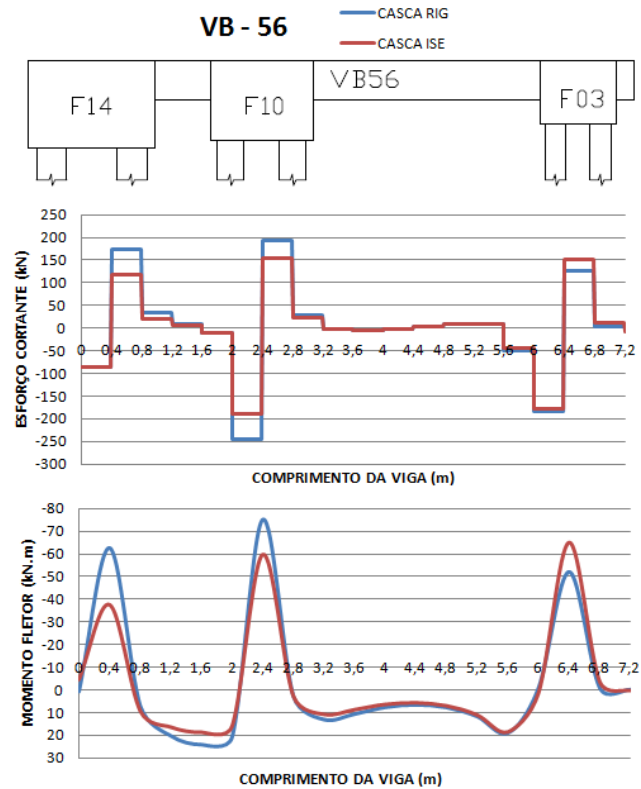


Figura A. 5 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB56 do edifício ALO-EST-15PAV.

De maneira geral, ocorreu uma redução do esforço cortante de 32% e 22% nos apoios F14 e F10, porem com um aumento de 19% no apoio F03. Os valores máximos do momento fletor negativo mantiveram o mesmo comportamento com respectiva redução de 40% e 21% nos apoios F14 e F10 e acréscimo de 24% no apoio F03. O momento fletor positivo sofreu redução ao longo de toda a viga.

A Tabela A. 2 apresenta os carregamentos das fundações do edifício ALO-EST-15PAV.

Tabela A. 2 – Carregamento das fundações do edifício ALO-EST-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	706,9	1046,9	48	-64,8	-52,1	-20	-67,7	-55,4	-18
F02	776,5	921,0	19	-68,1	-57,3	-16	73,3	39,8	-46
F03	966,3	1006,6	4	-22,2	-3,9	-83	40,9	25,7	-37
F04	797,9	1009,7	27	-69,1	-49,3	-29	75,9	56,6	-25
F05	882,7	748,0	-15	14,1	0,0	-100	-42,8	-63,7	49
F06	438,5	318,0	-27	64,5	4,8	-92	25,9	27,0	4
F07	973,0	973,0	0	0,0	0,0	-100	1,3	0,0	-100
F08	1092,0	1243,6	14	13,8	0,1	-99	-75,4	-58,8	-22
F09	488,9	409,8	-16	-67,5	-16,0	-76	61,6	29,8	-52
F10	1400,9	1047,9	-25	-2,7	0,0	-100	-90,8	-24,2	-73
F11	781,1	862,5	10	11,7	0,1	-99	70,7	62,9	-11
F12	735,2	958,2	30	54,4	38,1	-30	-73,3	-51,4	-30
F13	816,1	719,3	-12	67,5	41,3	-39	76,4	28,7	-62
F14	1071,2	748,9	-30	29,4	-3,1	-110	-83,9	0,0	-100
F15	795,5	878,4	10	-2,4	0,0	-100	58,9	48,6	-17
F16	435,7	307,0	-30	-66,5	0,0	-100	-13,1	0,0	-100
F17	1009,4	1200,2	19	-0,1	0,0	-80	-72,8	-51,3	-30
F18	432,7	340,7	-21	65,9	0,0	-100	-10,8	0,0	-100
F19	714,2	820,6	15	-31,9	-0,4	-99	-57,1	0,0	-100
F20	491,2	824,7	68	49,9	59,4	19	55,1	54,4	-1
F21	736,9	774,5	5	-54,6	-8,0	-85	-73,4	-16,4	-78
F22	817,4	634,6	-22	-67,6	-9,1	-87	76,5	22,5	-71
F23	1102,5	916,2	-17	-14,3	0,0	-100	-76,1	-50,0	-34
F24	490,3	545,0	11	67,6	24,3	-64	62,0	32,6	-47
F25	904,5	734,3	-19	-15,2	-1,0	-93	-43,4	9,2	-121
F26	478,3	445,4	-7	-72,3	-8,6	-88	25,7	13,7	-47
F27	772,5	768,1	-1	72,4	10,2	-86	71,0	15,9	-78
F28	1206,5	922,8	-24	0,0	0,0	-100	-77,2	-70,0	-9
F29	1118,2	988,4	-12	1,6	0,0	-100	73,5	37,8	-49
F30	815,2	775,7	-5	-75,6	-11,2	-85	76,3	26,7	-65
F31	903,5	764,3	-15	15,2	0,1	-99	-43,5	22,1	-151
F32	457,0	443,1	-3	73,9	16,8	-77	24,6	-98,3	-499
F33	1102,0	1151,3	4	14,3	18,1	27	-76,1	-105,4	38
F34	490,4	579,9	18	-67,7	-20,2	-70	62,0	47,1	-24
F35	736,2	776,6	5	54,5	11,3	-79	-73,4	-14,5	-80
F36	817,5	720,4	-12	67,6	10,4	-85	76,5	9,9	-87
F37	719,6	812,2	13	32,3	0,6	-98	-56,9	0,0	-100
F38	488,9	776,1	59	-49,6	-21,9	-56	54,9	27,1	-51
F39	433,1	270,9	-37	-66,0	0,0	-100	-11,0	0,0	-100
F40	1009,0	1201,6	19	0,0	0,0	-96	-72,8	-24,9	-66
F41	435,7	265,7	-39	66,5	0,0	-100	-12,9	0,0	-100
F42	1058,3	827,9	-22	-29,0	-5,5	-81	-82,9	0,0	-100
F43	790,3	815,0	3	2,4	0,0	-99	58,4	20,3	-65
F44	734,7	802,7	9	-54,3	-13,9	-74	-73,2	-21,5	-71
F45	816,6	736,6	-10	-67,6	-12,1	-82	76,4	13,5	-82
F46	1381,5	1228,0	-11	2,8	0,2	-92	-89,6	-16,7	-81
F47	774,3	818,3	6	-11,6	-0,4	-97	69,8	25,7	-63
F48	1094,6	1242,7	14	-13,9	-2,0	-86	-75,6	-25,6	-66
F49	489,8	633,9	29	67,6	27,3	-60	61,8	22,0	-64
F50	973,0	973,0	0	0,0	0,0	-100	1,4	0,0	-100
F51	904,7	785,5	-13	-15,4	-0,1	-99	-43,8	-16,5	-62
F52	453,8	541,1	19	-67,2	-9,8	-85	26,5	14,1	-47
F53	789,0	860,9	9	68,4	19,7	-71	75,0	21,7	-71
F54	951,1	873,2	-8	21,9	-0,5	-102	40,8	10,1	-75
F55	714,5	860,9	20	65,5	21,1	-68	-69,8	-21,0	-70
F56	694,8	810,6	17	73,9	24,1	-67	5,8	3,5	-39
TOTAL	44462,2	44462,2	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	17	---	---	81	---	---	70

A Figura A. 6 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical nas fundações, onde as linhas verticais ressaltam as fundações periféricas. A delimitação tracejada indica a região central do edifício.

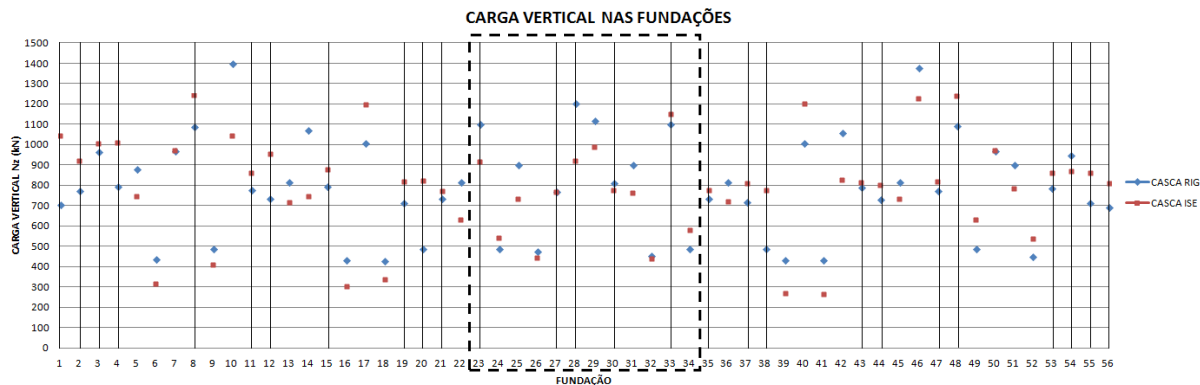


Figura A. 6 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício QUA-EST-15PAV.

De maneira geral, após a consideração dos apoios flexíveis ocorreu um acréscimo de carga nas fundações periféricas, porém os apoios da região central do edifício tiveram um comportamento diferenciado, com redução do seu carregamento, como foi o caso das fundações F23, F27, F28 e F30, ou com acréscimo de carga insignificantes, de 4%, como no apoio F33. Portanto, além da tendência de migração de carga dos apoios internos para os periféricos, observa-se uma tendência de migração de carga da região central do edifício (tracejada) para as extremidades.

Na Tabela A. 3 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE 1.0. Também são apresentadas as diferenças entre os valores do modelo casca ISE e do modelo casca RIG. Os valores de recalque nos blocos para o modelo de apoios indelocáveis são os recalques calculados na primeira iteração do programa ISE 1.0.

Tabela A. 3 – Recalque dos apoios do edifício ALO-EST-15PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	1,8	2,2	21	F29	3,5	3,1	-12
F02	2,3	2,5	6	F30	3,7	2,6	-29
F03	2,6	2,6	2	F31	4,3	2,8	-34
F04	2,1	2,3	11	F32	3,5	2,8	-20
F05	2,9	2,8	-5	F33	3,1	2,8	-9
F06	2,9	2,8	-4	F34	2,8	2,6	-6
F07	2,7	2,7	0	F35	3,1	2,7	-12
F08	2,4	2,5	7	F36	3,8	2,8	-26
F09	2,8	2,8	-2	F37	2,5	2,7	9
F10	3,3	2,9	-13	F38	1,4	2,2	58
F11	2,3	2,4	3	F39	4,9	2,9	-41
F12	2,2	2,4	8	F40	2,4	2,7	11
F13	2,9	2,7	-5	F41	5,2	2,9	-43
F14	3,6	2,9	-18	F42	4,2	2,8	-33
F15	2,3	2,4	3	F43	2,4	2,5	4
F16	3,5	2,9	-16	F44	2,5	2,5	3
F17	2,5	2,7	6	F45	3,2	2,6	-18
F18	3,2	2,8	-13	F46	3,5	2,8	-20
F19	2,5	2,7	6	F47	2,5	2,5	4
F20	1,8	2,0	16	F48	2,2	2,7	23
F21	3,2	2,7	-14	F49	2,3	2,3	1
F22	4,4	2,9	-33	F50	3,4	3,3	-1
F23	3,5	3,1	-12	F51	3,2	2,7	-17
F24	3,1	2,8	-10	F52	2,4	2,4	-3
F25	4,3	3,1	-28	F53	2,3	2,5	10
F26	3,9	2,9	-26	F54	3,1	2,8	-11
F27	3,4	2,8	-17	F55	1,9	2,4	25
F28	3,9	3,1	-19	F56	2,2	2,5	13

A Tabela A. 4 apresenta algumas informações necessárias para a análise dos recalques do edifício ALO-EST-15PAV.

Tabela A. 4 – Informações complementares sobre os recalques do edifício ALO-EST-15PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	5,2	3,3	-35
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	3,8	1,3	-66
RECALQUE MÉDIO (mm)	3,0	2,7	-10
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	27	9	-65

As Figuras A. 7 e A. 8 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

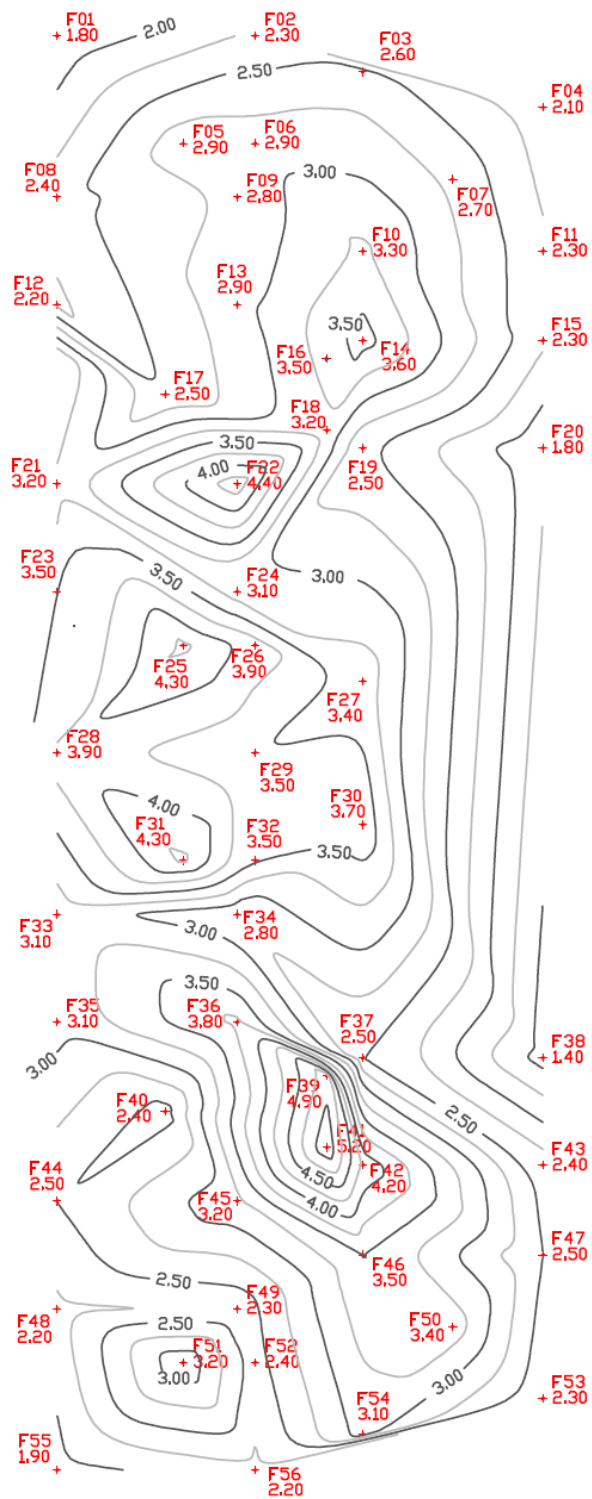


Figura A. 7 – Curvas isorecalque do edifício ALO-EST-15PAV modelado com os apoios indeslocáveis.

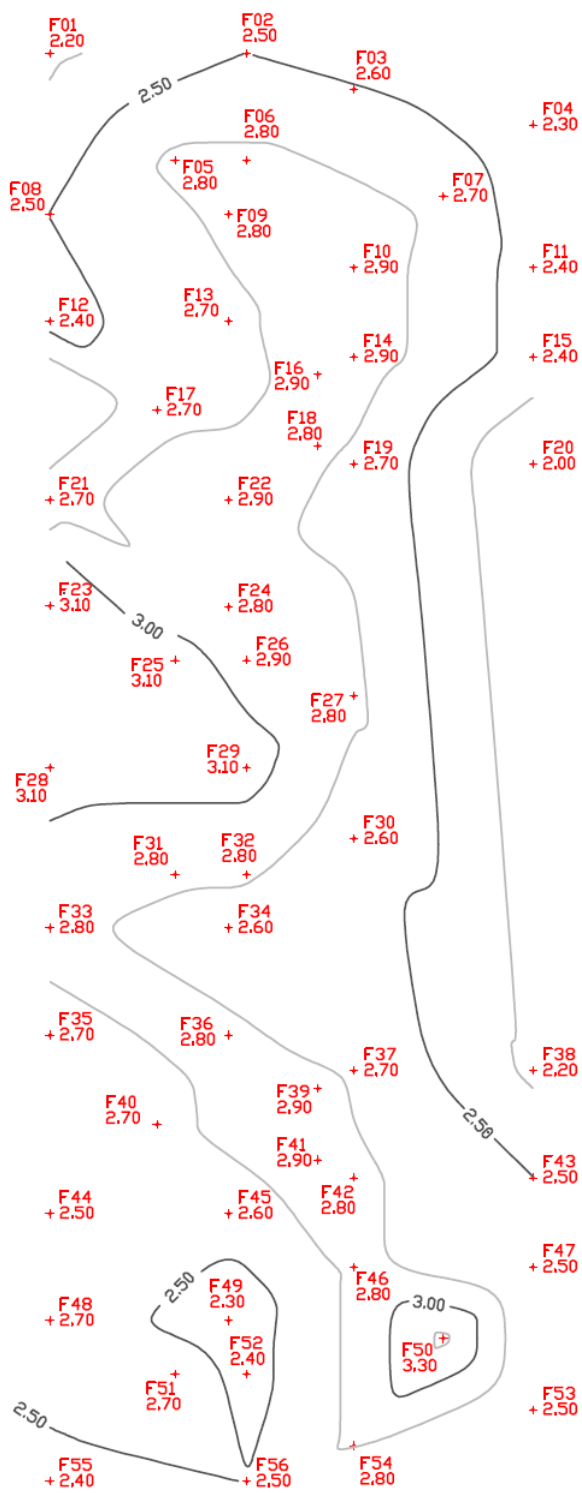


Figura A. 8 – Curvas isorecalque do edifício ALO-EST-15PAV modelado com os apoios flexíveis.



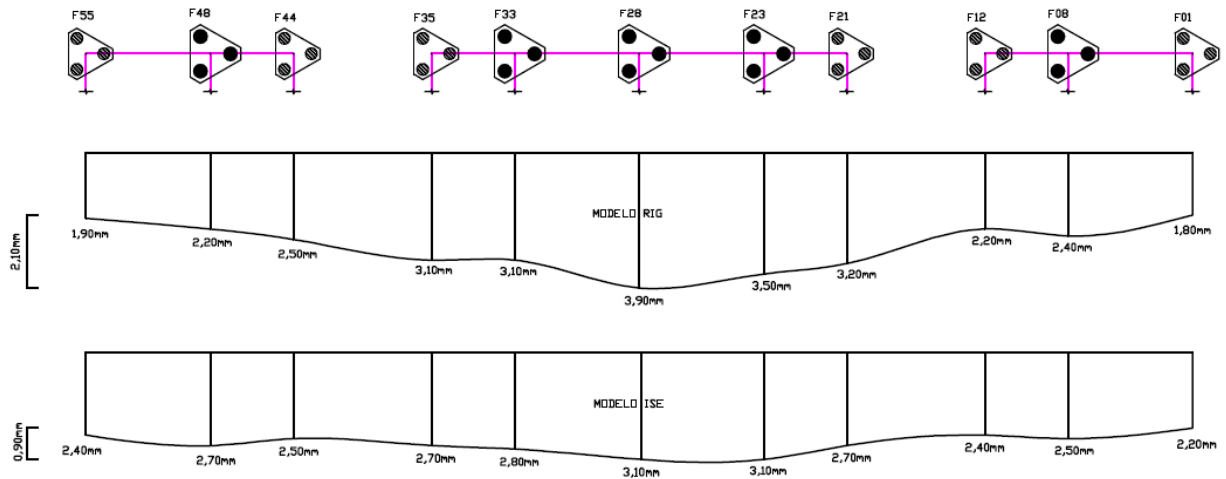


Figura A. 9 – Corte na região periférica.

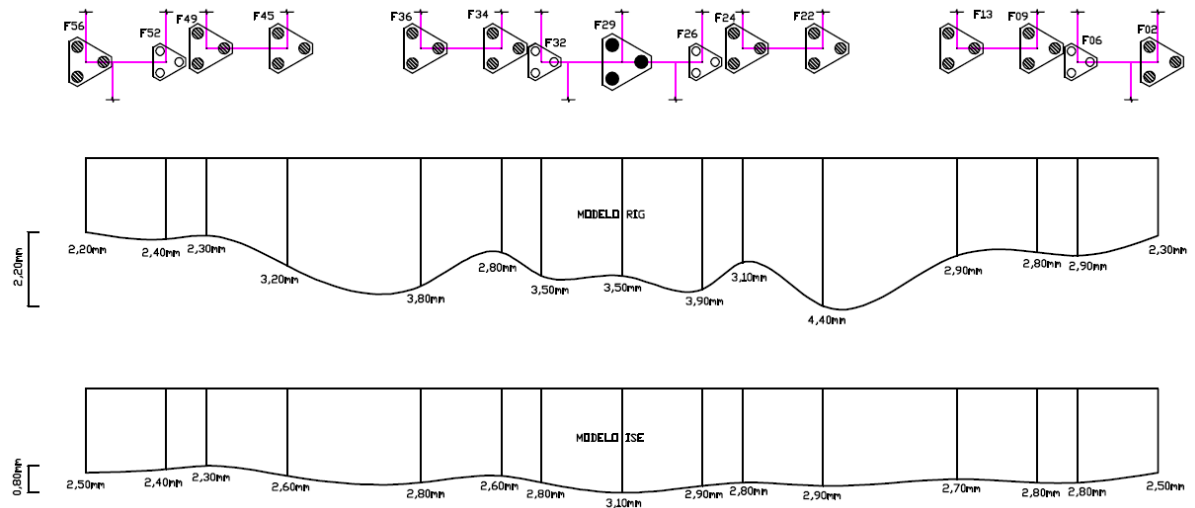


Figura A. 10 – Corte na região interna.

Quando se observam as curvas de isorecalque do modelo casca ISE, fica claro que a consideração da interação solo-estrutura gera uma tendência de uniformização dos recalques, resultando em um coeficiente de variação de apenas 9%. A grande redução do recalque máximo e recalque diferencial máximo, de 35% e 66%, respectivamente, também evidenciam esse comportamento.

Ao observar os cortes apresentados nas Figuras A. 9 e A. 10 fica evidente a tendência de uniformização do recalque causada pela consideração da interação solo-estrutura. No corte periférico (A. 9) o recalque diferencial passou de 2,1mm para 0,9mm, o corte interno (A. 10) apresentou redução semelhante, passando de 2,2mm para 0,8mm. Ao analisar a média dos valores ao longo do corte interno (3,1mm para o modelo casca RIG e

2,7mm para o modelo casca ISE) observa-se que os apoios mais carregados (internos) cedem carga para os menos carregados.

## SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/SIMP

Na Tabela A. 5 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) das paredes do edifício.

Tabela A. 5 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício ALO-EST-15PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	444,5	429,7	-3	383,3	-14	PH47	225,7	254,4	13	265,1	17
PH02	49,9	44,4	-11	30,1	-40	PILAR 01	945,0	945,0	0	945,0	0
PH03	244,1	262,0	7	261,0	7	PILAR 02	945,0	945,0	0	945,0	0
PH04	51,9	65,8	27	63,1	21	PV01	448,6	425,1	-5	444,1	-1
PH05	201,3	187,8	-7	180,8	-10	PV02	649,7	619,2	-5	661,4	2
PH06	39,8	33,0	-17	94,1	136	PV03	374,2	358,9	-4	353,9	-5
PH07	525,8	535,0	2	503,2	-4	PV04	357,3	358,1	0	332,1	-7
PH08	299,7	280,7	-6	314,6	5	PV05	557,1	583,0	5	590,7	6
PH09	541,6	496,8	-8	510,6	-6	PV06	579,2	588,9	2	663,9	15
PH10	160,2	182,3	14	199,0	24	PV07	466,4	468,7	1	518,1	11
PH11	132,0	163,0	24	153,6	16	PV08	350,0	347,0	-1	323,7	-8
PH12	157,4	152,8	-3	166,8	6	PV09	425,1	388,1	-9	342,5	-19
PH13	895,2	853,2	-5	848,3	-5	PV10	636,1	609,7	-4	583,8	-8
PH14	313,3	334,3	7	355,0	13	PV11	526,4	493,0	-6	431,9	-18
PH15	115,9	87,2	-25	99,9	-14	PV12	12,3	10,1	-18	6,7	-45
PH16	549,8	545,2	-1	536,1	-3	PV13	441,8	484,6	10	478,1	8
PH17	47,7	69,6	46	109,4	130	PV14	17,4	15,0	-14	16,9	-2
PH18	45,5	66,9	47	79,4	74	PV15	19,5	16,7	-14	19,3	-1
PH19	237,7	199,5	-16	154,4	-35	PV16	428,7	472,8	10	449,1	5
PH20	760,9	759,2	0	709,0	-7	PV17	12,9	9,4	-27	7,3	-44
PH21	453,0	449,2	-1	452,1	0	PV18	541,6	529,7	-2	547,9	1
PH22	257,3	270,8	5	252,8	-2	PV19	1057,4	996,5	-6	993,8	-6
PH23	467,8	460,3	-2	426,5	-9	PV20	496,3	425,6	-14	561,3	13
PH24	650,2	657,4	1	664,0	2	PV21	887,3	882,4	-1	832,2	-6
PH25	487,0	517,2	6	473,5	-3	PV22	805,1	835,4	4	770,1	-4
PH26	190,5	221,4	16	254,6	34	PV23	742,1	783,0	6	723,3	-3
PH27	571,7	500,9	-12	508,7	-11	PV24	692,4	717,9	4	802,4	16
PH28	798,4	793,8	-1	734,6	-8	PV25	854,1	824,9	-3	784,1	-8
PH29	50,6	65,5	29	108,1	114	PV26	400,8	373,8	-7	320,1	-20
PH30	33,8	51,5	52	77,7	130	PV27	330,9	396,7	20	418,1	26
PH31	227,1	196,4	-14	207,3	-9	PV28	332,2	368,7	11	318,0	-4
PH32	522,8	510,1	-2	519,7	-1	PV29	680,5	755,9	11	754,6	11
PH33	316,1	328,0	4	313,4	-1	PV30	473,7	523,9	11	538,8	14
PH34	97,5	80,2	-18	70,2	-28	PV31	554,5	635,0	15	719,1	30
PH35	826,7	794,9	-4	793,4	-4	PV32	1865,2	1867,5	0	1839,5	-1
PH36	180,2	165,7	-8	164,2	-9	PV33	600,8	617,3	3	651,2	8
PH37	187,9	200,5	7	198,2	5	PV34	377,7	408,3	8	372,5	-1
PH38	91,8	115,9	26	122,7	34	PV35	557,1	473,6	-15	385,3	-31
PH39	531,7	508,1	-4	523,1	-2	PV36	627,4	658,6	5	678,6	8
PH40	306,3	304,9	0	297,6	-3	PV37	1791,9	1755,1	-2	1867,5	4
PH41	34,7	33,0	-5	34,6	0	PV38	21,1	18,1	-14	16,8	-20
PH42	450,7	453,7	1	478,5	6	PV39	21,7	18,8	-14	21,7	0
PH43	33,4	38,6	15	51,4	54	PV40	2287,4	2270,5	-1	2333,8	2
PH44	175,4	162,3	-7	161,7	-8	PV41	2408,7	2349,2	-2	2232,1	-7
PH45	376,1	374,1	-1	386,6	3	SOMA	41996,2	41916,3	---	41913,9	---
PH46	37,3	35,0	-6	26,1	-30	MÉDIA	---	---	9	---	17

O modelo misto ISE apresentou média do desvio absoluto de 9%, onde 46% dos resultados encontram-se na faixa ótima, 43% na faixa boa e 11% na faixa ruim. Das paredes fora do limite aceitável a maioria apresentam valores baixos, onde pequenas diferenças geram grandes desvios. O modelo misto SIMP apresentou média do desvio absoluto de 17%, próximo ao limite aceitável, onde 37% das paredes são consideradas ótimas, 39% boas e 24% ruins.

Analisando os diagramas de esforço normal ao longo das paredes (Figura A. 11) atesta-se a qualidade dos modelos simplificados, pois a maioria das paredes apresentadas mostram uma boa convergência dos gráficos. As maiores divergências encontram-se nos dois primeiros pavimentos, evidenciado que a influência do valor utilizado para o coeficiente de mola ocorre nesta região.

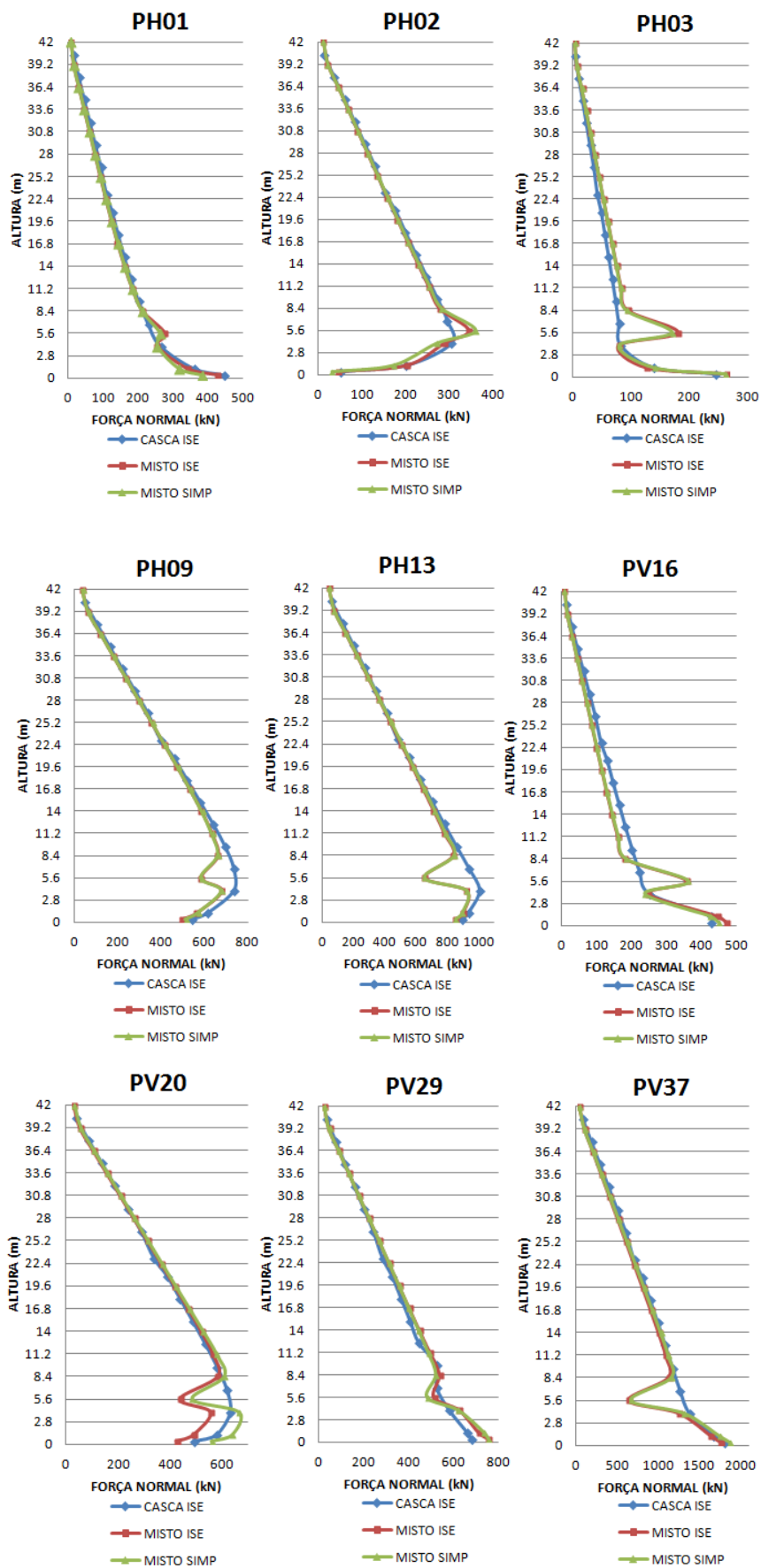


Figura A. 11 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício ALO-EST-15PAV.

A Tabela A. 6 apresenta os carregamentos da fundação do modelo misto ISE.

Tabela A. 6 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-EST-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	1046,9	984,7	-6	-52,1	-55,5	7	-55,4	-63,6	15
F02	921,0	925,6	0	-57,3	-56,4	-2	39,8	43,7	10
F03	1006,6	870,9	-13	-3,9	-0,1	-97	25,7	31,3	21
F04	1009,7	1026,3	2	-49,3	-51,2	4	56,6	57,2	1
F05	748,0	794,9	6	0,0	0,0	0	-63,7	-126,7	99
F06	318,0	270,1	-15	4,8	16,0	230	27,0	24,5	-9
F07	973,0	973,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	1243,6	1158,0	-7	0,0	0,0	0	-58,8	-63,0	7
F09	409,8	429,5	5	-16,0	-21,1	32	29,8	32,0	7
F10	1047,9	1086,8	4	0,0	0,0	0	-24,2	-32,9	36
F11	862,5	870,3	1	0,0	0,0	0	62,9	75,1	19
F12	958,2	869,7	-9	38,1	40,4	6	-51,4	-59,2	15
F13	719,3	748,3	4	41,3	45,2	9	28,7	28,2	-2
F14	748,9	776,8	4	-3,1	-3,9	27	0,0	0,0	0
F15	878,4	867,6	-1	0,0	0,0	0	48,6	56,8	17
F16	307,0	340,5	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F17	1200,2	1212,6	1	0,0	0,0	0	-51,3	-59,7	16
F18	340,7	374,1	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F19	820,6	906,3	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F20	824,7	790,6	-4	59,4	61,0	3	54,4	67,9	25
F21	774,5	754,0	-3	-8,0	-11,1	39	-16,4	-22,7	38
F22	634,6	668,4	5	-9,1	-10,9	20	22,5	17,6	-22
F23	916,2	885,1	-3	0,0	0,0	0	-50,0	-51,5	3
F24	545,0	579,5	6	24,3	31,2	29	32,6	37,0	13
F25	734,3	745,7	2	-1,0	-0,8	-20	9,2	-4,3	-147
F26	445,4	475,4	7	-8,6	-11,1	29	13,7	12,9	-5
F27	768,1	806,2	5	10,2	11,5	13	15,9	16,8	6
F28	922,8	903,9	-2	0,0	0,0	0	-70,0	-49,7	-29
F29	988,4	1074,2	9	0,0	0,0	0	37,8	37,7	0
F30	775,7	817,5	5	-11,2	-11,0	-2	26,7	17,6	-34
F31	764,3	747,4	-2	0,0	0,0	0	22,1	-12,0	-154
F32	443,1	489,8	11	16,8	17,2	2	-98,3	-12,1	-88
F33	1151,3	1088,5	-5	18,1	2,0	-89	-105,4	-39,3	-63
F34	579,9	604,7	4	-20,2	-26,4	31	47,1	43,7	-7
F35	776,6	763,5	-2	11,3	12,4	10	-14,5	-16,9	16
F36	720,4	742,3	3	10,4	9,8	-6	9,9	10,2	3
F37	812,2	862,4	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F38	776,1	769,5	-1	-21,9	-24,2	10	27,1	34,2	26
F39	270,9	286,5	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F40	1201,6	1202,4	0	0,0	0,0	0	-24,9	-31,2	25
F41	265,7	281,8	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	827,9	832,8	1	-5,5	-3,4	-38	0,0	0,0	0
F43	815,0	816,8	0	0,0	0,0	0	20,3	23,6	16
F44	802,7	759,0	-5	-13,9	-14,8	6	-21,5	-24,0	12
F45	736,6	738,0	0	-12,1	-13,5	11	13,5	13,3	-1
F46	1228,0	1197,1	-3	0,0	0,0	0	-16,7	-21,1	26
F47	818,3	824,6	1	0,0	0,0	0	25,7	31,2	21
F48	1242,7	1164,9	-6	-2,0	-2,2	9	-25,6	-49,1	92
F49	633,9	629,4	-1	27,3	32,5	19	22,0	20,5	-7
F50	973,0	973,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	785,5	776,9	-1	0,0	0,0	0	-16,5	-14,7	-10
F52	541,1	541,8	0	-9,8	-11,8	20	14,1	13,6	-3
F53	860,9	867,5	1	19,7	21,2	7	21,7	22,1	2
F54	873,2	860,2	-1	-0,5	-0,7	24	10,1	10,5	3
F55	860,9	823,5	-4	21,1	21,8	3	-21,0	-23,4	11
F56	810,6	825,7	2	24,1	23,7	-2	3,5	15,8	350
TOTAL	40515,6	40538,0	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	4	---	---	15	---	---	27

A Tabela A. 7 apresenta os carregamentos da fundação do modelo misto SIMP.

Tabela A. 7 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-EST-15PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	1046,9	874,1	-17	-52,1	-56,4	8	-55,4	-70,6	27
F02	921,0	902,6	-2	-57,3	-58,7	2	39,8	43,3	9
F03	1006,6	966,7	-4	-3,9	-6,5	68	25,7	25,0	-3
F04	1009,7	967,9	-4	-49,3	-52,2	6	56,6	64,8	14
F05	748,0	839,9	12	0,0	0,0	0	-63,7	-41,7	-35
F06	318,0	413,9	30	4,8	18,5	282	27,0	13,5	-50
F07	973,0	973,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	1243,6	1109,5	-11	0,0	0,0	0	-58,8	-63,4	8
F09	409,8	498,4	22	-16,0	-38,0	137	29,8	36,9	24
F10	1047,9	1183,4	13	0,0	0,0	0	-24,2	-34,8	44
F11	862,5	861,5	0	0,0	0,0	0	62,9	70,7	12
F12	958,2	768,6	-20	38,1	37,2	-2	-51,4	-60,0	17
F13	719,3	825,2	15	41,3	39,5	-4	28,7	31,6	10
F14	748,9	863,9	15	-3,1	3,4	-210	0,0	0,0	0
F15	878,4	869,6	-1	0,0	0,0	0	48,6	55,5	14
F16	307,0	397,7	30	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F17	1200,2	1154,7	-4	0,0	0,0	0	-51,3	-62,4	22
F18	340,7	419,6	23	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F19	820,6	915,5	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F20	824,7	658,9	-20	59,4	63,8	7	54,4	74,0	36
F21	774,5	708,0	-9	-8,0	-15,6	96	-16,4	-31,6	92
F22	634,6	620,8	-2	-9,1	-9,4	3	22,5	10,9	-51
F23	916,2	979,1	7	0,0	0,0	0	-50,0	-50,3	1
F24	545,0	513,2	-6	24,3	26,3	8	32,6	19,9	-39
F25	734,3	726,5	-1	-1,0	-1,1	9	9,2	-6,5	-171
F26	445,4	411,2	-8	-8,6	-6,2	-27	13,7	13,4	-2
F27	768,1	759,0	-1	10,2	13,3	31	15,9	10,6	-33
F28	922,8	1000,7	8	0,0	0,0	0	-70,0	-33,3	-52
F29	988,4	1103,9	12	0,0	0,0	0	37,8	17,5	-54
F30	775,7	739,5	-5	-11,2	-12,5	11	26,7	15,2	-43
F31	764,3	736,7	-4	0,0	0,0	0	22,1	-6,2	-128
F32	443,1	437,3	-1	16,8	12,9	-23	-98,3	2,9	-103
F33	1151,3	1109,3	-4	18,1	4,2	-77	-105,4	-47,3	-55
F34	579,9	554,7	-4	-20,2	-23,5	16	47,1	48,0	2
F35	776,6	700,5	-10	11,3	14,3	27	-14,5	-17,7	22
F36	720,4	693,4	-4	10,4	11,0	6	9,9	8,8	-11
F37	812,2	894,5	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F38	776,1	793,5	2	-21,9	-43,0	96	27,1	71,8	165
F39	270,9	294,5	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F40	1201,6	1207,2	0	0,0	0,0	0	-24,9	-45,5	83
F41	265,7	286,8	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F42	827,9	768,3	-7	-5,5	-1,3	-76	0,0	0,0	0
F43	815,0	856,7	5	0,0	0,0	0	20,3	24,1	19
F44	802,7	753,0	-6	-13,9	-17,6	26	-21,5	-32,3	51
F45	736,6	731,4	-1	-12,1	-15,2	25	13,5	16,5	22
F46	1228,0	1183,1	-4	0,0	0,0	0	-16,7	-23,2	39
F47	818,3	842,8	3	0,0	0,0	0	25,7	34,0	32
F48	1242,7	1241,7	0	-2,0	-5,1	158	-25,6	-49,2	92
F49	633,9	572,4	-10	27,3	34,0	25	22,0	21,0	-5
F50	973,0	973,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	785,5	790,3	1	0,0	0,0	0	-16,5	-10,0	-39
F52	541,1	490,8	-9	-9,8	-13,0	33	14,1	18,2	30
F53	860,9	919,2	7	19,7	23,0	17	21,7	20,4	-6
F54	873,2	891,0	2	0,0	0,0	0	10,1	9,4	-7
F55	860,9	856,7	0	21,1	26,6	26	-21,0	-24,5	17
F56	810,6	851,3	5	24,1	22,3	-7	3,5	16,9	380
TOTAL	40515,6	40447,6	0	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	8	---	---	28	---	---	39

O modelo misto ISE apresentou ótima aproximação, quando avaliados os carregamentos verticais aplicados na fundação, com apenas 4% de desvio médio absoluto. O modelo não apresentou nenhum resultado acima do limite aceitável, com 70% dentro da faixa ótima e 30% da faixa boa.

O modelo misto SIMP apesar de apresentar maior média no desvio absoluto, com 8%, também se mostrou adequado nas comparações dos carregamentos verticais, apresentando 50% das fundações na faixa ótima, 39% na faixa boa e apenas 11% na faixa ruim.

Os momentos aplicados apresentaram acentuados desvios em seus valores, principalmente o modelo misto SIMP, porém apresentaram a mesma tendência de zerar os mesmos valores que o modelo de referência.

Na Tabela A. 8 apresentam-se os recalques verticais dos blocos de fundação estimados com o auxílio do programa ISE 1.0. Também são apresentadas as diferenças entre os valores dos modelos misto ISE e misto SIMP em relação ao modelo de referência.

Tabela A. 8 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício ALO-EST-15PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	2,2	2,1	-4	2,0	-8	F29	3,1	3,1	3	3,2	4
F02	2,5	2,5	1	2,5	1	F30	2,6	2,9	13	2,6	1
F03	2,6	2,3	-12	2,2	-14	F31	2,8	3,1	11	3,1	8
F04	2,3	2,4	2	2,3	-1	F32	2,8	2,9	3	2,8	-1
F05	2,8	2,8	0	2,8	3	F33	2,8	2,9	4	2,9	3
F06	2,8	2,8	1	2,9	4	F34	2,6	2,7	4	2,6	0
F07	2,7	2,7	0	2,8	1	F35	2,7	2,6	-4	2,4	-10
F08	2,5	2,4	-4	2,4	-6	F36	2,8	2,9	2	2,7	-4
F09	2,8	2,8	1	2,8	3	F37	2,7	2,9	8	3,0	12
F10	2,9	2,9	2	3,0	5	F38	2,2	2,2	-1	2,4	7
F11	2,4	2,5	2	2,4	0	F39	2,9	3,1	7	3,2	10
F12	2,4	2,3	-4	2,2	-7	F40	2,7	2,7	-1	2,7	0
F13	2,7	2,8	1	2,8	4	F41	2,9	3,1	6	3,2	8
F14	2,9	3,0	2	3,1	6	F42	2,8	2,8	0	2,6	-8
F15	2,4	2,4	0	2,4	0	F43	2,5	2,5	0	2,7	7
F16	2,9	3,1	5	3,3	13	F44	2,5	2,3	-9	2,3	-9
F17	2,7	2,7	0	2,6	-2	F45	2,6	2,6	0	2,6	-1
F18	2,8	3,0	5	3,2	11	F46	2,8	2,9	4	2,7	-4
F19	2,7	2,8	6	2,8	6	F47	2,5	2,6	1	2,6	4
F20	2,0	2,0	0	1,9	-6	F48	2,7	2,4	-9	2,5	-7
F21	2,7	2,7	-1	2,6	-5	F49	2,3	2,3	-1	2,2	-6
F22	2,9	3,1	6	2,9	0	F50	3,3	3,3	0	3,3	0
F23	3,1	3,1	-1	3,2	2	F51	2,7	2,6	-3	2,7	1
F24	2,8	2,7	0	2,6	-4	F52	2,4	2,4	0	2,3	-4
F25	3,1	3,1	0	3,0	-3	F53	2,5	2,6	1	2,7	9
F26	2,9	2,9	2	2,8	-3	F54	2,8	2,7	-3	2,8	2
F27	2,8	3,0	7	2,8	0	F55	2,4	2,2	-10	2,4	-2
F28	3,1	3,1	0	3,2	3	F56	2,5	2,5	2	2,6	7

Tabela A. 9 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício ALO-EST-15PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	3,3	3,3	0	3,3	0
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	1,3	1,3	0	1,4	10
RECALQUE MÉDIO (mm)	2,7	2,7	0	2,7	0
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	9	11	22	12	31

O modelo misto ISE apresentou ótimos resultados nas comparações dos recalques das fundações, apresentando os mesmos valores para o recalque médio, máximo e diferencial máximo. Além disso, quando se compara os recalques absolutos, o modelo apresenta 79% dos resultados na faixa ótima e 21% na faixa boa.

O modelo misto SIMP, apesar das maiores divergências encontradas, também apresentou boa qualidade em seus resultados, com 61% na faixa ótima e 39% na faixa boa. Além disso, os valores de recalque médio e máximo são idênticos ao modelo de referência, e apresentou apenas divergência de 10% no recalque diferencial máximo.

A Figura A. 12 apresentam a comparação das curvas isorecalque entre o modelo misto ISE e o modelo casca ISE. E a Figura A. 13 apresenta a comparação das curvas isorecalque entre o modelo misto SIMP e o modelo casca ISE.

Ao avaliar as curvas isorecalque atesta-se a boa representabilidade dos modelos simplificados, pois as curvas apresentaram boa convergência quando comparadas com o modelo de referência.



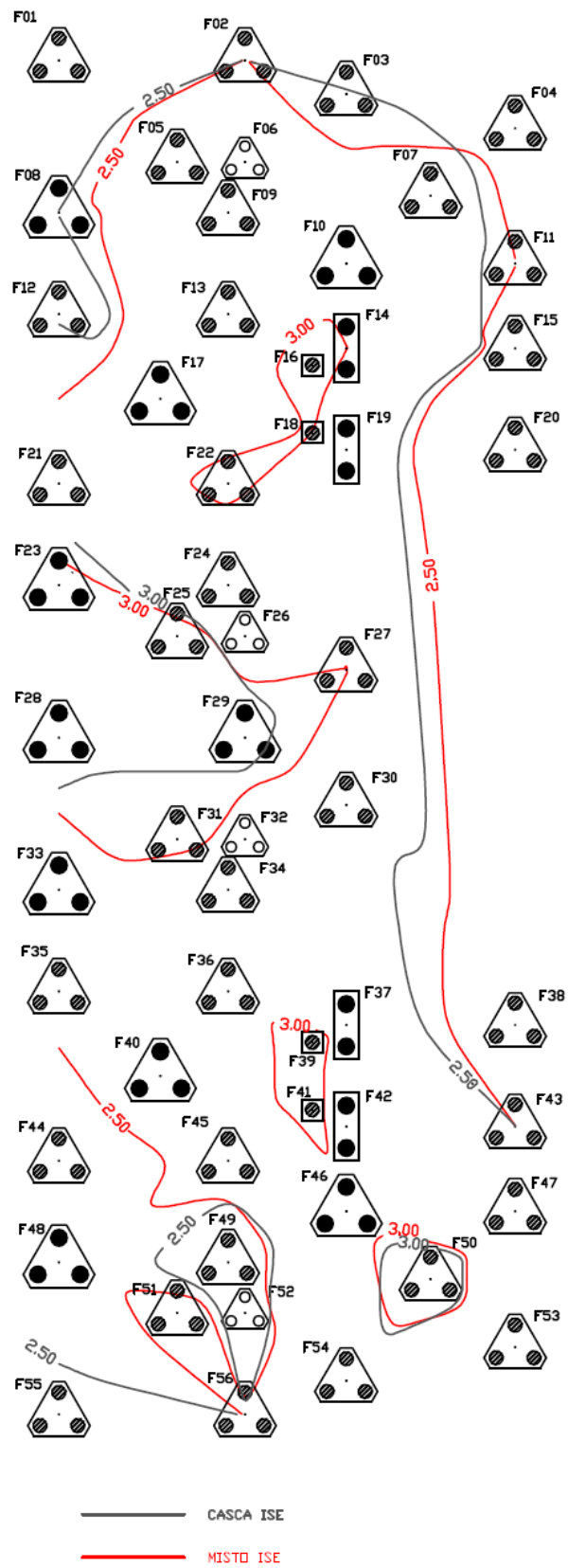


Figura A. 12 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-EST-15PAV.

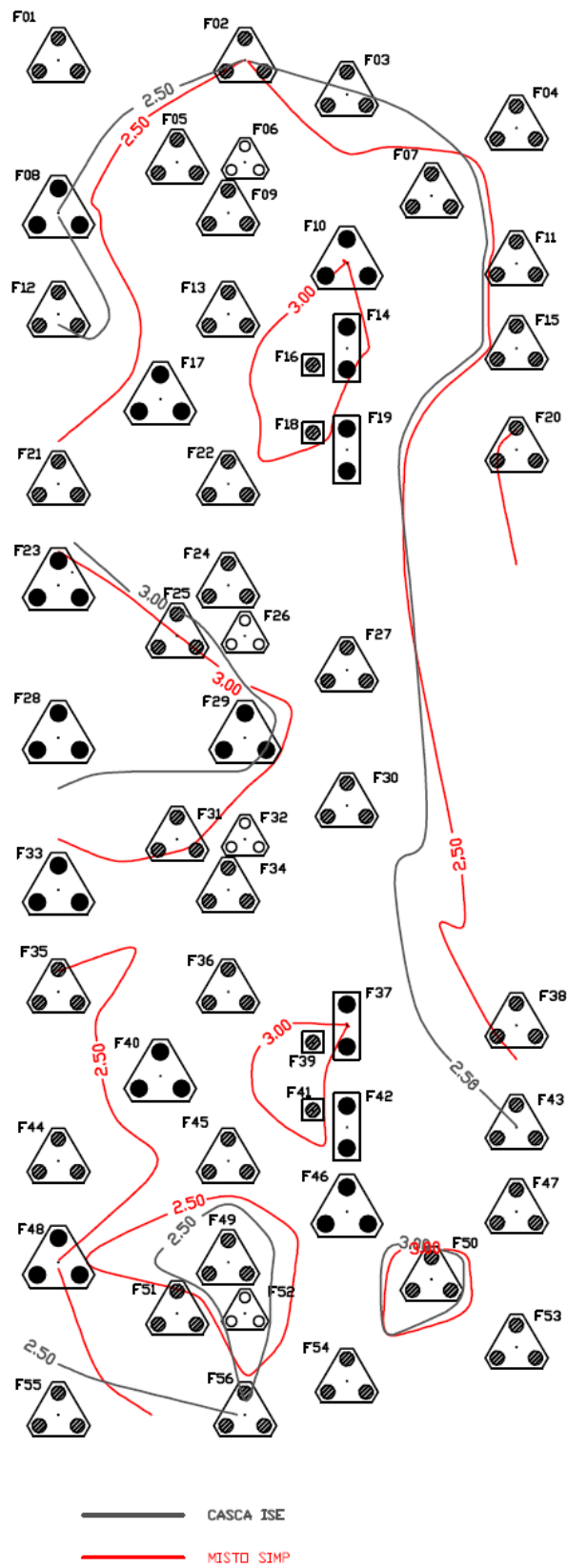


Figura A. 13 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-EST-15PAV.

**APÊNDICE B – RESULTADOS E ANÁLISES DO EDIFÍCIO ALO-SAP-5PAV**

**PRIMEIRA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA RIG X CASCA ISE**

Na Tabela B. 1 foram comparados os esforços normais (ao nível da fundação) nas paredes do edifício.

Tabela B. 1 – Força normal nas paredes (ao nível da fundação) do edifício ALO-SAP-5PAV, em KN.

PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
PH01	93,4	109,6	17	PH47	60,7	99,5	64
PH02	9,9	6,2	-38	PILAR 01	315,0	315,0	0
PH03	65,6	87,8	34	PILAR 02	315,0	315,0	0
PH04	17,2	19,7	14	PV01	115,5	154,1	33
PH05	74,6	67,3	-10	PV02	181,6	172,6	-5
PH06	13,9	12,9	-7	PV03	103,1	91,2	-11
PH07	145,6	176,1	21	PV04	103,0	185,8	80
PH08	108,1	87,6	-19	PV05	182,7	273,6	50
PH09	178,6	179,8	1	PV06	242,5	202,2	-17
PH10	92,4	67,7	-27	PV07	183,2	144,5	-21
PH11	49,1	75,9	54	PV08	103,4	145,7	41
PH12	81,3	63,7	-22	PV09	103,0	142,5	38
PH13	278,7	340,2	22	PV10	181,3	229,8	27
PH14	31,7	39,2	24	PV11	114,1	165,3	45
PH15	49,2	43,2	-12	PV12	4,8	9,7	100
PH16	194,6	194,8	0	PV13	126,6	73,3	-42
PH17	9,7	8,9	-9	PV14	4,8	-11,1	-330
PH18	13,2	15,1	14	PV15	4,8	11,1	131
PH19	50,5	103,7	105	PV16	126,4	133,6	6
PH20	279,7	321,6	15	PV17	4,8	3,0	-38
PH21	180,0	177,4	-1	PV18	203,7	152,2	-25
PH22	110,2	87,5	-21	PV19	399,1	398,0	0
PH23	188,5	236,2	25	PV20	200,1	157,7	-21
PH24	261,9	188,2	-28	PV21	274,2	190,3	-31
PH25	243,3	321,5	32	PV22	274,4	387,5	41
PH26	109,3	95,2	-13	PV23	273,7	190,6	-30
PH27	179,6	210,6	17	PV24	273,4	245,9	-10
PH28	279,3	511,0	83	PV25	253,0	230,9	-9
PH29	9,4	18,6	99	PV26	95,9	85,5	-11
PH30	13,2	7,8	-41	PV27	127,0	116,0	-9
PH31	51,0	96,5	89	PV28	127,0	98,8	-22
PH32	195,3	116,6	-40	PV29	243,0	228,0	-6
PH33	31,4	19,7	-37	PV30	255,7	184,6	-28
PH34	49,5	42,3	-14	PV31	254,1	333,7	31
PH35	279,4	190,6	-32	PV32	593,8	448,3	-25
PH36	79,8	38,9	-51	PV33	46,7	-54,8	-217
PH37	90,6	79,1	-13	PV34	173,3	245,8	42
PH38	48,6	39,0	-20	PV35	182,7	253,6	39
PH39	179,2	124,4	-31	PV36	41,6	96,7	133
PH40	111,0	55,8	-50	PV37	609,8	499,3	-18
PH41	13,4	11,4	-15	PV38	1,9	-1,0	-150
PH42	142,5	170,5	20	PV39	1,9	1,0	-48
PH43	17,8	15,2	-15	PV40	714,4	755,4	6
PH44	71,8	66,3	-8	PV41	716,3	854,4	19
PH45	93,5	126,1	35	SOMA	13787,4	14037,8	---
PH46	8,0	16,3	104	MÉDIA	---	---	38

Observa-se uma acentuada redistribuição dos esforços entre as paredes do edifício, apresentando média do desvio absoluto de 38%, semelhante ao respectivo edifício com 10 pavimentos (ALO-SAP-10PAV).

A Figura B. 1 apresenta os diagramas de força normal das paredes PH01, PH02, PH03, PH09, PH13, PV16, PV20, PV29 e PV37. Os valores percentuais indicam as diferenças das forças normais entre os modelos casca RIG e casca ISE.

Comparando os gráficos de força normal das paredes dos modelos de 10 e 5 pavimentos, observa-se que a redução de pavimentos não afetou de forma significativa a distribuição dos esforços ao longo da parede, pois os desvios apresentados para os dois modelos são semelhantes.

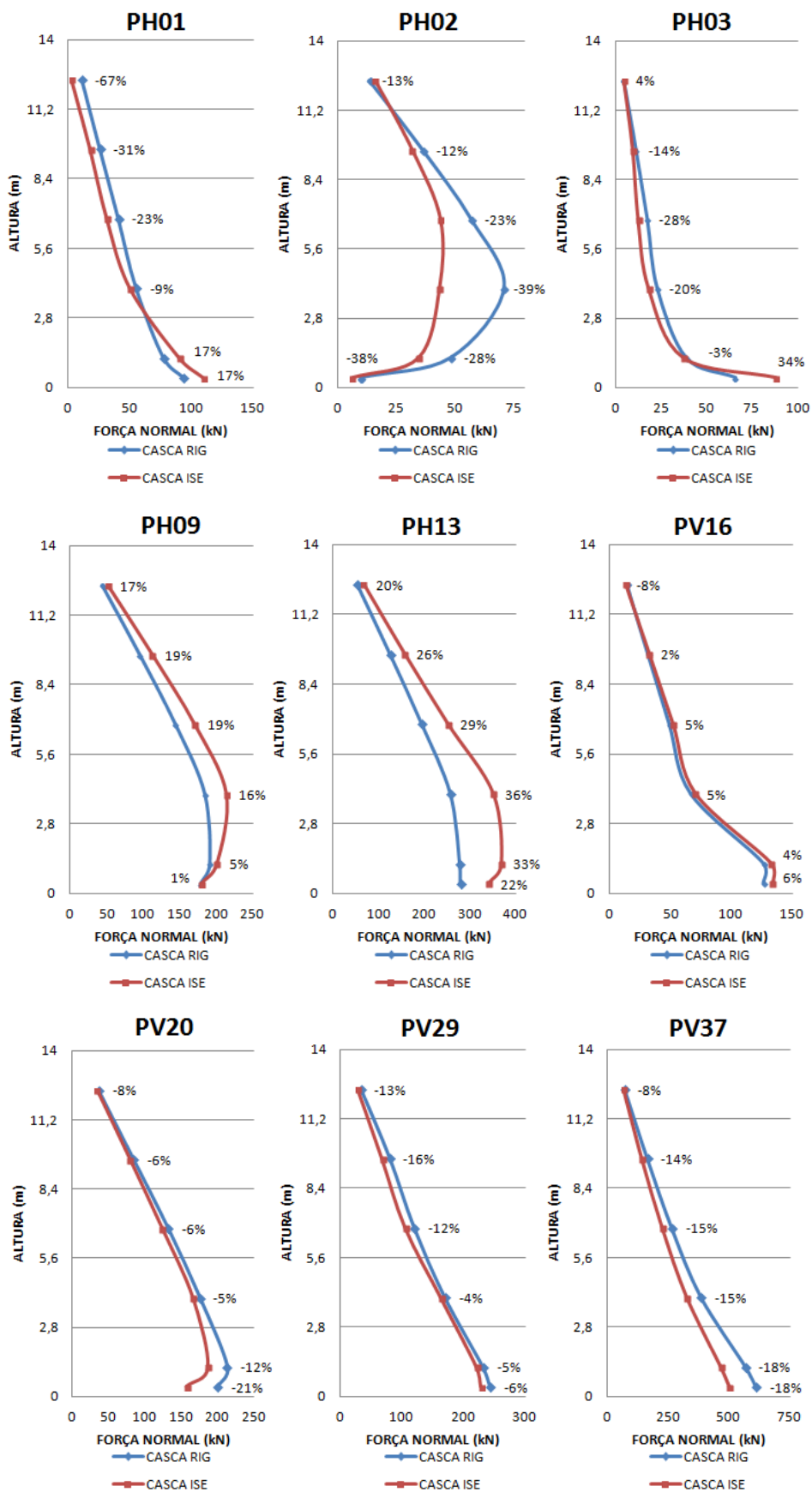


Figura B. 1 – Diagrama de força normal das paredes do edifício ALO-SAP-5PAV.

Na sequencia são avaliados os efeitos da interação solo-estrutura nos esforços das vigas baldrame VB01, VB05, VB40 e VB54.

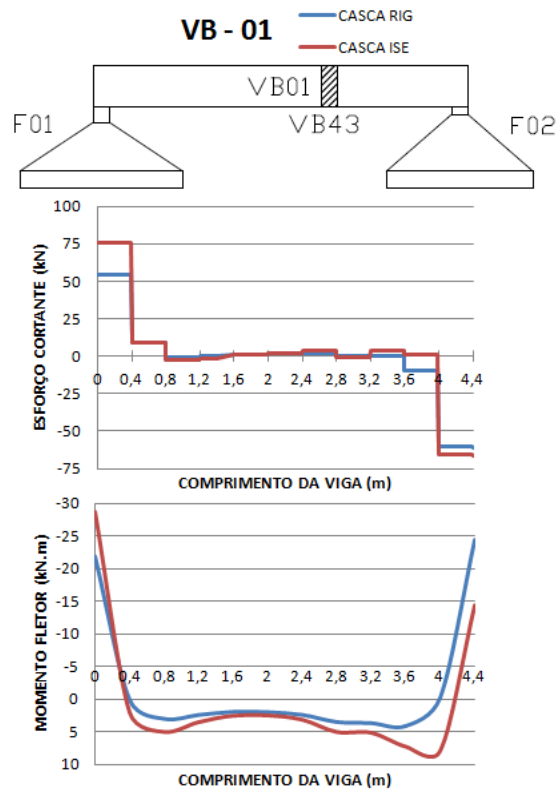


Figura B. 2 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB01 do edifício ALO-SAP-5PAV.

A viga VB01 apresentou aumento dos esforços no apoio F01, com acréscimo de 40% do esforço cortante e 31% do momento fletor negativo. No apoio F02 o esforço cortante apresentou um acréscimo de 6% e o momento fletor negativo apresentou redução de 41%. O momento fletor positivo sofreu acréscimo ao longo de todo trecho, com aumento máximo de 100% próximo do apoio F02.

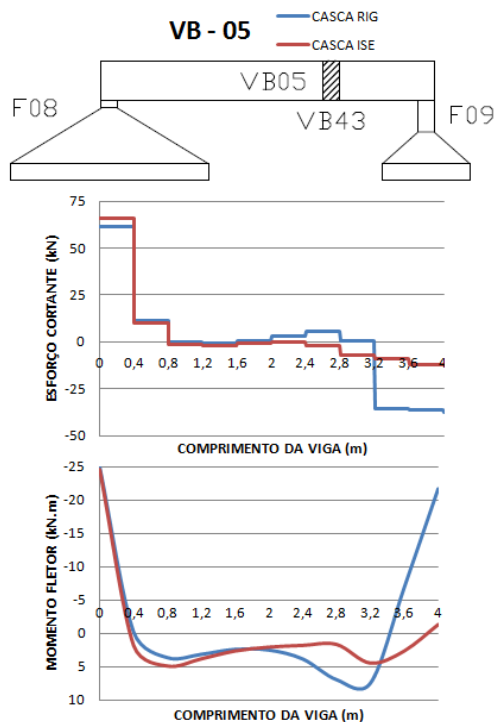


Figura B. 3 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB05 do edifício ALO-SAP-5PAV.

A viga VB05 apresentou baixa diferença dos esforços próximo ao apoio F08, com acréscimo de 5% no esforço cortante e redução de 2% no momento fletor negativo. Porém, próximo ao apoio F09 a viga apresentou alta redução dos esforços após a flexibilização dos apoios, onde o esforço cortante diminuiu 68% e o momento fletor negativo 94%.

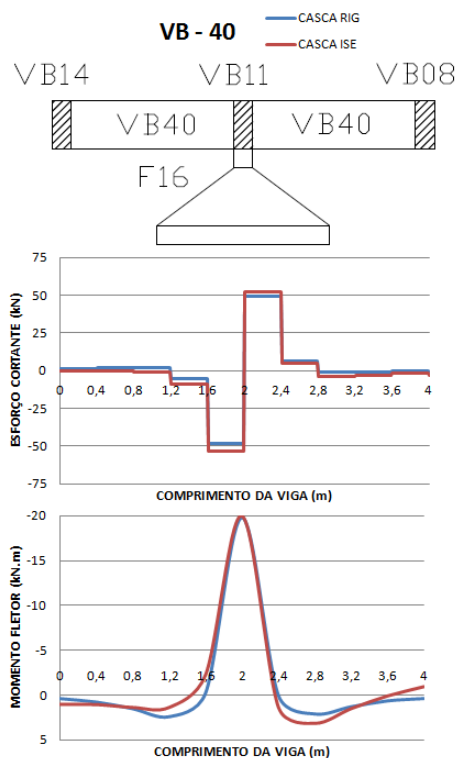


Figura B. 4 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB40 do edifício ALO-SAP-10PAV.

A consideração da interação solo-estrutura não gerou relevantes modificações nos esforços da viga. O esforço cortante aumentou 6% e o momento fletor negativo apenas 1%. Ao observar a parede PV16, que se apoia na parte central da viga, observa-se um baixo acréscimo, de 6% . O mesmo ocorre com o carregamento da fundação F16 que diverge apenas 2%.

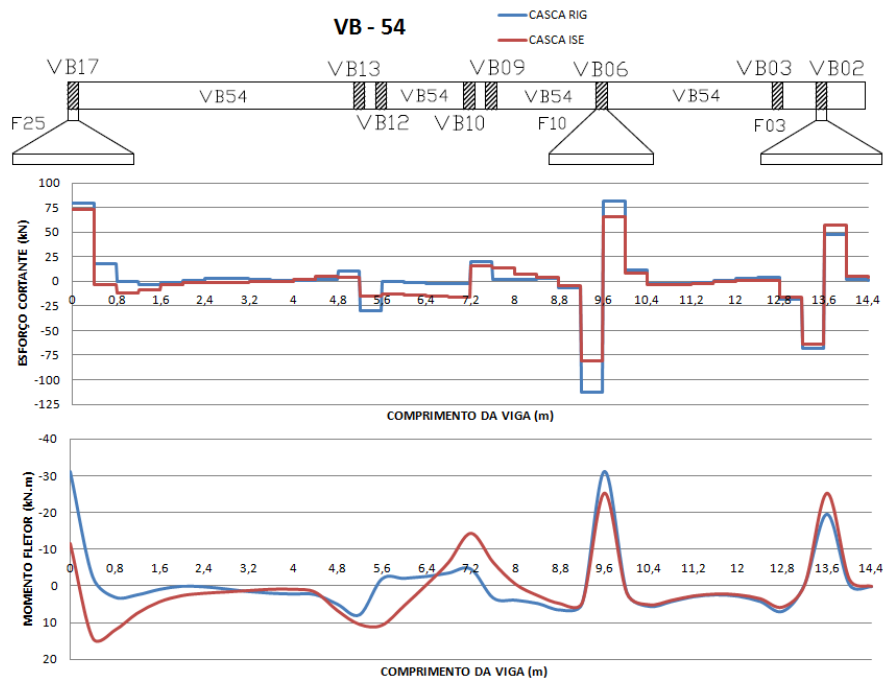


Figura B. 5 – Diagramas de esforço cortante e momento fletor da viga VB54 do edifício ALO-SAP-5PAV.

A viga VB54 apresentou redução de 8% e 20% no esforço cortante próximo aos apoios F25 e F10, nesta ordem, e aumento de 19% no apoio F03. Os momentos fletores nos apoios seguiram a mesma tendência, com redução de 63% e 19% nos apoios F25 e F10, nesta ordem, e aumento de 28% no apoio F03.

Os diagramas de esforços das vigas apresentaram a mesma tendência observada no respectivo edifício com 10 pavimentos, com redução aproximada de 50%.

Na Tabela B. 2 são apresentados e comparados os carregamentos aplicados nas fundações.



Tabela B. 2 – Carregamento das fundações do edifício ALO-SAP-5PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	237,3	363,6	53	-21,8	-35,8	64	-23,0	-29,9	30
F02	270,5	330,9	22	-23,9	-7,1	-70	25,4	11,8	-53
F03	363,6	362,0	0	-8,6	0,0	-100	15,5	3,4	-78
F04	292,6	362,6	24	-25,4	-8,7	-66	27,8	31,0	11
F05	303,2	238,1	-21	4,5	0,0	-100	-14,7	0,0	-100
F06	153,8	103,8	-33	22,6	0,0	-100	9,0	1,7	-81
F07	343,0	343,0	0	0,0	0,0	0	1,0	0,0	-100
F08	373,4	457,3	22	4,5	0,0	-100	-25,9	-24,6	-5
F09	177,6	135,8	-24	-24,7	-1,2	-95	21,6	0,0	-100
F10	619,5	446,5	-28	-9,7	0,0	-100	-38,7	-13,7	-65
F11	298,0	307,5	3	3,9	0,0	-100	29,1	42,4	46
F12	251,2	338,3	35	18,6	9,2	-51	-25,1	-30,5	21
F13	293,1	279,3	-5	24,5	11,9	-51	27,3	4,3	-84
F14	311,0	337,0	8	-1,4	0,0	-100	26,0	34,9	34
F15	210,7	224,1	6	-25,0	11,1	-144	-35,2	-1,9	-95
F16	368,8	377,1	2	0,0	0,0	0	-26,6	-20,5	-23
F17	236,4	273,3	16	23,7	0,0	-100	-53,2	-31,8	-40
F18	197,5	367,6	86	20,1	20,1	0	27,4	39,8	45
F19	251,9	370,9	47	-18,7	-15,6	-17	-25,2	-11,5	-54
F20	293,7	296,6	1	-24,5	-11,3	-54	27,4	11,3	-59
F21	376,5	287,5	-24	-4,7	0,0	-100	-26,1	-4,4	-83
F22	178,1	131,1	-26	24,7	0,0	-100	21,8	75,2	245
F23	312,3	310,9	0	-5,0	0,0	-100	-14,9	0,0	-100
F24	177,5	138,8	-22	-27,1	0,0	-100	8,9	0,0	-100
F25	317,8	423,5	33	32,6	9,5	-71	28,7	7,6	-74
F26	403,2	312,2	-23	0,0	0,0	0	-25,9	0,0	-100
F27	400,0	343,6	-14	0,0	0,0	0	25,6	3,5	-86
F28	371,3	501,4	35	-37,2	-20,8	-44	34,2	10,7	-69
F29	310,3	280,7	-10	4,9	0,0	-100	-14,9	0,0	-100
F30	169,7	139,3	-18	28,3	0,0	-100	8,2	0,0	-100
F31	375,6	549,3	46	4,7	0,0	-100	-26,0	0,0	-100
F32	178,3	182,1	2	-24,7	0,0	-100	21,7	0,0	-100
F33	251,2	448,5	79	18,7	-4,7	-125	-25,1	-54,9	118
F34	294,0	476,5	62	24,6	40,8	66	27,4	34,1	24
F35	199,4	298,4	50	-20,3	0,0	-100	27,8	15,5	-44
F36	241,0	142,7	-41	-23,8	0,0	-100	-55,6	0,0	-100
F37	369,6	180,9	-51	0,0	0,0	0	-26,7	0,0	-100
F38	211,3	139,1	-34	25,2	0,0	-100	-35,0	-10,7	-70
F39	311,6	276,5	-11	1,5	0,0	-100	25,9	20,5	-21
F40	251,4	239,0	-5	-18,7	0,0	-100	-25,2	-3,3	-87
F41	294,1	198,4	-33	-24,6	-4,2	-83	27,4	0,0	-100
F42	607,9	356,2	-41	9,8	0,0	-100	-38,1	-15,7	-59
F43	295,8	254,9	-14	-3,8	0,0	-100	28,7	0,0	-100
F44	374,4	349,5	-7	-4,6	0,0	-100	-25,9	0,0	-100
F45	178,3	89,9	-50	24,7	0,0	-100	21,7	0,0	-100
F46	343,0	343,0	0	0,0	0,0	0	1,1	0,0	-100
F47	311,8	202,8	-35	-5,0	0,0	-100	-15,1	0,0	-100
F48	159,7	99,8	-37	-23,7	0,0	-100	9,2	0,0	-100
F49	287,4	313,9	9	25,0	0,0	-100	27,3	2,7	-90
F50	352,3	312,1	-11	8,4	0,0	-100	15,3	0,0	-100
F51	239,0	304,5	27	22,0	5,1	-77	-23,6	-23,4	-1
F52	242,3	290,7	20	25,9	0,0	-100	2,0	0,0	-100
TOTAL	15232,7	15232,7	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	25	---	---	78	---	---	77

A consideração da interação solo-estrutura gerou uma acentuada redistribuição de carregamentos nas fundações, com média do desvio absoluto, para o carregamento vertical, semelhante a apresentada no edifício com 10 pavimentos (ALO-SAP-10PAV). Os momentos aplicados apresentaram alta redução em seus valores, com grande parte tendendo a zero.

A Figura B. 6 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de carga vertical nas fundações, onde as linhas verticais ressaltam as fundações periféricas. A delimitação tracejada indica a região onde o solo é caracterizado pelo perfil de sondagens S2.

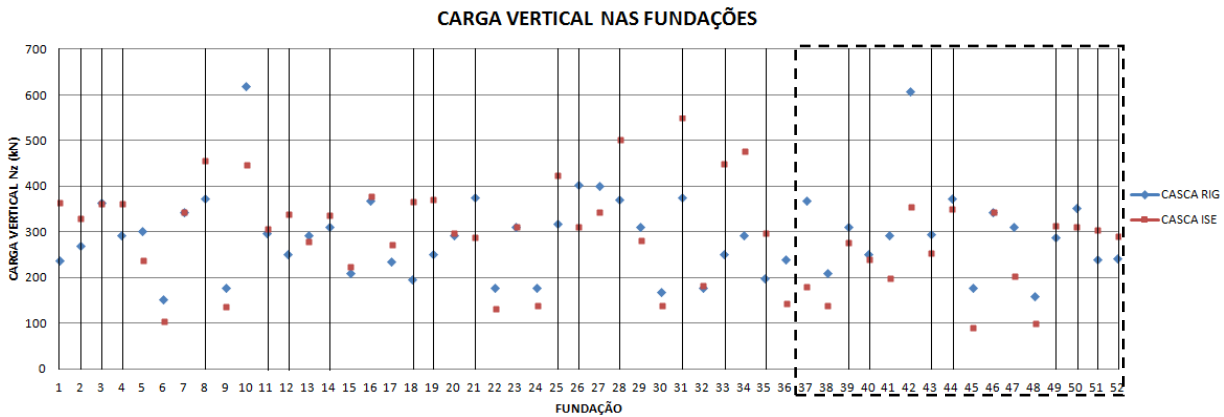


Figura B. 6 – Gráfico de dispersão da carga vertical das fundações do edifício ALO-SAP-5PAV.

Analisando o gráfico de dispersão observa-se o mesmo comportamento apresentado pelo respectivo modelo com 10 pavimentos (ALO-SAP-10PAV), onde grande parte das fundações periféricas aumentam de carregamento, mostrando que as fundações internas cedem carga para as periféricas, e também apresenta a tendência de migração de carga da região caracterizada pela sondagem S2 para as demais.

A Tabela B. 3 apresenta os recalques das fundações.

Tabela B. 3 – Recalque dos apoios do edifício ALO-SAP-5PAV, em mm.

FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)	FUND.	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
F01	1,5	2,2	47	F27	3,9	3,8	-4
F02	2,0	2,2	13	F28	3,1	3,8	23
F03	2,4	2,3	-3	F29	3,9	3,9	-1
F04	1,9	2,3	18	F30	4,0	3,8	-5
F05	2,8	2,3	-19	F31	2,8	3,7	33
F06	3,0	2,3	-22	F32	3,9	4,0	4
F07	2,7	2,6	-4	F33	2,6	3,9	51
F08	2,0	2,6	27	F34	3,2	4,0	25
F09	3,2	2,5	-21	F35	3,7	5,2	40
F10	3,3	2,6	-21	F36	6,7	4,9	-28
F11	2,3	2,4	6	F37	7,6	5,0	-35
F12	2,0	2,6	30	F38	7,1	4,8	-33
F13	2,8	2,6	-9	F39	5,9	5,4	-8
F14	2,1	2,5	17	F40	5,3	5,0	-7
F15	2,7	2,7	0	F41	7,5	5,0	-34
F16	2,8	2,8	2	F42	8,8	5,6	-37
F17	2,5	2,7	8	F43	6,3	5,5	-12
F18	1,4	2,2	65	F44	5,5	5,1	-7
F19	2,2	3,0	35	F45	8,8	5,2	-41
F20	3,1	3,1	-1	F46	7,2	6,8	-7
F21	4,3	3,5	-20	F47	7,8	5,4	-31
F22	3,8	3,3	-14	F48	8,3	5,5	-34
F23	3,8	3,7	-2	F49	5,2	5,5	6
F24	4,1	3,6	-11	F50	6,3	5,6	-11
F25	2,8	3,3	19	F51	4,2	5,2	24
F26	4,4	3,5	-19	F52	4,9	5,3	8

Tabela B. 4 – Informações complementares sobre os recalques do edifício ALO-SAP-5PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA RIG	CASCA ISE	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	8,8	6,8	-24
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	7,5	4,5	-39
RECALQUE MÉDIO (mm)	4,2	3,8	-9
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	49	33	-33

Após a consideração da interação solo-estrutura ocorreu uma acentuada tendência de uniformização dos recalques, reduzindo o coeficiente de variação de 49% para 33%. O modelo em questão apresentou desvios semelhantes aos encontrados no modelo com 10 pavimentos, onde o recalque máximo reduziu 24% e o recalque diferencial máximo 39%.

As Figuras B. 7 e B. 8 apresentam as curvas isorecalque para os modelos casca RIG e casca ISE, respectivamente.

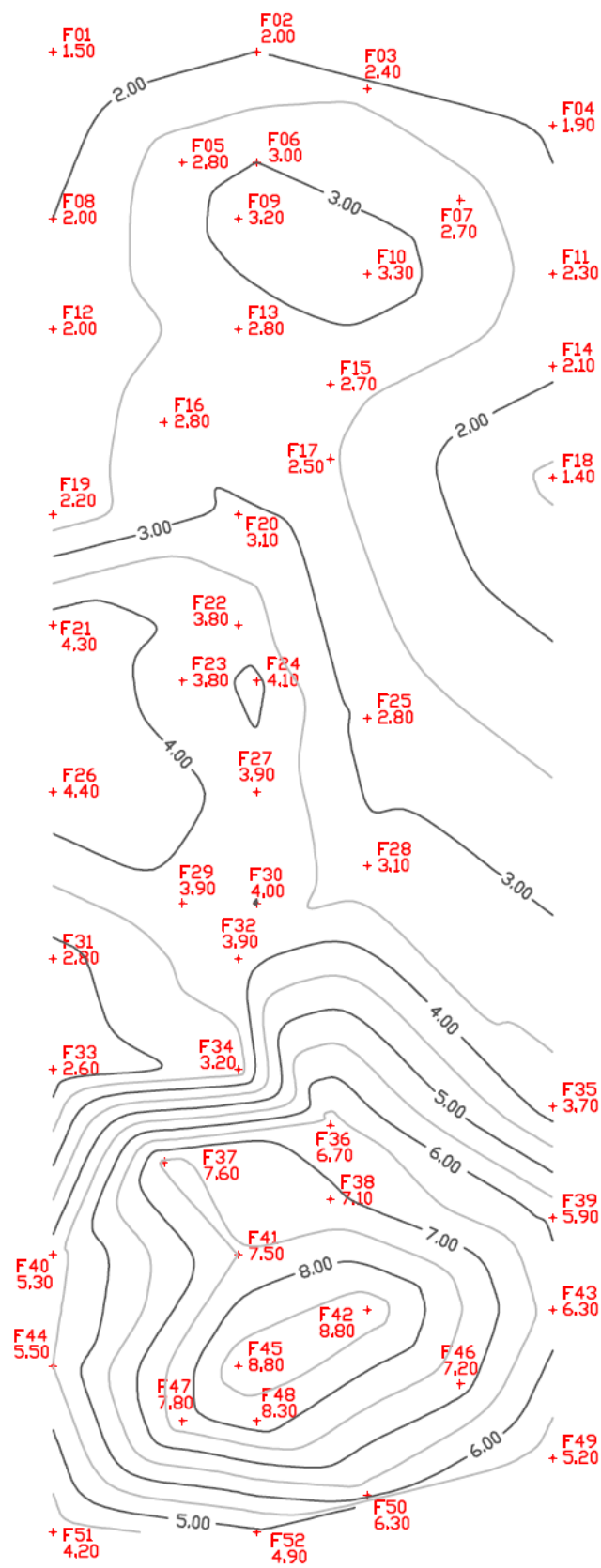


Figura B. 7 – Curvas isorecalque do edifício ALO-SAP-5PAV modelado com os apoios indeslocáveis.

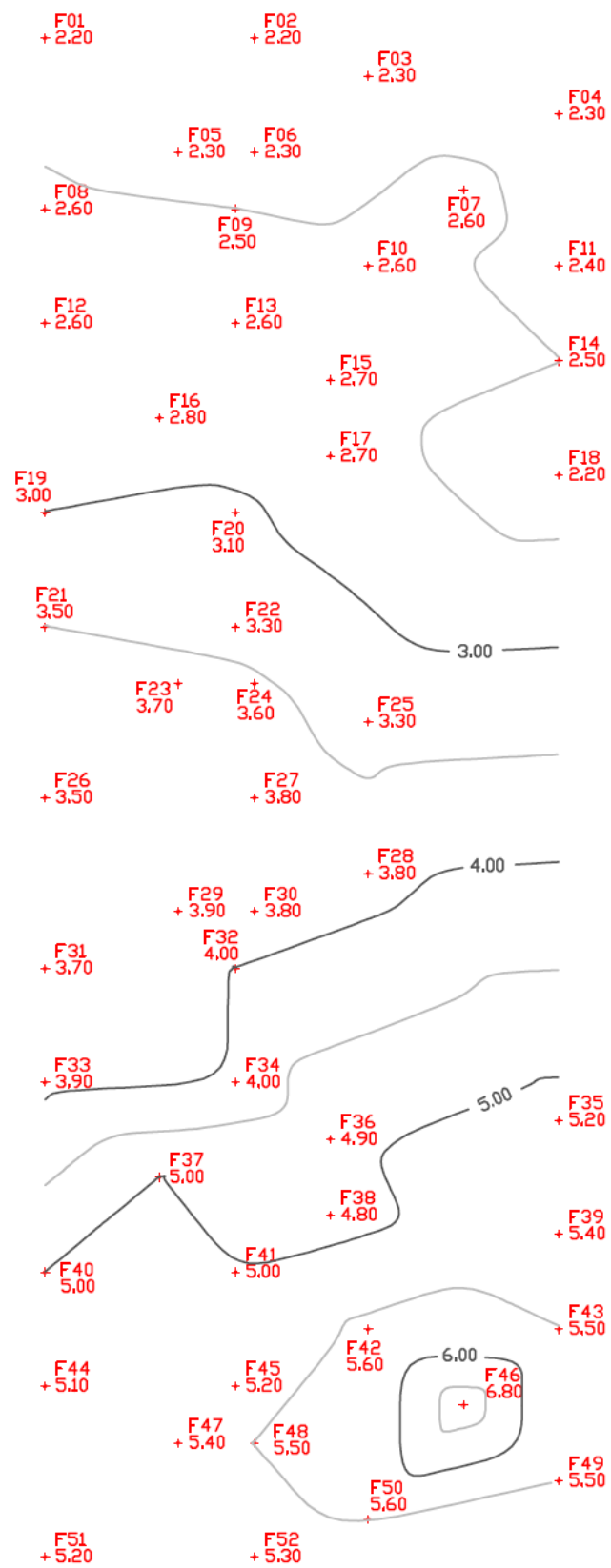


Figura B. 8 – Curvas isorecalque do edifício ALO-SAP-5PAV modelado com os apoios flexíveis.

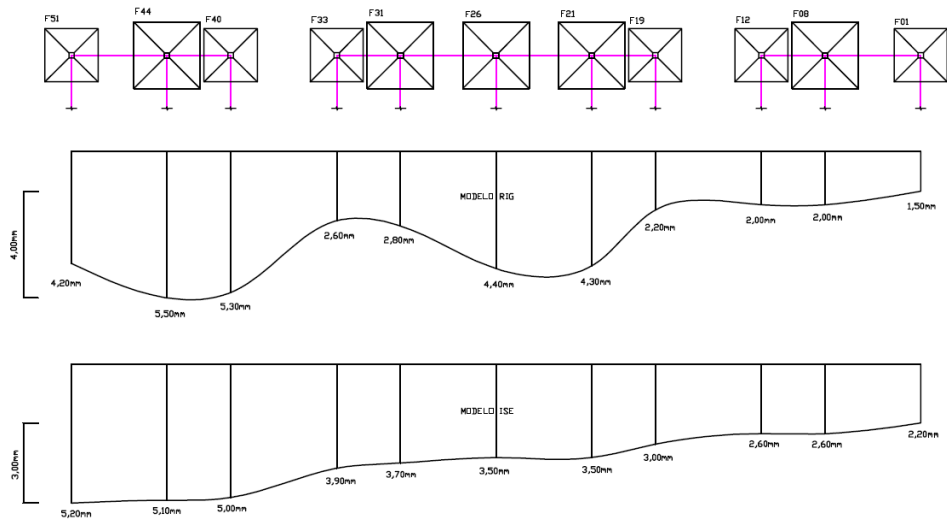


Figura B. 9 – Corte na região periférica.

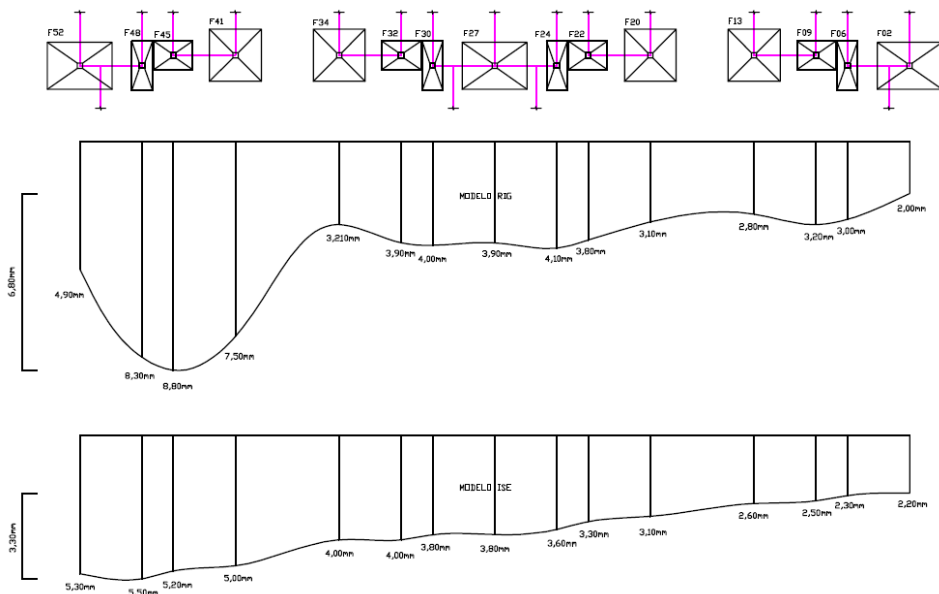


Figura B. 10 – Corte na região interna.

O comportamento das curvas isorecalques é semelhante ao apresentado pelo respectivo edifício com 10 pavimentos, onde ocorre uma gradativa redução dos recalques no sentido das sondagens S1 e S3, esse comportamento também é evidenciado pelos cortes apresentados nas **Erro! Fonte de referência não encontrada. e Erro! Fonte de referência não encontrada.**

## SEGUNDA SÉRIE DE COMPARAÇÕES – CASCA ISE X MISTO ISE/SIMP

Inicialmente são analisados os resultados de força normal das paredes do edifício.

Tabela B. 5 – Força normal das paredes (ao nível da fundação) dos modelos do edifício ALO-SAP-5PAV, em KN.

PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	PAREDE	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
PH01	109,6	103,1	-6	104,7	-4	PH47	99,5	110,1	11	109,8	10
PH02	6,2	7,1	15	7,6	23	PILAR 01	315,0	315,0	0	315,0	0
PH03	87,8	76,9	-12	71,3	-19	PILAR 02	315,0	315,0	0	315,0	0
PH04	19,7	18,8	-4	15,4	-22	PV01	154,1	176,9	15	158,4	3
PH05	67,3	55,6	-17	59,6	-11	PV02	172,6	194,6	13	198,5	15
PH06	12,9	10,8	-16	10,9	-15	PV03	91,2	109,2	20	102,9	13
PH07	176,1	167,0	-5	161,3	-8	PV04	185,8	171,8	-8	187,1	1
PH08	87,6	71,4	-19	74,4	-15	PV05	273,6	266,1	-3	278,6	2
PH09	179,8	157,8	-12	158,7	-12	PV06	202,2	212,5	5	203,4	1
PH10	67,7	71,3	5	74,1	9	PV07	144,5	121,2	-16	135,4	-6
PH11	75,9	80,5	6	71,5	-6	PV08	145,7	131,4	-10	124,6	-14
PH12	63,7	56,0	-12	57,0	-11	PV09	142,5	124,2	-13	122,3	-14
PH13	340,2	310,5	-9	279,5	-18	PV10	229,8	197,1	-14	196,9	-14
PH14	39,2	44,0	12	44,5	14	PV11	165,3	141,6	-14	141,2	-15
PH15	43,2	33,8	-22	31,9	-26	PV12	9,7	7,9	-18	8,5	-12
PH16	194,8	197,8	2	199,1	2	PV13	73,3	81,5	11	79,4	8
PH17	8,9	13,2	49	13,4	52	PV14	-11,1	-9,3	-16	-9,4	-15
PH18	15,1	21,0	40	23,2	54	PV15	11,1	10,0	-10	1,4	-87
PH19	103,7	112,1	8	105,9	2	PV16	133,6	136,3	2	142,6	7
PH20	321,6	320,4	0	294,7	-8	PV17	3,0	3,0	3	4,9	65
PH21	177,4	129,5	-27	-180,7	-202	PV18	152,2	149,0	-2	148,7	-2
PH22	87,5	84,3	-4	86,9	-1	PV19	398,0	356,7	-10	371,8	-7
PH23	236,2	242,7	3	243,6	3	PV20	157,7	169,6	8	175,5	11
PH24	188,2	203,6	8	213,5	13	PV21	190,3	202,3	6	191,6	1
PH25	321,5	278,7	-13	276,5	-14	PV22	387,5	380,8	-2	381,1	-2
PH26	95,2	92,8	-3	97,1	2	PV23	190,6	257,6	35	574,9	202
PH27	210,6	213,3	1	209,4	-1	PV24	245,9	227,5	-7	250,9	2
PH28	511,0	509,4	0	480,7	-6	PV25	230,9	229,8	0	227,3	-2
PH29	18,6	9,8	-47	9,4	-50	PV26	85,5	100,2	17	97,1	14
PH30	7,8	11,8	52	13,8	78	PV27	116,0	132,4	14	140,6	21
PH31	96,5	93,8	-3	92,1	-5	PV28	98,8	111,9	13	113,5	15
PH32	116,6	110,1	-6	115,6	-1	PV29	228,0	213,2	-6	269,9	18
PH33	19,7	30,1	53	33,5	70	PV30	184,6	215,3	17	223,0	21
PH34	42,3	36,8	-13	29,2	-31	PV31	333,7	337,8	1	322,3	-3
PH35	190,6	218,4	15	202,1	6	PV32	448,3	493,1	10	500,5	12
PH36	38,9	45,7	18	40,7	5	PV33	-54,8	-32,2	-41	-33,2	-39
PH37	79,1	85,2	8	63,4	-20	PV34	245,8	256,1	4	249,2	1
PH38	39,0	39,0	0	40,3	3	PV35	253,6	209,7	-17	205,5	-19
PH39	124,4	130,4	5	132,1	6	PV36	96,7	88,0	-9	63,6	-34
PH40	55,8	65,2	17	69,8	25	PV37	499,3	470,4	-6	487,3	-2
PH41	11,4	12,5	10	12,6	11	PV38	-1,0	-1,1	18	-1,8	89
PH42	170,5	182,6	7	187,5	10	PV39	1,0	1,1	10	1,5	54
PH43	15,2	18,7	23	23,5	55	PV40	755,4	798,2	6	800,6	6
PH44	66,3	55,1	-17	51,0	-23	PV41	854,4	859,6	1	845,4	-1
PH45	126,1	134,7	7	148,0	17	SOMA	14037,8	14023,5	---	13980,6	---
PH46	16,3	16,9	4	7,3	-55	MÉDIA	---	---	12	---	21

Na Figura B. 11 são apresentados os diagramas de esforço normal ao longo das paredes.

O modelo misto ISE apresentou bons resultados, com média do desvio absoluto de 12%, onde 29% pertence a faixa ótima, 58% a faixa boa e 13% a ruim. Já o modelo misto SIMP apresentou média acima do limite aceitável, com 21%, e também apresentou muitas paredes dentro da faixa ruim, 29%. Das demais, 29% estão na faixa ótima e 42% na faixa boa.

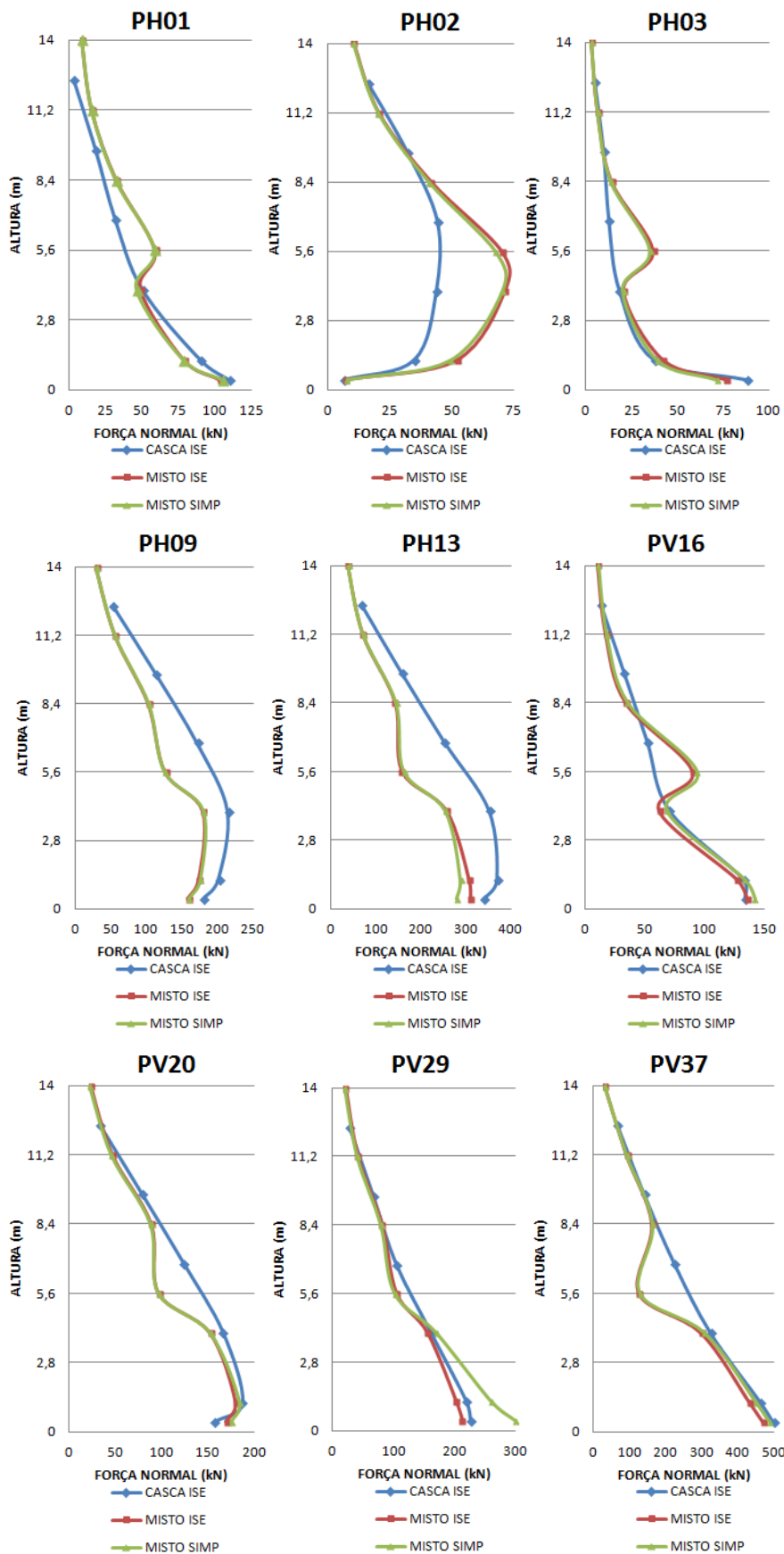


Figura B. 11 – Diagrama de força normal das paredes dos modelos do edifício ALO-SAP-5PAV.



Nas Tabelas B. 6 e B. 7 os carregamentos dos modelos simplificados são comparados com o modelo de referência.

Tabela B. 6 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-SAP-5PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)
F01	363,6	279,9	-23	-35,8	-39,5	10	-29,9	-27,2	-9
F02	330,9	274,6	-17	-7,1	-26,8	276	11,8	4,9	-59
F03	362,0	308,4	-15	0,0	0,0	0	3,4	6,5	91
F04	362,6	333,2	-8	-8,7	-22,5	159	31,0	24,0	-22
F05	238,1	230,9	-3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F06	103,8	102,0	-2	0,0	0,0	0	1,7	0,0	-103
F07	343,0	343,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	457,3	399,4	-13	0,0	0,0	0	-24,6	-30,8	25
F09	135,8	114,2	-16	-1,2	-2,9	133	0,0	0,0	0
F10	446,5	434,0	-3	0,0	0,0	0	-13,7	-21,8	58
F11	307,5	305,2	-1	0,0	0,0	0	42,4	53,5	26
F12	338,3	310,7	-8	9,2	0,0	-100	-30,5	-31,7	4
F13	279,3	276,8	-1	11,9	6,9	-42	4,3	1,2	-71
F14	337,0	354,8	5	0,0	0,0	0	34,9	39,8	14
F15	224,1	224,2	0	11,1	-36,2	-427	-1,9	-8,1	326
F16	377,1	363,4	-4	0,0	0,0	0	-20,5	-27,7	35
F17	273,3	288,2	5	0,0	0,0	0	-31,8	-32,4	2
F18	367,6	409,1	11	20,1	16,9	-16	39,8	46,3	16
F19	370,9	330,7	-11	-15,6	1,7	-111	-11,5	-30,0	162
F20	296,6	287,6	-3	-11,3	-21,5	91	11,3	8,9	-21
F21	287,5	227,3	-21	0,0	0,0	0	-4,4	-10,0	130
F22	131,1	130,6	0	0,0	0,0	0	75,2	-6,2	-108
F23	310,9	262,1	-16	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F24	138,8	152,2	10	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	423,5	448,8	6	9,5	6,3	-34	7,6	12,7	67
F26	312,2	335,7	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	343,6	347,2	1	0,0	0,0	0	3,5	1,1	-69
F28	501,4	510,8	2	-20,8	-32,4	56	10,7	8,1	-24
F29	280,7	285,9	2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	139,3	151,6	9	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	549,3	536,3	-2	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F32	182,1	176,6	-3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F33	448,5	446,6	0	-4,7	1,8	-139	-54,9	-57,2	4
F34	476,5	499,8	5	40,8	27,9	-32	34,1	32,6	-5
F35	298,4	308,8	3	0,0	0,0	0	15,5	18,7	20
F36	142,7	154,6	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F37	180,9	181,7	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F38	139,1	153,2	10	0,0	0,0	0	-10,7	-3,6	-66
F39	276,5	297,8	8	0,0	0,0	0	20,5	32,5	58
F40	239,0	244,5	2	0,0	0,0	0	-3,3	-12,1	260
F41	198,4	216,0	9	-4,2	-12,8	206	0,0	0,0	0
F42	356,2	385,7	8	0,0	0,0	0	-15,7	-25,0	60
F43	254,9	281,8	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F44	349,5	377,7	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F45	89,9	106,2	18	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F46	343,0	343,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F47	202,8	219,7	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F48	99,8	107,1	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F49	313,9	361,9	15	0,0	0,0	0	2,7	1,2	-56
F50	312,1	347,2	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	304,5	328,7	8	5,1	12,7	151	-23,4	65,5	-380
F52	290,7	335,1	15	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
TOTAL	14942,0	14897,1	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	7	---	---	38	---	---	45

Tabela B. 7 – Comparação entre os carregamentos das fundações dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-SAP-5PAV.

FUND.	Nz (KN)			Mx (KN.m)			My (KN.m)		
	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)	CASCA ISE	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	363,6	282,6	-22	-35,8	-71,4	99	-29,9	-21,7	-27
F02	330,9	267,1	-19	-7,1	92,9	-1402	11,8	13,1	11
F03	362,0	252,5	-30	0,0	0,0	0	3,4	55,8	1527
F04	362,6	264,0	-27	-8,7	72,8	-939	31,0	404,7	1206
F05	238,1	244,2	3	0,0	-1,3	0	0,0	0,0	0
F06	103,8	120,5	16	0,0	0,0	0	1,7	2,8	61
F07	343,0	343,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F08	457,3	472,3	3	0,0	-4,1	0	-24,6	-894,4	3537
F09	135,8	127,2	-6	-1,2	-7,7	525	0,0	0,0	0
F10	446,5	461,8	3	0,0	0,0	0	-13,7	-19,9	45
F11	307,5	315,0	2	0,0	0,0	0	42,4	98,3	132
F12	338,3	288,7	-15	9,2	284,6	2994	-30,5	-167,3	449
F13	279,3	266,9	-4	11,9	6,5	-45	4,3	7,9	85
F14	337,0	364,4	8	0,0	0,0	0	34,9	43,3	24
F15	224,1	210,6	-6	11,1	-22,8	-305	-1,9	-15,3	698
F16	377,1	367,1	-3	0,0	0,0	0	-20,5	-293,6	1335
F17	273,3	281,2	3	0,0	0,0	0	-31,8	-30,9	-3
F18	367,6	355,8	-3	20,1	-127,6	-734	39,8	60,9	53
F19	370,9	327,3	-12	-15,6	0,4	-103	-11,5	-343,5	2894
F20	296,6	279,1	-6	-11,3	-21,9	94	11,3	10,1	-10
F21	287,5	280,9	-2	0,0	0,0	0	-4,4	-254,1	5724
F22	131,1	152,8	17	0,0	0,0	0	75,2	9,7	-87
F23	310,9	273,6	-12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F24	138,8	149,8	8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F25	423,5	415,2	-2	9,5	20,2	113	7,6	-61,8	-912
F26	312,2	333,1	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F27	343,6	392,2	14	0,0	0,0	0	3,5	8,6	143
F28	501,4	474,1	-5	-20,8	-41,0	98	10,7	-83,6	-883
F29	280,7	313,1	12	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F30	139,3	168,5	21	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F31	549,3	507,8	-8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F32	182,1	194,2	7	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F33	448,5	416,0	-7	-4,7	36,8	-887	-54,9	-286,5	422
F34	476,5	416,0	-13	40,8	10,9	-73	34,1	16,7	-51
F35	298,4	295,5	-1	0,0	0,0	0	15,5	18,4	18
F36	142,7	186,1	30	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F37	180,9	242,1	34	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F38	139,1	163,3	17	0,0	0,0	0	-10,7	-9,4	-12
F39	276,5	310,3	12	0,0	0,0	0	20,5	32,7	59
F40	239,0	178,9	-25	0,0	0,0	0	-3,3	-107,8	3120
F41	198,4	223,3	13	-4,2	-14,3	244	0,0	0,6	0
F42	356,2	412,9	16	0,0	0,0	0	-15,7	-15,8	1
F43	254,9	290,0	14	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F44	349,5	371,4	6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F45	89,9	121,9	36	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F46	343,0	343,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F47	202,8	237,7	17	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F48	99,8	115,4	16	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F49	313,9	353,2	13	0,0	0,0	0	2,7	-48,6	-1875
F50	312,1	345,5	11	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
F51	304,5	335,8	10	5,1	29,2	477	-23,4	-38,2	63
F52	290,7	327,4	13	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
TOTAL	14942,0	14904,8	---	---	---	---	---	---	---
MÉDIA	---	---	12	---	---	176	---	---	490

Os resultados das comparações dos carregamentos verticais, para o modelo misto ISE, mostram que 44% das fundações apresentam resultados ótimos, 52% bons e apenas 4% ruins, com média do desvio absoluto de 7%. Já o modelo Misto SIMP apresentou média mais

acentuada, de 12%, onde 27% das fundações encontram-se na faixa ótima, 56% na boa e 17% na ruim.

Na Tabela B. 8 apresentam-se os resultados obtidos para as fundações do edifício alongado de 5 pavimentos e na Tabela B. 9 apresentam-se algumas informações adicionais.

Tabela B. 8 – Recalque dos apoios dos modelos do edifício ALO-SAP-5PAV, em mm.

FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)	FUND.	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
F01	2,2	1,7	-23	1,8	-20	F27	3,8	3,9	4	4,0	6
F02	2,2	1,8	-18	2,1	-8	F28	3,8	3,9	4	3,7	-2
F03	2,3	2,0	-15	1,7	-27	F29	3,9	4,0	4	4,0	5
F04	2,3	2,1	-7	1,7	-26	F30	3,8	4,0	4	4,2	10
F05	2,3	2,2	-2	2,2	-4	F31	3,7	3,6	-2	3,5	-5
F06	2,3	2,3	-1	2,6	9	F32	4,0	4,0	-1	4,2	5
F07	2,6	2,5	-2	2,5	-3	F33	3,9	3,8	-1	3,7	-6
F08	2,6	2,1	-16	2,6	1	F34	4,0	4,1	4	3,8	-5
F09	2,5	2,4	-7	2,5	-3	F35	5,2	5,4	5	5,2	1
F10	2,6	2,5	-2	2,6	1	F36	4,9	5,3	8	5,7	17
F11	2,4	2,4	0	2,6	8	F37	5,0	5,0	1	6,5	31
F12	2,6	2,3	-9	2,3	-10	F38	4,8	5,3	11	5,8	21
F13	2,6	2,5	-1	2,4	-8	F39	5,4	5,8	7	6,1	12
F14	2,5	2,6	4	2,6	5	F40	5,0	4,9	-2	4,0	-18
F15	2,7	2,7	1	2,5	-8	F41	5,0	5,5	10	6,2	25
F16	2,8	2,6	-7	2,6	-10	F42	5,6	6,2	12	6,4	16
F17	2,7	2,7	1	2,7	-1	F43	5,5	5,8	6	6,2	12
F18	2,2	2,5	12	2,3	1	F44	5,1	5,2	2	5,5	7
F19	3,0	2,8	-6	2,7	-9	F45	5,2	5,9	14	6,7	29
F20	3,1	2,9	-7	2,8	-8	F46	6,8	7,0	3	7,2	6
F21	3,5	3,2	-7	3,5	2	F47	5,4	5,8	8	6,5	21
F22	3,3	3,2	-4	3,4	3	F48	5,5	6,1	11	6,5	19
F23	3,7	3,3	-11	3,3	-11	F49	5,5	6,1	10	6,1	11
F24	3,6	3,8	6	3,7	3	F50	5,6	6,4	13	6,2	11
F25	3,3	3,6	9	3,3	1	F51	5,2	5,8	13	5,7	11
F26	3,5	3,3	-6	3,6	3	F52	5,3	6,2	16	6,1	14

Tabela B. 9 – Informações complementares sobre os recalques dos modelos do edifício ALO-SAP-5PAV.

INFORMAÇÕES	CASCA ISE	MISTO ISE	DIFER. (%)	MISTO SIMP	DIFER. (%)
RECALQUE MÁXIMO (mm)	6,8	7,0	3	7,2	6
RECALQUE DIFERENCIAL MÁXIMO (mm)	4,5	5,3	16	5,5	21
RECALQUE MÉDIO (mm)	3,8	3,9	3	4,0	5
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	33	39	18	41	26

O modelo misto ISE apresenta boa aproximação na comparação de recalques absolutos, onde 44% dos resultados encontram-se na faixa ótima, 54% na faixa boa e apenas 2% na faixa ruim. Observa-se também boa aproximação dos resultados apresentados na Tabela B. 9 onde o recalque máximo diverge 3% e o recalque diferencial máximo 16%.

O modelo misto SIMP apresentou 37% dos resultados na faixa ótima, 46% na faixa boa e 17% na ruim, mostrando uma qualidade bem inferior, quando comparado com o modelo misto ISE. Além disso, apresentou maiores desvios de recalque máximo e recalque diferencial máximo, com 6% e 21% respectivamente.

As Figuras B. 12 e B. 13 apresentam as comparações das curvas isorecalque dos modelos simplificados com o modelo de referencia.

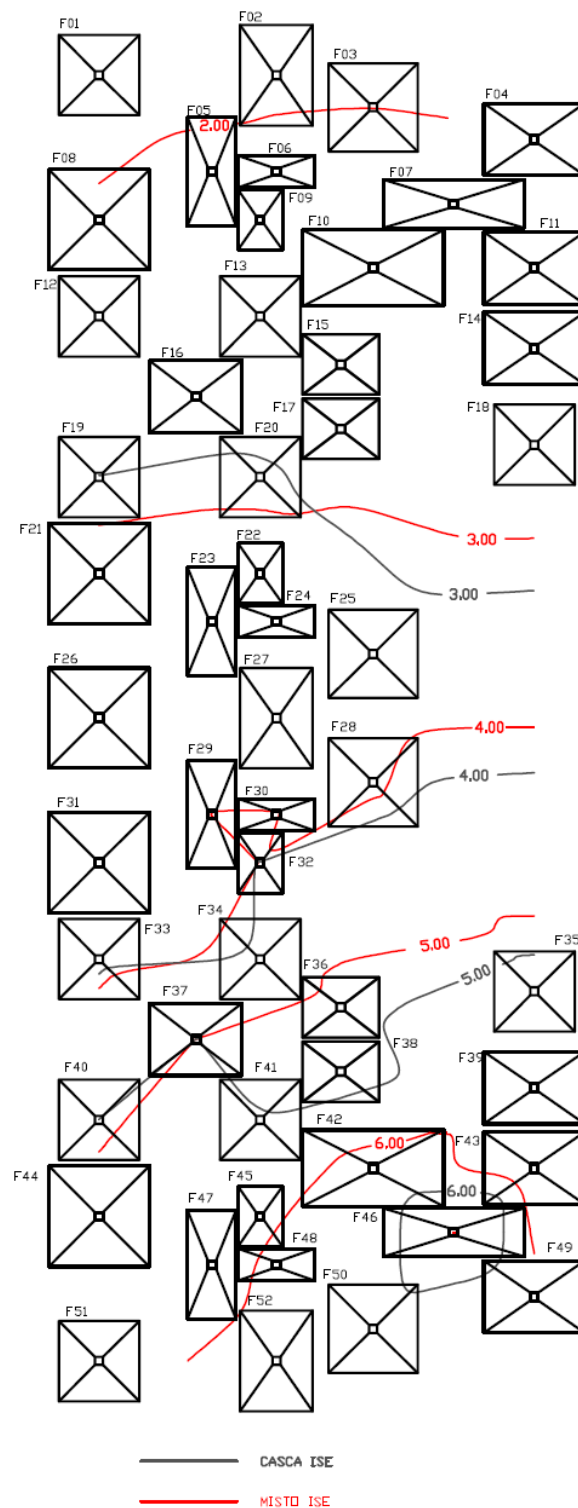


Figura B. 12 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto ISE do edifício ALO-SAP-5PAV.

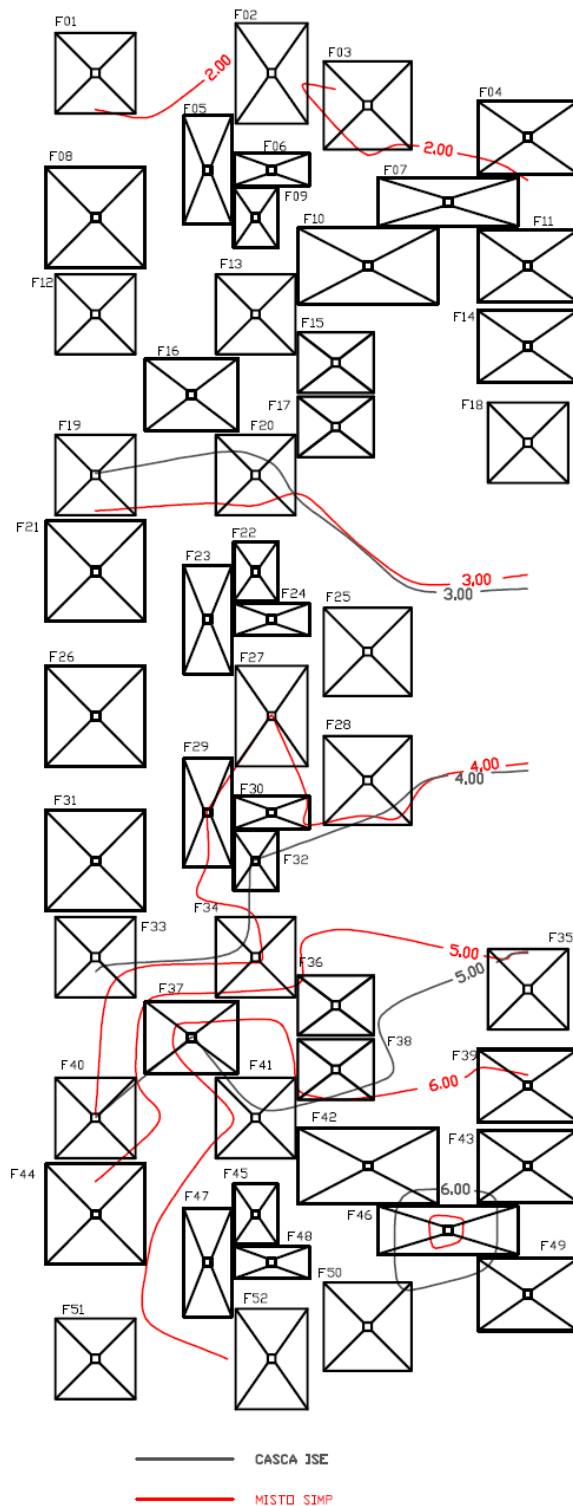


Figura B. 13 – Comparação entre as curvas isorecalque dos modelos casca ISE e misto SIMP do edifício ALO-SAP-10PAV.

Observa-se que os modelos simplificados conseguiram representar a tendência de uniformização dos recalques apresentada pelo modelo de referência, evidenciando a boa representabilidade, principalmente do modelo misto ISE.