



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SALOMÃO MARTINEZ BEZERRA SALVADOR

**Influência dos planos de concretagem e da execução no  
comportamento estrutural de edifícios**

Caruaru  
2013

**SALOMÃO MARTINEZ BEZERRA SALVADOR**

**Influência dos planos de concretagem e da execução no comportamento estrutural de edifícios**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Análise de Estruturas  
Orientador: D.Sc. Humberto Correia Lima Júnior

**Caruaru  
2013**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Simone Xavier CRB4 - 1242

S182i Salvador, Salomão Martinez Bezerra.  
Influência dos planos de concretagem e da execução no comportamento estrutural de edifícios. / Salomão Martinez Bezerra Salvador. - Caruaru: O Autor, 2013. 37f. ; il.; 30 cm.

Orientador: Humberto Correia Lima Júnior  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA. Engenharia Civil, 2013.  
Inclui referências bibliográficas

1. Engenharia de estruturas. 2. Edifícios - Construção. 3. Construção civil. I. Lima Júnior, Humberto Correia. (Orientador). II. Título.

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2013-89)

**SALOMÃO MARTINEZ BEZERRA SALVADOR**  
**Influência dos planos de concretagem e da execução no comportamento  
estrutural de edifícios**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Análise de Estruturas  
Orientador: Humberto Correia Lima Júnior

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato ALUNO

APROVADO COM NOTA 7,0.

Caruaru, 03 de Outubro de 2013.

Banca examinadora:

Prof.(a) Dr. Humberto Correia Lima Júnior

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Msc. Douglas Mateus de Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE

Prof. Dr. Flávio Gomes Diniz

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Elder Alpes de Vasconcelos

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

## RESUMO

Na Engenharia Civil a execução de um edifício é tão importante quanto sua concepção e seu desenvolvimento teórico. No roteiro de execução do edifício, há etapas que se não forem devidamente planejadas podem prejudicar o desempenho da edificação. Entre essas etapas, está a concretagem de elementos estruturais nos pavimentos. Normalmente, essa concretagem é feita de forma contínua, finalizando todo o pavimento antes de proceder a outro superior. Porém, existem casos em que a concretagem é realizada de forma parcial, procedendo a um pavimento superior e deixando o anterior com “trechos” para serem finalizados posteriormente. Isso ocorre principalmente em edificações onde a área de construção do pavimento “tipo” é bem menos extensa que a área dos outros pavimentos e, nesse caso, diz-se que o prédio possui uma grande “periferia”. Considerando tais situações, o trabalho presente pretende investigar os efeitos que essas “descontinuidades” dos períodos de concretagem, podem ter sobre o desempenho de elementos estruturais como vigas. Nesse processo, pretende-se também investigar de que forma ocorre a transmissão de cargas de um pavimento recém concretado para os pavimentos inferiores pelo uso do cimbramento. Para alcançar esse objetivo, foram utilizados modelos em programas computacionais para simular diferentes situações relacionadas às descontinuidades em vigas e seu efeito no caso de um edifício, assim como um modelo para simular a transmissão de cargas entre pavimentos. Com os dados coletados foi feita uma análise do efeito que as descontinuidades podem ter no comportamento de estruturas. Os resultados mostraram que os efeitos dessas descontinuidades são consideráveis, havendo um aumento dos momentos fletores atuantes nas vigas e aumento da quantidade de aço necessária para a estabilidade das vigas.

**Palavras-chave:** Descontinuidades. Elementos estruturais. Transmissão de cargas. Modelos computacionais.

## **ABSTRACT**

In Civil Engineering the execution of a building is as important as its conception and theoretical development. In the scheme of the building's execution, there are steps that, if not correctly planned, might damage the building's functionality. Among these steps, there is the step of covering with concrete the structural elements present in the floors. Usually this covering with concrete is made continuously, finishing an entire floor before proceeding to the superior floor. However, there are cases in which the covering of a floor with concrete is made partially, proceeding then to the floor above, and leaving the floor below with "sections" to be finished later. This occurs, mainly in buildings where the construction area of the floor "tipo" is much less large than the area of the other floors, and, in this case, it is said that the building possess a big "outer area". Considering these circumstances, this work intends to investigate the effects that these "discontinuities", from the periods of the "covering with concrete" step, might have on the performance of structural elements like beams. In this process it is also intended to investigate in which way occurs the transmission of loads between floors recently covered with concrete and the floors below through the scaffolding. To reach this goal, it was made use of models in computer programs to simulate different situations regarding the discontinuities in beams, and its effect in the case of a building, as well as a model to simulate the transmission of loads between floors. With the collected data, it was made an analysis of the effect that discontinuities might have in the performance of structures. The results showed that the effect of these discontinuities need to be considered, occurring an increase in the bending moments that act in the beams, and an increase in the necessary quantity of steel needed for the beams' stabilization.

**Keywords:** Discontinuities. Structural element. Load transmission. Computer model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- modelo de viga de dois tramos (caso 1).....	14
Figura 2 – modelo de viga de dois tramos (caso 2) .....	14
Figura 3 - modelo de viga de três tramos (caso 1) .....	14
Figura 4- modelo de viga de três tramos (caso 2) .....	14
Figura 5- modelo de viga de três tramos (caso 3) .....	14
Figura 6- modelo de pórtico de duas lajes.....	16
Figura 7- modelo de pórtico de três lajes utilizado na simulação .....	17
Figura 8: Cubeta ATEX presente nas lajes nervuradas utilizadas no projeto .....	19
Figura 9: Detalhe transversal da cubeta ATEX presente nas lajes nervuradas utilizadas no projeto.....	19
Figura 10- Esquema da planta baixa do Pavimento Subsolo .....	20
Figura 11- Esquema da planta baixa do Pavimento Semi-enterrado .....	21
Figura 12- Esquema da planta baixa do Pavimento Térreo.....	22
Figura 13- Esquema da planta baixa do Pavimento Vazado.....	23
Figura 14- Esquema da planta baixa do Pavimento Tipo.....	24
Figura 15- Esquema da planta baixa do Pavimento da Cobertura .....	24
Figura 16- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Subsolo .....	25
Figura 17- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Semienterrado .....	26
Figura 18- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Térreo.....	27
Figura 19- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Vazado .....	28
Figura 20- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Tipo .....	29
Figura 21- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento da Coberta .....	29
Figura 22 - Esquema das vigas analisadas no estudo .....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Momentos fletores para o estudo da vigas com dois vãos.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 2: Momentos fletores para o estudo da vigas com três vãos .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3: Valores de momentos fletores para o estudo de transmissão de cargas entre dois vãos.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 4: Valores de deformações para o estudo de transmissão de cargas entre dois vãos</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 5: Valores de momentos fletores para o estudo de transmissão de cargas entre três vãos.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 6: Valores de deformações para o estudo de transmissão de cargas entre três vãos</b>	<b>32</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
kN	QuiloNewton
kNm	QuiloNewton-metro
kN/m	QuiloNewton por metro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro Quadrado
mm	Milímetro
ASCE	American Society of Civil Engineers
CAA	Campus Acadêmico do Agreste
NBR	Norma Brasileira
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

## SUMÁRIO

<b>1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 MODELAGENS.....</b>	<b>12</b>
4.2.1 MODELAGENS EM VIGAS.....	12
4.2.2 MODELAGEM NO EDIFÍCIO .....	18
<b>5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 ESTUDO 1 – CONTINUIDADE DAS VIGAS PELO FTOOL .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 ESTUDO 2 – TRANSMISSÃO DAS CARGAS ATRAVÉS DOS VÃOS PELO FTOOL .....</b>	<b>31</b>
<b>5.3 ESTUDO 3 – MODELAGEM DO EDIFÍCIO PELO EBERICK.....</b>	<b>33</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>

## 1. Considerações Iniciais

O Projeto Estrutural de um Edifício de Concreto Armado é uma parte fundamental para garantir a estabilidade, segurança e durabilidade da obra, sob as condições de uso para as quais foi planejada. Entretanto, da mesma forma que o Projeto deve ser concebido com devido cuidado e apoio técnico, sua realização, isto é, a execução da obra, também deve ser feita com cuidado e organização baseados em subsídios técnicos. Deve-se garantir que a obra atenda às exigências que foram levadas em conta na fase do Projeto e que suporte as ações atuantes nela durante as etapas construtivas. Essas ações possuem composições que são, segundo Freitas (2004), bem diferentes das ações que foram previstas inicialmente no projeto correspondente a sua ocupação e uso.

Um dos instrumentos utilizados na execução do edifício para garantir que seus elementos estruturais sejam executados de maneira correta e que a obra como um todo atinja o “desempenho” desejado são os planos de concretagem. Esses explicam e organizam em etapas a execução dos elementos estruturais de concreto armado do edifício em cada pavimento (lajes, vigas, pilares etc).

Os planos de concretagem também apontam os procedimentos que devem ser adotados, durante a execução do pavimento, devido à baixa idade e resistência do concreto (através do uso de cimbramentos) e à atuação de ações provenientes do processo de construção sobre os pavimentos.

Há casos em que, por diversos motivos, a concretagem de um pavimento no edifício não é realizada completamente, havendo uma interrupção, e procedendo à execução do pavimento superior. Isto pode deixar certos elementos estruturais do pavimento inferior com extensões ou “trechos” sem concretagem, os quais são realizados posteriormente. Durante esse período o pavimento que não foi totalmente executado, está submetido às cargas de construção atuantes sobre ele, e às cargas do pavimento superior, que são transmitidas pelos cimbramentos.

## **2. Objetivo**

O objetivo do presente trabalho é estudar os efeitos das cargas de construção em elementos estruturais presentes em pavimentos de edificações, cuja etapa de concretagem não foi realizada de forma imediata, mas sim em “trechos”.

### **3. Referencial Teórico**

O estudo do efeito das cargas de construção em edificações já foi abordado por autores como Prado (2002) que analisa de forma estrutural o efeito que essas cargas podem ter inclusive nos pavimentos inferiores ao longo da sequência natural de construção, incluindo o efeito de transmissão de cargas para pavimentos inferiores através dos cimbramentos.

Tema semelhante é abordado por Freitas (2004) que fez um estudo das ações construtivas e seus efeitos em edifícios de concreto possuindo diferentes subsistemas horizontais, alterando-se assim o sistema de escoramento e o ciclo de construção.

Marín (2008) utiliza uma abordagem semelhante particularizando no efeito que as cargas de construção podem ter sobre deslocamentos nas obras estruturais

Salvador (2007) também lida com o efeito das ações de construção sobre o comportamento estrutural de edificações, levando em conta no seu estudo o fator dos ciclos de construção rápidos que podem submeter à estrutura de concreto com uma idade muito jovem às cargas de construção.

Bernardi (2007), embora não trate do assunto dos efeitos das cargas de construção, usa uma metodologia interessante na sua análise de diferentes tipos modelos estruturais. Ele faz uso da quantificação das armaduras presentes em elementos de concreto armado como um fator a ser considerado. Tal fator também foi adotado no presente trabalho.

## **4. Materiais e Métodos**

### **4.1 Programas Computacionais**

Para a análise dos pavimentos dos edifícios foi utilizado como ferramenta o *software* para cálculo estrutural Altoqi Eberick, que foi utilizado para a modelagem dos elementos estruturais e das ações a que eles estavam submetidos, assim como coleta dos resultados obtidos em relação ao seu comportamento estrutural. Esse *software* é utilizado para realização de projetos estruturais de concreto armado, englobando as etapas de lançamento e análise da estrutura, dimensionamento e detalhamento dos elementos, respeitando as prescrições da ABNT NBR 6118 (2007). O dimensionamento dos elementos é feito para os Estados Limites Últimos de acordo com as normas atuais, gerando automaticamente todas as combinações de carregamentos e ações da estrutura.

Foi usado um modelo de edifício, o qual apresentava as condições necessárias que seriam abordadas nesse estudo, isto é, que possuía pavimentos inferiores com grande extensão ou com grandes periferias quando comparados com os pavimentos “tipo”.

Antes da modelagem do edifício foi feito um estudo preliminar usando simulações de vigas e pórticos submetidos a diferentes tipos de situações. Nesse estudo foi usado o *software* FTool para estudar o comportamento estrutural da continuidade ou não das vigas. Esse *software* possui uma interface bem prática, tornando-o de fácil utilização, do Método dos Elementos Finitos (MEF) para os cálculos das estruturas.

### **4.2 Modelagens**

#### **4.2.1 Modelagens em vigas**

Inicialmente foi realizado um estudo sobre o “comportamento” dos esforços em vigas contínuas quando da retirada de seus vãos extremos. Foram estudadas vigas com 2 e 3 vãos.

No primeiro caso as vigas foram modeladas com dois vãos contínuos de comprimentos diferentes. Os primeiros vão possuía comprimento fixo de 4 m e o segundo vão varia seu comprimento nos seguintes valores: 0,3 L, 0,5 L, 0,7 L e 1 L (L representa o comprimento do primeiro vão ou seja  $L=4m$ ). Procedeu-se, então, segundo o roteiro a seguir.

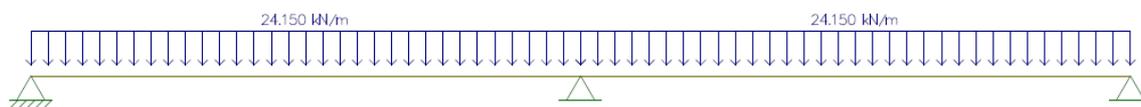
1. A viga era modelada contínua e os momentos fletores no primeiro vão são avaliados (caso 1).
2. Foi introduzida uma rótula no 2º apoio (caso 2). Os momentos fletores no primeiro vão são avaliados (caso 2).
3. Finalmente, confrontam-se os valores dos momentos fletores no primeiro vão.

No primeiro caso a viga era considerada contínua, mas no segundo caso “suprimia-se” o segundo vão através da aplicação de uma rótula no 2º apoio. Para o carregamento atuante sobre a viga foi utilizado o peso próprio da viga mais a carga acidental obtendo-se um valor de 24.15 kN/m . O carregamento relativo ao peso próprio foi obtido considerando-se uma viga de seção 15 cm x 60 cm e a carga acidental foi obtida segundo a norma ABNT NBR 6120 (1980).

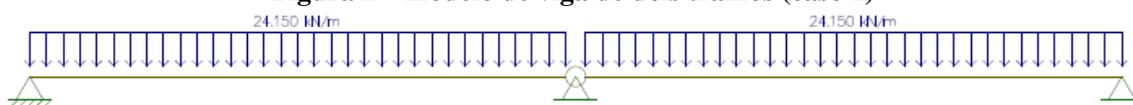
No segundo modelo foram utilizadas vigas com 3 vãos e relação entre os vãos “extremo”/”central” de valores 0,3, 0,5, 0,7 e 1. O carregamento utilizado foi o mesmo do primeiro modelo. Nesse caso, no entanto, procedeu-se o seguinte roteiro:

1. A viga era modelada contínua e seus momentos fletores no vão central avaliados (caso 1).
2. Foi introduzida uma rótula no 2º apoio (caso 2). Os momentos fletores no vão central são avaliados mais uma vez.
3. Foi introduzida mais uma rótula no 3º apoio (caso3), em seguida, o valor do momento fletor no vão central é avaliado mais uma vez.
4. Finalmente, confrontam-se os valores dos momentos fletores no vão central.

Nas Figuras 1 e 2, mostram-se a viga modelada de dois tramos nos dois casos seguidos no roteiro. Já nas Figuras 3, 4 e 5, mostram-se a viga de três tramos nos diferentes “estágios” do roteiro seguido.

**Figura 1- modelo de viga de dois tramos (caso 1)**

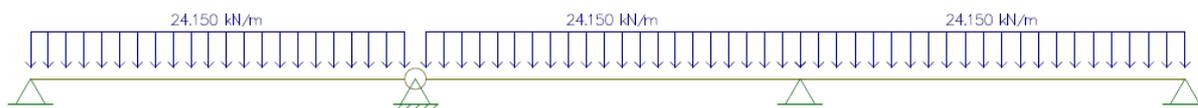
Fonte: Do autor, 2013

**Figura 2 – modelo de viga de dois tramos (caso 2)**

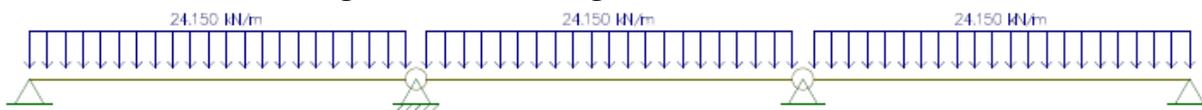
Fonte: Do autor (2013)

**Figura 3 - modelo de viga de três tramos (caso 1)**

Fonte: Do autor (2013)

**Figura 4- modelo de viga de três tramos (caso 2)**

Fonte: Do autor (2013)

**Figura 5- modelo de viga de três tramos (caso 3)**

Fonte: Do autor (2013)

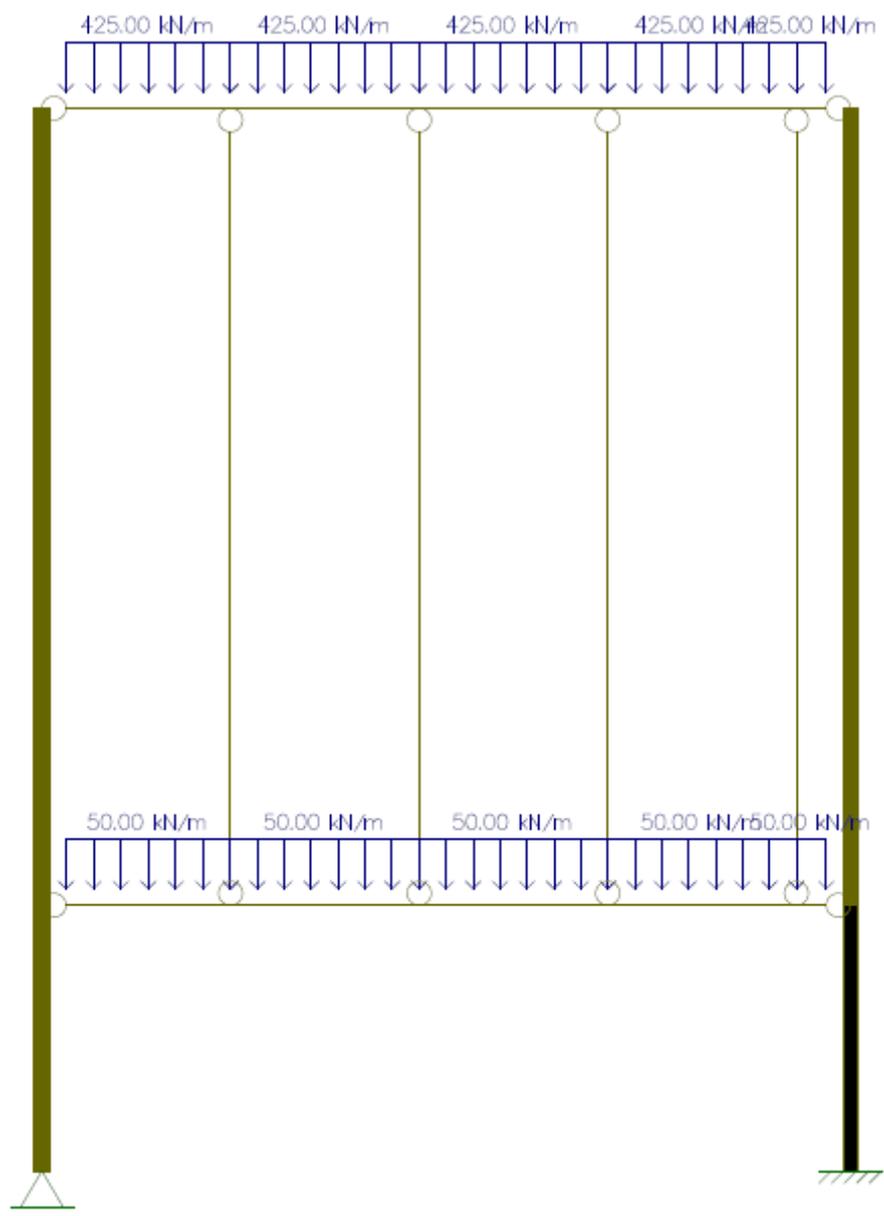
Uma terceira modelagem foi feita com o objetivo de avaliar o efeito das cargas de concretagem sobre as vigas do pavimento inferior sem que essas vigas fossem executadas completamente, isto é, sem descontinuidades. Nesse caso foi adotado o uso de rótulas nas extremidades das escoras e re-escoras. Da mesma forma foi adotado que os dois “pilares” suportes do pórtico possuem rigidez infinita e, portanto, não sofrem deformações. Todos os

pavimentos possuem o mesmo comprimento sendo que o valor deste foi de entre 3 m, 4.5 m e 6 m.

Para o carregamento atuante no pavimento superior (que transmite a carga para o pavimento inferior através dos cimbramentos) foi adotado o peso próprio do pavimento mais uma carga accidental. Para o carregamento relativo ao peso próprio foi adotada uma laje de 15 cm de espessura. No caso da carga accidental inicialmente seria adotado o valor correspondente a 85% da carga do peso próprio (PRADO, 2002), porém optou-se por utilizar um valor estimado tomando como base a *ASCE – 37: Design Loads on Structure During Construction*. Nesse caso procedeu-se o seguinte roteiro:

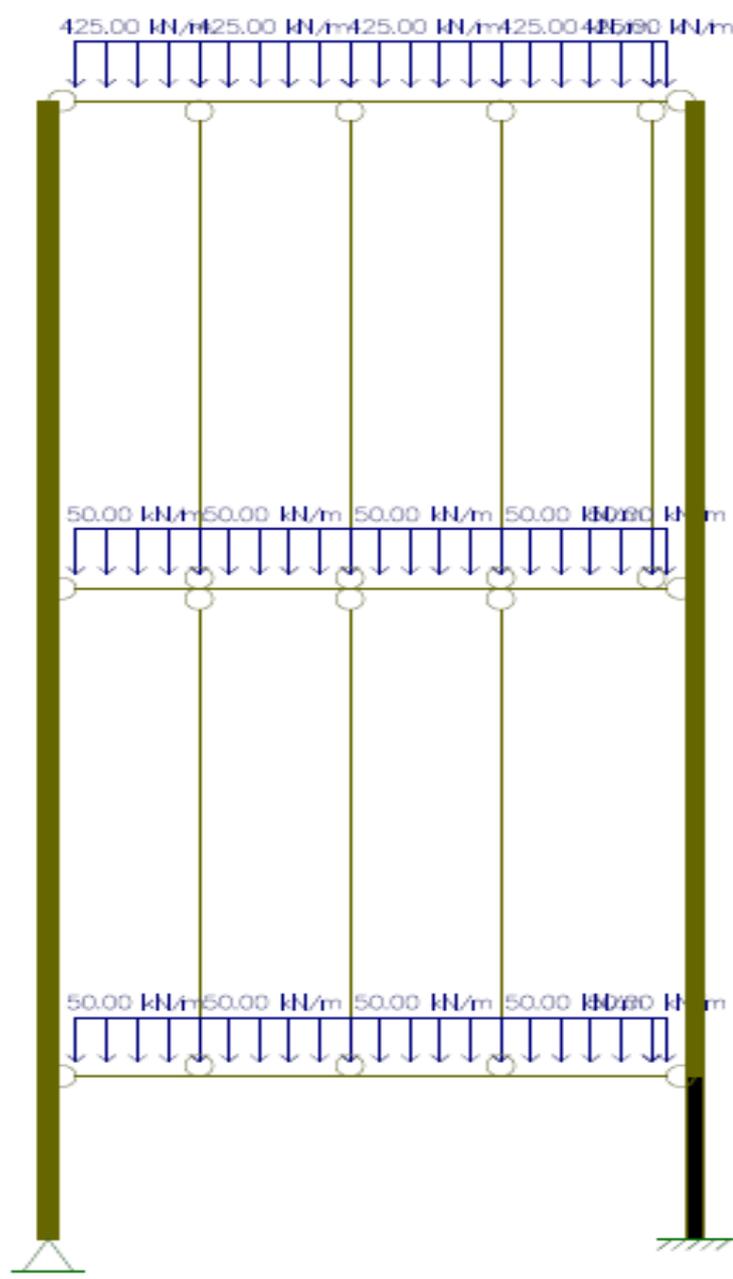
1. O pórtico era modelado com a presença de dois pavimentos (1 superior e 1 inferior), cada um possuindo rótulas em suas extremidades e avaliando o valor do momento fletor máximo e da deformação em cada vão
2. O pórtico era modelado com a presença de 3 pavimentos (1 superior e 2 inferiores), novamente fazendo-se o uso de rótulas em suas extremidades e avaliando o valor do momento fletor máximo e da deformação em cada pavimento.
3. Finalmente, para cada um dos casos os valores dos momentos fletores as deformações em cada pavimento eram confrontados.

As Figuras 6 e 7 mostram os modelos de pórticos com dois e três pavimentos.

**Figura 6- modelo de pórtico de duas lajes**

Fonte: Do autor (2013)

Figura 7- modelo de pórtico de três lajes utilizado na simulação



Fonte: Do autor (2013)

#### 4.2.2 Modelagem no edifício

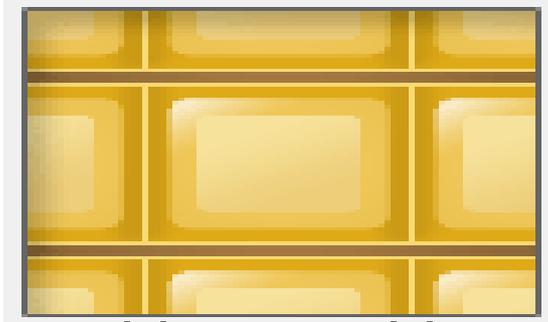
O edifício escolhido para o estudo situa-se na cidade de Caruaru, no estado brasileiro de Pernambuco, e possui 33 pavimentos com uma área de construção de aproximadamente 15.000 m<sup>2</sup> e pavimento tipo com área total de aproximadamente 11.000 m<sup>2</sup>. Esse edifício apresenta as condições necessárias a serem estudadas, possuindo uma área de periferia de aproximadamente duas vezes o valor da área “central”. Na modelagem no *software*, adotou-se o número de quinze pavimentos para o edifício, sendo quatro destes pavimentos relacionados a parte de subsolo e térreo do edifício, dez pavimentos “tipo” e um pavimento de cobertura. Também foi feita a adoção “pavimento” da casa de máquinas e do reservatório de água localizados na cobertura do edifício.

Os pavimentos inferiores ao “tipo” foram nomeados de acordo com os nomes apresentados nas plantas arquitetônicas do edifício, isto é: subsolo adotado como baldrame, semienterrado, térreo e vazado.

A distribuição de pilares e vigas no edifício seguiu a distribuição mostrada nas plantas arquitetônicas, havendo, em certos casos, pequenas alterações realizadas com o objetivo de garantir a estabilidade do edifício e no cálculo de processamento da estrutura executado no programa.

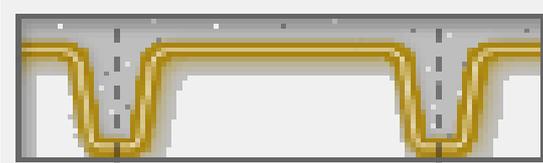
Nos pavimentos do semienterrado, térreo, vazado, tipos e cobertura foram usadas lajes nervuradas do tipo cubetas ATEX devido a grande extensão dos vãos nesses pavimentos e ao uso prático deste tipo de laje. As espessuras das lajes nesses pavimentos assumiram o valor, no geral, de 35 cm com os blocos de enchimento de dimensões B30/80/80. Um esquema das cubetas utilizadas na laje nervurada podem ser vistos nas figuras 8 e 9. No caso das lajes da casa de máquinas e do reservatório foram usadas lajes maciças. É necessário, no entanto, destacar que o foco do estudo foi feito nas vigas do edifício, objetivando verificar se o efeito notado nas na simulação das vigas mostrado no estudo preliminar seria verificado também no caso do edifício.

**Figura 8: Cubeta ATEX presente nas lajes nervuradas utilizadas no projeto**



Fonte: Adaptado pelo Autor (2013)

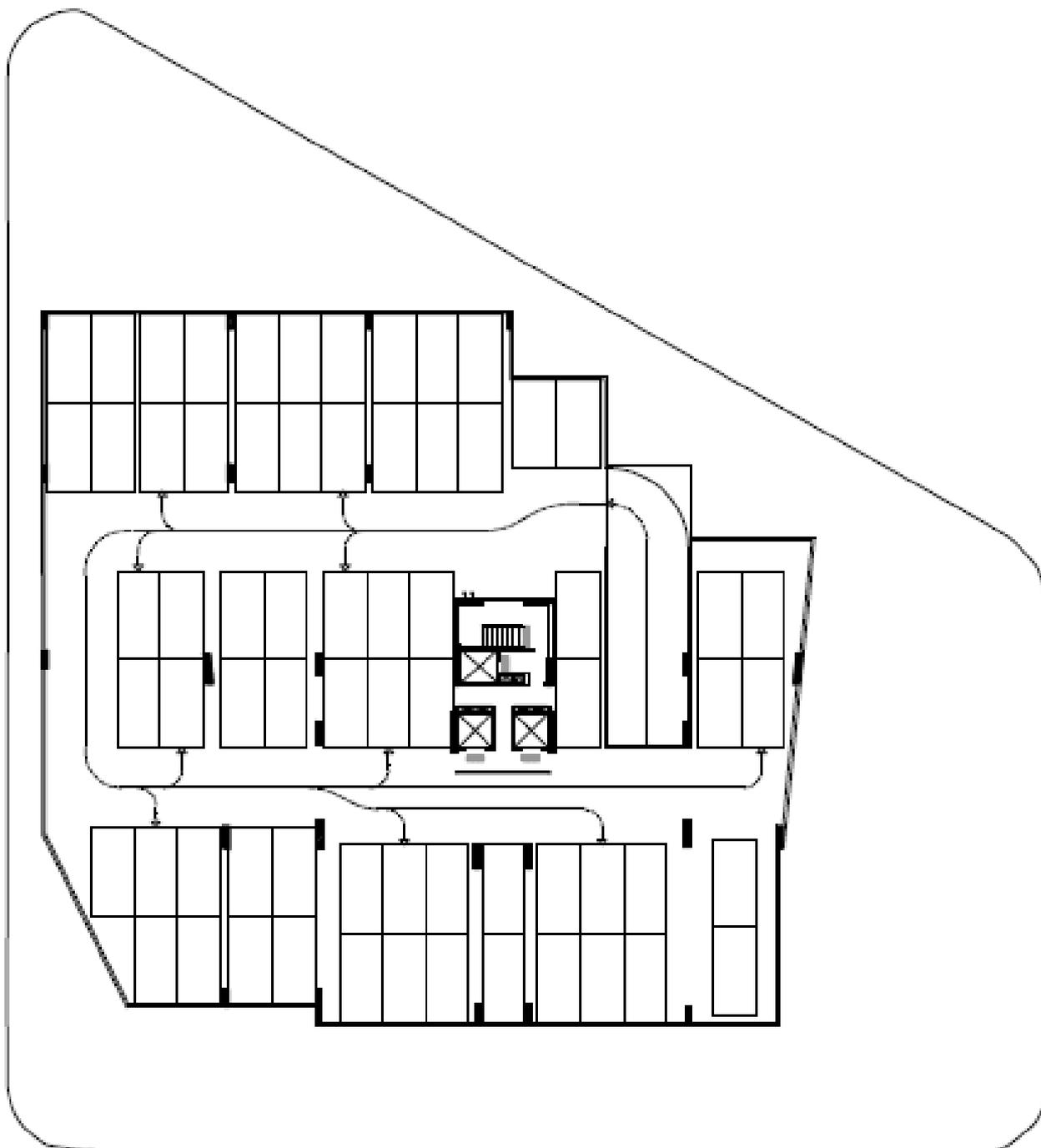
**Figura 9: Detalhe transversal da cubeta ATEX presente nas lajes nervuradas utilizadas no projeto**



Fonte: Adaptado pelo Autor (2013)

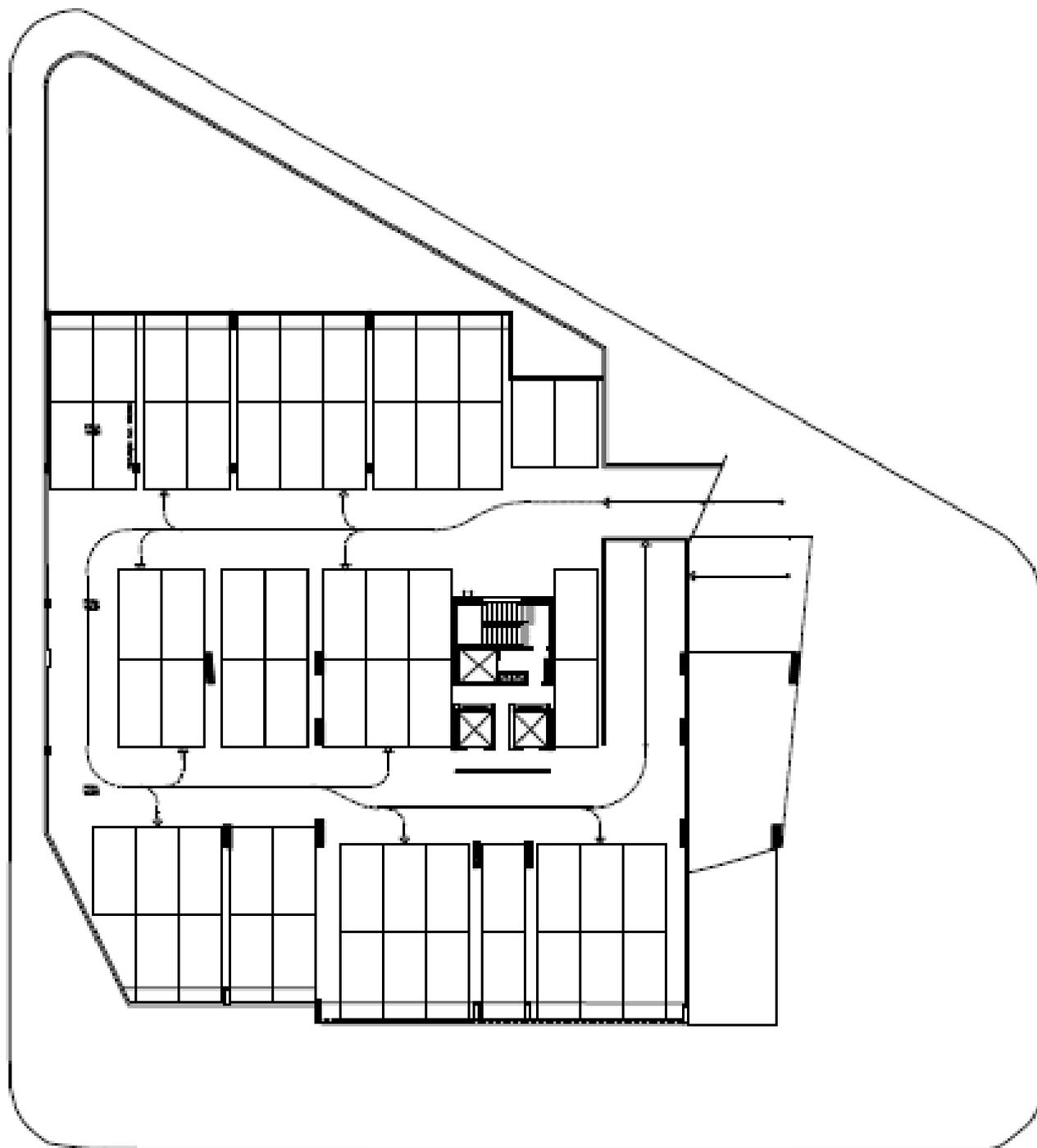
Os esquemas das plantas baixas dos pavimentos do edifício podem ser vistos nas figuras 10 a 15. Os esquemas com as distribuições de vigas e pilares adotadas para cada pavimento podem ser vistos nas figuras 16 a 21

Figura 10- Esquema da planta baixa do Pavimento Subsolo



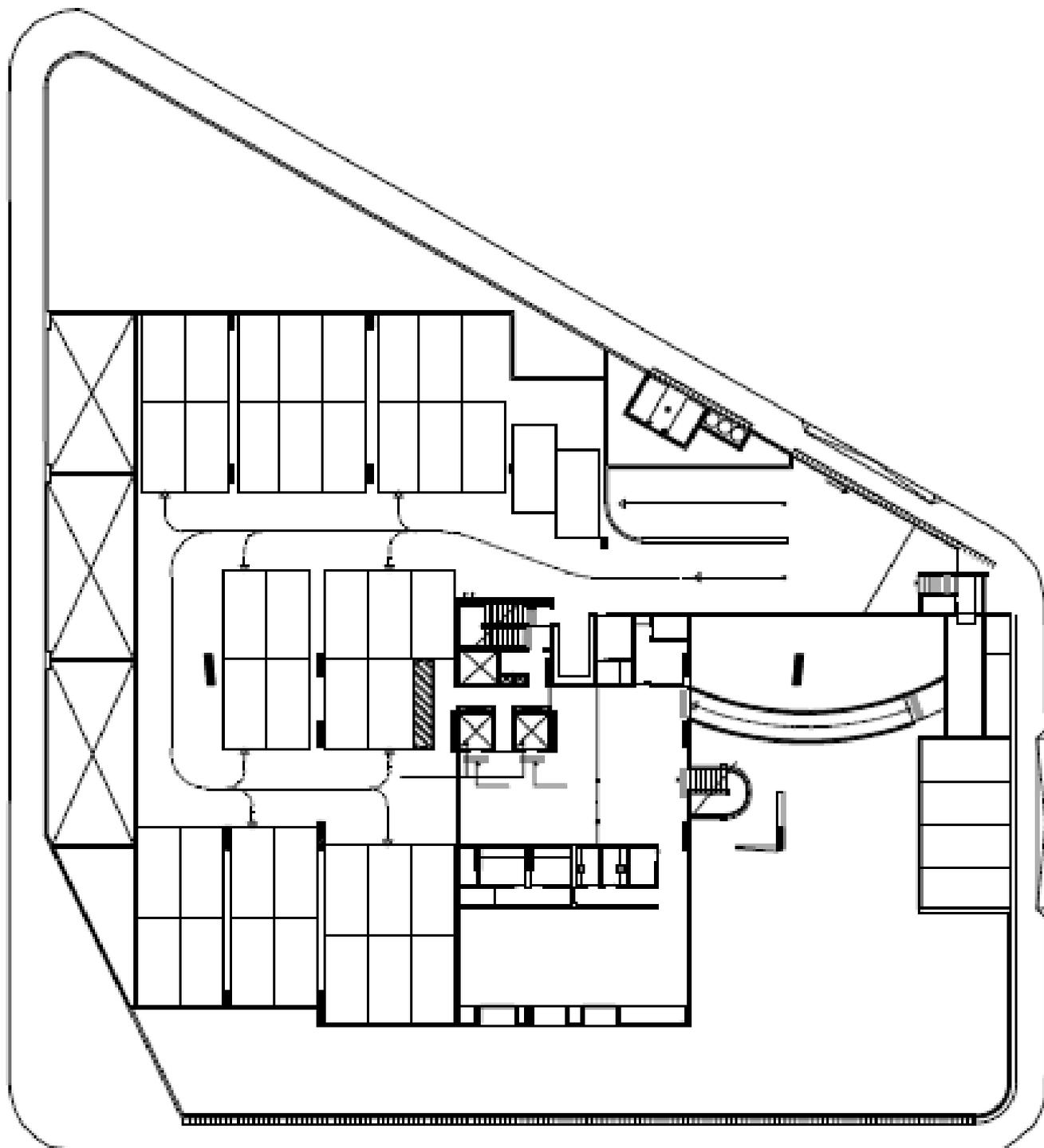
Fonte: Adaptado pelo autor (2013)

Figura 11- Esquema da planta baixa do Pavimento Semi-enterrado



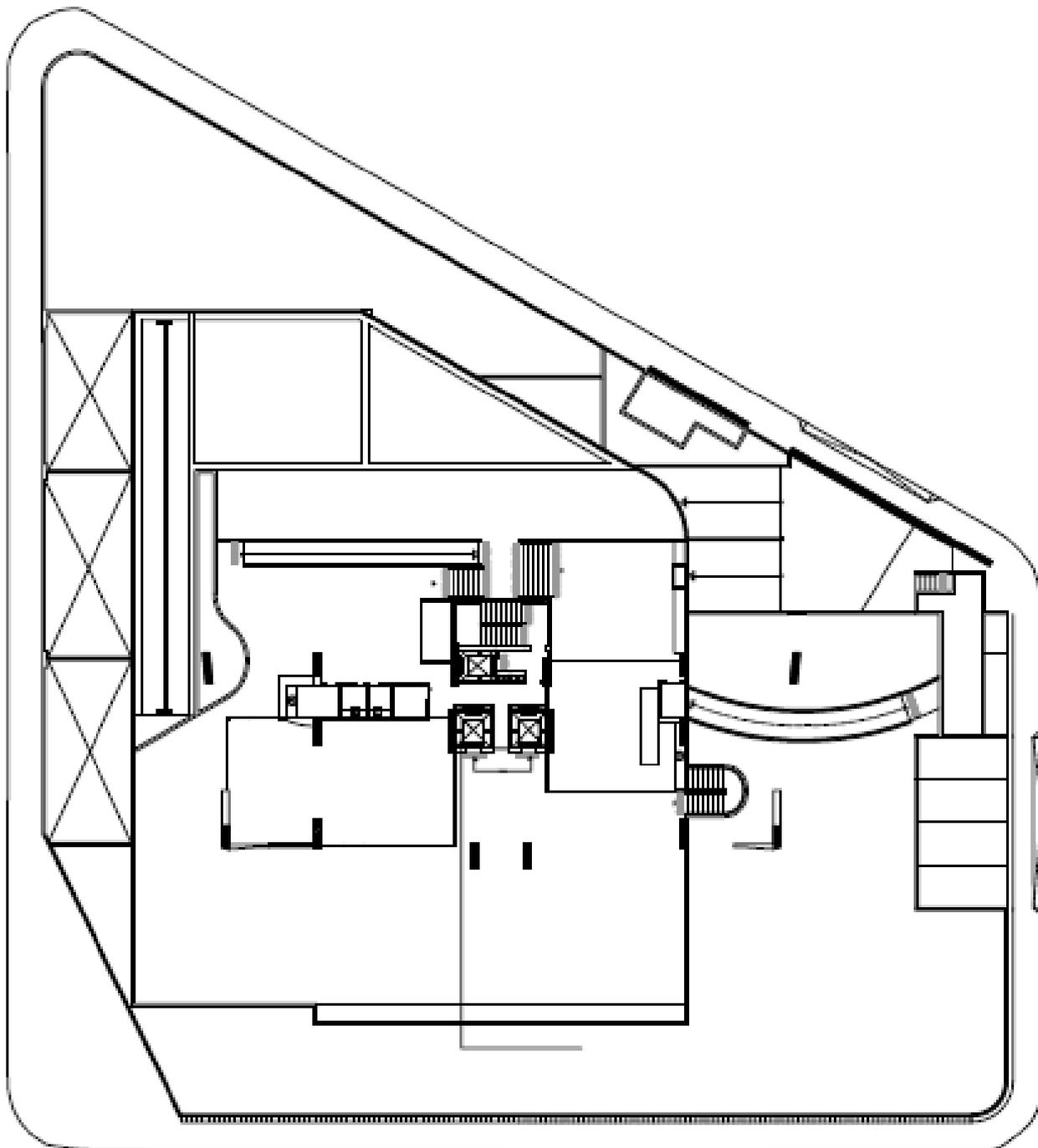
Fonte: Adaptado pelo autor (2013)

Figura 12- Esquema da planta baixa do Pavimento Térreo



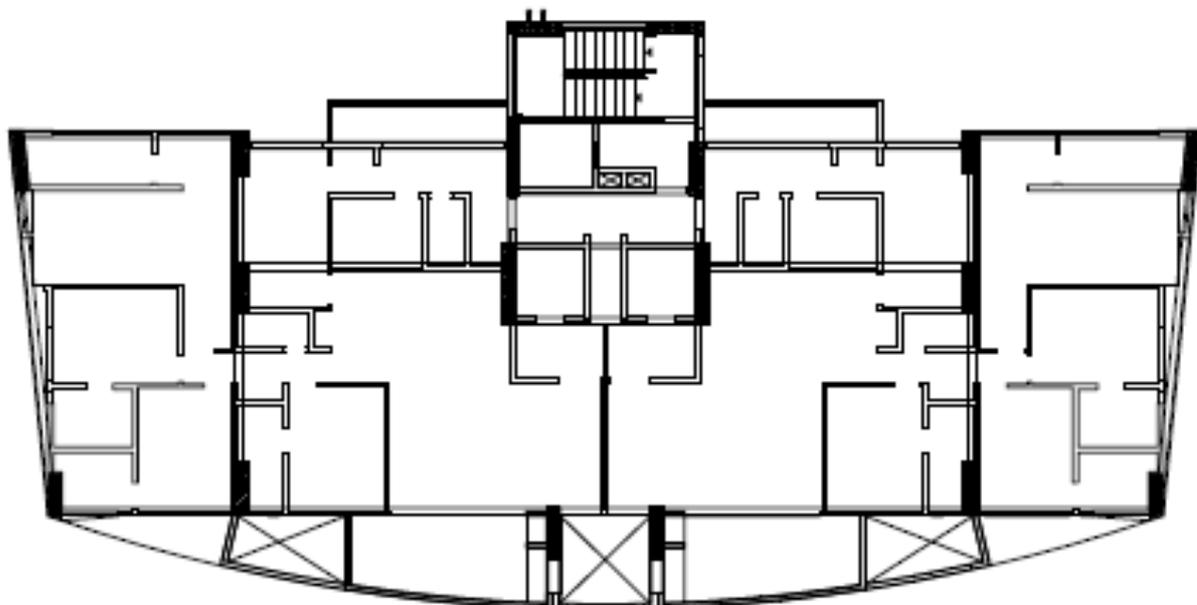
Fonte: Adaptado pelo autor (2013)

Figura 13- Esquema da planta baixa do Pavimento Vazado



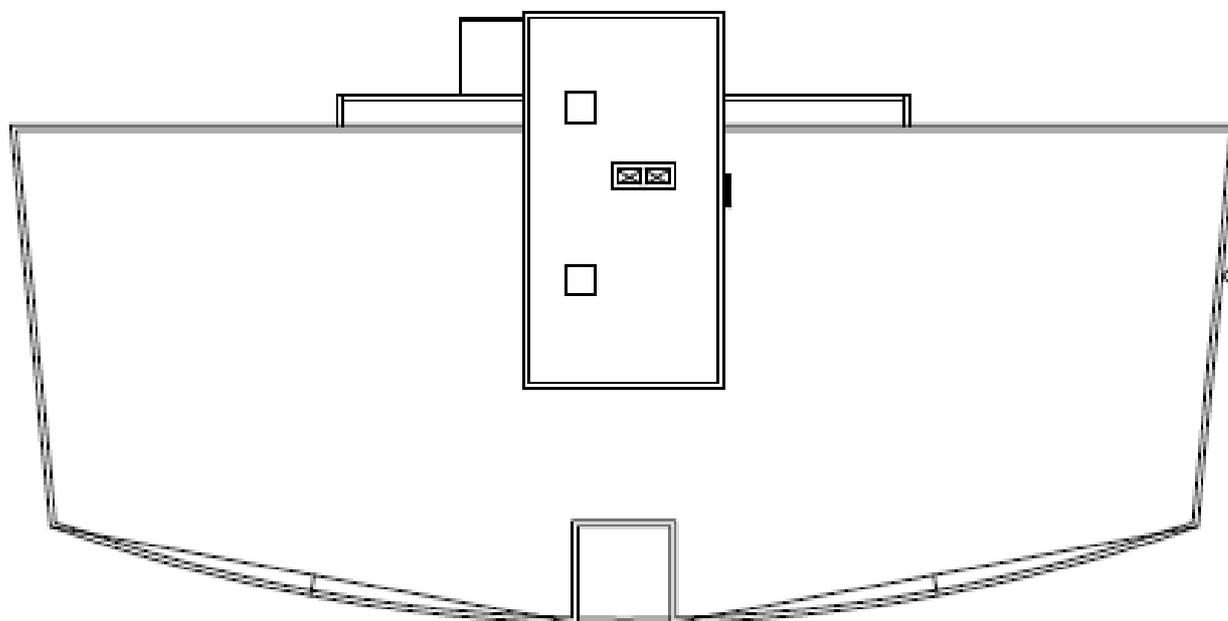
Fonte: Adaptado pelo autor (2013)

**Figura 14- Esquema da planta baixa do Pavimento Tipo**



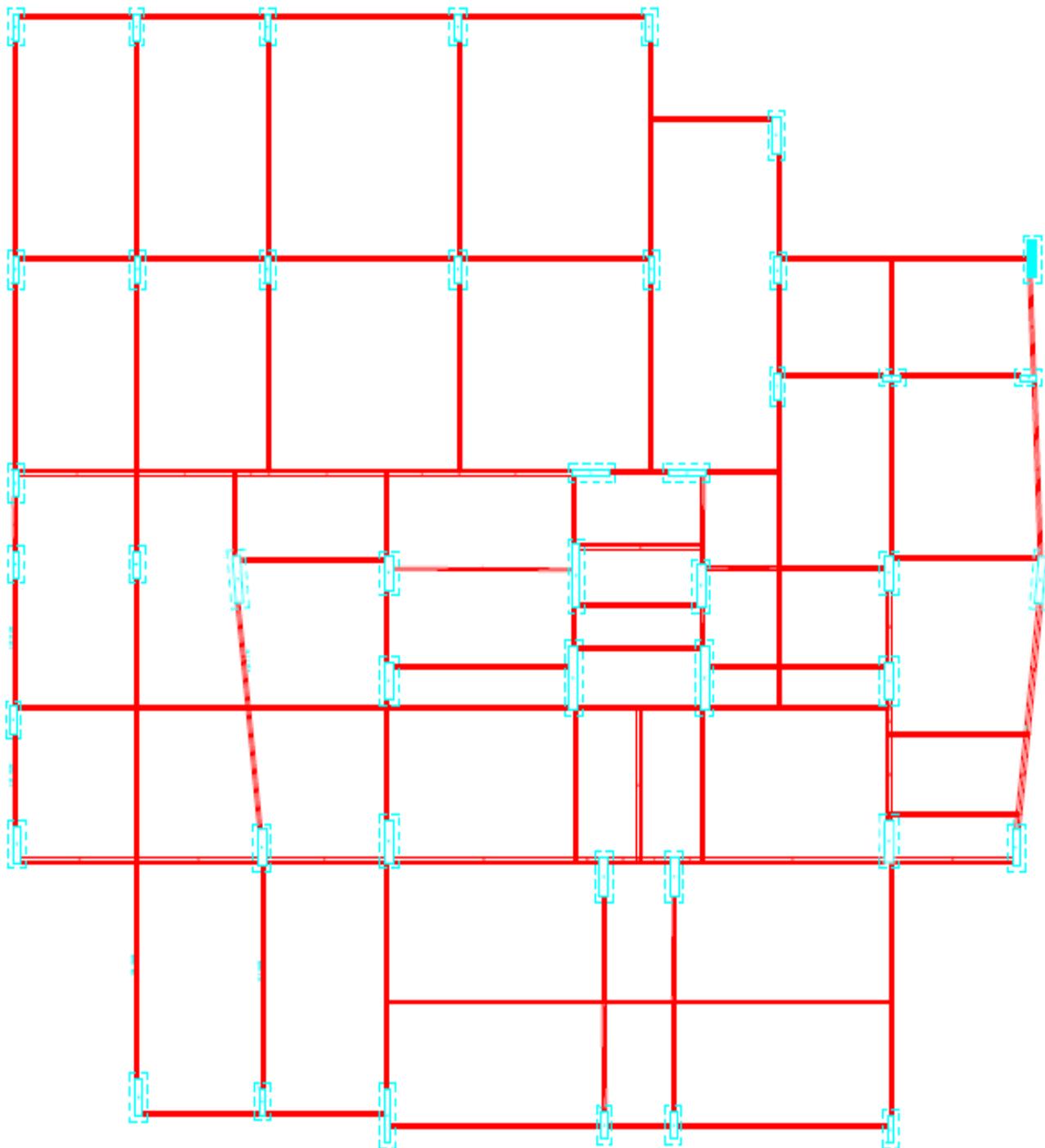
Fonte: Adaptado pelo autor (2013)

**Figura 15- Esquema da planta baixa do Pavimento da Cobertura**



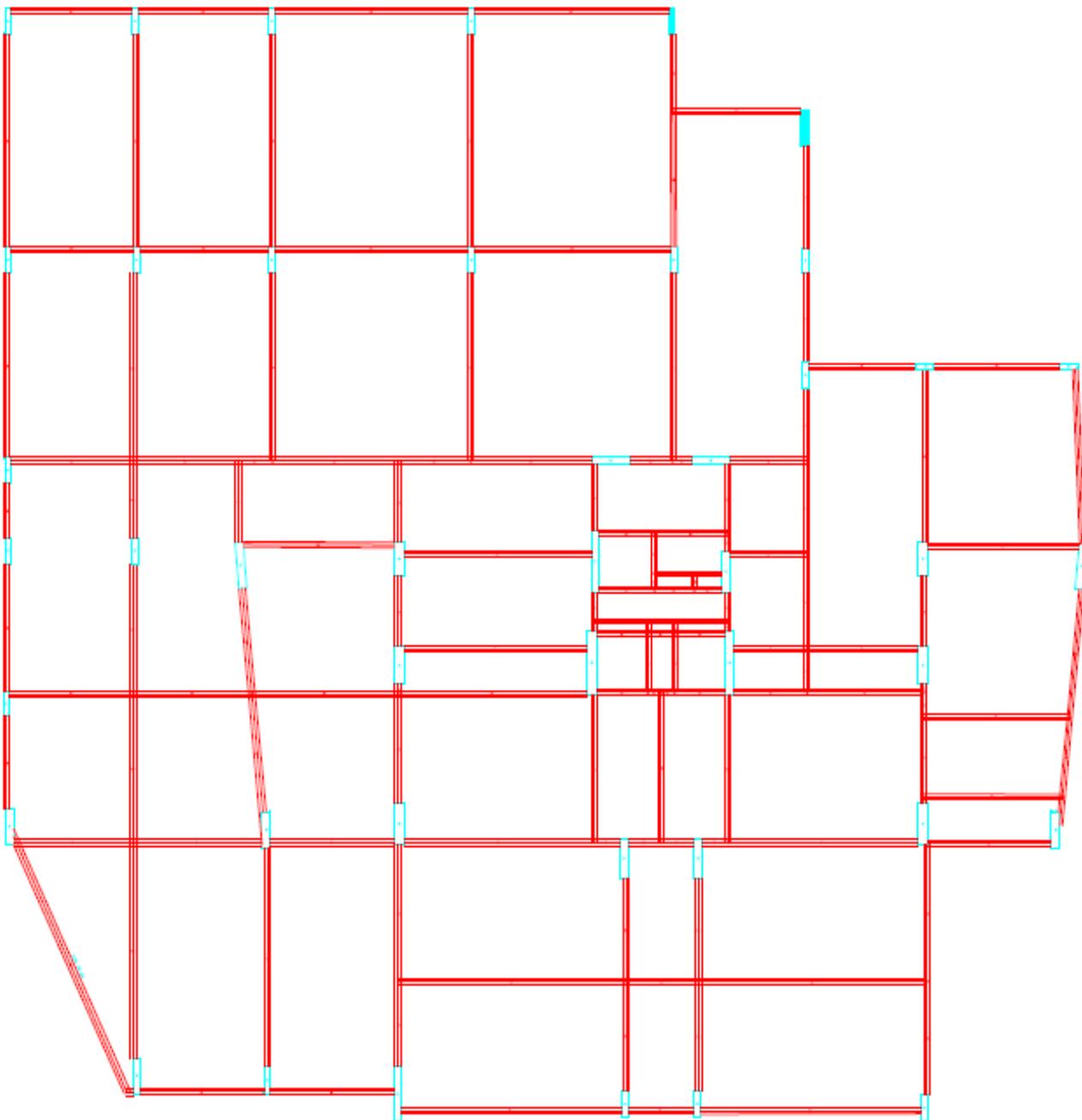
Fonte: Adaptado pelo autor (2013)

**Figura 16- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Subsolo**



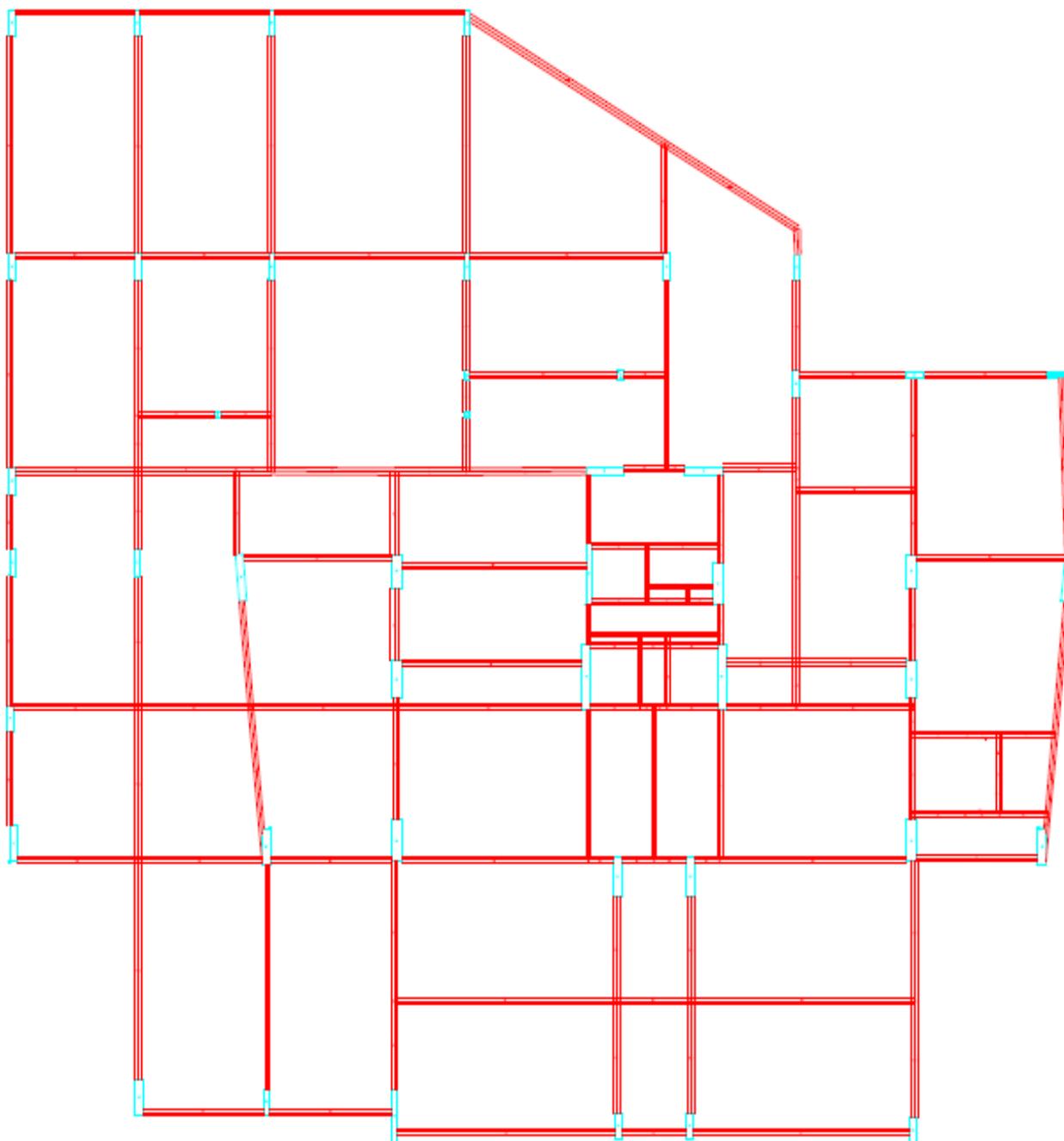
Fonte: Do autor (2013)

**Figura 17- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Semienterrado**



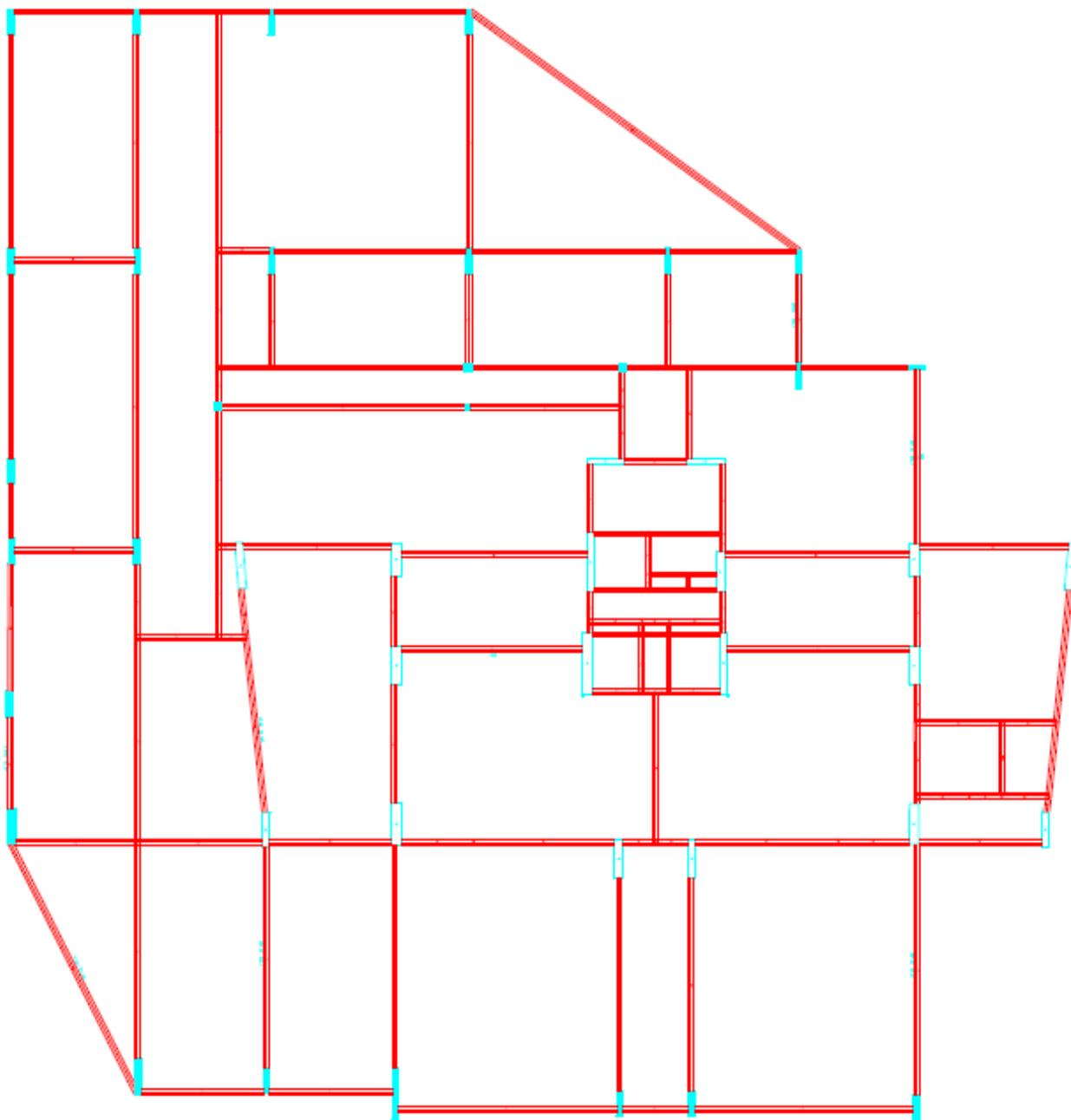
Fonte: Do autor (2013)

**Figura 18- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Térreo**



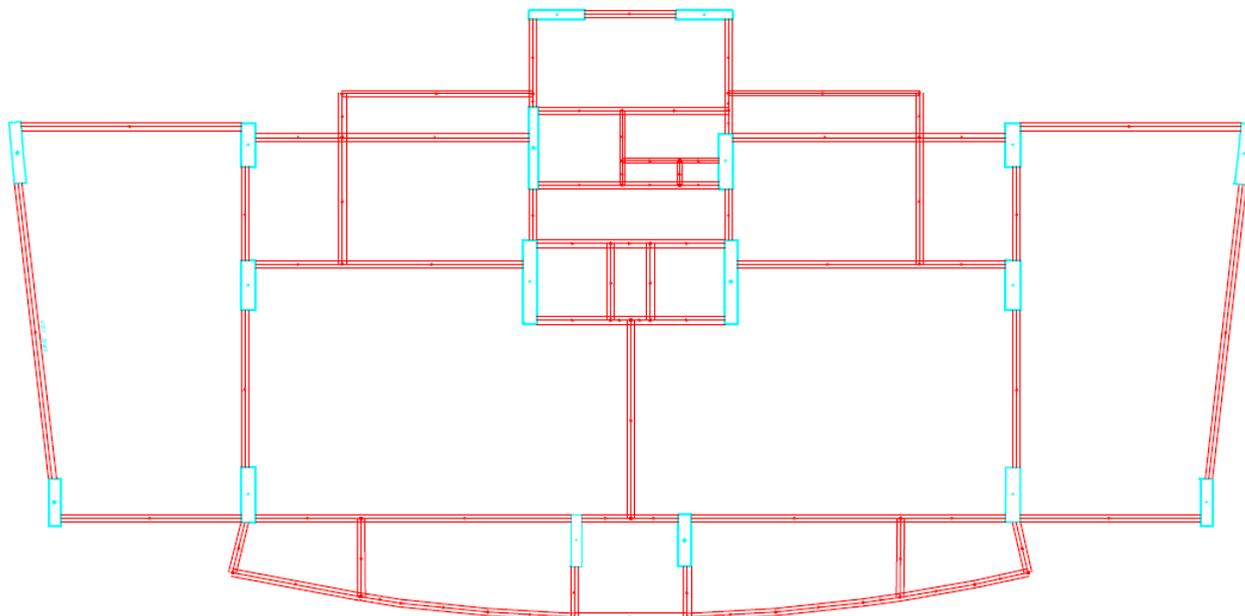
Fonte: Do autor (2013)

**Figura 19- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Vazado**



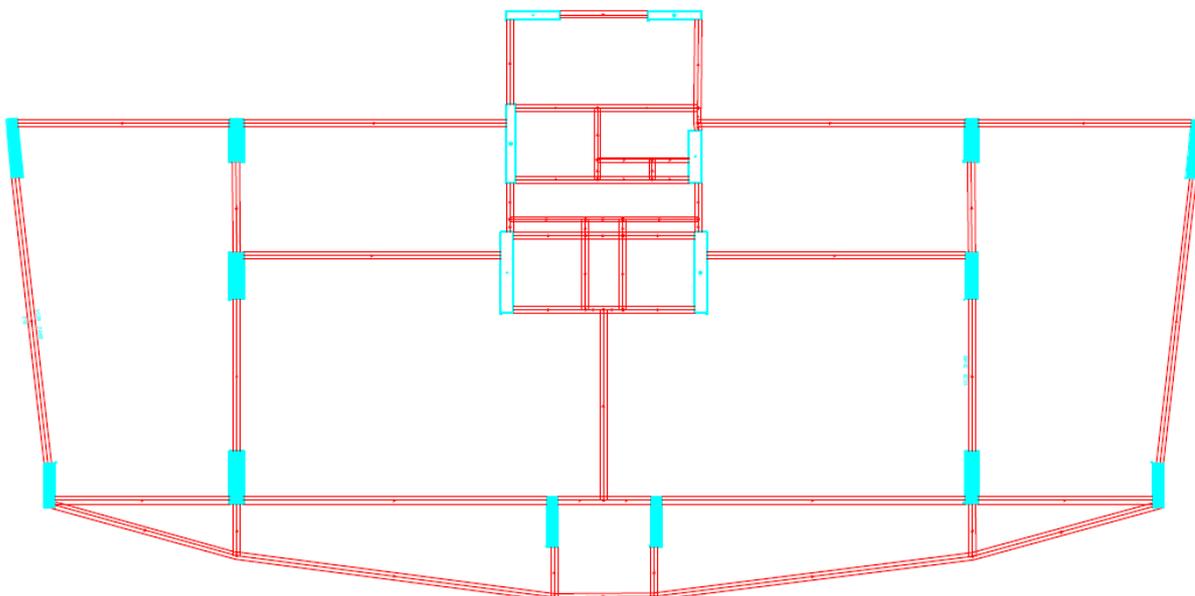
Fonte: Do autor (2013)

**Figura 20- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento Tipo**



Fonte: Do autor (2013)

**Figura 21- Esquema da distribuição de pilares e vigas no Pavimento da Coberta**



Fonte: Do autor (2013)

## 5. Apresentação e discussão dos resultados

### 5.1 Estudo 1 – Continuidade das vigas pelo FTool

No caso das vigas de dois vãos observam-se os valores para o momento fletor máximo no primeiro vão, nos casos em que a viga é contínua (caso 1) ou quando o segundo vão é suprimido (caso 2). Os resultados são mostrados na tabela 1.

**Tabela 1: Momentos fletores para o estudo da vigas com dois vãos**

Relação "comprimento vão extremo"/"comprimento vão central"	0,3	0,5	0,7	1
Momento fletor máximo (caso 1) (kNm)	31,106	31,885	31,106	27
Momento fletor máximo (caso 2) (kNm)	48,3	48,3	48,3	48,3
Relação "caso 1"/"caso 2" (%)	64,40165631	66,01449	64,40166	56,2505176

Fonte: Do autor (2013)

No caso das vigas de três vãos observam-se os valores para o momento fletor máximo no vão central, no caso em que a viga é contínua (caso 1) ou quando é colocada uma rótula no 2º apoio (caso 2), ou ainda quando são colocadas duas rótulas no 2º e 3º apoios (caso 3). Os resultados são mostrados na tabela 2.

**Tabela 2: Momentos fletores para o estudo da vigas com três vãos**

Relação "comprimento vão extremo"/"comprimento vão central"	0,3	0,5	0,7	1
Momento fletor máximo (caso 1) (kNm)	20,742	21,131	18,815	30,912
Momento fletor máximo (caso 2) (kNm)	31,106	31,885	31,106	48,3
Momento fletor máximo (caso 3) (kNm)	48,3	48,3	48,3	48,3
Relação "caso 1/caso 3" (%)	42,94409938	43,74948	38,95445	64
Relação "caso 1/caso 2" (%)	66,68166913	66,27254	60,48672	64

Fonte: Do autor (2013)

Pelos resultados mostrados nas tabelas acima, é possível perceber que pode haver um aumento de até 65% na diferença entre os momentos fletores máximos atuantes em uma viga concretada continuamente com aquela concretada de forma "parcial". Isso pode levar a um aumento significativo na quantidade de concreto e aço utilizado em uma obra caso haja uma grande quantidade de elementos estruturais executados de forma "parcial", podendo assim encarecer o custo dessa obra.

## 5.2 Estudo 2 – Transmissão das cargas através dos vãos pelo FTool

No caso dos pórticos com dois vãos observam-se os valores relativos aos momentos fletores máximos e deslocamentos máximos nas tabelas 3 e 4.

**Tabela 3: Valores de momentos fletores para o estudo de transmissão de cargas entre dois vãos**

vão das lajes (m)	3	4,5	6
Momento máximo laje superior (KNm)	274,2	592,1	1054,6
Momento máximo laje inferior (kNm)	257,8	604,9	1073,4
Relação "laje inferior"/ "laje superior" (%)	94,01896	102,1618	101,7827

Fonte: Do autor (2013)

**Tabela 4: Valores de deformações para o estudo de transmissão de cargas entre dois vãos**

Vão das lajes (m)	3	4,5	6
Deslocamento máximo laje superior (mm)	38,28	182,3	569,6
Deslocamento máximo laje inferior (mm)	32,59	176,5	564,3
Relação "laje inferior"/ "laje superior" (%)	85,13584	96,81843	99,06952

Fonte: Do autor (2013)

No caso dos pórticos com dois vãos observam-se os valores relativos aos momentos fletores máximos e deslocamentos máximos nas tabelas 5 e 6.

**Tabela 5: Valores de momentos fletores para o estudo de transmissão de cargas entre três vãos**

Vão da laje (m)	3	4,5	6
Momento máximo laje superior (kNm)	223,4	439,9	772,7
Momento máximo laje central (kNm)	195,1	446,5	790
Momento máximo laje inferior (kNm)	169,5	436,6	789,3
Relação "Laje central"/"Laje superior" (%)	87,33214	101,5003	102,2389
Relação "Laje inferior"/"Laje superior" (%)	75,87287	99,24983	102,1483

Fonte: Do autor (2013)

**Tabela 6: Valores de deslocamentos para o estudo de transmissão de cargas entre três vãos**

Vão da laje (m)	3	4,5	6
Deslocamento máximo laje superior (mm)	31,98	138,727	423,9
Deslocamento máximo laje central (mm)	24,8195	130,9	416,599
Deslocamento máximo laje inferior (mm)	21,53	126,925	412,703
Relação "Laje central"/"Laje superior" (%)	77,60944	94,35798	98,27766
Relação "Laje inferior"/"Laje superior" (%)	67,32333	91,49264	97,35858

Fonte: Do autor (2013)

Pelos resultados mostrados nas tabelas acima, é possível concluir que, no caso da simulação do pórtico com duas lajes, o deslocamento na laje inferior é quase igual a da laje superior (variando em termos de 85% até 99%), já no caso do pórtico com três lajes, as simulações revelam que, embora os valores dos deslocamentos nas lajes inferiores e do meio possam chegar a valores próximos dos da laje superior, pode haver, no entanto, em certos casos uma diferença razoável entre os valores dos deslocamentos dessas lajes. No caso da laje do meio a diferença foi maior chegando a um valor de 77% do deslocamento na laje superior. Já no caso da laje inferior houve uma diferença menor com um valor de 67% do deslocamento na laje superior.

Para os momentos fletores é possível perceber que no caso do pórtico de duas lajes os valores de momento fletor máximo atuantes na laje inferior são bem semelhantes aos observados na laje superior, chegando até a casos em que os valores encontrados para a laje inferior são maiores que os da laje superior. No caso do pórtico com três lajes os resultados foram semelhantes, isto é, os valores de momento fletor máximo atuante no caso das lajes inferior e do meio são bem semelhantes aos valores encontrados para a laje superior, havendo até mesmo casos em que os valores dos momentos fletores nas lajes inferior e do meio são maiores que os encontrados para a laje superior. A diferença ocorre que no caso do pórtico de três lajes há uma

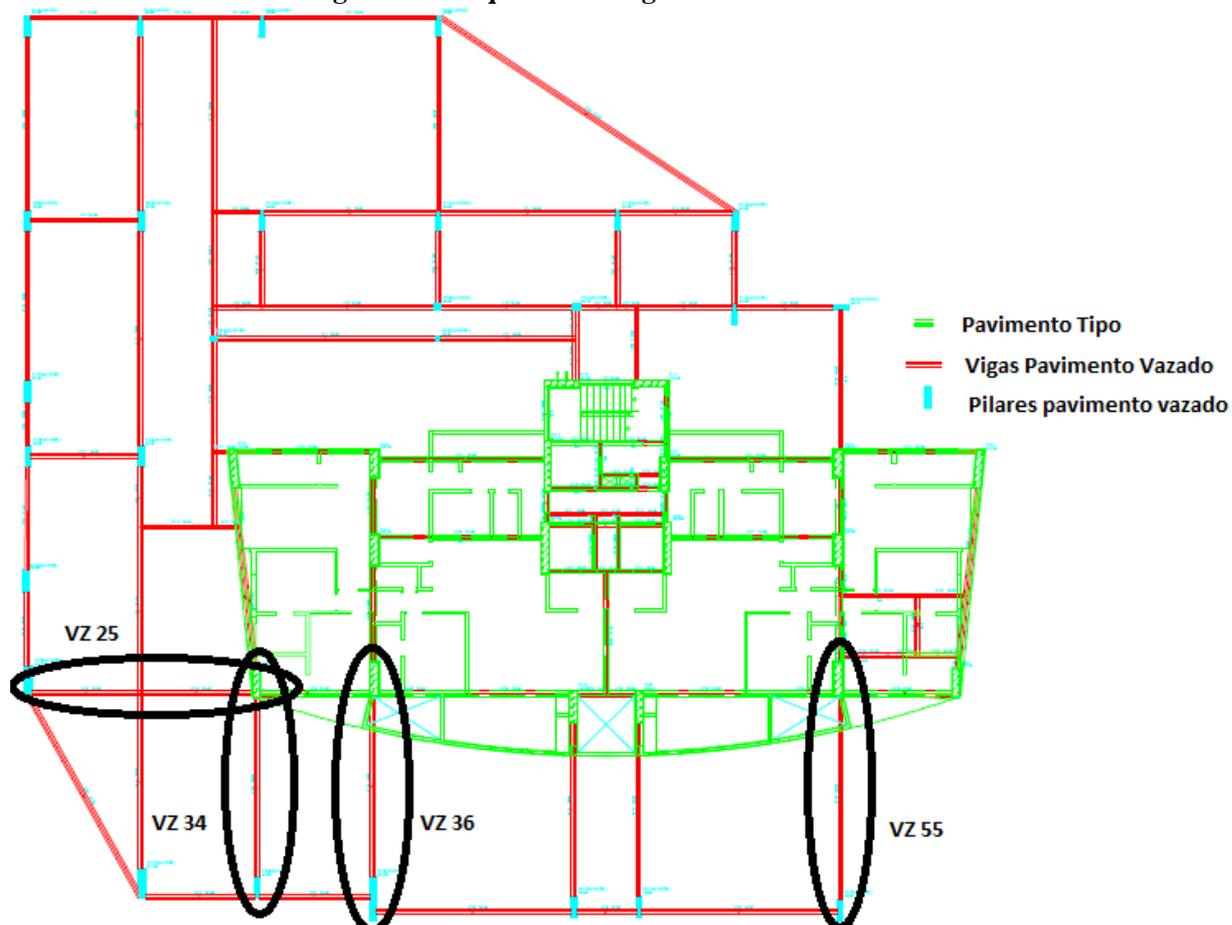
variação maior nos valores dos momentos fletores máximos atuantes das lajes inferiores e do meio em relação à laje superior: no caso da laje inferior o valor do momento fletor pode chegar até 76% do valor da laje superior; já no caso da laje do meio o valor do momento fletor pode chegar até 87% do valor da laje superior.

### **5.3 Estudo 3 – Modelagem do Edifício pelo Eberick**

As vigas utilizadas no estudo, localizadas no pavimento “vazado” podem ser vistas na figura 22 onde também foi mostrada a “superposição” da arquitetura do pavimento “tipo” (mostrada em verde) sobre a distribuição de vigas e pilares do pavimento “vazado” (mostrada em vermelho e azul) de modo a mostrar como as vigas estudadas estavam adjacentes a área “central” do edifício e atendiam as condições estudadas. Os nomes e numeração colocados ao lado de cada viga indicam aqueles adotados no programa para aquela viga.

É possível então com o auxílio do *software* obter as áreas de aço necessárias para as armaduras de flexão para vencerem os esforços atuantes e garantirem a estabilidade das vigas. No caso das vigas estudadas, as áreas de aço foram calculadas para o vão da viga e para os seus dois apoios extremos (onde o apoio 1 representa o apoio mais externo na planta e o apoio 2 representa o mais interno onde “ocorre” a rótula). Nesse cálculo as áreas de aço foram discriminadas de acordo com a sua posição na seção da viga, isto é, “As sup” para aquelas que deveriam ficar na parte superior da seção da viga, isto é, as armaduras negativas; e “As inf” para as armaduras que deveriam ficar na parte inferior da seção da viga, isto é, as armaduras positivas. Por fim esses valores foram relacionados. Os resultados podem ser vistos nos quadros 1,2 e 3.

Figura 22 - Esquema das vigas analisadas no estudo



Fonte: Do autor (2013)

Quadro 1: Áreas de aço (As) localizadas no vão da viga

Viga	não rotulada		rotulada	
	As sup (cm <sup>2</sup> )	As inf (cm <sup>2</sup> )	As sup (cm <sup>2</sup> )	As inf (cm <sup>2</sup> )
VZ25	0,85	16,05	3,61	18,69
VZ34	-	5,85		8,96
VZ36	-	6,66	-	8,81
VZ55	-	5,5	-	8,15
<b>Total</b>	0,85	34,06	3,61	44,61
<b>(As inf rot)/(As inf não rot)</b>	1,309747504			

Fonte: Do autor (2013)

**Quadro 2: Áreas de aço (As) localizadas no apoio 1 da viga**

Viga	não rotulada		rotulada	
	As sup (cm <sup>2</sup> )	As inf (cm <sup>2</sup> )	As sup (cm <sup>2</sup> )	As inf (cm <sup>2</sup> )
VZ25	17,13	2,05	22,47	7,63
VZ34	14,28	-	20,16	5,31
VZ36	16,96	1,88	23,62	4,76
VZ55	12,65	-	18,53	3,45
<b>Total</b>	61,02	3,93	84,78	21,15
<b>(As sup rot)/(As sup não rot)</b>	1,389380531			

Fonte: Do autor (2013)

**Quadro 3: Áreas de aço (As) localizadas no apoio 2 da viga**

Viga	não rotulada		rotulada	
	As sup (cm <sup>2</sup> )	As inf (cm <sup>2</sup> )	As sup (cm <sup>2</sup> )	As inf (cm <sup>2</sup> )
VZ25	20,19	5,34	1,8	-
VZ34	11,46	-	1,8	-
VZ36	12,88	-	2,25	-
VZ55	10,84	-	1,8	-
<b>Total</b>	55,37	5,34	7,65	0
<b>(As sup rot)/(As sup não rot)</b>	0,138161459			

Fonte: Do autor (2013)

## 6. Conclusões

Os estudos considerados neste trabalho mostraram que uma falta de organização em um procedimento de execução de uma viga pode acarretar sérios problemas em várias escalas. Pode haver problemas de ordem técnica devido à deficiência nas quantidades de aço utilizadas para a viga já que as condições a que ela foi inicialmente calculada não serão cumpridas, havendo a necessidade de uma quantidade maior de aço do que aquela prevista inicialmente. Como visto no trabalho esse aumento na quantidade de aço pode chegar a valores de 30% a 40%, assim tal deficiência pode acarretar futuros problemas na estrutura e na sua vida útil, principalmente por causa do aumento dos esforços que estarão atuando nas vigas, os quais chegavam a valores de 65% de aumento no momento fletor.

Além disso, há problemas de ordem econômica, aumentando o custo da obra e gerando despesas as quais, dependendo do edifício a ser executado podem recair sobre a construtora responsável ou até sobre os futuros habitantes, gerando transtornos e constrangimentos que prejudicam todas as artes envolvidas nesse processo.

O presente estudo é mais um fator a apontar para a necessidade de adoção de roteiros de planejamento de execução de obras, principalmente relacionados à etapa da construção da obra em si. A adoção desse tipo de roteiro poderia contribuir para a organização da obra, evitar perdas de tempo nas tarefas a serem realizadas no canteiro de obras e aumentar a eficiência relacionada ao uso de recursos nesses locais, o que poderia gerar uma maior eficiência na prestação de serviços por parte das empresas relacionadas à construção.

O tipo de abordagem utilizada para a implantação dos roteiros de planejamento em obras na cidade de Caruaru e a análise das mudanças que poderia trazer para uma obra, assim como as reações por parte dos mestres-de-obras, engenheiros civis e donos de construtora, poderiam constituir a base para novos estudos a serem desenvolvidos nessa área.

## REFERÊNCIAS

- ALTOQI Eberick. Versão 8: Altoqi, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações**. Rio de Janeiro, 1980.
- AUTODESK. AutoCad. Versão 2007: AutoDesk, 2007
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **ASCE – 37: Design Loads on Structure During Construction**. Virginia, 2002.
- BERNARDI, D. F. **Estudo Comparativo entre o Modelo de Viga Contínua e o Modelo de Pórtico Espacial Para uma Estrutura em Concreto Armado de Pequeno Porte**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- FREITAS, A. A. **Situações críticas no projeto de edifícios de concreto armado submetido a ações de construção**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2004. 103p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
- MARÍN, S. M. M. **Estudio de La Influencia de La Secuencia de Cargas de Construcción em edificaiones irregulares em Altura**. Concepción: Universidad del Bio-Bio, 2008
- PRADO, J. M. F. A. **Estruturas de Edifícios em Concreto Armado Submetidas a Ações de Construção**. São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
- PUC. FTool. Versão 2.12: 2008
- SALVADOR, P. F. **Influência dos Ciclos de Execução nas Deformações das Estruturas de Concreto Armado de Edifícios de Andares Múltiplos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.