



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**A relação do projeto arquitetônico e das soluções estruturais com os custos
da estrutura em um estudo de caso**

JOÃO HÉLIO ALMEIDA MARTINS

JOÃO PESSOA - PB
2018

JOÃO HÉLIO ALMEIDA MARTINS

A relação do projeto arquitetônico e das soluções estruturais com os custos da estrutura em um estudo de caso

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira

JOÃO PESSOA - PB

2018

M386r Martins, Joao Helio Almeida.

A relação do projeto arquitetônico e das soluções estruturais com os custos da estrutura em um estudo de caso / Joao Helio Almeida Martins. - João Pessoa, 2018. 116 f. : il.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. concreto armado. 2. estruturas. 3. lajes maciças. 4. lajes nervuradas. 5. lajes treliçadas. 6. lajes lisas. 7. custo. 8. eberick. I. Título

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO HÉLIO ALMEIDA MARTINS

A relação do projeto arquitetônico e das soluções estruturais nos custos da estrutura em um estudo de caso

Trabalho de Conclusão de Curso em 05/11/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Enildo Tales Ferreira
Dr. Enildo Tales Ferreira
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Primo Fernandes Filho
Dr. Primo Fernandes Filho
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Carlos A. Taurino de Lucena
Dr. Carlos Antonio Taurino de Lucena
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matricula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Joélio e Dalva, que sempre me apoiaram e me deram condições de chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por sempre estar presente em minha vida. Agradecer também a Nossa Senhora por sempre interceder por todos nós.

Agradeço aos meus pais e familiares, por todo apoio.

Agradeço aos amigos por estarem sempre presente, não só os da universidade, sofrendo junto, como também os que trago durante a vida.

Agradeço ao Professor Dr. Enildo Tales Ferreira, que me orientou durante este trabalho, pelos ensinamentos e por toda disposição em ajudar.

Agradeço a todos os professores que durante todo o caminho me passaram conhecimento e estiveram presentes.

RESUMO

Este estudo de caso tem como objetivo comparar os custos e o quantitativo de materiais de um projeto arquitetônico em uma estrutura com tipos diferenciados de lajes. Os tipos de lajes alvos do estudo foram as maciças, nervuradas com cubetas, nervuradas com cubetas sem vigas (lisas) e pré-moldadas treliçadas. O desenvolvimento dos diferentes modelos estruturais foi feito utilizando o software Eberick 2018, desde a modelagem da estrutura até o levantamento de quantitativo e custos. Todo o cálculo e dimensionamento foram feitos seguindo as exigências das normas NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, NBR 15200/2012 – Projeto de estruturas de concreto em situações de incêndio e NBR 14432/2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. Após uma breve fundamentação teórica sobre o concreto armado, os tipos de lajes utilizadas no projeto e sobre o software, foi demonstrado a metodologia e os critérios adotados no desenvolvimento do projeto, também foram abordadas as principais dificuldades encontradas em relação ao modelo estrutural apresentado, no dimensionamento e no uso do software. Com os resultados em mãos, foi possível atestar que o modelo estrutural composto por lajes pré-moldadas traliçadas foi o que apresentou menor custo final, acompanhado do menor consumo de aço e concreto, para as condições apresentadas no projeto, dentre todos os modelos.

Palavras chaves: concreto armado; estruturas; lajes maciças; lajes nervuradas; lajes treliçadas; lajes lisas; custo; eberick.

ABSTRACT

This case study aims to compare the costs and quantitative of materials of an architectural project in a structure with differentiated types of slabs. The types of study slabs were solid, ribbed with buckets, ribbed with buckets without beams (flat) and precast latticed. The development of the different structural models was done using the software Eberick 2018, from the modeling of the structure to the survey of quantitative and costs. All the calculation and sizing were done following as requirements of the norms NBR 6118/2014 - Sizing of concrete structures - Procedure, NBR 15200/2012 - Sizing of concrete structures of situations of fire and NBR 14432/2001 - Requirements of resistance to fire of construction elements of buildings - Procedure. After a brief theoretical foundation on the reinforced concrete, the types of slabs used in the project and about the software, it was demonstrated the methodology and the criteria adopted in the development of the project, also the main difficulties encountered with respect to the structural model presented, in the design and use of software. With the results at hand, it was possible to attest that the structural model composed of latticed slabs precast presented the lowest final cost, together with the lower steel and concrete consumption, for the conditions presented in the project, among all the models.

Keywords: reinforced concrete; structures; solid slabs; ribbed slabs; latticed slabs; smooth slabs; cost; eberick

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Projeto 3D..... | 12 |
| Figura 2 - Concreto Armado | 13 |
| Figura 3- Laje Maciça | 15 |
| Figura 4 - Laje Nervurada | 16 |
| Figura 5 - Laje Nervurada Apoiada em Capitéis | 17 |
| Figura 6 - Treliça..... | 18 |
| Figura 7 - Laje Trelaçada com Blocos de EPS | 18 |
| Figura 8 - Elementos Estruturais 3D | 19 |
| Figura 9 - Modelo Estrutural | 21 |
| Figura 10 - Faixa de laje selecionada para pré-dimensionamento..... | 29 |
| Figura 11 – Exemplo de carregamentos nas lajes..... | 38 |
| Figura 12 - Carga extra na laje..... | 38 |
| Figura 13 – Laje lisa..... | 47 |
| Figura 14 – Detalhe da piscina no pavimento I | 56 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Níveis dos Pavimentos..... | 21 |
| Tabela 2 - Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo..... | 22 |
| Tabela 3 - Dimensões mínimas para pilares com uma face exposta ao fogo..... | 25 |
| Tabela 4 - Dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos ^a | 26 |
| Tabela 5 - Dimensões mínimas para lajes contínuas ^c | 27 |
| Tabela 6 - Dimensões mínimas para lajes nervuradas contínuas em pelo menos uma das bordas ^c | 28 |
| Tabela 7 - Dimensões mínimas para lajes nervuradas simplesmente apoiadas ^c | 30 |
| Tabela 8 - Relação modelo/altura das treliças..... | 31 |
| Tabela 9 - Tabela para lajes treliçadas modelo TB 25M..... | 31 |
| Tabela 10 - Tabela para lajes treliçadas modelo TB 25M..... | 32 |
| Tabela 11 - Dimensões mínimas para lajes simplesmente apoiadas ^c | 33 |
| Tabela 12 - Classes de agressividade ambiental (CAA)..... | 33 |
| Tabela 13 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto... | 34 |
| Tabela 14 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental..... | 35 |
| Tabela 15 - Valores mínimos das cargas verticais..... | 37 |
| Tabela 16 - Distribuição das cargas verticais no modelo I..... | 39 |
| Tabela 17 - Quantitativo de materiais do modelo I..... | 40 |
| Tabela 18 - Relação custo por material (R\$) do modelo I..... | 40 |
| Tabela 19 - Relação custo por elemento (R\$) no modelo I..... | 41 |
| Tabela 20 - Distribuição das cargas verticais no modelo II..... | 42 |
| Tabela 21 - Quantitativo de materiais do modelo II..... | 43 |
| Tabela 22 - Blocos de enchimento do modelo II..... | 44 |
| Tabela 23 - Relação custo por material (R\$) do modelo II..... | 45 |
| Tabela 24 - Relação custo por elemento (R\$) do modelo II..... | 45 |
| Tabela 25 - Distribuição das cargas verticais do modelo III..... | 48 |
| Tabela 26 - Quantitativo de materiais do modelo III..... | 48 |
| Tabela 27 - Blocos de enchimento do modelo III..... | 49 |
| Tabela 28 - Relação custo por material (R\$) do modelo III..... | 50 |
| Tabela 29 - Relação custo por elemento (R\$) do modelo III..... | 51 |
| Tabela 30 - Distribuição das cargas verticais do modelo IV..... | 52 |
| Tabela 31 - Quantitativo de materiais moldados in loco do modelo IV..... | 52 |
| Tabela 32 - Quantitativo de materiais pré-moldados do modelo IV..... | 53 |
| Tabela 33 - Blocos de enchimento do modelo IV..... | 53 |
| Tabela 34 - Relação custo por origem (R\$) do modelo IV..... | 54 |
| Tabela 35 - Relação custo por elemento (R\$) do modelo IV..... | 55 |
| Tabela 36 - Comparativo de custos..... | 57 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Pré-dimensionamento através da carga nos pilares..... | 24 |
| Gráfico 2 – Pré-dimensionamento através da flambagem (Pilar tipo) | 25 |
| Gráfico 3 – Pré-dimensionamento através do vão livre | 28 |
| Gráfico 4 - Isopletas da velocidade básica V_0 (m/s)..... | 36 |
| Gráfico 5 - Distribuição das cargas verticais do modelo I..... | 39 |
| Gráfico 6 - Distribuição do custo por material (R\$) do modelo I | 41 |
| Gráfico 7 - Gráfico de distribuição de custo por elemento (R\$) no modelo I..... | 42 |
| Gráfico 8 - Distribuição das cargas verticais do modelo II..... | 43 |
| Gráfico 9 - Distribuição do custo por origem (R\$) do modelo II | 45 |
| Gráfico 10 - Distribuição do custo por elemento (R\$) do modelo II | 46 |
| Gráfico 11 - Distribuição das cargas verticais do modelo III | 48 |
| Gráfico 12 - Distribuição de custo por origem (R\$) do modelo III..... | 50 |
| Gráfico 13 - Distribuição do custo por elemento (R\$) do modelo III | 51 |
| Gráfico 14 - Distribuição das cargas verticais do modelo IV | 52 |
| Gráfico 15 - Distribuição do custo por origem (R\$) do modelo IV | 54 |
| Gráfico 16 - Distribuição do custo por elemento (R\$) do modelo IV | 55 |
| Gráfico 17 - Comparativo de custos (R\$) e materiais..... | 57 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|-----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. | OBJETIVOS | 11 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 11 |
| 2.2 | OBJETIVO ESPECÍFICO | 11 |
| 3. | O PROJETO..... | 12 |
| 4. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 13 |
| 4.1 | CONCRETO ARMADO | 13 |
| 4.2 | LAJES | 14 |
| 4.2.1 | <i>Laje Maciça</i> | 14 |
| 4.2.2 | <i>Laje Nervurada</i> | 16 |
| 4.2.3 | <i>Laje Pré-Moldada</i> | 17 |
| 4.3 | EBERICK 2018 | 19 |
| 5. | METODOLOGIA..... | 21 |
| 5.1 | MODELO ESTRUTURAL | 21 |
| 5.1.1 | NÍVEIS | 21 |
| 5.2 | PRÉ-DIMENSIONAMENTO | 22 |
| 5.2.1 | PILARES | 24 |
| 5.2.2 | VIGAS | 26 |
| 5.2.3 | LAJES | 27 |
| 5.3 | COBRIMENTO E MATERIAIS..... | 33 |
| 5.4 | AÇÃO DO VENTO..... | 36 |
| 5.5 | CARGAS | 36 |
| 6. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 6.1 | MODELO ARQUITETÔNICO COM LAJES MACIÇA – MODELO I | 39 |
| 6.2 | MODELO ARQUITETÔNICO COM LAJES NERVURADAS COM CUBETAS – MODELO II..... | 42 |
| 6.3 | MODELO ARQUITETÔNICO COM LAJES NERVURADAS COM CUBETAS SEM VIGAS (LISA) – MODELO III | 46 |
| 6.4 | MODELO ARQUITETÔNICO COM LAJES TRELIÇADAS – MODELO IV | 51 |
| 6.5 | DIFICULDADES E SOLUÇÕES | 56 |
| 7. | CONCLUSÃO..... | 57 |
| 8. | REFERÊNCIAS ¹ | 59 |
| | ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO | 61 |
| | APÊNDICE A – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE MACIÇA – MODELO I..... | 66 |
| | APÊNDICE B – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE NERVURADA COM CUBETAS – MODELO II..... | 78 |
| | APÊNDICE C – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE NERVURADA COM CUBETAS SEM VIGAS (LISAS) – MODELO III | 90 |
| | APÊNDICE D – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA – MODELO IV | 102 |

1. Introdução

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, faz-se necessário o uso de soluções economicamente mais viáveis, porém sem perder a qualidade e respeitando as condições de segurança impostas pelas normas técnicas regulamentadoras.

Para tal, é muito importante que o projeto arquitetônico seja bem elaborado, seguindo modulações adequadas aos tipos de elementos estruturais que serão usados, para que sua finalidade de uso seja satisfeita e possa garantir o bem-estar e satisfação do usuário.

Rebello (2007) aconselha que a solução estrutural adotada seja baseada no seu melhor desempenho em relação as necessidades do projeto em questão, não podendo ser afetada por modismo contemporâneo. Os principais requisitos que devem ser atingidos são a resistência, estabilidade, estética e durabilidade, para isso se faz necessário conhecer os materiais disponíveis e como a estrutura se comporta. Como não existe uma regra padrão que deva ser seguida, a finalidade do projeto vai ditar os fatores mais relevantes que devem ser considerados, entre eles está a questão econômica e a estética.

Partindo do ponto de vista econômico, foi feito um estudo de caso comparativo de preços e quantitativos de materiais usados em um edifício multiuso, de 6 pavimentos, alterando os tipos de lajes utilizados entre maciças, nervuradas com cubetas, nervuradas com cubetas sem vigas e pré-moldadas treliçadas.

Este estudo aborda um sucinto referencial teórico referente ao concreto armado, aos tipos de lajes e ao software utilizado, também demonstra a metodologia empregada no desenvolvimento do mesmo, por fim expõe os resultados obtidos e a conclusão em relação ao objetivo do estudo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Mostrar o comparativo de custos finais para soluções das estruturas, em concreto armado, adotadas na estrutura da edificação alvo do presente estudo de caso, utilizando o software Eberick 2018.

2.2 Objetivo Específico

Expor algumas alternativas estruturais para o estudo de caso, refazendo os processos de cálculos compatível com o modelo estrutural e comparando os quantitativos dos materiais utilizados para os seguintes tipos de lajes:

Laje maciça; (Modelo I)

Laje nervurada com cubetas; (Modelo II)

Laje nervurada com cubetas sem vigas. (Modelo III)

Laje treliçada com bloco de EPS apoiadas em vigas; (Modelo IV)

Tendo como finalidade encontrar a alternativa estrutural de menor custo para o projeto arquitetônico dessa edificação estudada.

3. O Projeto

Figura 1 - Projeto 3D



Fonte: Romão et al. (2018)

O projeto arquitetônico alvo deste estudo consiste em um edifício multifuncional, conforme mostrado na figura 1, localizado em zona residencial, com 4 modelos arquitetônicos diferentes. Sendo eles:

- Pavimento de garagem, no subsolo;
- Pavimento comercial, com lojas e praça de alimentação, no térreo;
- Pavimento voltado ao lazer, logo acima do térreo, com piscina, salão de jogos entre outras coisas;
- Acima destes, vem os pavimentos residenciais, 3 pavimentos seguindo o modelo arquitetônico tipo.

Há um elevador que leva do subsolo ao térreo e dois elevadores exclusivos para moradores, que percorrem do subsolo ao último pavimento tipo.

Para esse projeto arquitetônico foi utilizada uma estrutura composta de elementos estruturais em concreto armado do tipo: Pilares, vigas, lajes, escadas e os reservatórios, além das fundações.

4. Fundamentação Teórica

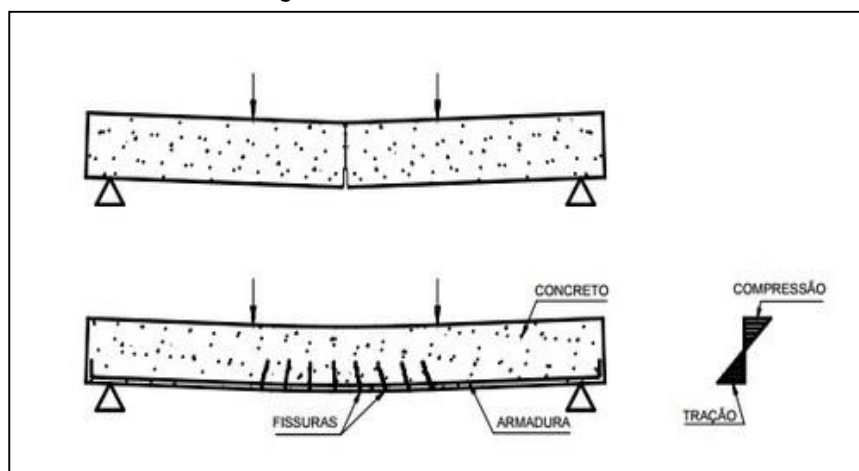
4.1 Concreto Armado

Nos primórdios, as pedras eram bastante utilizadas na construção, tanto para edificações quanto para obras de arte, como pontes. Constatou-se então que era um ótimo material para ser usado, por ser durável e resistente aos esforços de compressão. Entretanto, deixava a desejar quando empregada em vãos um pouco maiores, pois apareciam esforços maiores de tração (uma tentativa de alongar a pedra) e por ser bastante limitada a esse tipo de esforço, a pedra se rompia. (BOTELHO; MARCHETTI, 2002)

“Quando o homem passou a usar o concreto (que é uma pedra artificial através de ligação pelo cimento, de pedra, areia e água), a limitação era a mesma.” (BOTELHO; MARCHETTI, 2002, p.7)

Pelo fato do concreto simples não resistir bem à tração, em média dez vezes menos que à compressão, surgiu à ideia de colocar um material bom à tração (geralmente o aço), na parte tracionada, ver figura 2. Assim, esse material utilizado, se enquadra ao conceito de concreto armado, que é colocar um material resistente à tração na parte tracionada e na parte comprimida deixar apenas concreto. (BOTELHO; MARCHETTI, 2002)

Figura 2 - Concreto Armado



Fonte: RODRIGUES, R.

De acordo com Bastos (2006, p.15)

O concreto armado é um material que vem sendo largamente usado em todos os países do mundo, em todos tipos de construção, em função de várias características positivas, como por exemplo:

- a) Economia: especialmente no Brasil, os seus componentes são facilmente encontrados e relativamente a baixo custo;
- b) Conservação: em geral, o concreto apresenta boa durabilidade, desde que seja utilizado com a dosagem correta. É muito importante a execução de cobrimentos mínimos para as armaduras;
- c) Adaptabilidade: favorece à arquitetura pela sua fácil modelagem;
- d) Rapidez de construção: a execução e o recobrimento são relativamente rápidos;
- e) Segurança contra o fogo: desde que a armadura seja protegida por um cobrimento mínimo adequado de concreto;
- f) Impermeabilidade: desde que dosado e executado de forma correta;
- g) Resistência a choques e vibrações: os problemas de fadiga são menores.

“Nas construções de concreto armado, sejam elas de pequeno ou de grande porte, três elementos estruturais são bastante comuns: as lajes, as vigas e os pilares. Por isso, esses são os elementos estruturais mais importantes.” (BASTOS, 2006, p.21)

4.2 Lajes

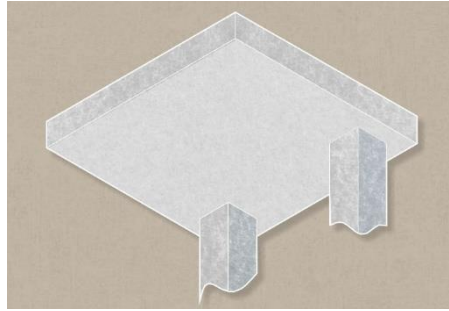
“As lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, que são aqueles onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura.” (BASTOS, 2015, p.1)

Conhecidas também como placas ou elementos de superfície, tem a finalidade de receber a maioria das cargas a que estão submetidas em uma construção, entre elas paredes e revestimentos. (BASTOS, 2015)

4.2.1 Laje Maciça

“A laje maciça é uma placa de concreto cujo plano geralmente é horizontal, podendo algumas vezes apresentar pequenas inclinações, como quando utilizadas em coberturas.” (Rebello, 2007, p.151)

Figura 3- Laje Maciça



Fonte: Images

Este tipo de laje pode ser apoiado em vigas ou diretamente sobre os pilares. (Rebello, 2007)

Lajes maciças, figura 3, distribuem suas cargas em todas as vigas em que se apoiam, gerando um melhor aproveitamento desses elementos no pavimento, pois todos estão recebendo esforços, diferente do que acontece nas pré-moldadas. Também há uma maior facilidade em implantar peças oriunda de instalações antes da concretagem. (Carvalho; Figueiredo Filho, 2014)

Outra característica dessas lajes é o uso de fôrmas, que compõem grande parcela do custo final. Porém esse custo diminui à medida em que os pavimentos se repetem, reutilizando fôrmas e escoramentos. (Carvalho; Figueiredo Filho, 2014)

“São comuns em edifícios de pavimentos e em construções de grande porte, como escolas, indústrias, hospitais, pontes, etc.” (Bastos, 2006, p.22)

Em construções menores, lajes maciças perdem espaço para as lajes pré-fabricadas, que apresentam uma maior facilidade na construção e um custo menor. (Bastos, 2006)

Em vãos maiores, as lajes maciças começam a não ser econômicas, já que sofrem grande esforço de tração e como o concreto não suporta bem a tração, acaba sendo dispensável na parte tracionada, necessitando apenas uma quantidade mínima, usada para aderir ao aço. (Rebello, 2007)

4.2.2 Laje Nervurada

Figura 4 - Laje Nervurada



Fonte: AECWEB

“Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.” (NBR 6118/2014, item 14.7.7)

“A laje nervurada pode ser vista como uma alternativa da laje maciça, com a qual se procura eliminar o concreto abaixo da linha neutra, criando-se vazios e podendo, assim, aumentar a altura da laje sem o aumento do consumo de concreto.” (GUIMARÃES et al., 2017, p. 229)

Podendo ser armadas em uma ou duas direções, e apoiada sobre vigas não ortogonais, apresenta como vantagem a diminuição do uso do concreto, e do peso próprio do elemento. (GUIMARÃES et al., 2017)

Sua seção é semelhante a uma sequência de vigas T. É caracterizada pelas nervuras, série de pequenas vigas resultante da retirada do excesso de concreto, sob uma camada mais fina de concreto (mesa). (Rebello, 2007)

Esse tipo de laje mostrado na figura 4, começa a concorrer economicamente com as lajes maciças em vãos a partir de 7,0 x 7,0 m., devido ao fato das nervuradas terem uma execução das fôrmas mais fácil, resultando em um custo final menor. Outro fator importante é que a compressão tem que ocorrer na parte superior da laje, onde fica a capa, se tornando inviável serem colocadas em grandes balanços. São permitidos balanços no comprimento de até 20% do vão central, mantendo a mesma seção. (Rebello, 2007)

Figura 5 - Laje Nervurada Apoiada em Capitéis



Fonte: Bampi, D.M.

Em lajes nervuradas lisas, sem vigas, a laje é apoiada diretamente sobre os pilares com vigas no seu entorno, conforme aparece na figura 5. Nesse caso, a região dos apoios (pilares) acumula uma grande tensão transversal, podendo vir a ruir por punção. Para evitar isso, é criado um capitel, uma região maciça, em torno de cada pilar. (Pinheiro; Razente, 2003)

4.2.3 Laje Pré-Moldada

“Essas lajes são formadas por elementos pré-moldados chamados de vigotas (trilho, de concreto armado ou protendido, ou treliça), por lajotas (normalmente cerâmicas) e por uma “capa de concreto” moldada no local.” (Carvalho; Figueiredo Filho, 2014, p.74)

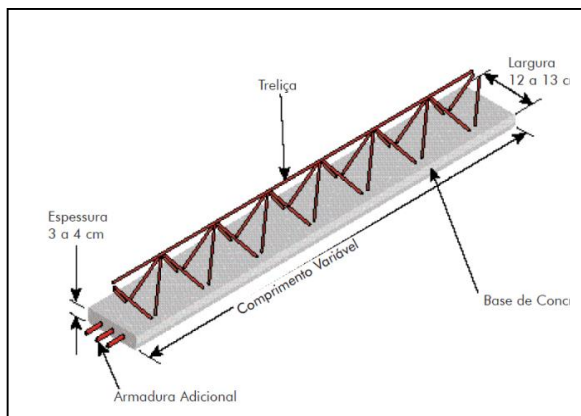
Sendo uma laje do tipo nervurada, apresenta nervura T, composta pela capa e pelas vigotas. Há uma deficiência nesse modelo que é a pouca aderência entre o concreto antigo, pré-moldado da vigota de superfície lisa, e o concreto novo, moldado no local da capa, limitando os vãos e as cargas a que essa laje pode estar submetida. Para contornar esse problema e garantir maior aderência entre o concreto das vigotas e o concreto da capa, foi colocada na vigota uma armação em forma de treliça, mostrado na figura 6, tendo função apenas de garantir uma melhor

aderência entre os concretos. Resultando em uma laje que pode vencer vãos acima de 15m. (Rebello, 2007)

Para dar forma às lajes (nervuras e capa) são utilizados blocos de enchimento, conforme mostra a figura 7, que devem ser leves e de baixo custo. Esses blocos podem ser cerâmicos, de concreto celular autoclavado ou de EPS (Poliestireno Expandido). (Bastos, 2015)

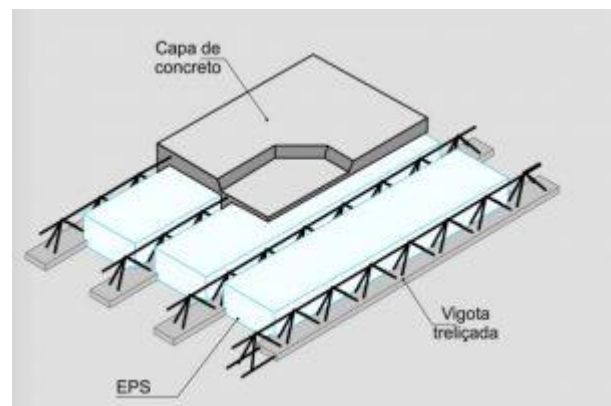
“Pela facilidade na sua execução e o consumo de pouca madeira na execução da fôrma, este tipo de laje apresenta-se como a solução mais econômica para vãos até 7,0m. É também competitiva para vãos maiores.” (Rebello, 2007, p.171)

Figura 6 - Treliça



Fonte: BELGO

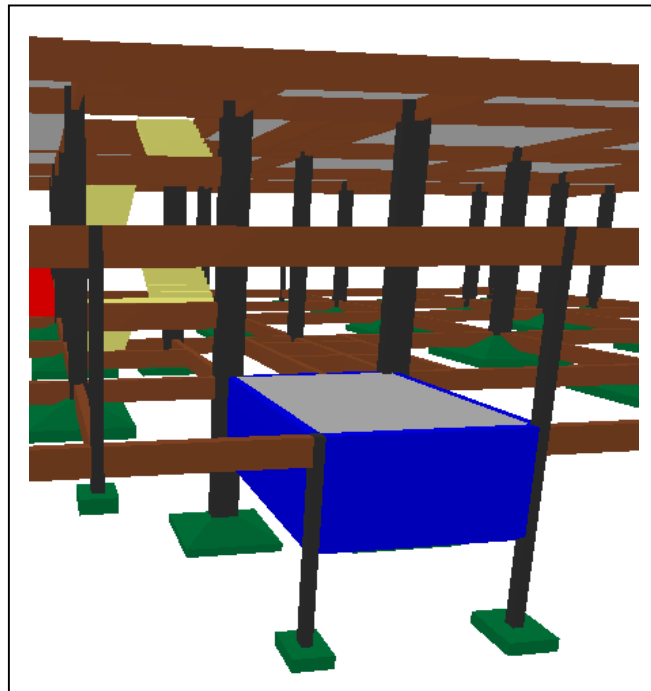
Figura 7 - Laje Treliçada com Blocos de EPS



Fonte: ENGENHARIA, A.

4.3 Eberick 2018

Figura 8 - Elementos Estruturais 3D



Fonte: O Autor

“Software para elaboração de projetos estruturais em concreto armado moldado in-loco e pré-moldado, alvenaria estrutural e estruturas mistas, com ferramentas para todas as etapas do projeto.” (EBERICK, 2018)

O eberick faz a modelagem tridimensional da estrutura, como se pode ver na figura 8, gerando um pórtico 3D onde podem ser observados os elementos que compõem o projeto, entre eles estão os pilares, vigas, lajes, fundações, escadas e reservatórios, facilitando o entendimento do modelo. (EBERICK, 2018)

Seu dimensionamento segue as normas brasileiras, levando em consideração o ELU (Estado Limite Último) e o ELS (Estado Limite de Serviço) dos elementos. (EBERICK, 2018)

Ele fornece as pranchas finais com detalhamento dos elementos e suas armaduras, planta de fôrmas bastante detalhada, planta de locação dos pilares e fundações, e ainda gera cortes em qualquer posição com cotas e níveis, entre outros dados. (EBERICK, 2018)

Gera também memorial de cálculo, com análise global, esforços e dimensionamentos. É um resumo de materiais com quantidades e custos. (EBERICK, 2018)

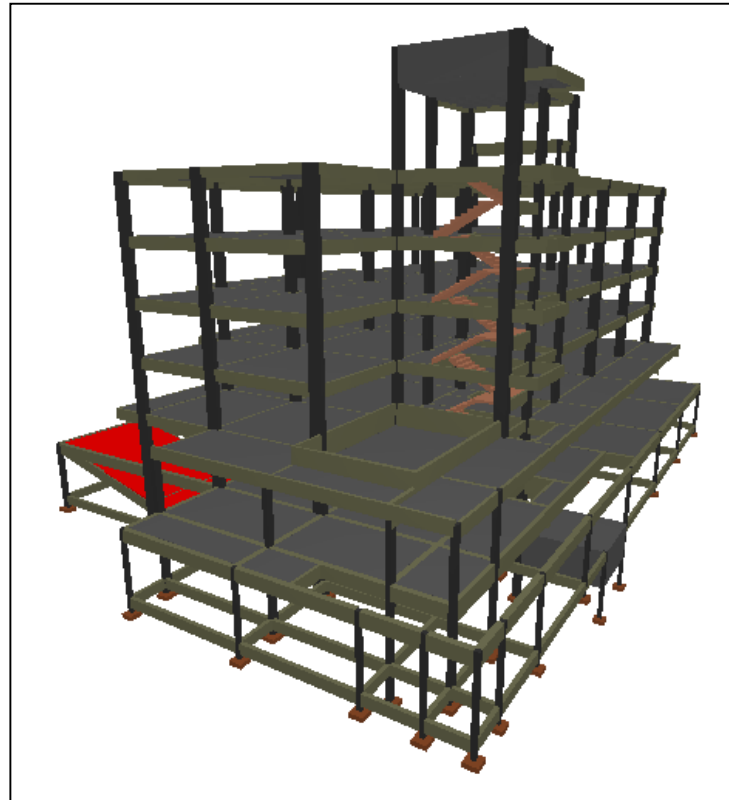
“No Eberick, existem dois modelos para análise da estrutura, o modelo integrado, e o modelo separado de grelhas e pórtico espacial.” (FRANCESCHI. L., 2018)

O modelo pode ser escolhido pelo projetista, no próprio software.

5. Metodologia

5.1 Modelo Estrutural

Figura 9 - Modelo Estrutural



Fonte: O Autor

Na figura 9 está representado o modelo estrutural criado. Neste estudo foi adotado o método de análise das lajes através de grelhas e pórtico espacial.

5.1.1 Níveis

O empreendimento é composto pelos seguintes níveis, considerando a cota 0,00 m o nível da calçada, chegando a uma altura total de 25,00 m.

Tabela 1 - Níveis dos Pavimentos

| Pavimento | Nível (m) | Altura (m) | Observação |
|-----------------------|-----------|------------|------------------------------|
| Reservatório Inferior | -5,00 | 2,00 | Capacidade: 34m ³ |
| Subsolo | -3,00 | 3,30 | Garagem |
| Térreo | +0,30 | 3,00 | Comercial |
| Pavimento 1 | +3,30 | 3,00 | Área de Lazer |

| | | | |
|-----------------------|--------|------|---------------------------------|
| Tipo 1 | +6,30 | 3,00 | 2 Apartamentos |
| Tipo 2 | +9,30 | 3,00 | 2 Apartamentos |
| Tipo 3 | +12,30 | 3,00 | 2 Apartamentos |
| Coberta | +15,30 | 1,50 | |
| Casa de Máquinas | +16,80 | 2,20 | |
| Reservatório Superior | +19,00 | 1,00 | Capacidade: 18,71m ³ |

Fonte: O Autor

5.2 Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento dos elementos foi feito respeitando os valores mínimos estipulados pelas NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento) e NBR 15200/2012 (Projeto de estruturas de concreto em situação de Incêndio).

Para saber as dimensões mínimas do elemento em situação de incêndio, se faz necessário saber o TRRF (tempo requerido de resistência ao fogo), que é encontrado na NBR 14432/2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento), conforme tabela 2.

Tabela 2 - Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo

| Grupo | Ocupação/uso | Divisão | Profundidade do subsolo | | Altura da edificação | | | | |
|-------|---|--|--|--|----------------------------------|---|--|--|-----------------------------------|
| | | | Classe S ₂ h _s > 10 m | Classe S ₁ h _s ≤ 10 m | Classe P ₁ h ≤ 6 m | Classe P ₂ 6 m < h ≤ 12 m | Classe P ₃ 12 m < h ≤ 23 m | Classe P ₄ 23 m < h ≤ 30 m | Classe P ₅ h > 30 m |
| A | Residencial | A-1 a A-3 | 90 | 60 (30) | 30 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| B | Serviços de hospedagem | B-1 e B-2 | 90 | 60 | 30 | 60 (30) | 60 | 90 | 120 |
| C | Comercial varejista | C-1 a C-3 | 90 | 60 | 60 (30) | 60 (30) | 60 | 90 | 120 |
| D | Serviços profissionais, pessoais e técnicos | D-1 a D-3 | 90 | 60 (30) | 30 | 60 (30) | 60 | 90 | 120 |
| E | Educacional e cultura física | E-1 a E-6 | 90 | 60 (30) | 30 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| F | Locais de reunião de público | F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8 | 90 | 60 | 60 (30) | 60 | 60 | 90 | 120 |
| G | Serviços automotivos | G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5 | 90 | 60 (30) | 30 | 60 (30) | 60 | 90 | 120 |
| | | G-1 e G-2 abertos lateralmente | 90 | 60 (30) | 30 | 30 | 30 | 30 | 60 |
| H | Serviços de saúde e institucionais | H-1 a H-5 | 90 | 60 | 30 | 60 | 60 | 90 | 120 |
| I | Industrial | I-1 | 90 | 60 (30) | 30 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| | | I-2 | 120 | 90 | 60 (30) | 60 (30) | 90 (60) | 120 (90) | 120 |
| J | Depósitos | J-1 | 90 | 60 (30) | 30 | 30 | 30 | 30 | 60 |
| | | J-2 | 120 | 90 | 60 | 60 | 90 (60) | 120 (90) | 120 |

Fonte: NBR 14432:2001- Tabela A.1

A classificação quanto a ocupação está na tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das edificações quanto a sua ocupação

| Grupo | Ocupação/uso | Divisão | Descrição | Exemplos |
|-------|--|---------|---|--|
| A | Residencial | A-1 | Habitações unifamiliares | Casas térreas ou assobradadas, isoladas ou não |
| | | A-2 | Habitações multifamiliares | Edifícios de apartamento em geral |
| | | A-3 | Habitações coletivas | Pensionatos, internatos, mosteiros, conventos, residências geriátricas |
| B | Serviços de hospedagem | B-1 | Hotéis e assemelhados | Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, albergues, casas de cômodos |
| | | B-2 | Hotéis residenciais | Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais) |
| C | Comercial varejista | C-1 | Comércio em geral, de pequeno porte | Amarelinhos, tabacarias, mercearias, frutarias, butiques e outros |
| | | C-2 | Comércio de grande e médio portes | Edifícios de lojas, lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercado e outros |
| | | C-3 | Centros comerciais | Centro de compras em geral (shopping centers) |
| D | Serviços profissionais pessoais e técnicos | D-1 | Locais para prestação de serviços profissionais ou condução de negócios | Escritórios administrativos ou técnicos, consultórios, instituições financeiras (que não estejam incluídas em D-2), repartições públicas, cabeleiros laboratórios de análises clínicas sem internação, centro profissionais e outros |
| | | D-2 | Agências bancárias | Agências bancárias e assemelhados |
| | | D-3 | Serviços de reparação (exceto os classificados em G e I) | Lavanderias, assistência técnica, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos, chaveiros, pintura de letreiros e outros |
| E | Educativa e cultura física | E-1 | Escolas em geral | Escolas de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivos e pré-universitário e outros |
| | | E-2 | Escolas especiais | Escolas de artes e artesanato, de línguas, de cultura geral, de cultura estrangeira e outras |
| | | E-3 | Espaço para cultura física | Locais de ensino e/ou práticas de artes marciais ginástica (artística, dança musculação e outros) esportes coletivos (tênis, futebol e outros que não estejam incluídos em F-3) sauna, casas de fisioterapia e outros |
| | | E-4 | Centros de treinamento profissional | Escolas profissionais em geral |
| | | E-5 | Pré-escolas | Creches, escolas maternas, jardins-de-infância |
| | | E-6 | Escolas para portadores de deficiências | Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos e outros |
| F | Locais de reunião pública | F-1 | Locais onde há objetos de valor inestimável | Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos e outros |
| | | F-2 | Templos e auditórios | Igrejas, sinagogas, templos e auditórios em geral |
| | | F-3 | Centros esportivos | Estádios, ginásios e piscinas cobertas com arquibancadas, arenas em geral |
| | | F-4 | Estações e terminais de passageiros | Estações rodoferroviárias, aeroportos, estações de transbordo e outros |
| | | F-5 | Locais de produção e apresentação de artes cênicas | Teatros em geral cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão e outros |

Fonte: NBR 14432:2001- Tabela B.1

Para a edificação em estudo, há três condições que devem ser seguidas de acordo com a tabela 2:

- Classe S1 para os Grupos A e C, com profundidade de subsolo $\leq 10,00\text{m}$. TRRF = 60 minutos. No caso do grupo A, haveria a possibilidade de ser usado o valor entre parênteses da tabela, 30 minutos, mas para esse projeto não é permitido, de acordo com o item b do Anexo A, pois a área bruta do pavimento residencial é maior que $500,00\text{m}^2$;
- Classe P2 do Grupo A, com a altura da edificação residencial entre $6,00\text{m} < \text{altura} \leq 12,00\text{m}$. TRRF = 30 minutos, considerando a saída do prédio no nível térreo (+0,30m) e que o último pavimento habitado é o tipo 3 (+12,30m), sua altura útil total é 12,00m. De acordo com a definição de altura da edificação

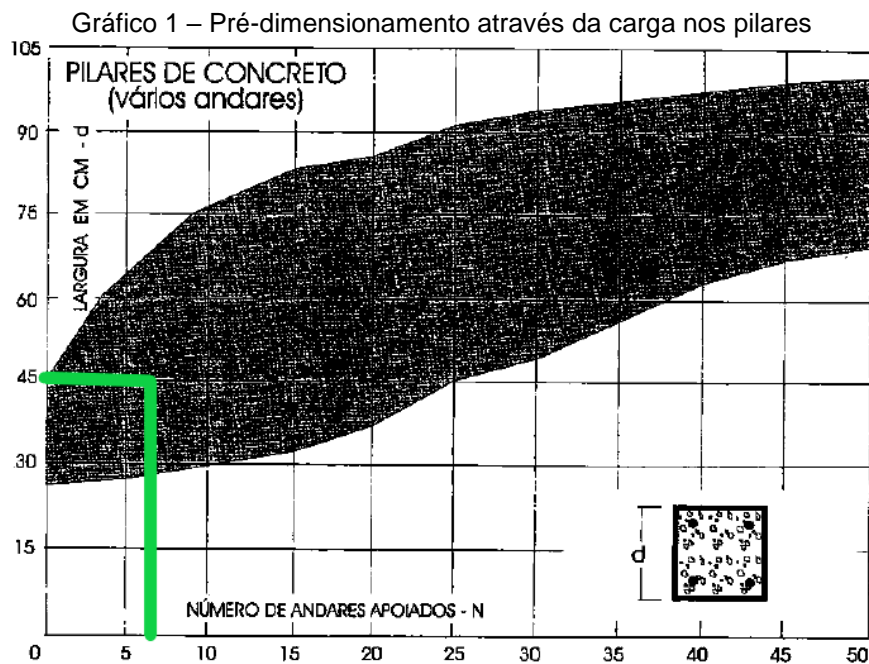
encontrada no item 3.1, piso sem permanência humana (coberta) e casa de máquinas não são consideradas na conta da altura;

- e Classe P1 do Grupo C, com altura da edificação comercial varejista $\leq 6,00\text{m}$. TRRF = 30 minutos. Neste caso pode ser adotado o valor entre parênteses, de acordo com o item b do Anexo A, pois a área comercial do pavimento é menor que $750,00\text{m}^2$.

O valor do TRRF adotado para o projeto foi de 60 minutos, levando em consideração a pior situação encontrada.

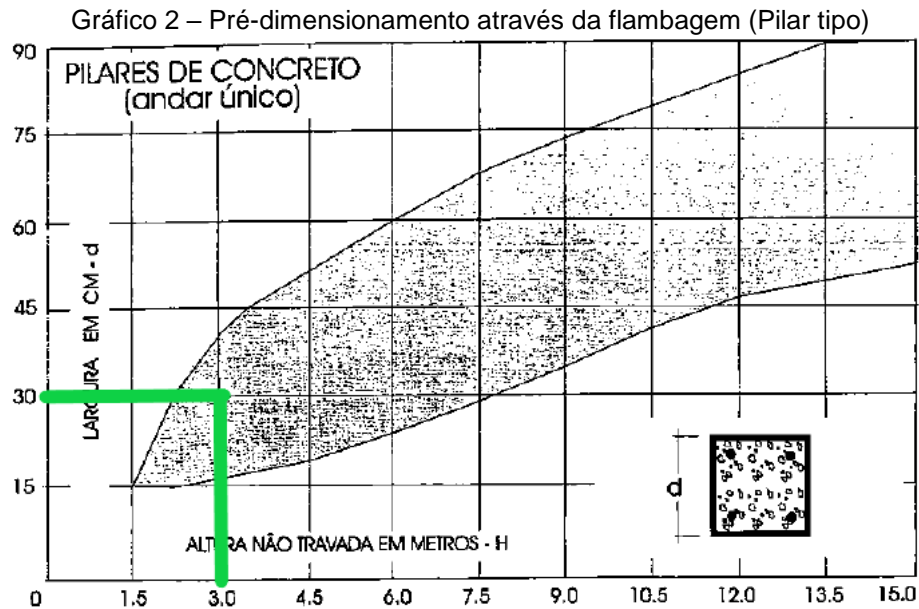
5.2.1 Pilares

O pré-dimensionamento dos pilares neste projeto foi feito seguindo o método gráfico proposto por REBELLO (2007)



Considerando que o gráfico 1, proposto por Rebello (2007), foi elaborado em função de número de pavimentos da edificação (eixo horizontal) e das cargas médias adotadas (eixo vertical), conforme os valores mínimos de cargas verticais de acordo com a NBR6120:1980 e que a edificação em estudo possui seis pavimentos, logo o valor encontrado no gráfico corresponde a uma seção de pilar de 45 x 45cm.

Com a seção quadrada de lado 45cm, sua área fica 2025 cm². Foi então escolhida a seção 30x65 cm, que dá uma área bem aproximada, ou seja, o valor de 1950 cm². Entretanto, Rebello (2007) também recomenda a verificação da altura não travada dos pilares, ver gráfico 2 abaixo.



De acordo com o gráfico 2 a largura mínima recomendada para pilares com alturas livres de 3,00m é de 30cm, validando então o valor escolhido para a seção do pilar.

Tabela 3 - Dimensões mínimas para pilares com uma face exposta ao fogo

| TRRF min | Combinações de b_{\min} / c_1 mm/mm |
|-------------|--|
| 30 | 155/25 |
| 60 | 155/25 |
| 90 | 155/25 |
| 120 | 175/35 |
| 180 | 230/55 |

Fonte: NBR 15200:2012 - Tabela 12

Esse dimensionamento obedece ao item 13.2.3 da NBR 6118/2014, que estabelece a dimensão mínima de 19cm. Também segue o que indica a tabela 3, onde a dimensão mínima para um TRRF de 60 minutos é 155mm.

Os pilares que atuam apenas em um ou dois pavimentos foram pré-dimensionados em 20x20 cm e 20x40 cm, por estarem expostos a menores cargas, dependendo de sua posição na edificação e a área de influência das lajes sobre eles.

5.2.2 Vigas

Para o pré-dimensionamento das vigas, foi seguido o método para vigas contínuas sem balanço proposto por Rebello (2007), em que se leva em consideração o vão que a viga tem que vencer.

Nesse método, para cargas médias, a altura da viga é considerada 8% do maior vão. O vão de referência verificado no projeto foi de 7,50m de comprimento, chegando à uma altura de 60cm. Para a largura, inicialmente foi considerada a largura da parede, 15,00cm, ficando a seção inicial da viga com 15x60cm.

Tabela 4 - Dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos ^a

| TRRF min | Combinações de b_{\min}/c_1 mm/mm | | | | $b_{w\min}$ mm |
|-------------|--|--------|--------|--------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 30 | 80/15 | 160/12 | – | – | 80 |
| 60 | 120/25 | 190/12 | – | – | 100 |
| 90 | 140/37 | 250/25 | – | – | 100 |
| 120 | 190/45 | 300/35 | 450/35 | 500/30 | 120 |
| 180 | 240/60 | 400/50 | 550/50 | 600/40 | 140 |

^a Os valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Fonte: NBR 15200:2012 - Tabela 5

Esse valor está de acordo com o item 13.2.2 da NBR 6118/2014, que estabelece a largura mínima da viga em 12,00cm. Também está de acordo com a tabela 4, que estabelece a largura mínima de 100mm para o TRRF de 60 minutos.

No caso das vigas baldrame foi considerado 6% do maior vão, resultando em uma altura de 45cm.

5.2.3 Lajes

- Laje Maciça

No pré-dimensionamento da laje maciça foi usada a fórmula proposta por Rebello (2007), $altura = 2\% \frac{lado1+lado2}{2}$. Considerando um vão médio de 7,50m de comprimento, foi obtida a espessura de 15cm.

Essa espessura atende aos valores mínimos exigido pela NBR 6118/2014, no item 13.2.4.1, que são:

13.2.4.1 Lajes maciças

Nas lajes maciças devem ser respeitados os seguintes limites mínimos para a espessura:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de $\frac{l}{42}$ para lajes de piso biapoiadas e $\frac{l}{50}$ para lajes de piso contínuas;
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

Tabela 5 - Dimensões mínimas para lajes contínuas ^c

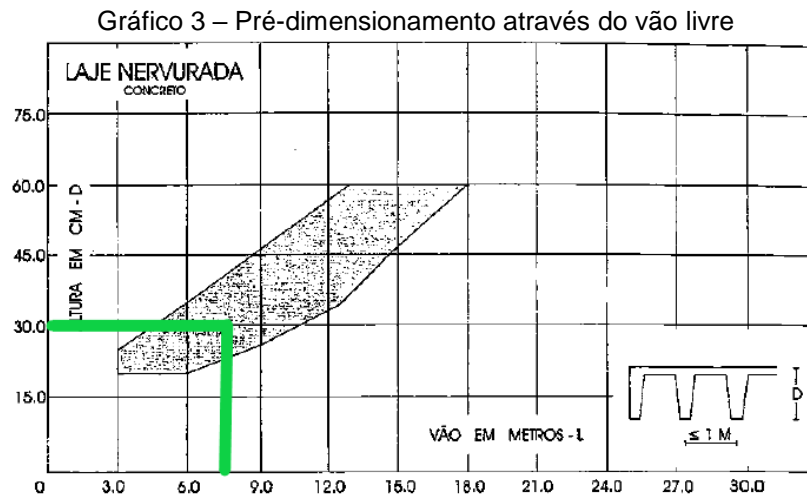
| TRRF min | h^a mm | c_1^b mm |
|-------------|-------------|---------------|
| 30 | 60 | 10 |
| 60 | 80 | 10 |
| 90 | 100 | 15 |
| 120 | 120 | 20 |
| 180 | 150 | 30 |

^a Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.
^b Válido para lajes armadas em uma ou duas direções.
^c Os valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Fonte: NBR 15200:2012- Tabela 7

No tocante a tabela 5, para um TRRF de 60 minutos, a altura mínima exigida é de 80mm.

- Laje Nervurada com cubetas com vigas:



Fonte: Rebello (2007) adaptado

Para a laje nervurada apoiada em vigas o pré-dimensionamento foi feito através do gráfico 3, sugerido por Rebello (2007). Considerando o vão da laje entre eixos de vigas de 7,50m de comprimento, a altura total adotada foi de 30cm.

Tabela 6 - Dimensões mínimas para lajes nervuradas contínuas em pelo menos uma das bordas ^c

| TRRF min | Nervuras Combinações de b_{\min}/c_1 ^a mm/mm | | | Capa ^b h/c_1 mm/mm |
|-------------|---|--------|--------|---------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 30 | 80/10 | | | 60/10 |
| 60 | 100/25 | 120/15 | 190/10 | 80/10 |
| 90 | 120/35 | 160/25 | 250/15 | 100/15 |
| 120 | 160/45 | 190/40 | 300/30 | 120/20 |
| 180 | 310/60 | 600/50 | | 150/30 |

^a b_{\min} corresponde à largura mínima da nervura ao nível do centro geométrico das armaduras.
^b h é a altura mínima da laje para garantir a função corta-fogo.
^c Os valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Fonte: NBR 15200:2012- Tabela 10

A espessura da mesa adotada foi de 8cm, que é o mínimo indicado pela tabela 6, para um TRRF de 60 minutos.

Esse valor também atende a exigência mínima da NBR 6118/2014, item 13.2.4.2, que é de 5cm.

- Laje Nervurada com cubetas sem vigas:

Figura 10 - Faixa de laje selecionada para pré-dimensionamento



Fonte: O Autor

O pré-dimensionamento dessa laje foi feito de modo semelhante ao da laje maciça, através da fórmula $[altura = 2\% \frac{lado1+lado2}{2}]$. Foi considerado o maior vão entre apoios, formando um retângulo, como mostra a parte hachurada na figura 10.

Esse vão tem dimensão de 41,50x7,50m, resultando em uma altura total da laje de 49cm. Foi considerada uma capa de 8cm, mínimo proposto pela tabela 9, TRRF de 60 minutos. Atendendo também o mínimo de 5cm sugerido pela NBR 6118/2014, item 13.2.4.2.

Tabela 7 - Dimensões mínimas para lajes nervuradas simplesmente apoiadas ^c

| TRRF min | Nervuras Combinações de $b_{\text{mín}}/c_1$ a mm/mm | | | Capa ^b h/c_1 mm/mm |
|-------------|--|--------|--------|---------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 30 | 80/15 | | | 60/10 |
| 60 | 100/35 | 120/25 | 190/15 | 80/10 |
| 90 | 120/45 | 160/40 | 250/30 | 100/15 |
| 120 | 160/60 | 190/55 | 300/40 | 120/20 |
| 180 | 220/75 | 260/70 | 410/60 | 150/30 |

^a $b_{\text{mín}}$ corresponde à largura mínima da nervura ao nível do centro geométrico das armaduras.
^b h é a altura mínima da laje para garantir a função corta-fogo.
^c Os valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Fonte: NBR 15200:2012- Tabela 9

- Laje pré-moldada treliçada:

As lajes pré-moldadas devem ser dimensionadas de acordo com o manual do fabricante. Para o projeto em estudo foi utilizado o manual da Belgo para um pré-dimensionamento, tendo em vista que os modelos presentes no software não são necessariamente idênticos ao desse fabricante. O dimensionamento é feito de acordo com o menor lado do vão e as cargas acidentais, conforme a tabela 8.

Para o pavimento térreo, onde há lojas, a carga acidental considerada foi de 400,00kgf/m² e vão de 6,50m, de acordo com a tabela 8, foi escolhido o modelo de treliça TB25M, que equivale a uma treliça de 250mm de altura, segundo a tabela 9.

Tabela 9 - Tabela para lajes treliçadas modelo TB 25M

| TABELA DE ARMADURAS ADICIONAIS | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|----------------------------|----------|----------|--------------|------------------------|----------|--------------|----------|----------|
| ENCHIMENTO = BLOCO DE EPS (ALTURA = 25 cm) - DISTÂNCIA ENTRE PONTALETES = 1,70 m | | | | | | | | | | | | |
| REVESTIMENTO = 30 kgf/m ² - BASE DA VIGOTA : (bv = 12 cm - hv = 3 cm) - INTEREIXO = 48 cm | | | | | | | | | | | | |
| MODELO | DESIGNAÇÃO | ALTURA LAJE | ALTURA CAPA | C. CONCRETO | | | | PESO PRÓPRIO | | | | |
| TB 25M | TR 25856 | 30 cm | 5 cm | 86,7 litros/m ² | | | | 241 kgf/m ² | | | | |
| CARGAS ACIDENTAIS (kgf/m ²) | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| VÃO LIVRE (m) | 5.2 | | 1 ø 4,2 | 1 ø 6,3 | 2 ø 5,0 | 4 ø 4,2 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 4 ø 6,0 | 3 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 |
| | 5.6 | | 1 ø 4,2 | 1 ø 6,3 | 2 ø 5,0 | 4 ø 4,2 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 4 ø 6,0 | 2 ø 10,0 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 |
| | 6.0 | 1 ø 4,2 | 1 ø 6,3 | 2 ø 5,0 | 2 ø 6,3 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 4 ø 6,0 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | |
| | 6.4 | 1 ø 6,3 | 2 ø 5,0 | 2 ø 6,3 | 1 ø 10,0 | 4 ø 6,3 | 4 ø 6,0 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | |
| | 6.8 | 2 ø 5,0 | 2 ø 6,3 | 1 ø 10,0 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | | |
| | 7.2 | 2 ø 6,3 | 1 ø 10,0 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 3 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | | | |
| | 7.6 | 4 ø 4,2 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 4 ø 6,0 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | | | |
| | 8.0 | 3 ø 6,3 | 4 ø 6,3 | 4 ø 6,0 | 3 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 4 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | | | | |
| | 8.4 | 2 ø 5/16 | 4 ø 6,3 | 3 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | 5 ø 10,0 | | | | |
| | 8.8 | 4 ø 6,3 | 3 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 4 ø 10,0 | 5 ø 10,0 | | | | | |
| | 9.2 | 4 ø 6,0 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | 5 ø 10,0 | | | | | |
| | 9.6 | 3 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | 5 ø 10,0 | | | | | | |
| | 10.0 | 4 ø 5/16 | 4 ø 5/16 | 4 ø 10,0 | 4 ø 10,0 | | | | | | | |
| | 10.4 | 4 ø 5/16 | 3 ø 10,0 | | | | | | | | | |
| 10.8 | 3 ø 10,0 | | | | | | | | | | | |
| MESA = | Bematel Q113 | | | Bematel Q138 | | | Bematel Q138 | | | Bematel Q113 | | |

- Contra flecha = 1,0 cm
 - Contra flecha = 1,5 cm
 - Contra flecha = 2,0 cm
 - Contra flecha = 2,5 cm
 - Contra flecha = 3,0 cm
 - Sem armadura adicional
 - Laje não ok! Consultar próxima tabela
 - Laje não ok! Consultar próxima tabela

Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas Belgo

Tabela 8 - Relação modelo/altura das treliças

| Modelo | Designação | Altura (h) (mm) | Composição / Fios (mm) | | | Peso Linear (kg/m) |
|--------|------------|--------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| | | | Superior (ø S) | Diagonal (ø D) | Inferior (ø I) | |
| TB 8L | TR 8644 | 80 | 6,0 | 4,2 | 4,2 | 0,735 |
| TB 8M | TR 8645 | 80 | 6,0 | 4,2 | 5,0 | 0,825 |
| TB 12M | TR 12645 | 120 | 6,0 | 4,2 | 5,0 | 0,886 |
| TB 12R | TR 12646 | 120 | 6,0 | 4,2 | 6,0 | 1,016 |
| TB 16L | TR 16745 | 160 | 7,0 | 4,2 | 5,0 | 1,032 |
| TB 16R | TR 16746 | 160 | 7,0 | 4,2 | 6,0 | 1,168 |
| TB 20L | TR 20745 | 200 | 7,0 | 4,2 | 5,0 | 1,111 |
| TB 20R | TR 20756 | 200 | 7,0 | 5,0 | 6,0 | 1,446 |
| TB 25M | TR 25856 | 250 | 8,0 | 5,0 | 6,0 | 1,686 |
| TB 25R | TR 25858 | 250 | 8,0 | 5,0 | 8,0 | 2,024 |
| TB 30M | TR 30856 | 300 | 8,0 | 5,0 | 6,0 | 1,823 |
| TB 30R | TR 30858 | 300 | 8,0 | 5,0 | 8,0 | 2,168 |

Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas Belgo

No primeiro pavimento, onde fica a área de lazer, foi considerada a carga accidental de 500kgf/m², referente ao salão de esportes, e um vão de 6,50m, resultando no mesmo modelo escolhido para o pavimento térreo.

Tabela 10 - Tabela para lajes treliçadas modelo TB 25M

| TABELA DE ARMADURAS ADICIONAIS | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|-------------|----------------------------|----------|------------------------|----------|----------|----------|
| ENCHIMENTO = BLOCO DE EPS (ALTURA = 16 cm) - DISTÂNCIA ENTRE PORTALTES = 1,97 m | | | | | | | | | | | | | |
| REVESTIMENTO = 30 kgf/m ² - BASE DA VIGOTA : (bv = 12 cm - hv = 3 cm) - INTEREIXO = 48 cm | | | | | | | | | | | | | |
| MODELO | DESIGNAÇÃO | ALTURA LAJE | | | ALTURA CAPA | | | C. CONCRETO | | PESO PRÓPRIO | | | |
| TB 16L | TR 16745 | 20 cm | | | 4 cm | | | 61,7 litros/m ² | | 170 kgf/m ³ | | | |
| CARGAS ACIDENTAIS (kgf/m ²) | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | |
| VÃO LIVRE (m) | 4.4 | | 1 Ø 5,0 | 2 Ø 4,2 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 4 Ø 4,2 | 1 Ø 10,0 | 3 Ø 6,3 | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 |
| | 4.6 | 1 Ø 4,2 | 1 Ø 6,3 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 4 Ø 4,2 | 1 Ø 10,0 | 3 Ø 6,3 | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 3 Ø 5/16 | 3 Ø 5/16 |
| | 4.8 | 1 Ø 5,0 | 2 Ø 4,2 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 1 Ø 10,0 | 3 Ø 6,3 | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 3 Ø 5/16 | 2 Ø 10,0 | 4 Ø 5/16 |
| | 5.0 | 1 Ø 6,3 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 3 Ø 5,0 | 3 Ø 6,3 | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 3 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 |
| | 5.2 | 1 Ø 6,3 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 1 Ø 10,0 | 3 Ø 6,3 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 3 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 |
| | 5.4 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 3 Ø 5,0 | 3 Ø 6,3 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,3 | 3 Ø 5/16 | 2 Ø 10,0 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 | 3 Ø 10,0 |
| | 5.6 | 2 Ø 5,0 | 2 Ø 6,3 | 3 Ø 6,3 | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 2 Ø 10,0 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 | 3 Ø 10,0 | |
| | 5.8 | 3 Ø 4,2 | 3 Ø 5,0 | 3 Ø 6,3 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 3 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 | 3 Ø 10,0 | | |
| | 6.2 | 4 Ø 4,2 | 3 Ø 6,3 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 2 Ø 10,0 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 | | | | |
| | 6.6 | 1 Ø 10,0 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 2 Ø 10,0 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 | | | | | | |
| | 7.0 | 4 Ø 5,0 | 4 Ø 6,3 | 2 Ø 10,0 | 4 Ø 5/16 | 3 Ø 10,0 | | | | | | | |
| | 7.2 | 4 Ø 6,3 | 4 Ø 6,0 | 4 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | | | | | | | | |
| | 7.4 | 4 Ø 6,3 | 3 Ø 5/16 | 4 Ø 5/16 | | | | | | | | | |
| 7.6 | 4 Ø 6,3 | 2 Ø 10,0 | | | | | | | | | | | |
| 7.8 | 4 Ø 6,0 | | | | | | | | | | | | |
| MESA = | Bematel Q75 | | | Bematel Q92 | | | Bematel Q92 | | | Bematel Q113 | | | |

- Sem armadura adicional
 - Laje não ok! Consultar próxima tabela
 - Laje não ok! Consultar próxima tabela

- Contra flecha = 1,0 cm
 - Contra flecha = 1,5 cm
 - Contra flecha = 2,0 cm
 - Contra flecha = 2,5 cm

Fonte: Manual Técnico de Lajes Treliçadas Belgo

Nos pavimentos tipo, onde estão os apartamentos, a carga accidental considerada foi 200kgf/m² em um vão de 6,50m. De acordo com a tabela 10, o modelo de treliça indicado é o TB16L, que equivale a uma treliça de 160mm de altura, segundo a tabela 9.

Na cobertura, a carga accidental usada foi 100kgf/m² em vão de 6,50m. Foi adotada a mesma treliça dos pavimentos tipo.

De acordo com a NBR 14859-1/2002, item 3.1, uma laje pré-fabricada unidirecional é considerada uma laje nervurada. Sendo assim, será usado o critério de laje nervurada para o dimensionamento mínimo da capa da laje de acordo com a NBR 15200/2012.

Segundo a NBR 15200/2012, item 8.2.2, deve ser usada para o dimensionamento mínimo da capa de uma laje nervurada armada em uma única direção. Na tabela 11, para um TRRF de 60 minutos, a espessura mínima da capa é

de 80mm, portanto, a espessura de capa adotada no pré-dimensionamento será de 8cm.

Tabela 11 - Dimensões mínimas para lajes simplesmente apoiadas ^c

| TRRF min | h^a mm | c_1 mm | | |
|-------------|-------------|---|------------------------|--|
| | | Laje armada em duas direções ^b | | Laje armada em uma direção $l_y/l_x > 2$ |
| | | $l_y/l_x \leq 1,5$ | $1,5 < l_y/l_x \leq 2$ | |
| 30 | 60 | 10 | 10 | 10 |
| 60 | 80 | 10 | 15 | 20 |
| 90 | 100 | 15 | 20 | 30 |
| 120 | 120 | 20 | 25 | 40 |
| 180 | 150 | 30 | 40 | 55 |

^a Dimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.
^b Lajes apoiadas nas quatro bordas; caso contrário, a laje deve ser considerada armada em uma direção.
^c Os valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Fonte: NBR 15200:2012- Tabela 6

5.3 Cobrimento e Materiais

Tabela 12 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

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

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).
^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.
^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118:2014- Tabela 6.1

De acordo com a tabela 12, ambientes localizados em zonas urbanas se enquadram na classe de agressividade ambiental II.

Ainda de acordo com a NBR 6118/2014, tabela 13, pode ser encontrada a classe mínima do concreto a ser utilizado. Para a classe de agressividade II é recomendado concreto C25 ou superior.

Tabela 13 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

| Concreto ^a | Tipo ^{b, c} | Classe de agressividade (Tabela 6.1) | | | |
|--|----------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento em massa | CA | ≤ 0,65 | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,45 |
| | CP | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,50 | ≤ 0,45 |
| Classe de concreto (ABNT NBR 8953) | CA | ≥ C20 | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C40 |
| | CP | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C35 | ≥ C40 |
| ^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. ^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. ^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido. | | | | | |

Fonte: NBR 6118:2014- Tabela 7.1

No presente projeto foi utilizado concreto C25, ou seja, um concreto com FCK (Resistência Característica do Concreto) = 25MPa, com a dimensão do agregado graúdo de 19mm.

Os cobrimentos nominais usados nos elementos estão indicados na tabela 14. Para a classe de agressividade ambiental indicada, segue o cobrimento nominal recomendado para cada elemento:

Viga/Pilar => 30mm;

Laje => 25mm.

Os tipos de aço usados foram CA-50 e CA-60, são desenvolvidos para serem utilizados em concreto armado (CA), e possuem tensões de escoamento iguais a 50MPa e 60 MPa, respectivamente.

No enchimento das lajes treliçadas foram utilizados blocos de EPS(Poliestireno Expandido)

Tabela 14 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

| Tipo de estrutura | Componente ou elemento | Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1) | | | |
|----------------------------------|--|--|----|-----|-----------------|
| | | I | II | III | IV ^c |
| | | Cobrimento nominal mm | | | |
| Concreto armado | Laje ^b | 20 | 25 | 35 | 45 |
| | Viga/pilar | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Elementos estruturais em contato com o solo ^d | 30 | | 40 | 50 |
| Concreto protendido ^a | Laje | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | Viga/pilar | 30 | 35 | 45 | 55 |

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

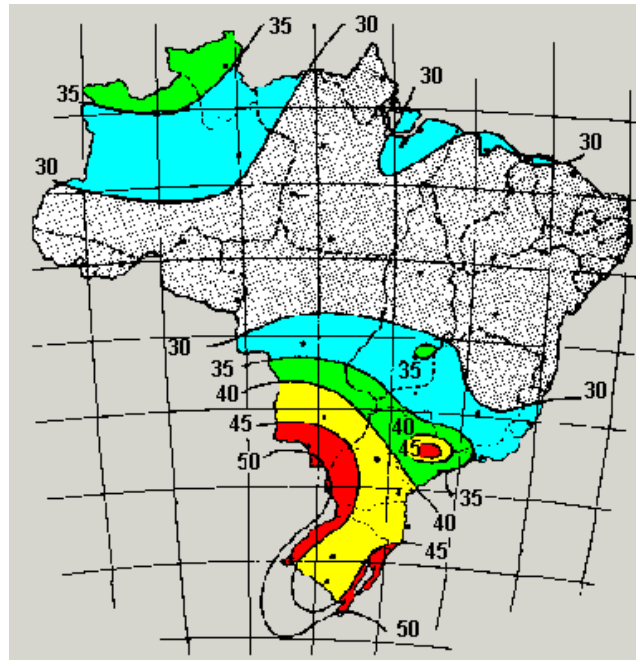
^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118:2014- Tabela 7.2

5.4 Ação do Vento

A velocidade do vento foi definida seguindo o gráfico 4, de acordo com a NBR 6123/1988.

Gráfico 4 - Isopletas da velocidade básica V_0 (m/s)



Fonte: EBERICK

O valor selecionado foi 30m/s, referente à cidade de João Pessoa-PB.

5.5 Cargas

Além do peso próprio de todos os elementos estruturais, outras cargas foram consideradas no dimensionamento, uma delas é o carregamento distribuído uniformemente sobre as lajes, que é selecionado no próprio software (Eberick 2018), como mostra a figura 11, com os seus valores cadastrados de acordo com a tabela 15. Os valores foram considerados para uma combinação frequente das ações.

Tabela 15 - Valores mínimos das cargas verticais

| | | Unid.: kN/m ² |
|-------|----------------------------|---|
| Local | | Carga |
| 1 | Arquibancadas | 4 |
| 2 | Balcões | Mesma carga da peça com a qual se comunicam e as previstas em 2.2.1.5 |
| 3 | Bancos | Escritórios e banheiros Salas de diretoria e de gerência |
| | | 2 1,5 |
| 4 | Bibliotecas | Sala de leitura Sala para depósito de livros Sala com estantes de livros a ser determinada em cada caso ou 2,5 kN/m ² por metro de altura observado, porém o valor mínimo de |
| | | 2,5 4 6 |
| 5 | Casas de máquinas | (incluindo o peso das máquinas) a ser determinada em cada caso, porém com o valor mínimo de |
| | | 7,5 |
| 6 | Cinemas | Platéia com assentos fixos Estúdio e platéia com assentos móveis Banheiro |
| | | 3 4 2 |
| 7 | Clubes | Sala de refeições e de assembléia com assentos fixos Sala de assembléia com assentos móveis Salão de danças e salão de esportes Sala de bilhar e banheiro |
| | | 3 4 5 2 |
| 8 | Corredores | Com acesso ao público Sem acesso ao público |
| | | 3 2 |
| 9 | Cozinhas não residenciais | A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de |
| | | 3 |
| 10 | Depósitos | A ser determinada em cada caso e na falta de valores experimentais conforme o indicado em 2.2.1.3 |
| | | - |
| 11 | Edifícios residenciais | Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro Despensa, área de serviço e lavanderia |
| | | 1,5 2 |
| 12 | Escadas | Com acesso ao público (ver 2.2.1.7) Sem acesso ao público |
| | | 3 2,5 |
| 13 | Escolas | Anfiteatro com assentos fixos Corredor e sala de aula Outras salas |
| | | 3 2 |
| 14 | Escritórios | Salas de uso geral e banheiro |
| | | 2 |
| 15 | Forros | Sem acesso a pessoas |
| | | 0,5 |
| 16 | Galerias de arte | A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo |
| | | 3 |
| 17 | Galerias de lojas | A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo |
| | | 3 |
| 18 | Garagens e estacionamentos | Para veículos de passageiros ou semelhantes com carga máxima de 25 kN por veículo. Valores de ϕ indicados em 2.2.1.6 |
| | | 3 |
| 19 | Ginásios de esportes | |
| | | 5 |

Fonte: NBR 6120:1980- Tabela 2

Figura 11 – Exemplo de carregamentos nas lajes

Laje

Nome Tipo

Ambiente

Cargas

Grupo

Acidental kgf/m² Revestimento kgf/m²

Extra kgf/m²

Temperatura e retração °C

Fonte: EBERICK

Em cada laje foi aplicado o valor da carga referente ao ambiente definido em projeto, considerando o maior valor de carga quando havia mais de um ambiente sobre a mesma laje. Da mesma forma ocorreu na laje nervurada sem vigas, que foi considerado o maior valor do pavimento.

Além dessa carga distribuída na superfície, também há carga linearmente distribuída, que representa as paredes sobre as lajes. Para paredes sobre vigas, são consideradas no próprio elemento.

Outra carga considerada foi o peso da água em lajes de fundo de reservatório e da piscina, conforme a figura 12.

Figura 12 - Carga extra na laje

Carga extra

| | Ações | Cargas | |
|---|------------|---------|---|
| 1 | Adicional | 0.00 | ^ |
| 2 | Solo | 0.00 | |
| 3 | Acidental | 0.00 | |
| 4 | Água | 1250.00 | |
| 5 | Subpressão | 0.00 | |
| 6 | | | |
| 7 | | | v |

Adotar subpressão lançada

Fonte: EBERICK

6. Resultados e Discussão

6.1 Modelo Arquitetônico com Lajes Maciça – Modelo I

O modelo atual foi feito completamente com lajes maciças, em sua grande maioria engastadas umas nas outras, apoiadas sobre vigas, submetidas a carga accidental do ambiente e cargas adicionais (revestimento e paredes, quando houver), incluindo a carga proveniente do peso da água na laje do reservatório e do fundo da piscina.

Na tabela 16 temos a discriminação das cargas verticais que agem sobre a estrutura de acordo com o resultado do cálculo estrutural realizado pelo Eberick.

Tabela 16 - Distribuição das cargas verticais no modelo I

| Ação | Carregamentos (tf) | Percentual (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------------|
| Peso próprio | 2748,58 | 54,30% |
| Adicional | 1202,99 | 23,80% |
| Accidental | 1015,71 | 20,10% |
| Água | 95,57 | 1,90% |
| TOTAL | 5062,85 | 100,00% |

Fonte: O Autor

Gráfico 5 - Distribuição das cargas verticais do modelo I



Fonte: O Autor

No gráfico 5 temos uma visão melhor da distribuição das cargas verticais, assim podemos observar que o peso próprio da estrutura apresenta mais da metade do peso final da edificação.

Tabela 17 - Quantitativo de materiais do modelo I

| | | Vigas | Pilares | Lajes | Escadas | Fundações | Reservatórios | Total |
|------------------------|-------|----------|----------|----------|---------|-----------|---------------|----------|
| Peso total + 10% (kg) | CA50 | 21671,80 | 8009,90 | 34803,50 | 475,70 | 3743,70 | 1078,10 | 69782,80 |
| | CA60 | 3563,80 | 2118,60 | 4107,90 | 77,00 | | 25,00 | 9892,40 |
| | Total | 25235,70 | 10128,50 | 38911,40 | 552,70 | 3743,70 | 1103,20 | 79675,10 |
| Volume concreto (m³) | C-25 | 291,10 | 111,00 | 631,10 | 12,80 | 60,90 | 15,60 | 1122,50 |
| Área de forma (m²) | | 3657,30 | 1123,70 | 4161,40 | 127,20 | 73,70 | 128,70 | 9272,10 |
| Consumo de aço (kg/m³) | | 86,70 | 91,20 | 61,70 | 43,20 | 61,50 | 70,80 | 71,00 |

Fonte: O Autor

A tabela 17 mostra o quantitativo de material utilizado, por elemento estrutural, e nesse caso, se percebe que, as lajes consumiram uma quantidade maior de aço, concreto e fôrma, em relação aos outros elementos. Apesar disso, tem a menor relação aço/concreto, devido suas grandes dimensões.

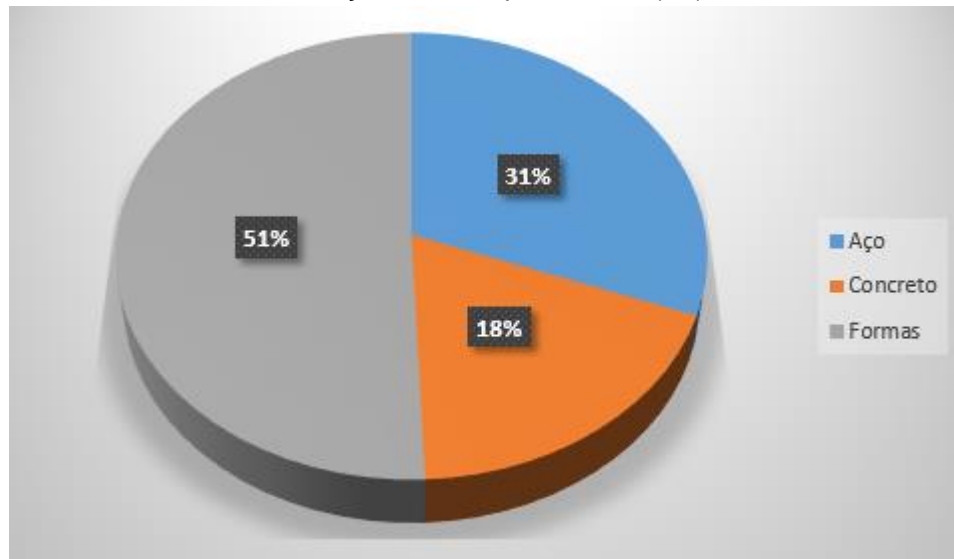
Tabela 18 - Relação custo por material (R\$) do modelo I

| Elemento | Material | Execução | Total |
|----------|-----------|-----------|------------|
| Aço | 385311,50 | 245275,08 | 630586,58 |
| Concreto | 274308,99 | 106762,40 | 381071,39 |
| Formas | 424191,76 | 614994,19 | 1039185,95 |

Fonte: O Autor

Na tabela 18, além dos custos dos materiais e de sua execução, mostra também, que as fôrmas são responsáveis por grande parte do custo da obra, portanto, no gráfico 6 a seguir, confirma-se que as fôrmas representam mais de 50% do custo.

Gráfico 6 - Distribuição do custo por material (R\$) do modelo I



Fonte: O Autor

Já na tabela 19 mostra o valor do material e da execução por elemento e revela também o custo total da obra.

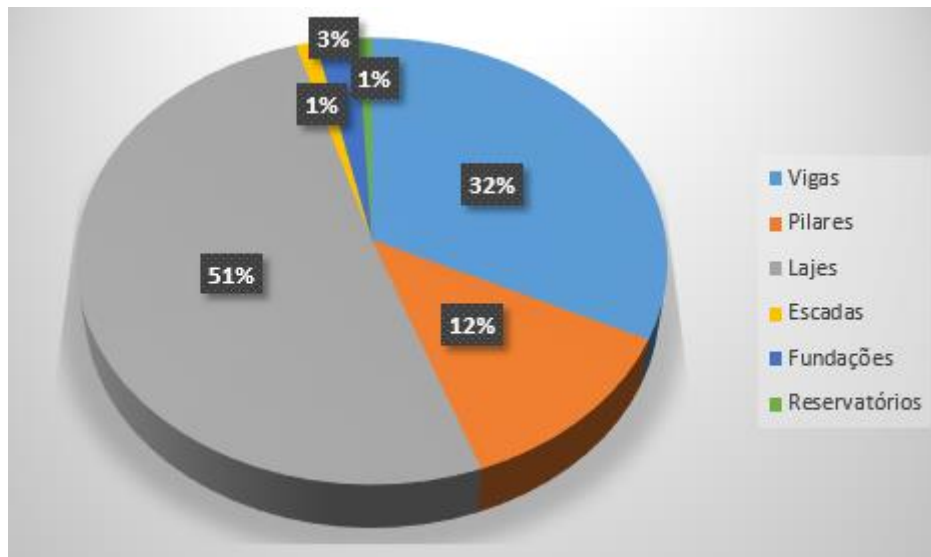
Tabela 19 - Relação custo por elemento (R\$) no modelo I

| Elemento | Material | Execução | Total |
|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Vigas | 360348,310 | 298352,800 | 658701,100 |
| Pilares | 131628,750 | 122458,610 | 254087,360 |
| Lajes | 534111,320 | 510960,390 | 1045071,710 |
| Escadas | 11515,320 | 12522,590 | 24037,920 |
| Fundações | 36684,780 | 15161,530 | 51846,310 |
| Reservatórios | 9523,780 | 7575,760 | 17099,540 |
| TOTAL | 1083812,250 | 967031,670 | 2050843,920 |

Fonte: O Autor

Com esses dados para essa edificação, pode-se afirmar que no modelo arquitetônico com lajes maciças, o custo estimado da obra é R\$ 2.050.843,92, sendo a maior parte desse valor, gasto nas lajes, o que representa em termos de percentuais, mais de 50% do valor total da obra, como mostra o gráfico 7. As fôrmas também representaram um custo bastante elevado, sendo o principal motivo, para esse tipo de laje, a utilização de fôrmas para execução do elemento.

Gráfico 7 - Gráfico de distribuição de custo por elemento (R\$) no modelo I



Fonte: O Autor

6.2 Modelo Arquitetônico com Lajes Nervuradas com Cubetas – Modelo II

Nesse modelo, todas as lajes são do tipo nervuradas, moldadas com blocos de enchimento do tipo cubetas, menos nas áreas da escada e dos elevadores, que foram utilizadas, por questões construtivas, as lajes maciças.

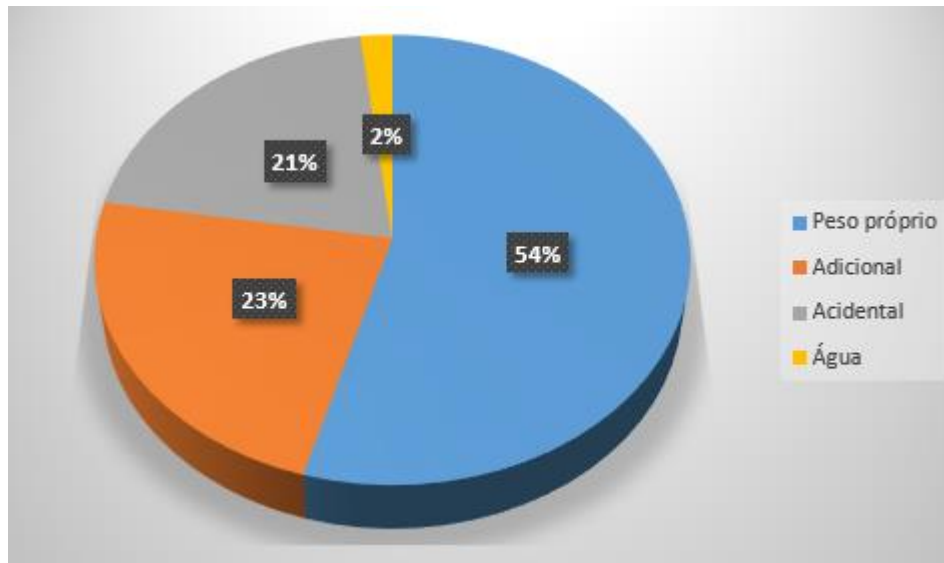
Tabela 20 - Distribuição das cargas verticais no modelo II

| Ação | Carregamentos (tf) | Percentual (%) |
|--------------|--------------------|----------------|
| Peso próprio | 2766,2 | 54,40% |
| Adicional | 1182,36 | 23,20% |
| Acidental | 1043,89 | 20,50% |
| Água | 95,51 | 1,90% |
| TOTAL | 5087,96 | 100,00% |

Fonte: O Autor

A distribuição das cargas verticais mostra mais uma vez uma predominância do peso próprio da estrutura em relação às outras cargas, como pode ser observado no gráfico 8 e detalhado em percentuais na tabela 20.

Gráfico 8 - Distribuição das cargas verticais do modelo II



Fonte: O Autor

No modelo estudado, as lajes consomem maior parte do aço e do concreto usado na obra, porém há um baixo consumo de fôrmas, como exposto na tabela 21.

Tabela 21 - Quantitativo de materiais do modelo II

| | | Vigas | Pilares | Lajes | Escadas | Fundações | Reservatórios | Total |
|------------------------|-------|----------|---------|----------|---------|-----------|---------------|-----------------|
| Peso total + 10% (kg) | CA50 | 21312,70 | 7590,70 | 23895,70 | 439,90 | 3802,00 | 1036,50 | 58077,50 |
| | CA60 | 3449,20 | 2067,00 | 2619,00 | 84,10 | | 25,00 | 8244,40 |
| | Total | 24761,90 | 9657,60 | 26514,70 | 524,10 | 3802,00 | 1061,60 | 66321,90 |
| Volume concreto (m³) | C-25 | 294,80 | 110,30 | 635,40 | 12,70 | 64,20 | 15,60 | 1133,00 |
| Área de forma (m²) | | 3695,10 | 1116,00 | 319,00 | 126,80 | 75,90 | 128,70 | 5461,60 |
| Consumo de aço (kg/m³) | | 84,00 | 87,60 | 41,70 | 41,10 | 59,20 | 68,10 | 58,50 |

Fonte: O Autor

Outro material utilizado nas lajes foram os blocos de enchimento, conforme mostra a tabela 22 que detalha a quantidade e dimensões por pavimento.

Tabela 22 - Blocos de enchimento do modelo II

| Pavimento | Tipo | Nome | Dimensões(cm) | | | Quantidade |
|-----------------------|---------|----------------|---------------|----|----|------------|
| | | | hb | bx | by | |
| Reservatório Superior | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 27 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 12 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 8 |
| Casa de Máquinas | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 5 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 5 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 1 |
| Coberta | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 638 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 240 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 129 |
| Tipo 3 | Cubetas | B20/80/80/8 | 20 | 80 | 80 | 639 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 241 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 131 |
| Tipo 2 | Cubetas | B20/80/80/8 | 20 | 80 | 80 | 639 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 241 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 131 |
| Tipo 1 | Cubetas | B20/80/80/8 | 20 | 80 | 80 | 639 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 241 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 131 |
| Pavimento 1 | Cubetas | B20/80/80/8 | 20 | 80 | 80 | 770 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 347 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 163 |
| Térreo | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 1136 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 282 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 188 |

Fonte: O Autor

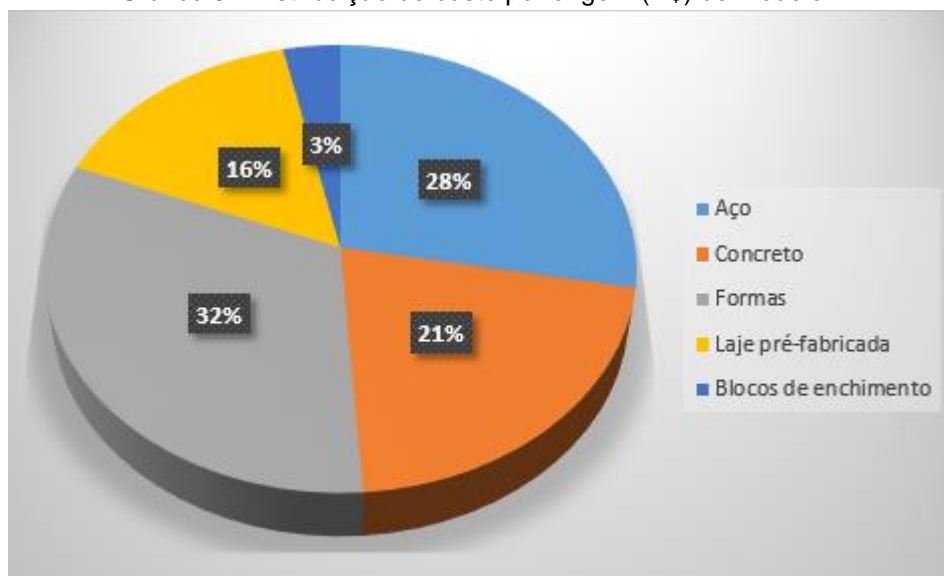
Na tabela 23 vemos a discriminação dos custos dos materiais onde se observa que o aço foi o segmento com o segundo maior valor, só perdendo, para o custo da fôrma por conta do preço da mão de obra para execução.

Tabela 23 - Relação custo por material (R\$) do modelo II

| Elemento | Material | Execução | Total |
|----------------------|-----------|-----------|------------------|
| Aço | 318726,52 | 190802,64 | 509529,15 |
| Concreto | 276864,37 | 107756,97 | 384621,34 |
| Formas | 255593,29 | 334105,13 | 589698,42 |
| Laje pré-fabricada | 103161,50 | 179671,64 | 282833,13 |
| Blocos de enchimento | 62434,88 | 0,00 | 62434,88 |

Fonte: O Autor

Gráfico 9 - Distribuição do custo por origem (R\$) do modelo II



Fonte: O Autor

No gráfico 9 podemos observar uma distribuição mais proporcional dos custos em relação aos materiais.

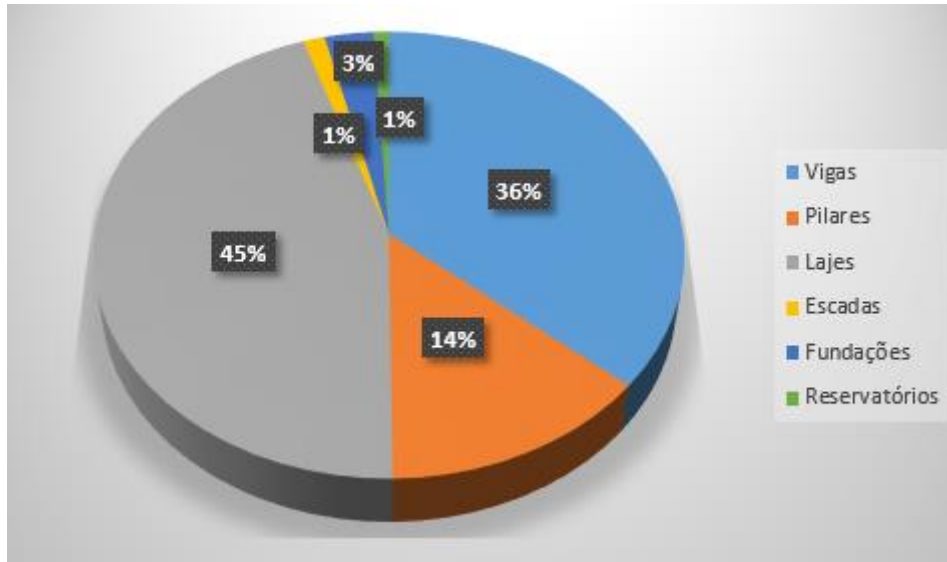
Tabela 24 - Relação custo por elemento (R\$) do modelo II

| Elemento | Material | Execução | Total |
|---------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Vigas | 360861,59 | 300227,40 | 661088,99 |
| Pilares | 129004,62 | 120869,72 | 249874,34 |
| Lajes | 468367,68 | 355754,23 | 824121,91 |
| Escadas | 11337,80 | 12383,02 | 23720,82 |
| Fundações | 37881,47 | 15567,61 | 53449,08 |
| Reservatórios | 9327,39 | 7534,39 | 16861,78 |
| TOTAL | 1016780,56 | 812336,37 | 1829116,93 |

Fonte: O Autor

A tabela 24 detalha os custos por elemento estrutural e com isso, se pode constatar que a laje é o elemento mais oneroso da edificação.

Gráfico 10 - Distribuição do custo por elemento (R\$) do modelo II



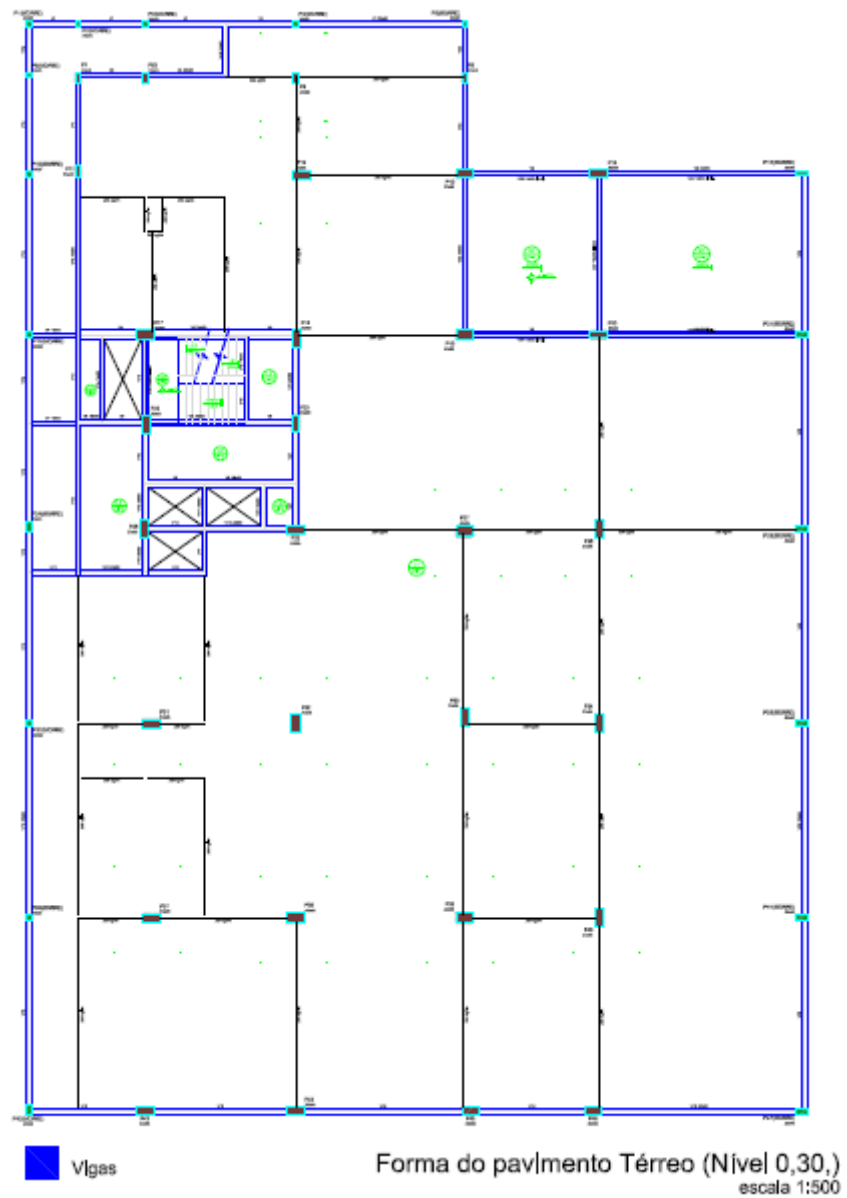
Fonte: O Autor

No gráfico 10 é possível visualizar a distribuição desses custos, em que as lajes ocupam pouco menos da metade do total da área do gráfico.

6.3 Modelo Arquitetônico com Lajes Nervuradas com Cubetas sem Vigas (Lisa) – Modelo III

O presente modelo é composto por uma laje nervurada única no pavimento com vigas no entorno e apoiada sobre capitéis nos pilares. Uma parte dos pavimentos se manteve com laje maciça para não apresentar descontinuidade na laje lisa, como mostrado na figura 13.

Figura 13 – Laje lisa



Fonte: O Autor

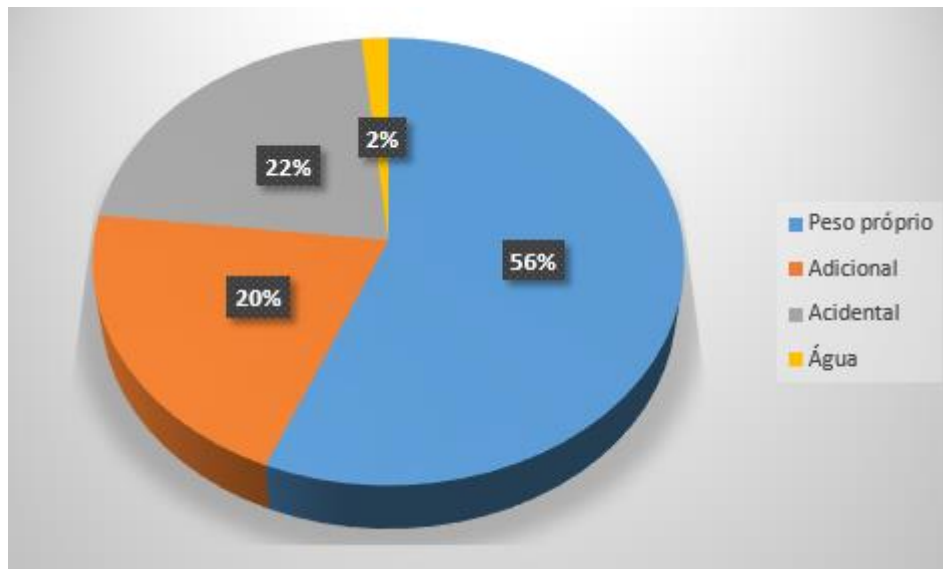
Podemos observar os dados na tabela 25 e visualizar no gráfico 11 que o peso próprio dos elementos estruturais equivalem a mais da metade do peso de toda a edificação

Tabela 25 - Distribuição das cargas verticais do modelo III

| Ação | Carregamentos (tf) | Percentual (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------------|
| Peso próprio | 3320,95 | 56,20% |
| Adicional | 1217,21 | 20,60% |
| Acidental | 1272,84 | 21,60% |
| Água | 95,15 | 1,60% |
| TOTAL | 5906,15 | 100,00% |

Fonte: O Autor

Gráfico 11 - Distribuição das cargas verticais do modelo III



Fonte: O Autor

Na tabela 26, abaixo, temos o quantitativo dos materiais utilizados na construção onde podemos observar o grande consumo de aço nesse tipo de modelo de laje.

Tabela 26 - Quantitativo de materiais do modelo III

| | Vigas | Pilares | Lajes | Escadas | Fundações | Reservatórios | Total | |
|------------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|------------------|----------------------|--------------|------------------|
| Peso total + 10% (kg) | CA50 | 10336,80 | 7518,50 | 80019,60 | 436,00 | 4845,00 | 1053,90 | 104209,80 |
| | CA60 | 2003,60 | 2319,50 | 5706,50 | 85,00 | | 25,00 | 10139,70 |
| | Total | 12340,50 | 9837,90 | 85726,20 | 521,00 | 4845,00 | 1079,00 | 114349,60 |
| Volume concreto (m³) | C-25 | 189,60 | 116,80 | 975,70 | 12,70 | 77,50 | 15,60 | 1388,00 |
| Área de forma (m²) | | 2300,40 | 1138,20 | 337,50 | 126,80 | 82,70 | 128,70 | 4114,30 |
| Consumo de aço (kg/m³) | | 65,10 | 84,20 | 87,90 | 40,90 | 62,50 | 69,20 | 82,40 |

Fonte: O Autor

Os blocos de enchimento estão listados na tabela 27, especificadas e quantificados por pavimento.

Tabela 27 - Blocos de enchimento do modelo III

| Pavimento | Tipo | Nome | Dimensões(cm) | | | Quantidade |
|-----------------------|---------|----------------|---------------|----|----|------------|
| | | | hb | bx | by | |
| Reservatório Superior | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 27 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 12 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 8 |
| Casa de Máquinas | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 5 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 5 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 1 |
| Coberta | Cubetas | B25/80/80 | 25 | 80 | 80 | 744 |
| | | B25/40/80 | 25 | 40 | 80 | 81 |
| | | B25/80/40 | 25 | 80 | 40 | 36 |
| Tipo 3 | Cubetas | B30/80/80 | 30 | 80 | 80 | 741 |
| | | B30/40/80 | 30 | 40 | 80 | 74 |
| | | B30/80/40 | 30 | 80 | 40 | 46 |
| Tipo 2 | Cubetas | B30/80/80 | 30 | 80 | 80 | 741 |
| | | B30/40/80 | 30 | 40 | 80 | 74 |
| | | B30/80/40 | 30 | 80 | 40 | 46 |
| Tipo 1 | Cubetas | B30/80/80 | 30 | 80 | 80 | 741 |
| | | B30/40/80 | 30 | 40 | 80 | 74 |
| | | B30/80/40 | 30 | 80 | 40 | 46 |
| Pavimento 1 | Cubetas | B35/80/80 | 35 | 80 | 80 | 783 |
| | | B35/40/80 | 35 | 40 | 80 | 94 |
| | | B35/80/40 | 35 | 80 | 40 | 55 |
| Térreo | Cubetas | B20/80/80/6.25 | 20 | 80 | 80 | 988 |
| | | B20/40/80 | 20 | 40 | 80 | 83 |
| | | B20/80/40 | 20 | 80 | 40 | 63 |
| | Cubetas | B42.5/90/90 | 42.5 | 90 | 90 | 41 |
| | | B42.5/45/90 | 42.5 | 45 | 90 | 1 |
| | | B42.5/90/45 | 42.5 | 90 | 45 | 6 |

Fonte: O Autor

Apesar do custo de execução total de fôrmas ser maior que o do aço, o custo total do aço ainda foi bem superior ao de fôrmas, devido à grande quantidade deste insumo, conforme a tabela 28 mostra os dados desse modelo de laje.

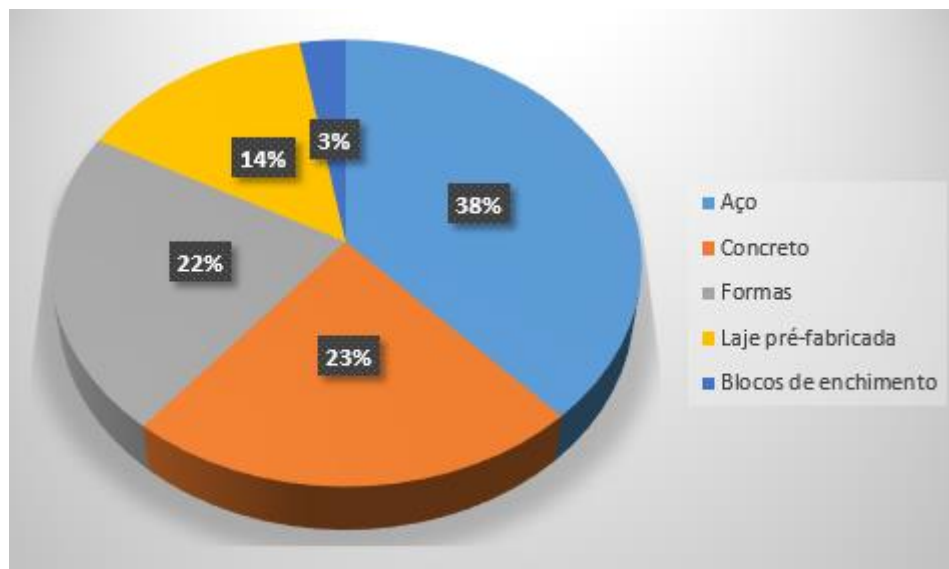
Tabela 28 - Relação custo por material (R\$) do modelo III

| Elemento | Material | Execução | Total |
|----------------------|-----------|-----------|------------------|
| Aço | 530055,19 | 254562,17 | 784617,36 |
| Concreto | 339187,69 | 132013,51 | 471201,20 |
| Formas | 192894,67 | 259701,34 | 452596,01 |
| Laje pré-fabricada | 107391,29 | 187038,47 | 294429,75 |
| Blocos de enchimento | 56722,88 | 0,00 | 56722,88 |

Fonte: O Autor

O custo dos blocos de enchimento é bem inferior ao dos demais materiais. A distribuição dos gastos nessa edificação está exposta no gráfico 12, onde se observa uma melhor distribuição dos valores entre os materiais, com maior parcela para o aço.

Gráfico 12 - Distribuição de custo por origem (R\$) do modelo III



Fonte: O Autor

Os elementos mais dispendiosos nesse modelo arquitetônico foram as lajes, consumindo grande parte da quantia referente ao total do edifício, mais da metade. A tabela 29 expõe o detalhamento dos custos.

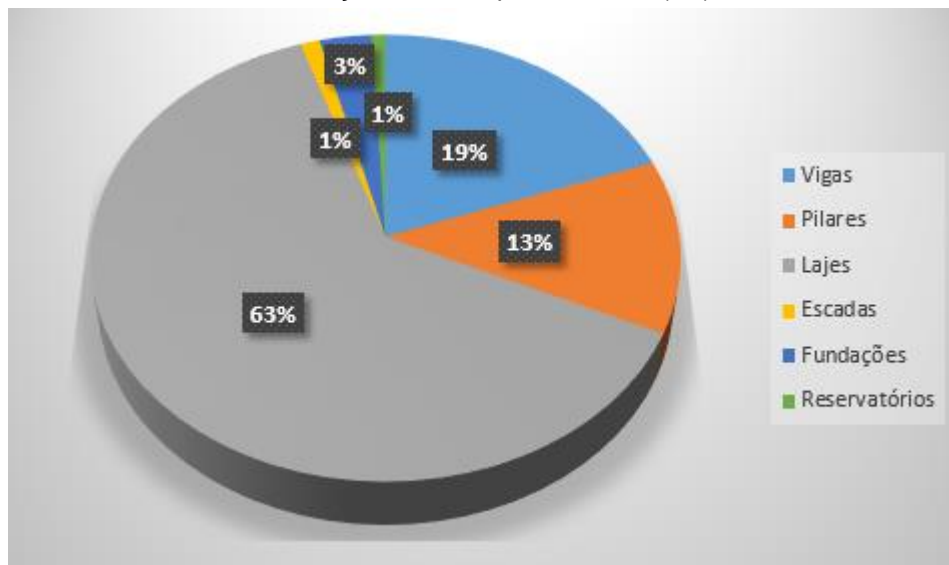
Tabela 29 - Relação custo por elemento (R\$) do modelo III

| Elemento | Material | Execução | Total |
|---------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Vigas | 213440,52 | 186054,48 | 399494,99 |
| Pilares | 132825,26 | 124867,06 | 257692,32 |
| Lajes | 813022,80 | 484383,71 | 1297406,51 |
| Escadas | 11312,38 | 12370,93 | 23683,31 |
| Fundações | 46197,77 | 18052,73 | 64250,50 |
| Reservatórios | 9452,99 | 7586,58 | 17039,57 |
| TOTAL | 1226251,71 | 833315,48 | 2059567,20 |

Fonte: O Autor

É possível ter uma boa noção de quanto representa as lajes no custo total da construção observando o gráfico 13.

Gráfico 13 - Distribuição do custo por elemento (R\$) do modelo III



Fonte: O Autor

6.4 Modelo Arquitetônico com Lajes Treliçadas – Modelo IV

O modelo com lajes treliçadas apoiadas em vigas seguiu o mesmo padrão das lajes nervuradas com cubetas, foi mantida uma parte em lajes maciças para termos um resultado comparativo entre os modelos adotados de lajes. Nesse modelo também foram adicionadas vigas extras quando necessário, para diminuir o vão.

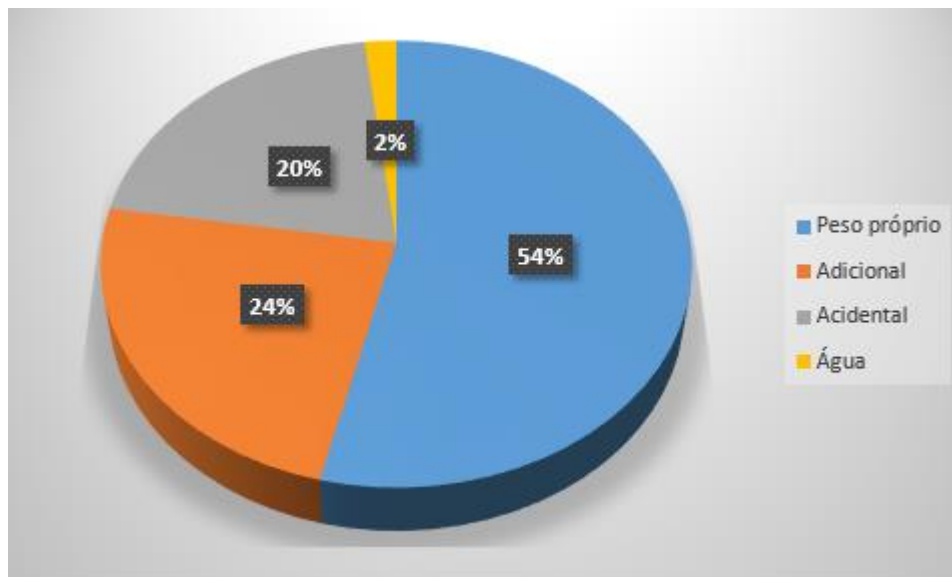
Tabela 30 - Distribuição das cargas verticais do modelo IV

| Ação | Carregamentos (tf) | Percentual (%) |
|--------------|--------------------|----------------|
| Peso próprio | 2715,22 | 53,80% |
| Adicional | 1195,30 | 23,70% |
| Acidental | 1040,90 | 20,60% |
| Água | 95,80 | 1,90% |
| TOTAL | 5047,23 | 100,00% |

Fonte: O Autor

A distribuição das cargas verticais da edificação está exposta na tabela 30, onde se observa que o peso próprio representa pouco mais da metade da carga total. Esse dado está graficamente mostrado no gráfico 14.

Gráfico 14 - Distribuição das cargas verticais do modelo IV



Fonte: O Autor

O quantitativo de materiais está exposto nas tabelas abaixo.

Tabela 31 - Quantitativo de materiais moldados in loco do modelo IV

| | Vigas | Pilares | Lajes | Escadas | Fundações | Reservatórios | Total | |
|------------------------|-------|----------|---------|---------|-----------|---------------|---------|-----------------|
| Peso total + 10% (kg) | CA50 | 28202,60 | 7596,00 | 2584,80 | 456,80 | 3578,60 | 1048,80 | 43467,50 |
| | CA60 | 4379,30 | 2170,80 | 340,80 | 81,00 | | 25,00 | 6997,00 |
| | Total | 32581,90 | 9766,80 | 2925,60 | 537,80 | 3578,60 | 1073,90 | 50464,50 |
| Volume concreto (m³) | C-25 | 382,10 | 111,60 | 492,80 | 12,80 | 59,60 | 15,60 | 1074,50 |
| Área de forma (m²) | | 4545,60 | 1129,10 | 335,80 | 127,60 | 73,00 | 128,70 | 6339,70 |
| Consumo de aço (kg/m³) | | 85,30 | 87,50 | 5,90 | 41,90 | 60,00 | 68,90 | 47,00 |

Fonte: O Autor

Tabela 32 - Quantitativo de materiais pré-moldados do modelo IV

| | | Lajes PM |
|-------------------------------------|-------|----------|
| Peso total + 10% (kg) | CA50 | 4443,8 |
| | CA60 | 1035 |
| | Total | 5478,8 |
| Peso treliças | CA60 | 13048,9 |
| Volume concreto (m ³) | C-25 | |
| Área de forma (m ²) | | |
| Consumo de aço (kg/m ³) | | |

Fonte: O Autor

Tabela 33 - Blocos de enchimento do modelo IV

| Pavimento | Tipo | Nome | Dimensões(cm) | | | Quantidade |
|----------------|----------------------|------------|---------------|----|-----|------------|
| | | | hb | bx | by | |
| Coberta | EPS Unidirecional | B16/30/125 | 16 | 30 | 125 | 1345 |
| Tipo 3 | EPS Unidirecional | B16/30/125 | 16 | 30 | 125 | 1281 |
| Tipo 2 | EPS Unidirecional | B16/30/125 | 16 | 30 | 125 | 1281 |
| Tipo 1 | EPS Unidirecional | B16/30/125 | 16 | 30 | 125 | 1281 |
| Pavimento 1 | EPS Unidirecional | B20/30/125 | 20 | 30 | 125 | 1738 |
| Térreo | EPS Unidirecional | B25/30/125 | 25 | 30 | 125 | 2000 |

Fonte: O Autor

No tocante aos custos, a tabela 34 mostra um detalhamento completo por material utilizado na estrutura da edificação.

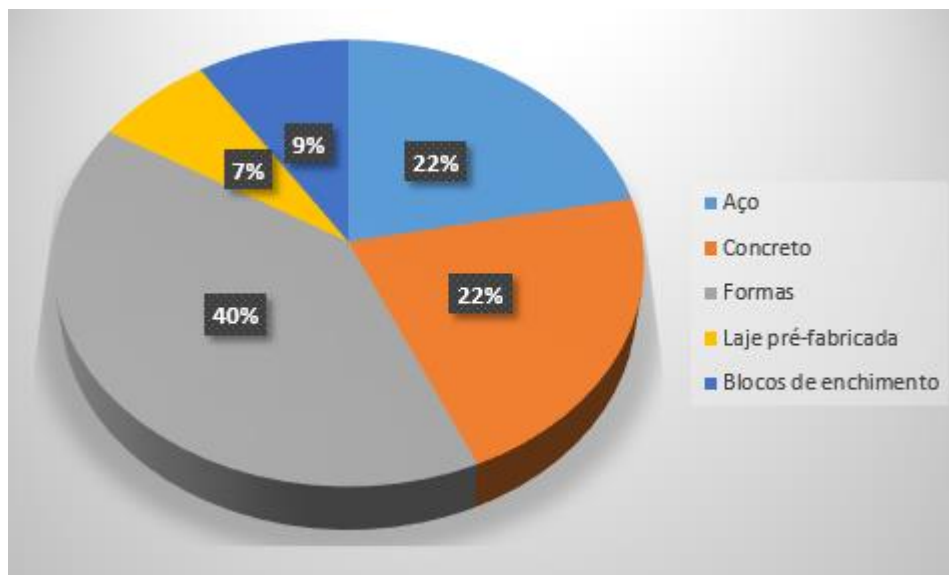
Tabela 34 - Relação custo por origem (R\$) do modelo IV

| Elemento | Material | Execução | Total |
|----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Aço | 236345,68 | 131942,34 | 368288,02 |
| Concreto | 262580,32 | 102197,55 | 364777,87 |
| Formas | 296558,30 | 383775,58 | 680333,88 |
| Laje pré-fabricada | 39229,77 | 80973,13 | 120202,90 |
| Blocos de enchimento | 154435,82 | 0,00 | 154435,82 |
| TOTAL | 989149,88 | 698888,61 | 1688038,49 |

Fonte: O Autor

Podemos observar que a fôrma é o insumo mais oneroso. Tendo o restante do custo um pouco melhor distribuído entre os outros insumos, como mostra o gráfico 15.

Gráfico 15 - Distribuição do custo por origem (R\$) do modelo IV



Fonte: O Autor

Em uma relação de custo por elemento, ver a tabela 35, as vigas aparecem como maior parte do investimento no empreendimento.

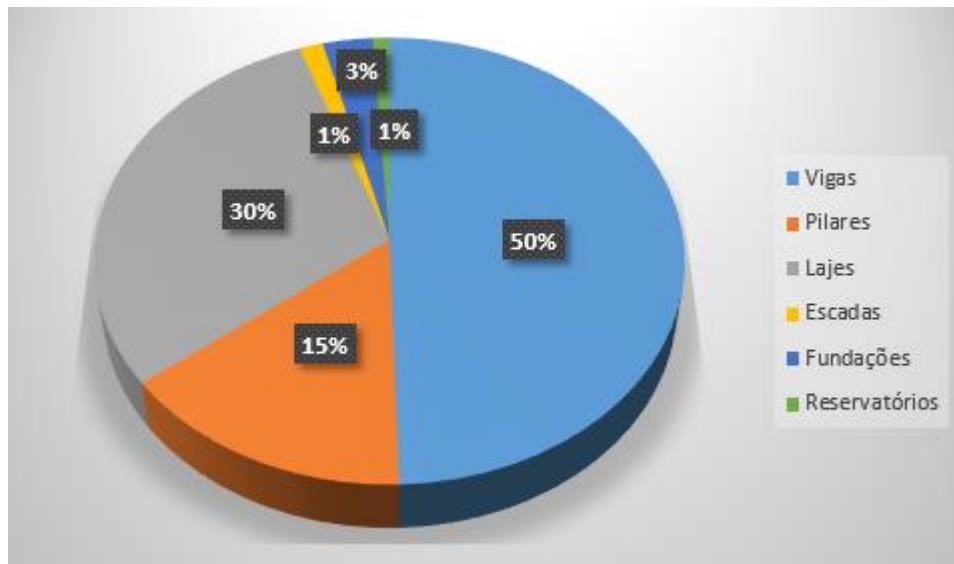
Tabela 35 - Relação custo por elemento (R\$) do modelo IV

| Elemento | Material | Execução | Total |
|---------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vigas | 458441,95 | 377322,93 | 835764,88 |
| Pilares | 130624,56 | 123310,30 | 253934,86 |
| Lajes | 343526,00 | 163479,29 | 507005,29 |
| Escadas | 11525,21 | 12549,24 | 24074,46 |
| Fundações | 35592,99 | 14792,23 | 50385,21 |
| Reservatórios | 9439,17 | 7434,61 | 16873,79 |
| TOTAL | 989149,88 | 698888,61 | 1688038,49 |

Fonte: O Autor

No gráfico 16 podemos visualizar melhor a distribuição dos custos. As vigas ocupam aproximadamente metade do orçamento, seguido pelas lajes, que representam pouco mais de um quarto do valor final.

Gráfico 16 - Distribuição do custo por elemento (R\$) do modelo IV



Fonte: O Autor

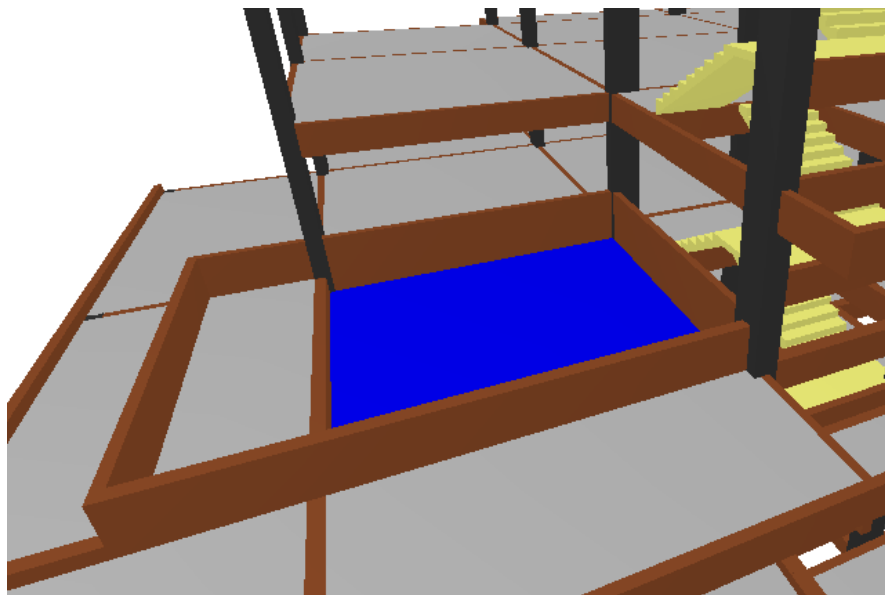
6.5 Dificuldades e Soluções

Uma das dificuldades encontradas no dimensionamento foi no pavimento térreo, devido a uma rampa que ligava ao subsolo. Para contornar esse problema foi necessário aumentar a largura das vigas, pois todas as lajes começaram a apresentar erro de largura de apoio insuficiente.

Outra dificuldade foi em relação à piscina, figura 14, nesse caso devido ao projeto arquitetônico, em que a viga de um dos lados da piscina se apoiava em outra viga, gerando esforços muito grandes na estrutura para suportar as cargas, se tornando bastante antieconômico. A solução para esse caso foi colocar um pilar onde a viga se apoiava, com isso todos os elementos envolvidos voltaram a ter dimensões menores e mais econômicas.

Em relação às flechas de deslocamento, as maiores dificuldades foram nas áreas de balanço. A solução na maioria dos casos foi aumentar a rigidez à flexão dos apoios, aumentando a altura. Às vezes era necessário aumentar a resistência à torção, aumentando a largura do apoio.

Figura 14 – Detalhe da piscina no pavimento I



Fonte: O Autor

7. Conclusão

A tabela 36 mostra os custos do modelo estrutural utilizado, variando por tipo de laje e discriminando por material.

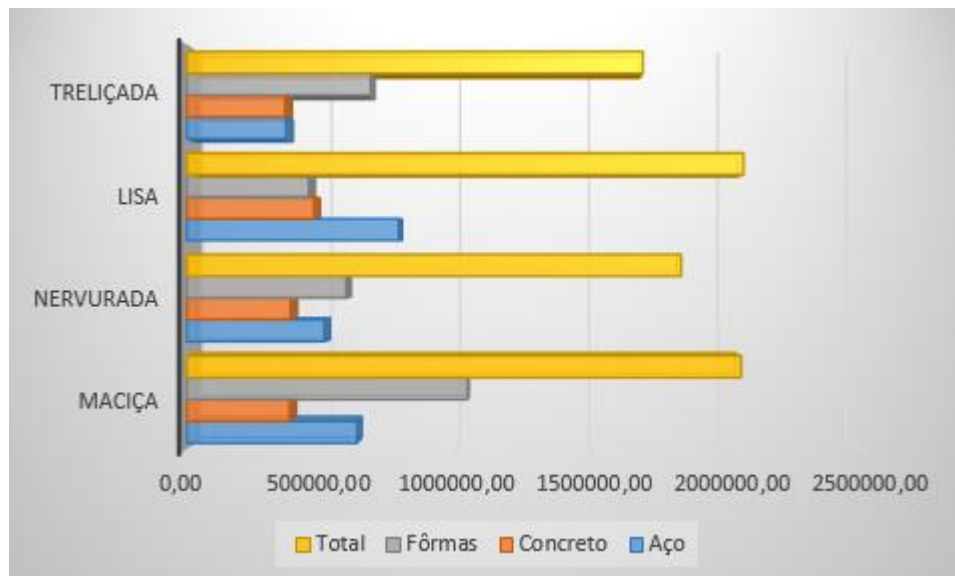
Tabela 36 - Comparativo de custos

| Laje | Aço | Concreto | Fôrmas | Pré-Fabricada | Enchimento | Total |
|-----------|-----------|-----------|------------|---------------|------------|-------------------|
| Maciça | 630586,58 | 381071,39 | 1039185,95 | | | 2050843,92 |
| Nervurada | 509529,15 | 384621,34 | 589698,42 | 282833,13 | 62434,88 | 1829116,93 |
| Lisa | 784617,36 | 471201,20 | 452596,01 | 294429,75 | 56722,88 | 2059567,20 |
| Treliçada | 368288,02 | 364777,87 | 680333,88 | 120202,90 | 154435,82 | 1688038,49 |

Fonte: O Autor

O gráfico 17 mostram graficamente um comparativo para cada tipo de laje adotado no modelo, fazendo uma relação entre os custos totais, do concreto, do aço e das fôrmas, respectivamente.

Gráfico 17 - Comparativo de custos (R\$) e materiais



Fonte: O Autor

De acordo com os dados presentes na tabela 36 e demonstrados no gráfico 17, pôde-se concluir que para esse modelo arquitetônico a utilização de lajes pré-moldadas treliçadas com blocos de enchimento de EPS apresentam um custo menor em relação aos outros tipos de laje. Sendo seguido pelo modelo com lajes nervuradas com cubetas, que também apresentou um custo mais baixo.

O modelo usando laje maciça se mostrou um dos mais caros, perdendo apenas para o modelo com laje nervurada lisa, porém os valores finais foram bem próximos um do outro.

O alto valor apresentado pelos dois modelos (maciça e nervurada lisa) é reflexo do alto consumo de materiais. No caso da laje nervurada lisa, há um grande consumo de aço e concreto, superior aos demais modelos, conforme mostra o gráfico 17.

Em todos os modelos foram usadas cargas acidentais, de revestimento e de paredes, diferindo apenas no modelo da laje nervurada lisa, que por ser uma única laje não se podia diversificar as cargas acidentais e de revestimento por ambiente, nesse caso foi escolhido o valor do ambiente com maior carregamento acidental, de acordo com a tabela 15, para ser aplicado sobre toda a laje. Esse foi um dos fatores que contribui para alto consumo de material, principalmente do aço, para combater os esforços de flexão em toda a extensão da laje.

Já para o modelo com lajes maciças, o grande vilão do elevado custo foi o alto consumo de fôrmas, como aparece no gráfico 17, tornando esse modelo um dos mais caros.

8. Referências ¹

AECWEB. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cls/anuncios/pes_11730/formas_lajes_nervuradas_7_552x410.jpg>. Acesso em: 22 out. 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

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

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 14859-1**: Lajes pré-fabricadas de concreto. Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15200**. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

BAMPI, D.M. Disponível em: <http://danielamb.com.br/blog/wp-content/uploads/2018/01/IMG_5170-2-1024x682.jpg>. Acesso em: 22 out. 2018

BASTOS, P.S.S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Estruturas de Concreto I. 2006. Notas de Aula. Universidade Estadual Paulista.

BASTOS, P.S.S. **Lajes de Concreto**. Estruturas de Concreto I. 2015. Notas de Aula. Universidade Estadual Paulista.

BELGO. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas**. Grupo Arcelor

BOTELHO, M.H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado Eu te amo**. v.1, 3ª ed. ampliada. São Paulo. Editora Edgard Blücher LTDA. 2002.

CARVALHO, R.C.; FIGUEIREDO FILHO, J.R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 4ª ed. São Carlos. EdUFSCar, 2014.

EBERICK. Disponível em: <<https://www.altoqi.com.br/eberick/>>. Acesso em 25 out. 2018.

ENGENHARIA, A. Disponível em: <<http://axialengenharia.eng.br/wp-content/uploads/2017/04/11-300x200.jpg>>. Acesso em: 22 out. 2018.

FRANCESCHI, L. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360002163594-Diferen%C3%A7as-na-an%C3%A1lise-de-lajes-pelo-modelo-integrado-ou-pelo-modelo-de-grelha-p%C3%B3rtico>>. Acesso em 08 nov. 2018.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

GUIMARÃES, M.S. et al. Comparativo da utilização de diferentes tipos de lajes em edifícios de concreto armado. **Revista Mirante**, Anápolis (GO), v. 10, n. 1, p. 226-245, jun. 2017.

IMAGES. Disponível em: <https://images.adsttc.com/media/images/5a83/9118/f197/cce4/3f00/052d/slideshow/Laje_maci%C3%A7a.jpg?1518571793>. Acesso em: 22 out. 2018

PINHEIRO, L.M.; RAZENTE, J.A. **Estruturas de Concreto**. Universidade de São Paulo, 2003.

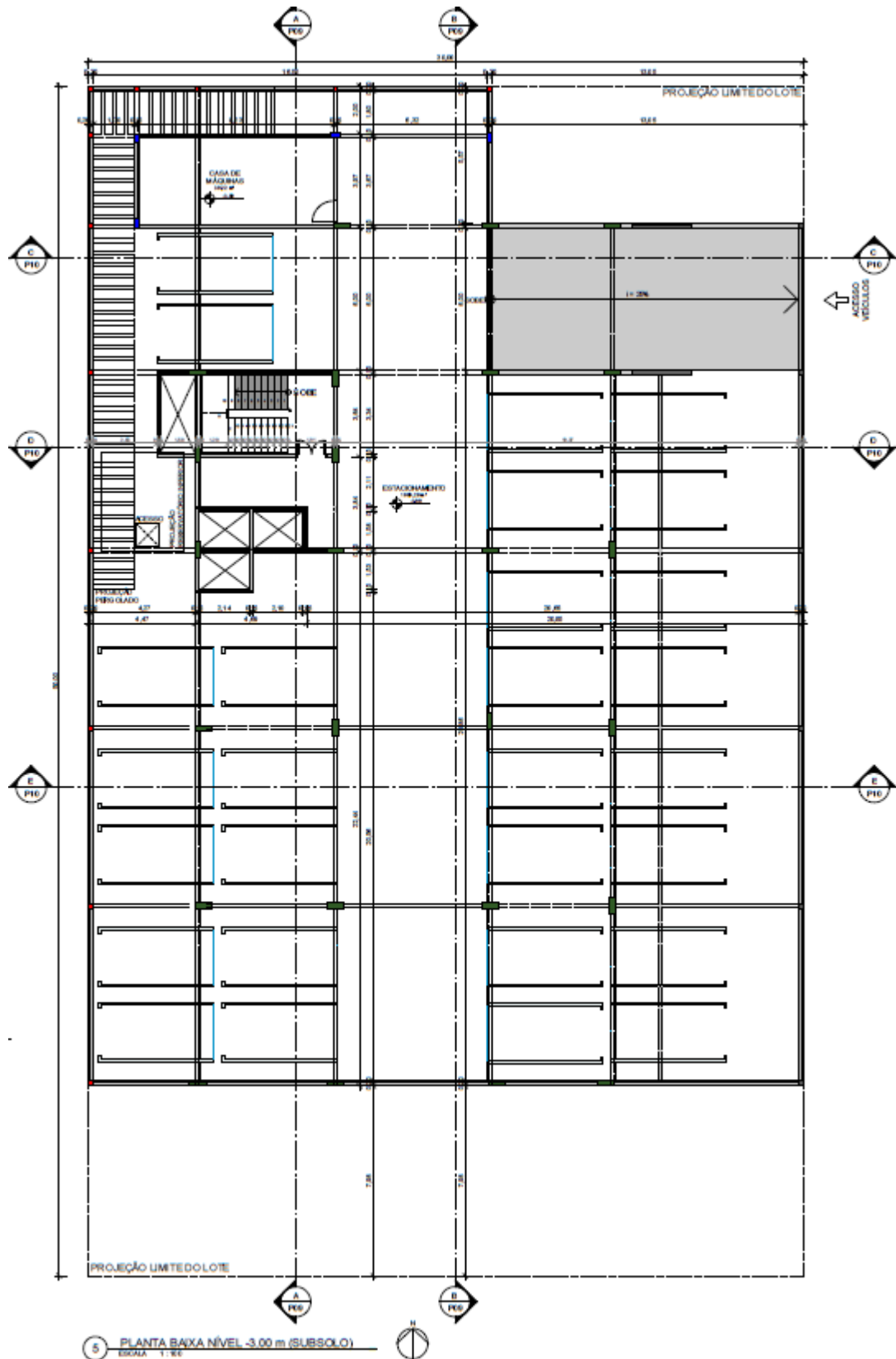
REBELLO, Y.C.P. **Bases Para Projeto Estrutural na Arquitetura**. 2ª ed. São Paulo. Zigurate Editora, 2007.

RODRIGUES, R. Disponível em: <<http://arquitetandoestruturas.weebly.com/blog/march-29th-2016>>. Acesso em: 22 out. 2018

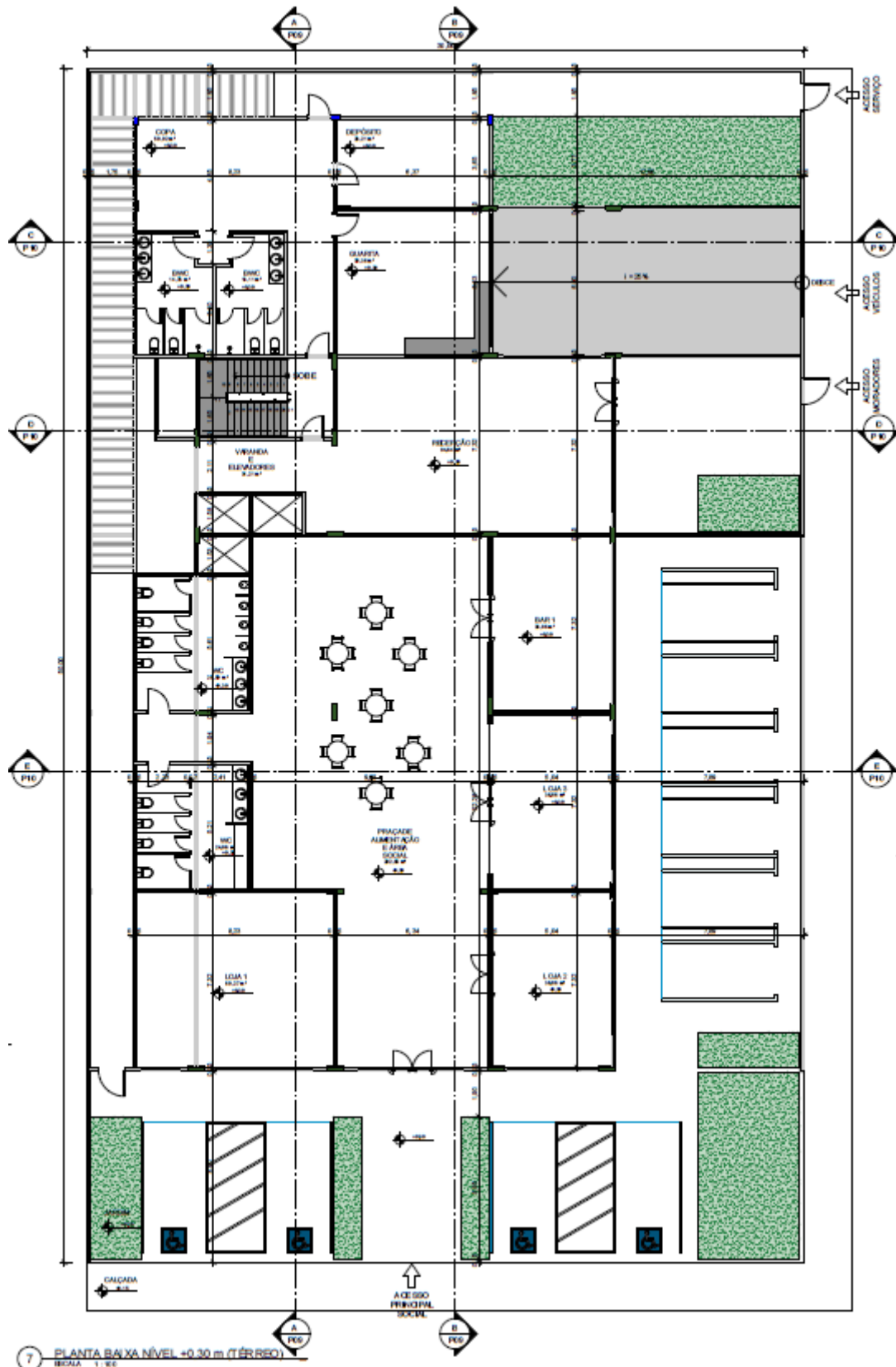
ROMÃO, A.H. et al. **Projeto Arquitetônico**. Universidade Federal da Paraíba, 2018.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

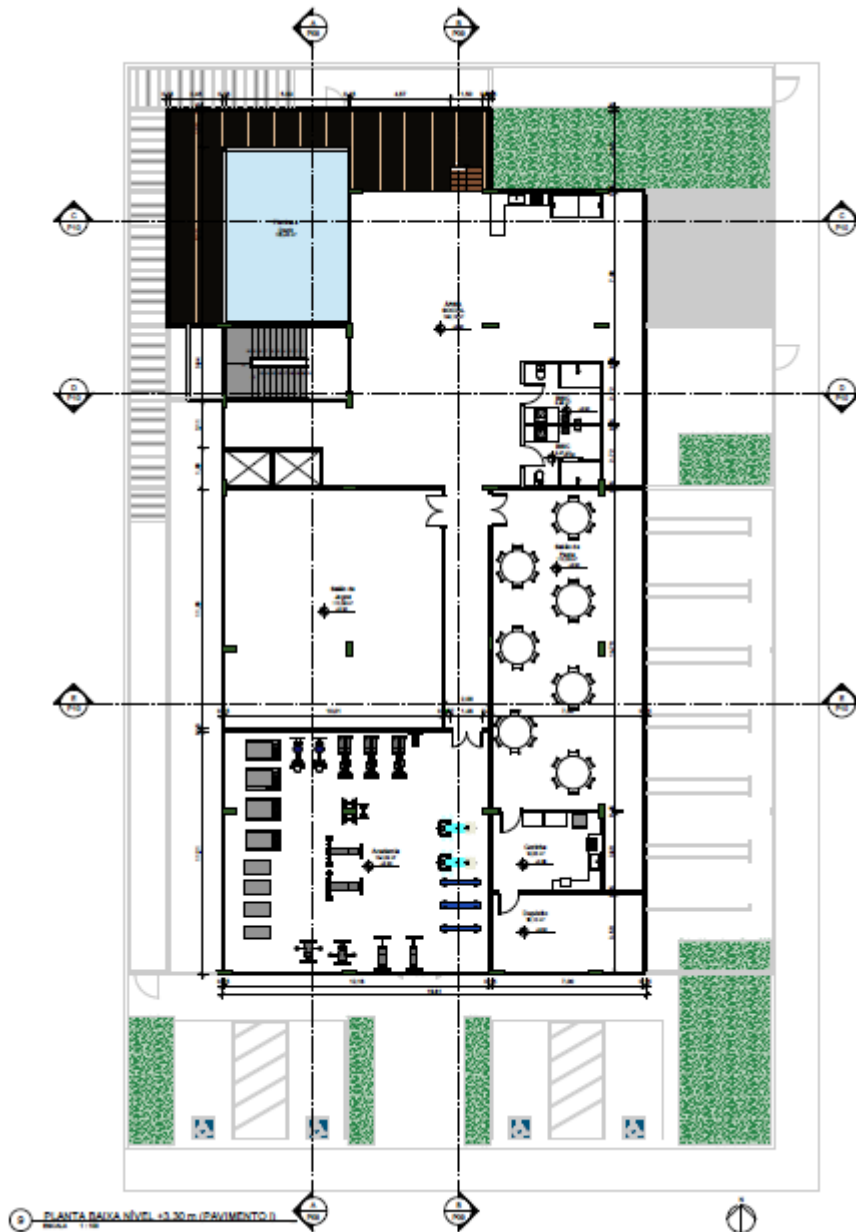
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO



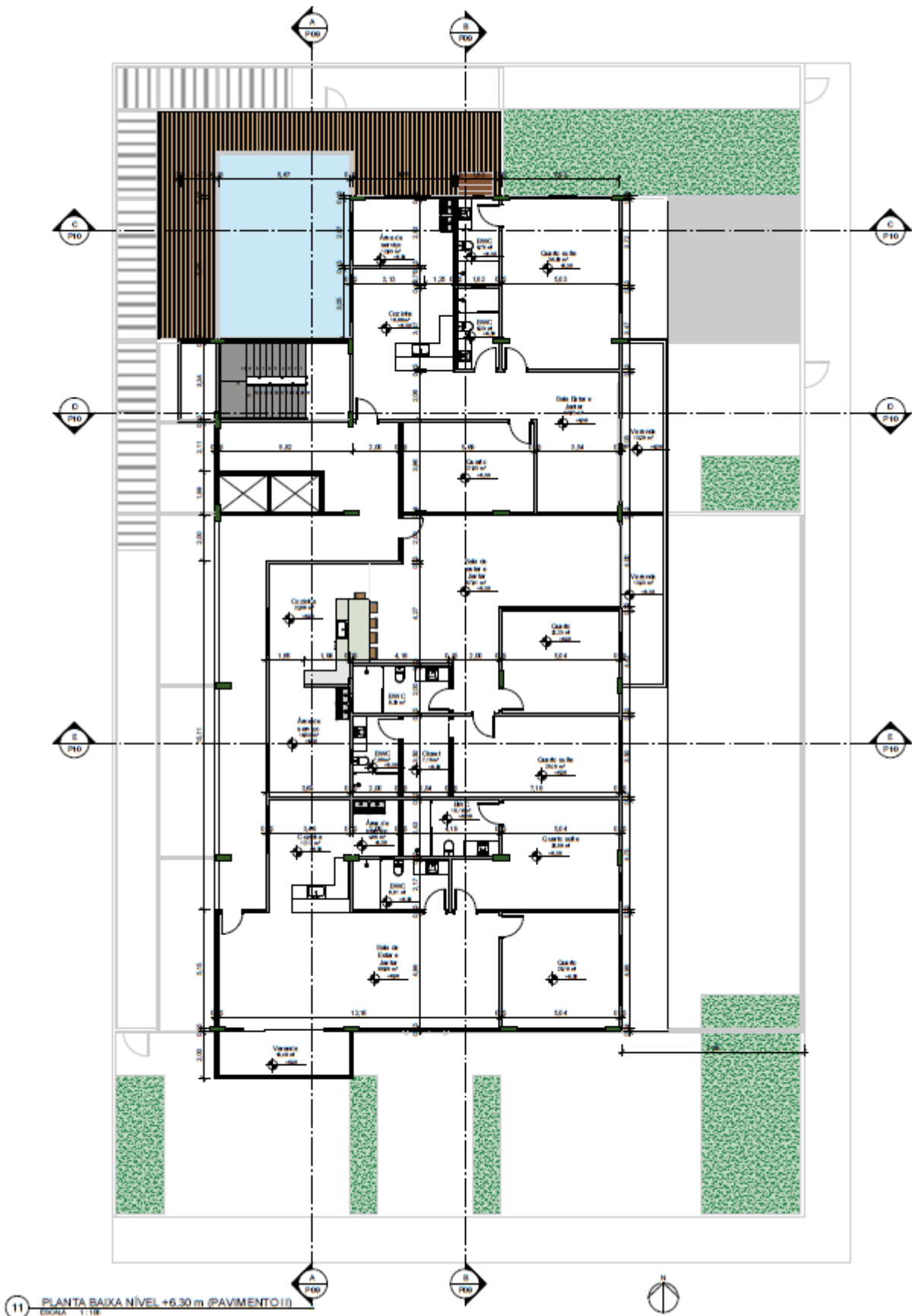
Planta baixa pavimento subsolo, nível -3,00m



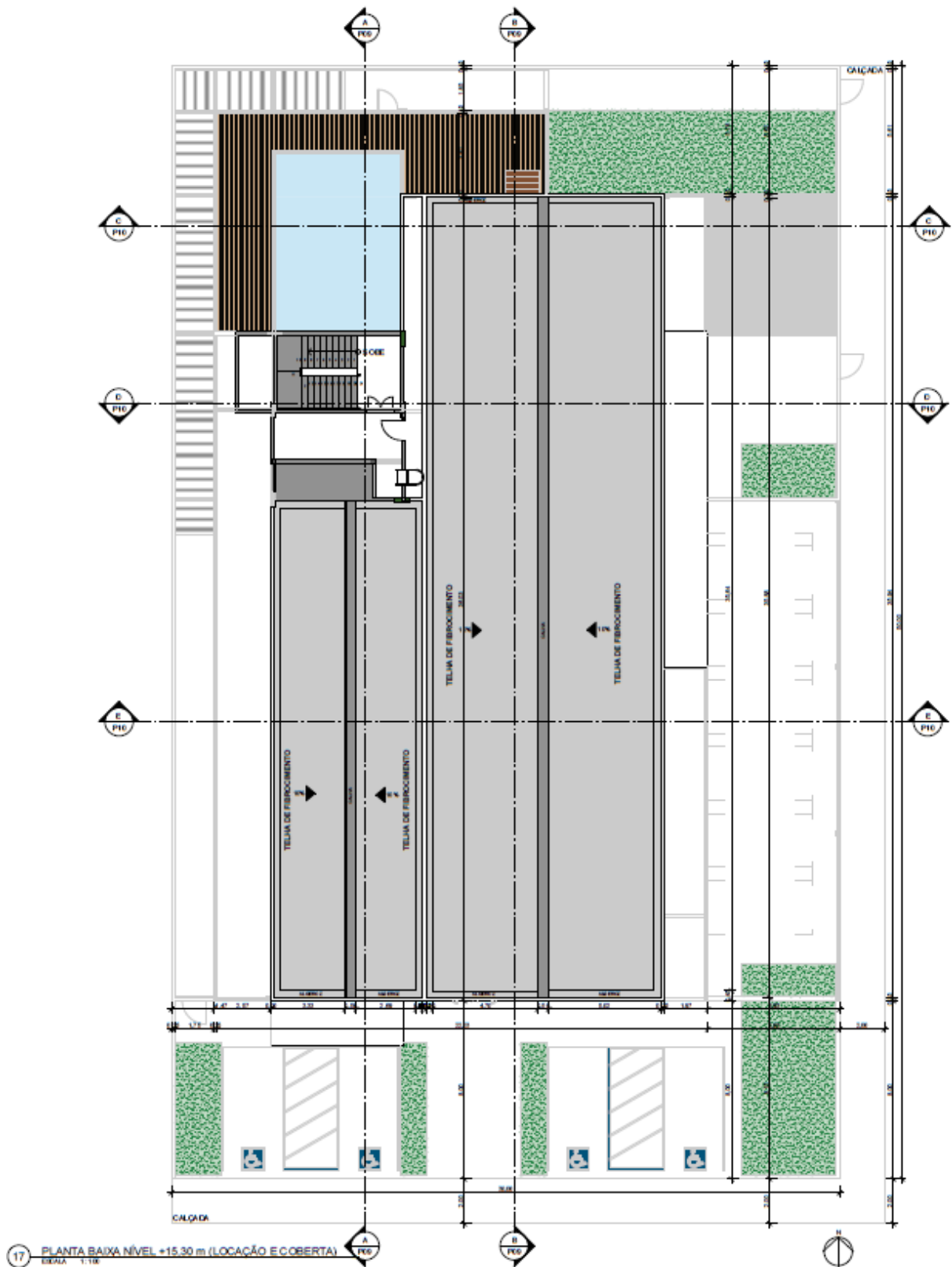
Planta baixa pavimento térreo, nível +0,30m



Planta baixa pavimento 1, nível +3,30m

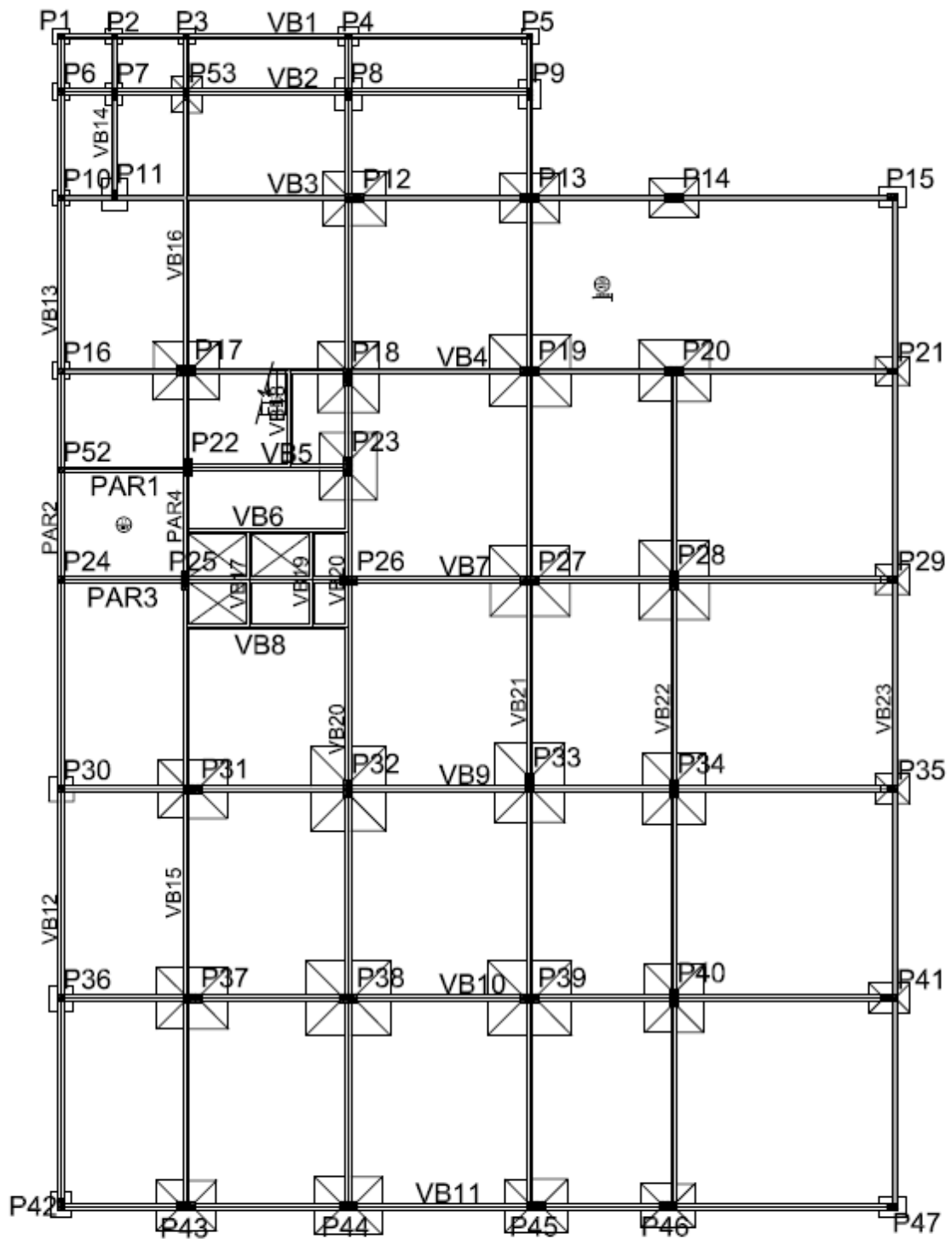


Planta baixa pavimento tipo, níveis +6,30m, +9,30m, +12,30m



Planta baixa pavimento coberto, nível +15,30m

APÊNDICE A – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE MACIÇA – MODELO I

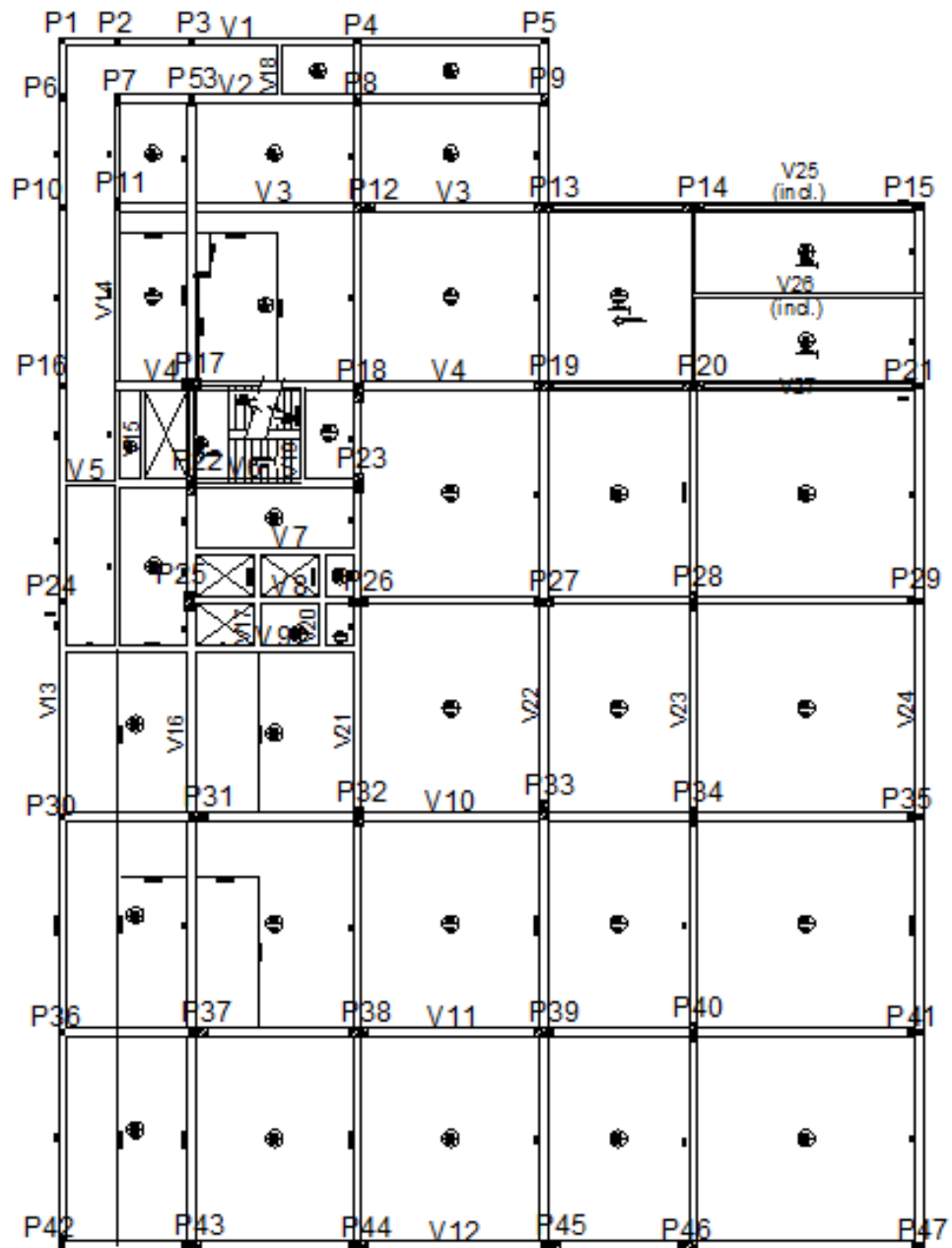


Forma do pavimento Sub-solo (Nível -3,00m)

escala s/e

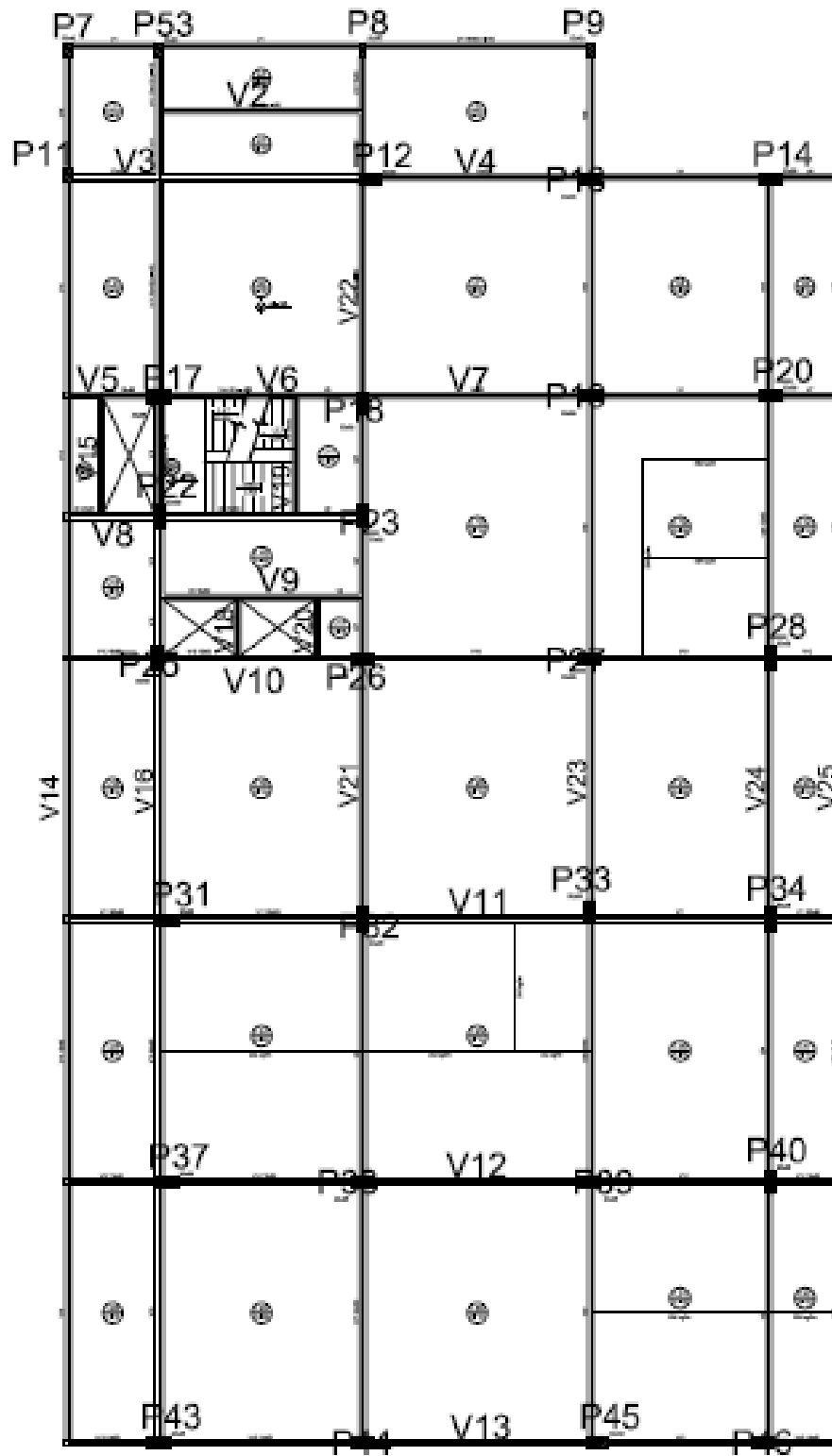
| Pilares | | | |
|---------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| P1 | 20x20 | 0 | -300 |
| P2 | 20x20 | 0 | -300 |
| P3 | 20x20 | 0 | -300 |
| P4 | 20x20 | 0 | -300 |
| P5 | 20x20 | 0 | -300 |
| P6 | 20x20 | 0 | -300 |
| P7 | 20x40 | 0 | -300 |
| P8 | 20x40 | 0 | -300 |
| P9 | 20x40 | 0 | -300 |
| P10 | 20x20 | 0 | -300 |
| P11 | 20x40 | 0 | -300 |
| P12 | 30x65 | 0 | -300 |
| P13 | 30x65 | 0 | -300 |
| P14 | 30x65 | 0 | -300 |
| P15 | 20x40 | 0 | -300 |
| P16 | 20x20 | 0 | -300 |
| P17 | 40x65 | 0 | -300 |
| P18 | 30x65 | 0 | -300 |
| P19 | 30x65 | 0 | -300 |
| P20 | 30x65 | 0 | -300 |
| P21 | 20x40 | 0 | -300 |
| P22 | 30x65 | 0 | -300 |
| P23 | 30x65 | 0 | -300 |
| P24 | 20x20 | 0 | -300 |
| P25 | 30x65 | 0 | -300 |
| P26 | 30x65 | 0 | -300 |
| P27 | 30x65 | 0 | -300 |
| P28 | 30x65 | 0 | -300 |
| P29 | 20x40 | 0 | -300 |
| P30 | 20x20 | 0 | -300 |
| P31 | 30x65 | 0 | -300 |
| P32 | 30x65 | 0 | -300 |
| P33 | 30x65 | 0 | -300 |
| P34 | 30x65 | 0 | -300 |
| P35 | 20x40 | 0 | -300 |
| P36 | 20x20 | 0 | -300 |
| P37 | 30x65 | 0 | -300 |
| P38 | 30x65 | 0 | -300 |
| P39 | 30x65 | 0 | -300 |
| P40 | 30x65 | 0 | -300 |
| P41 | 20x60 | 0 | -300 |
| P42 | 20x40 | 0 | -300 |
| P43 | 30x65 | 0 | -300 |
| P44 | 30x65 | 0 | -300 |
| P45 | 30x65 | 0 | -300 |
| P46 | 30x65 | 0 | -300 |
| P47 | 20x40 | 0 | -300 |
| P52 | 20x20 | 0 | -300 |
| P53 | 20x40 | 0 | -300 |

| Vigas Baldrame (Subsolo) | | | |
|--------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| VB1 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB2 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB3 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB4 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB5 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB6 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB7 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB8 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB9 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB10 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB11 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB12 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB13 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB14 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB15 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB16 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB17 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB18 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB19 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB20 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB21 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB22 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB23 | 20x45 | 0 | -300 |



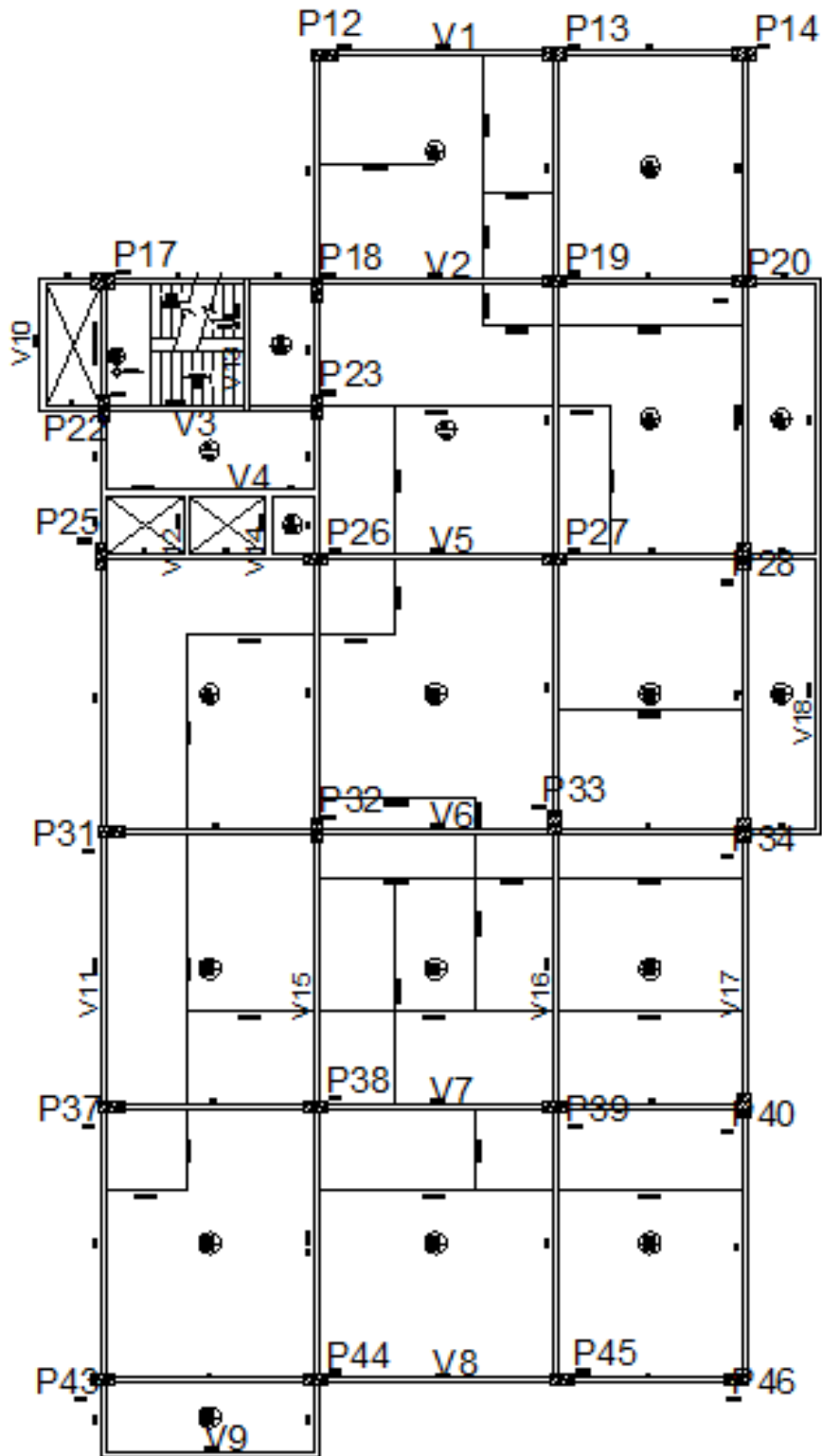
Forma do pavimento Térreo (Nível +0,30m)
escala s/e

| Vigas (Térreo) | | | |
|----------------|------------|---------------|-------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 28x60 | 0 | 30 |
| V2 | 28x60 | 0 | 30 |
| V3 | 28x60 | 0 | 30 |
| V4 | 28x100 | 20 | 50 |
| | 28x60 | 0 | 30 |
| V5 | 15x60 | 0 | 30 |
| V6 | 28x60 | 0 | 30 |
| V7 | 28x60 | 0 | 30 |
| V8 | 28x60 | 0 | 30 |
| V9 | 28x60 | 0 | 30 |
| V10 | 28x60 | 0 | 30 |
| V11 | 28x60 | 0 | 30 |
| V12 | 28x60 | 0 | 30 |
| V13 | 28x60 | 0 | 30 |
| V14 | 20x60 | 0 | 30 |
| V15 | 15x60 | 0 | 30 |
| V16 | 28x60 | 0 | 30 |
| | 28x80 | 0 | 30 |
| V17 | 28x60 | 0 | 30 |
| V18 | 15x60 | 0 | 30 |
| V19 | 15x60 | 0 | 30 |
| V20 | 28x60 | 0 | 30 |
| V21 | 28x60 | 0 | 30 |
| V22 | 28x60 | 0 | 30 |
| V23 | 28x60 | 0 | 30 |
| V24 | 28x60 | 0 | 30 |
| V25 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V26 | 20x100 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V27 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V28 | 15x60 | -157 | -127 |
| V29 | 15x100 | -200 | -170 |
| V30 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |
| V31 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |



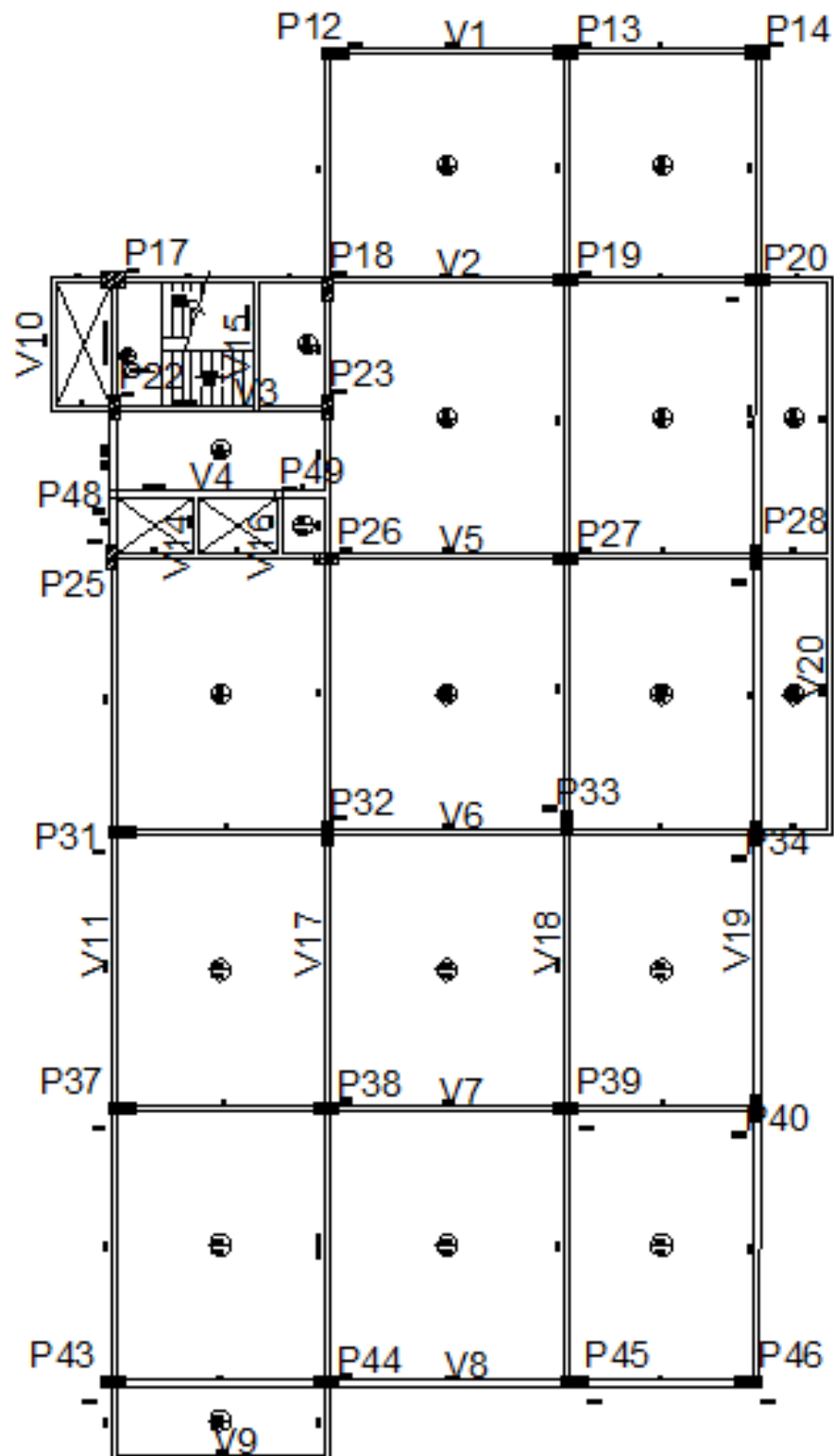
Forma do pavimento Pavimento 1 (Nível 3,30m)
escala s/e

| Vigas (Pavimento 1) | | | |
|---------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 20 | 350 |
| V2 | 15x140 | 80 | 410 |
| V3 | 20x80 | 0 | 330 |
| V4 | 15x60 | 0 | 330 |
| V5 | 15x80 | 0 | 330 |
| V6 | 15x140 | 80 | 410 |
| V7 | 15x60 | 0 | 330 |
| V8 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x60 | 0 | 330 |
| V9 | 15x60 | 0 | 330 |
| V10 | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x60 | 0 | 330 |
| V11 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x60 | 0 | 330 |
| | 20x80 | 0 | 330 |
| V12 | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x60 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V13 | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x60 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V14 | 15x60 | 0 | 330 |
| V15 | 15x60 | 0 | 330 |
| V16 | 25x60 | 0 | 330 |
| V17 | 20x160 | 80 | 410 |
| | 20x100 | 20 | 350 |
| V18 | 15x60 | 0 | 330 |
| V19 | 15x60 | 0 | 330 |
| V20 | 15x60 | 0 | 330 |
| V21 | 20x60 | 0 | 330 |
| V22 | 15x140 | 80 | 410 |
| | 15x60 | 0 | 330 |
| V23 | 15x60 | 0 | 330 |
| V24 | 15x60 | 0 | 330 |
| V25 | 15x60 | 0 | 330 |
| V26 | 15x60 | -143 | 187 |
| V27 | 20x80 | 0 | 330 |



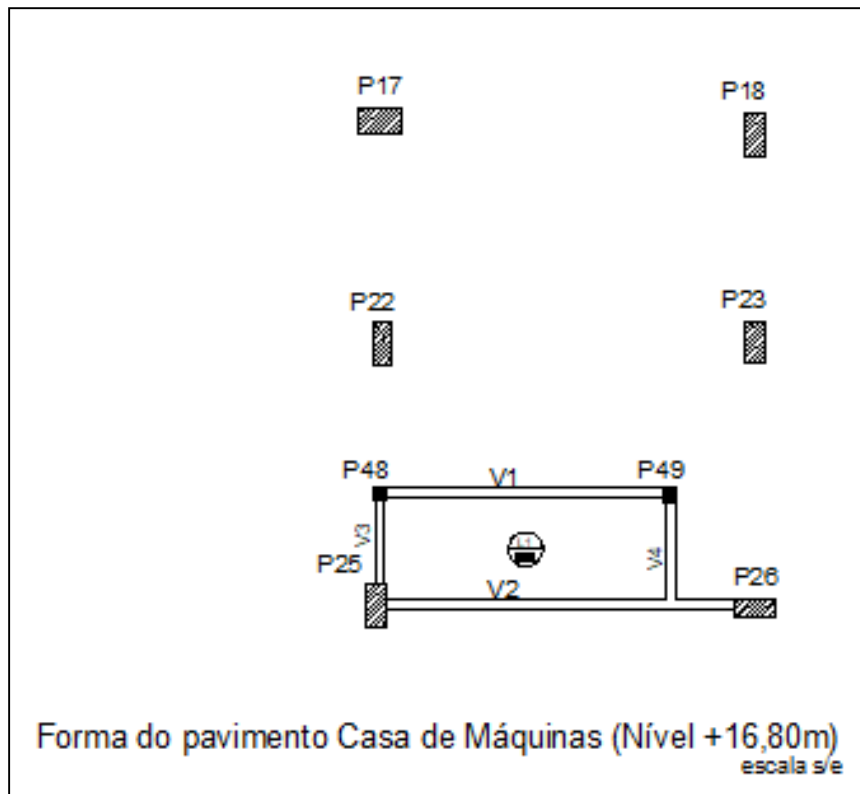
Forma do pavimento Tipo 1 (Níveis +6,30m; +9,30m; +12,30m)
 escala 1/50

| Vigas (Tipo) | | | |
|--------------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 0 | 630 |
| V2 | 15x60 | 0 | 630 |
| V3 | 15x60 | 0 | 630 |
| V4 | 15x60 | 0 | 630 |
| V5 | 15x60 | 0 | 630 |
| V6 | 15x60 | 0 | 630 |
| V7 | 15x60 | 0 | 630 |
| V8 | 15x60 | 0 | 630 |
| V9 | 15x60 | 0 | 630 |
| V10 | 15x60 | 0 | 630 |
| V11 | 15x60 | 0 | 630 |
| V12 | 15x60 | 0 | 630 |
| V13 | 15x60 | 0 | 630 |
| V14 | 15x60 | 0 | 630 |
| V15 | 15x60 | 0 | 630 |
| V16 | 15x60 | 0 | 630 |
| V17 | 15x60 | 0 | 630 |
| V18 | 15x60 | 0 | 630 |
| V19 | 15x60 | -143 | 487 |

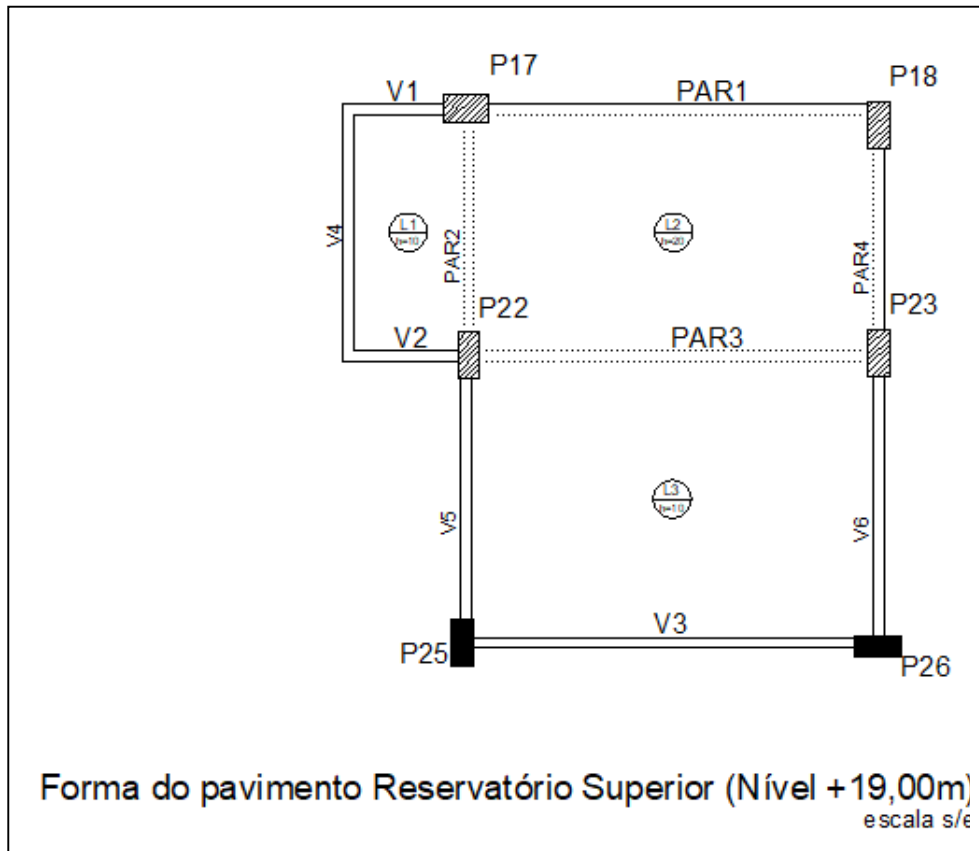


Forma do pavimento Coberta (Nível +15,30m)
escala s/e

| Vigas/Pilares (Coberta) | | | |
|-------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1530 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V4 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V5 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V6 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V7 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V8 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V9 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V10 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V11 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V12 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V13 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V14 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V15 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V16 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V17 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V18 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V19 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V20 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V21 | 15x60 | -143 | 1387 |
| P48 | 20x20 | 0 | 1530 |
| P49 | 20x20 | 0 | 1530 |

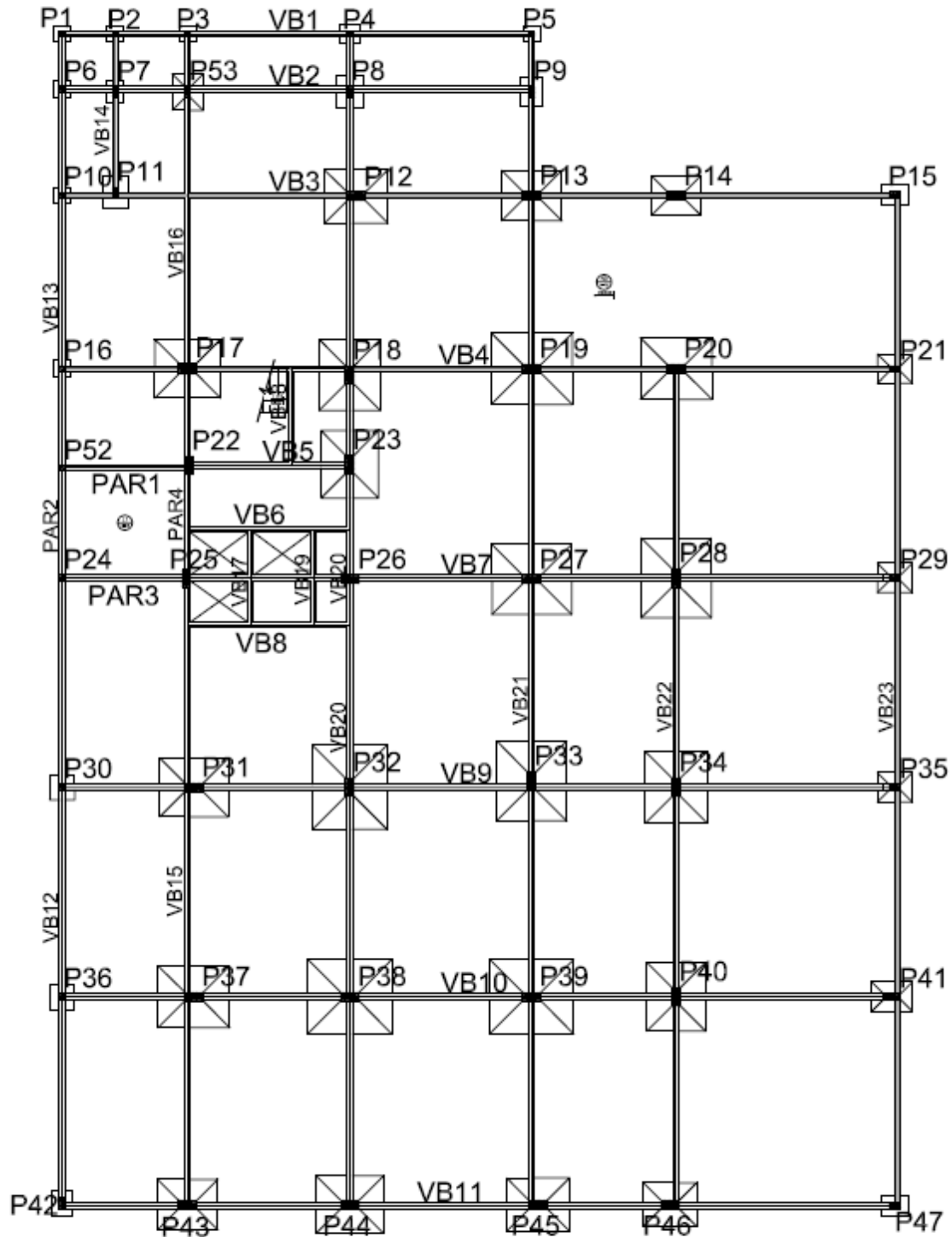


| Vigas (Casa de Máquinas) | | | |
|--------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V4 | 15x60 | 0 | 1680 |



| Vigas (Reservatório Superior) | | | |
|-------------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V2 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V3 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V4 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V5 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V6 | 15x45 | 0 | 1900 |

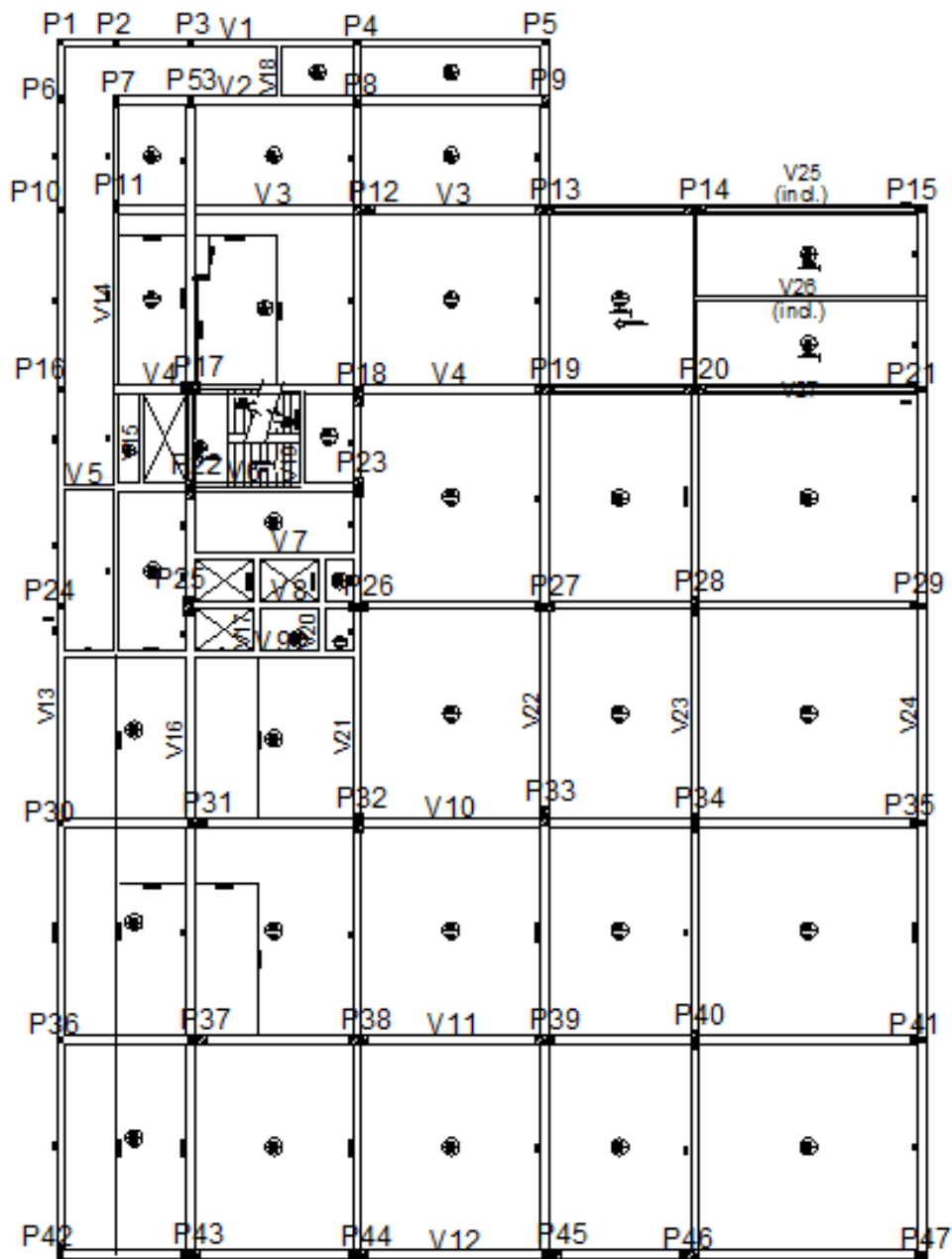
APÊNDICE B – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE NERVURADA COM CUBETAS – MODELO II



Forma do pavimento Sub-solo (Nível -3,00m)
escala s/e

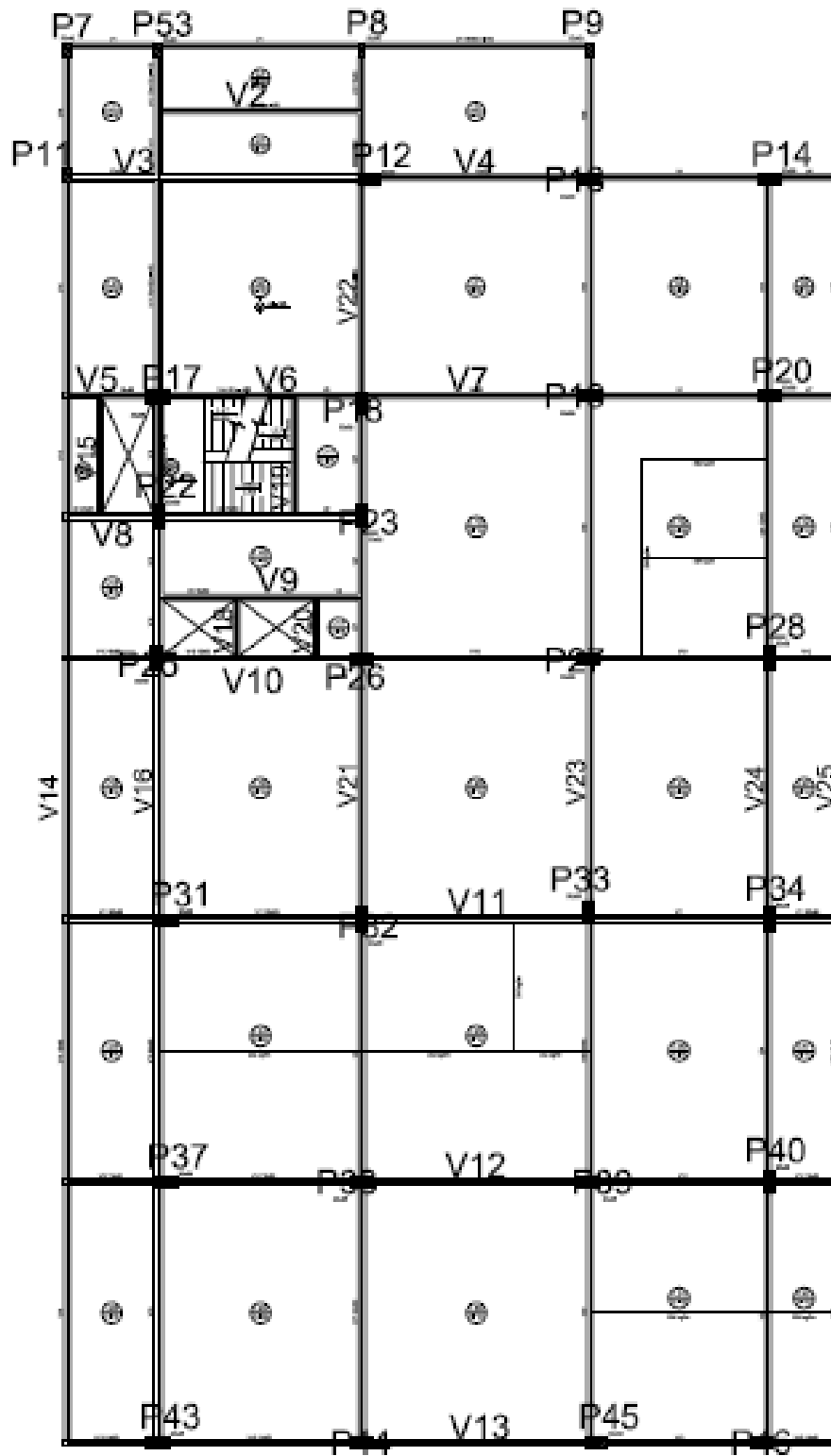
| Pilares | | | |
|---------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| P1 | 20x20 | 0 | -300 |
| P2 | 20x20 | 0 | -300 |
| P3 | 20x20 | 0 | -300 |
| P4 | 20x20 | 0 | -300 |
| P5 | 20x20 | 0 | -300 |
| P6 | 20x20 | 0 | -300 |
| P7 | 20x40 | 0 | -300 |
| P8 | 20x40 | 0 | -300 |
| P9 | 20x40 | 0 | -300 |
| P10 | 20x20 | 0 | -300 |
| P11 | 20x40 | 0 | -300 |
| P12 | 30x65 | 0 | -300 |
| P13 | 30x65 | 0 | -300 |
| P14 | 30x65 | 0 | -300 |
| P15 | 20x40 | 0 | -300 |
| P16 | 20x20 | 0 | -300 |
| P17 | 40x65 | 0 | -300 |
| P18 | 30x65 | 0 | -300 |
| P19 | 30x65 | 0 | -300 |
| P20 | 30x65 | 0 | -300 |
| P21 | 20x40 | 0 | -300 |
| P22 | 30x65 | 0 | -300 |
| P23 | 30x65 | 0 | -300 |
| P24 | 20x20 | 0 | -300 |
| P25 | 30x65 | 0 | -300 |
| P26 | 30x65 | 0 | -300 |
| P27 | 30x65 | 0 | -300 |
| P28 | 30x65 | 0 | -300 |
| P29 | 20x40 | 0 | -300 |
| P30 | 20x20 | 0 | -300 |
| P31 | 30x65 | 0 | -300 |
| P32 | 30x65 | 0 | -300 |
| P33 | 30x65 | 0 | -300 |
| P34 | 30x65 | 0 | -300 |
| P35 | 20x40 | 0 | -300 |
| P36 | 20x20 | 0 | -300 |
| P37 | 30x65 | 0 | -300 |
| P38 | 30x65 | 0 | -300 |
| P39 | 30x65 | 0 | -300 |
| P40 | 30x65 | 0 | -300 |
| P41 | 20x40 | 0 | -300 |
| P42 | 20x40 | 0 | -300 |
| P43 | 30x65 | 0 | -300 |
| P44 | 30x65 | 0 | -300 |
| P45 | 30x65 | 0 | -300 |
| P46 | 30x65 | 0 | -300 |
| P47 | 20x40 | 0 | -300 |
| P52 | 20x20 | 0 | -300 |
| P53 | 20x40 | 0 | -300 |

| Vigas Baldrame (Subsolo) | | | |
|--------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| VB1 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB2 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB3 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB4 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB5 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB6 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB7 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB8 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB9 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB10 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB11 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB12 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB13 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB14 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB15 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB16 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB17 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB18 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB19 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB20 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB21 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB22 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB23 | 20x45 | 0 | -300 |



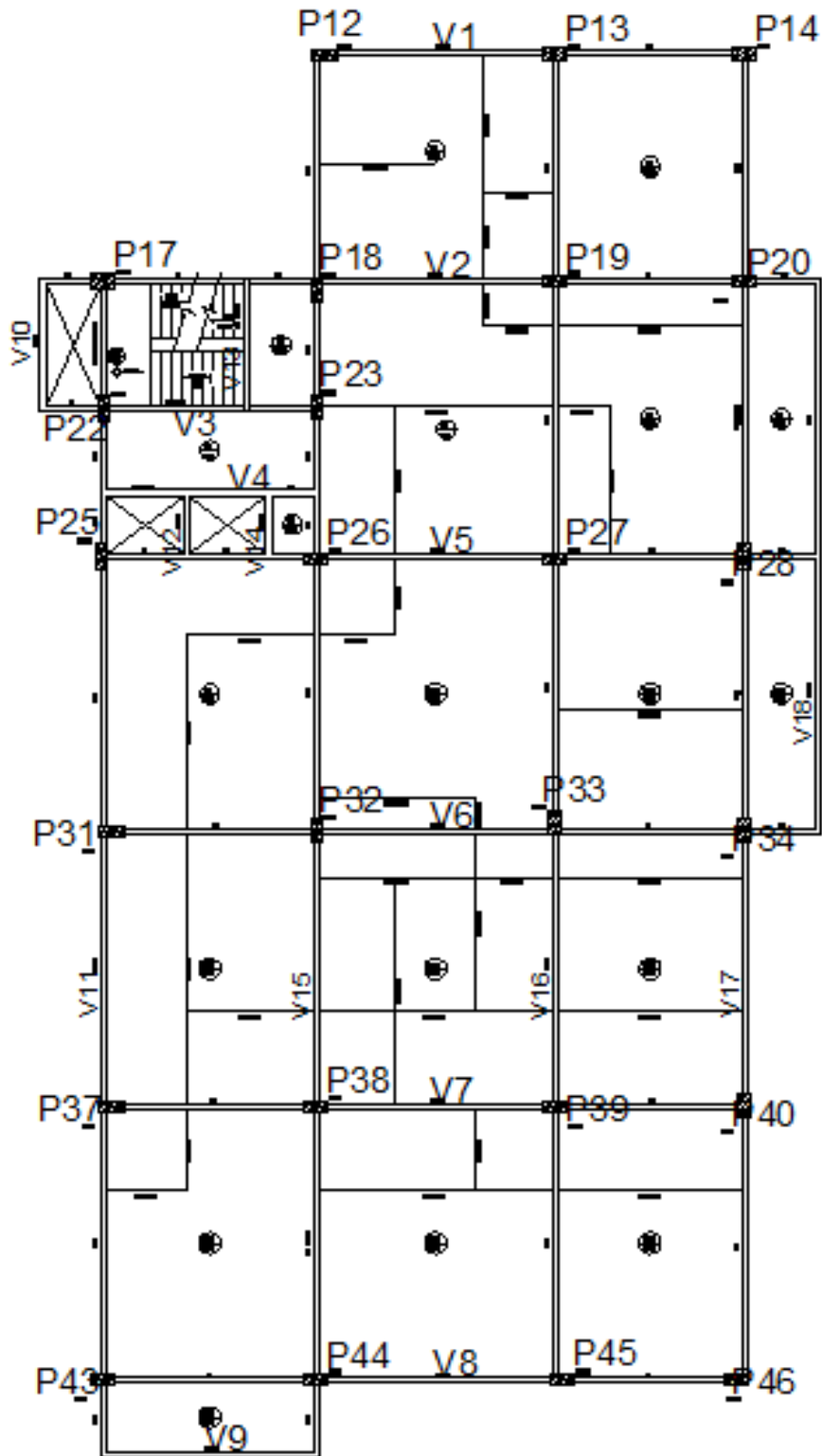
Forma do pavimento Térreo (Nível +0,30m)
escala s/e

| Vigas (Térreo) | | | |
|----------------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 28x60 | 0 | 30 |
| V2 | 28x60 | 0 | 30 |
| V3 | 28x60 | 0 | 30 |
| V4 | 28x100 | 20 | 50 |
| | 28x60 | 0 | 30 |
| V5 | 15x60 | 0 | 30 |
| V6 | 28x60 | 0 | 30 |
| V7 | 28x60 | 0 | 30 |
| V8 | 28x60 | 0 | 30 |
| V9 | 30x80 | 0 | 30 |
| V10 | 28x60 | 0 | 30 |
| V11 | 28x60 | 0 | 30 |
| V12 | 28x60 | 0 | 30 |
| V13 | 28x60 | 0 | 30 |
| V14 | 20x80 | 0 | 30 |
| V15 | 15x60 | 0 | 30 |
| V16 | 28x80 | 0 | 30 |
| V17 | 28x60 | 0 | 30 |
| V18 | 15x60 | 0 | 30 |
| V19 | 15x60 | 0 | 30 |
| V20 | 28x60 | 0 | 30 |
| V21 | 28x60 | 0 | 30 |
| V22 | 28x60 | 0 | 30 |
| V23 | 28x60 | 0 | 30 |
| V24 | 28x60 | 0 | 30 |
| V25 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V26 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V27 | 15x60 | -157 | -127 |
| V28 | 15x60 | -200 | -170 |
| V29 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |
| V30 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |



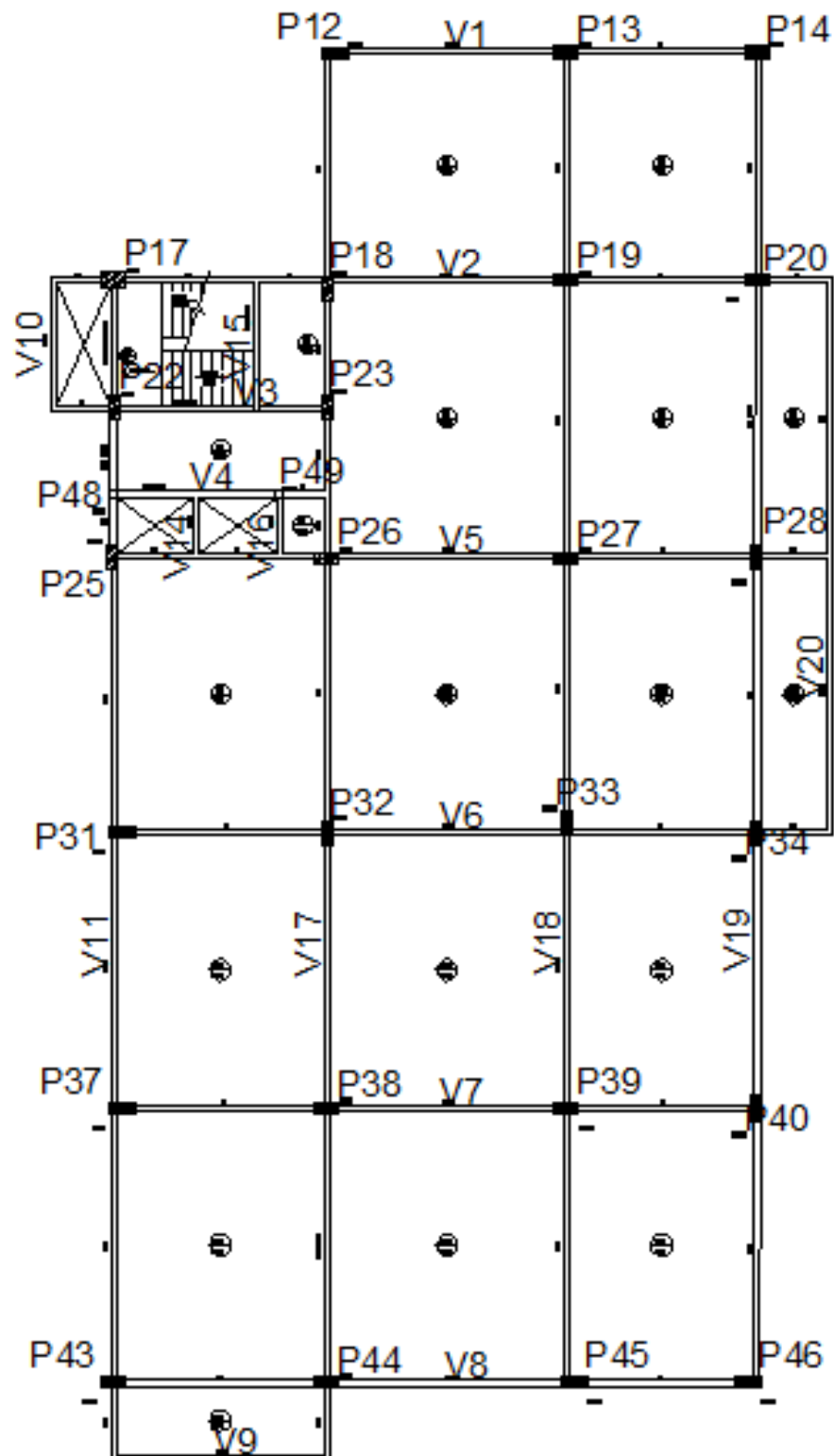
Forma do pavimento Pavimento 1 (Nível 3,30m)
escala s/e

| Vigas (Pavimento I) | | | |
|---------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x80 | 20 | 350 |
| V2 | 15x140 | 80 | 410 |
| V3 | 25x80 | 0 | 330 |
| V4 | 15x80 | 0 | 330 |
| V5 | 15x100 | 20 | 350 |
| V6 | 15x140 | 80 | 410 |
| V7 | 15x140 | 0 | 330 |
| V8 | 25x80 | 0 | 330 |
| | 25x60 | 0 | 330 |
| V9 | 15x80 | 0 | 330 |
| V10 | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V11 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x60 | 0 | 330 |
| V12 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x60 | 0 | 330 |
| V13 | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V14 | 15x80 | 0 | 330 |
| V15 | 15x80 | 0 | 330 |
| V16 | 15x80 | 0 | 330 |
| V17 | 20x160 | 80 | 410 |
| | 20x100 | 20 | 350 |
| V18 | 15x80 | 0 | 330 |
| V19 | 15x80 | 0 | 330 |
| V20 | 15x80 | 0 | 330 |
| V21 | 15x80 | 0 | 330 |
| V22 | 15x140 | 80 | 410 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V23 | 15x80 | 0 | 330 |
| V24 | 20x60 | 0 | 330 |
| V25 | 15x80 | 0 | 330 |
| V26 | 15x80 | -143 | 187 |



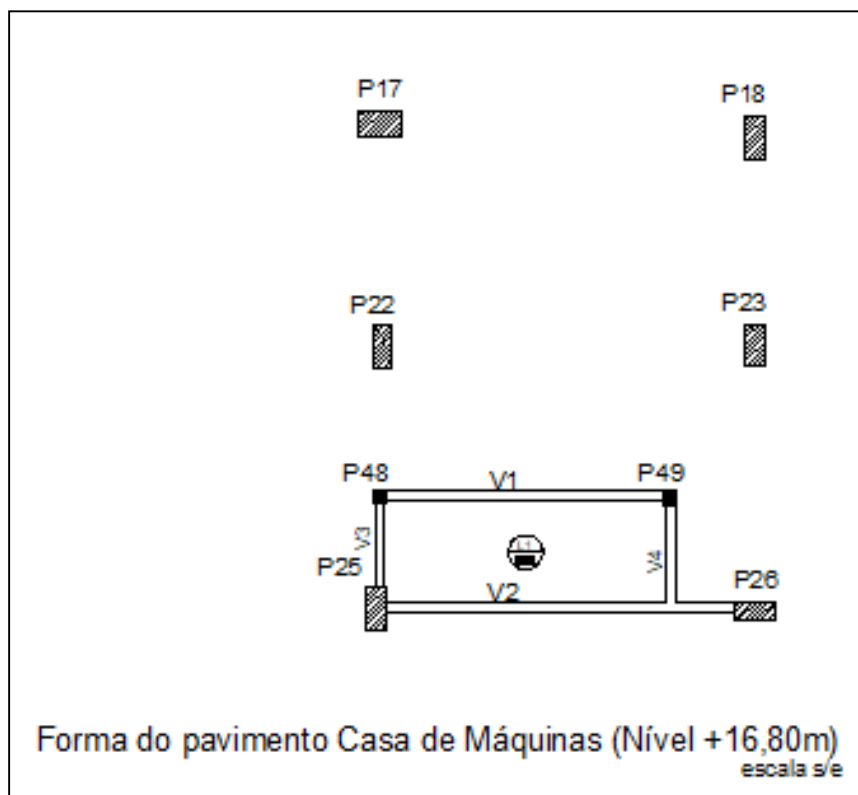
Forma do pavimento Tipo 1 (Níveis +6,30m; +9,30m; +12,30m)
 escala 1/50

| Vigas (Tipo) | | | |
|--------------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 0 | 630 |
| V2 | 15x60 | 0 | 630 |
| V3 | 15x60 | 0 | 630 |
| V4 | 15x60 | 0 | 630 |
| V5 | 15x60 | 0 | 630 |
| V6 | 15x60 | 0 | 630 |
| V7 | 15x60 | 0 | 630 |
| V8 | 15x60 | 0 | 630 |
| V9 | 15x60 | 0 | 630 |
| V10 | 15x60 | 0 | 630 |
| V11 | 15x60 | 0 | 630 |
| V12 | 15x60 | 0 | 630 |
| V13 | 15x60 | 0 | 630 |
| V14 | 15x60 | 0 | 630 |
| V15 | 15x60 | 0 | 630 |
| V16 | 15x60 | 0 | 630 |
| V17 | 15x60 | 0 | 630 |
| V18 | 15x60 | 0 | 630 |
| V19 | 15x60 | -143 | 487 |

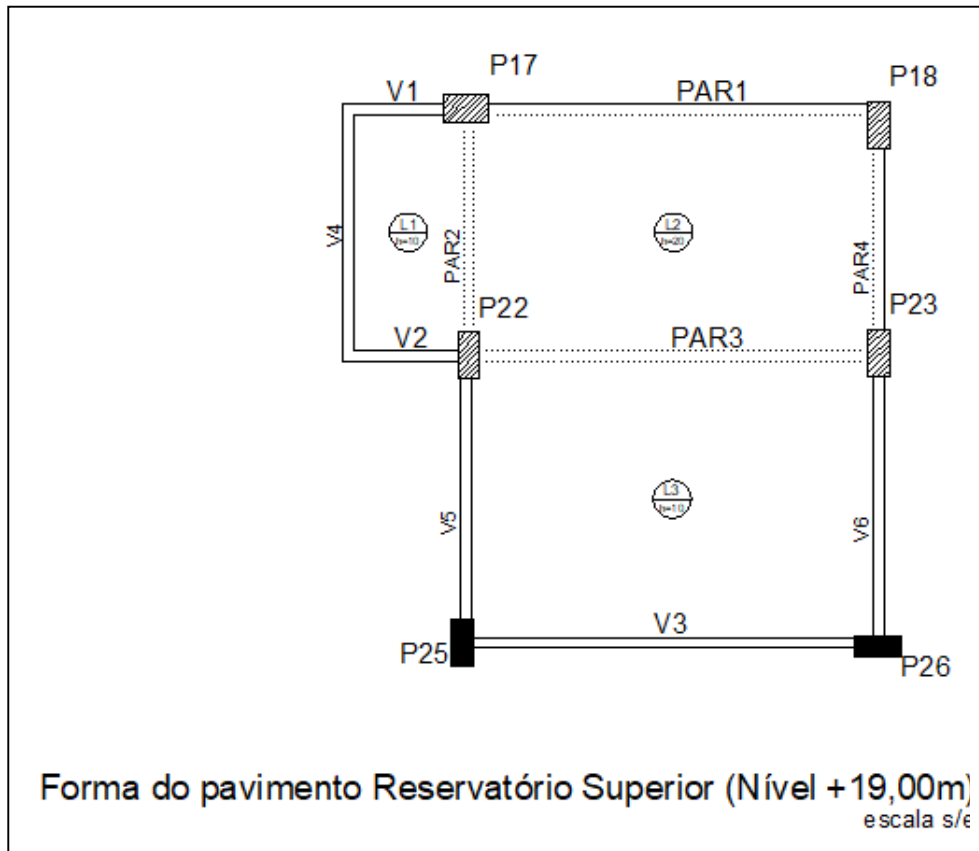


Foma do pavimento Coberta (Nível +15,30m)
 escala s/e

| Vigas | | | |
|-------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1530 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V4 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V5 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V6 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V7 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V8 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V9 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V10 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V11 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V12 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V13 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V14 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V15 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V16 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V17 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V18 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V19 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V20 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V21 | 15x60 | -143 | 1387 |
| P48 | 20x20 | 0 | 1530 |
| P49 | 20x20 | 0 | 1530 |

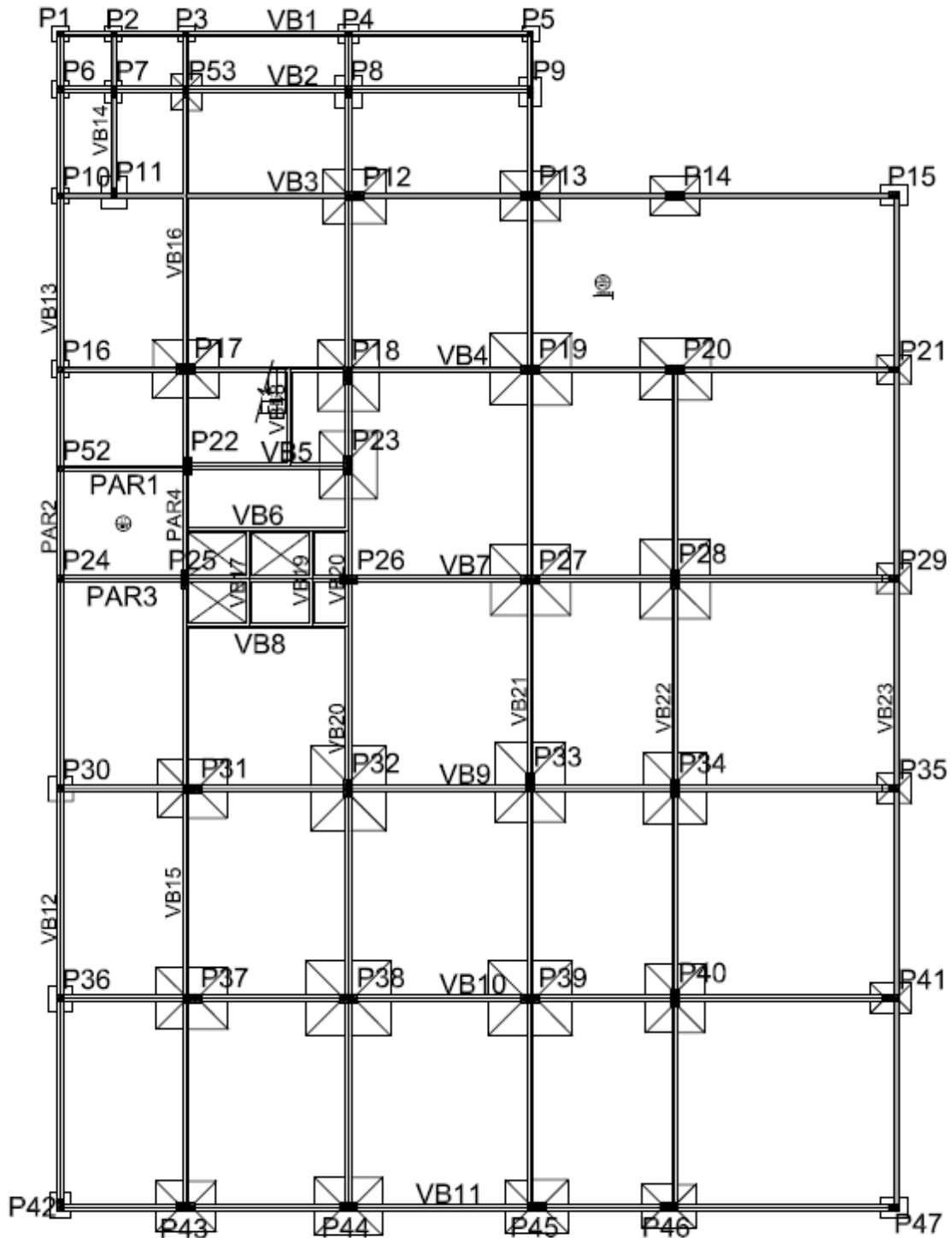


| Vigas (Casa de Máquinas) | | | |
|--------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V4 | 15x60 | 0 | 1680 |



| Vigas (Reservatório Superior) | | | |
|-------------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V2 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V3 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V4 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V5 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V6 | 15x45 | 0 | 1900 |

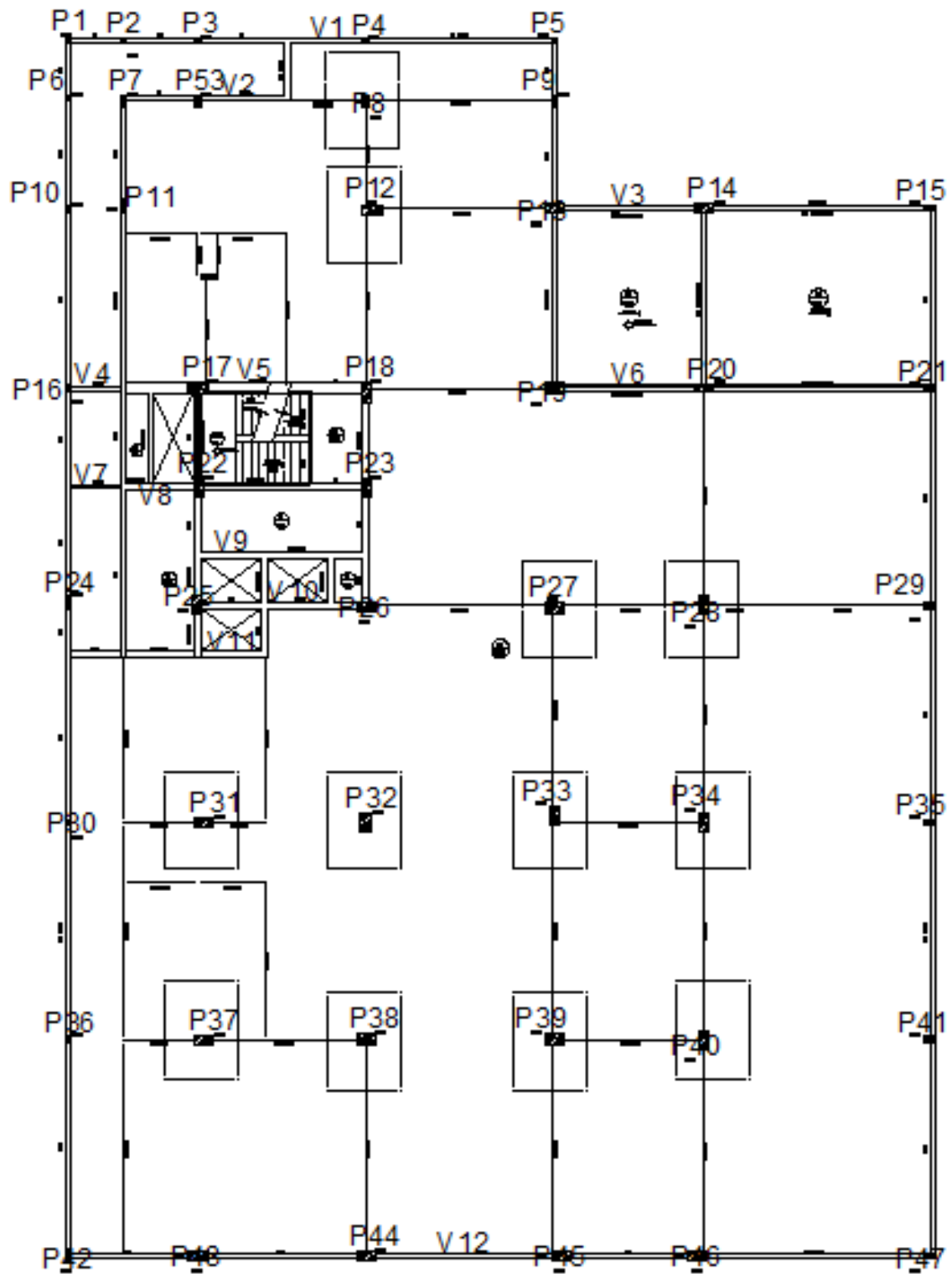
APÊNDICE C – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE NERVURADA COM CUBETAS SEM VIGAS (LISAS) – MODELO III



Forma do pavimento Sub-solo (Nível -3,00m)
escala s/e

| Pilares | | | |
|---------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| P1 | 20x20 | 0 | -300 |
| P2 | 20x20 | 0 | -300 |
| P3 | 20x20 | 0 | -300 |
| P4 | 20x20 | 0 | -300 |
| P5 | 20x20 | 0 | -300 |
| P6 | 20x20 | 0 | -300 |
| P7 | 20x40 | 0 | -300 |
| P8 | 20x40 | 0 | -300 |
| P9 | 20x40 | 0 | -300 |
| P10 | 20x20 | 0 | -300 |
| P11 | 20x40 | 0 | -300 |
| P12 | 30x85 | 0 | -300 |
| P13 | 30x85 | 0 | -300 |
| P14 | 30x85 | 0 | -300 |
| P15 | 20x40 | 0 | -300 |
| P16 | 20x20 | 0 | -300 |
| P17 | 40x85 | 0 | -300 |
| P18 | 30x85 | 0 | -300 |
| P19 | 40x85 | 0 | -300 |
| P20 | 30x85 | 0 | -300 |
| P21 | 20x40 | 0 | -300 |
| P22 | 30x85 | 0 | -300 |
| P23 | 30x85 | 0 | -300 |
| P24 | 20x40 | 0 | -300 |
| P25 | 30x85 | 0 | -300 |
| P26 | 30x85 | 0 | -300 |
| P27 | 40x85 | 0 | -300 |
| P28 | 30x85 | 0 | -300 |
| P29 | 20x40 | 0 | -300 |
| P30 | 20x20 | 0 | -300 |
| P31 | 30x85 | 0 | -300 |
| P32 | 40x85 | 0 | -300 |
| P33 | 30x85 | 0 | -300 |
| P34 | 30x85 | 0 | -300 |
| P35 | 20x40 | 0 | -300 |
| P36 | 20x20 | 0 | -300 |
| P37 | 30x85 | 0 | -300 |
| P38 | 40x85 | 0 | -300 |
| P39 | 40x85 | 0 | -300 |
| P40 | 30x85 | 0 | -300 |
| P41 | 20x40 | 0 | -300 |
| P42 | 20x40 | 0 | -300 |
| P43 | 30x85 | 0 | -300 |
| P44 | 30x85 | 0 | -300 |
| P45 | 30x85 | 0 | -300 |
| P46 | 30x85 | 0 | -300 |
| P47 | 20x40 | 0 | -300 |
| P52 | 20x20 | 0 | -300 |
| P53 | 20x40 | 0 | -300 |

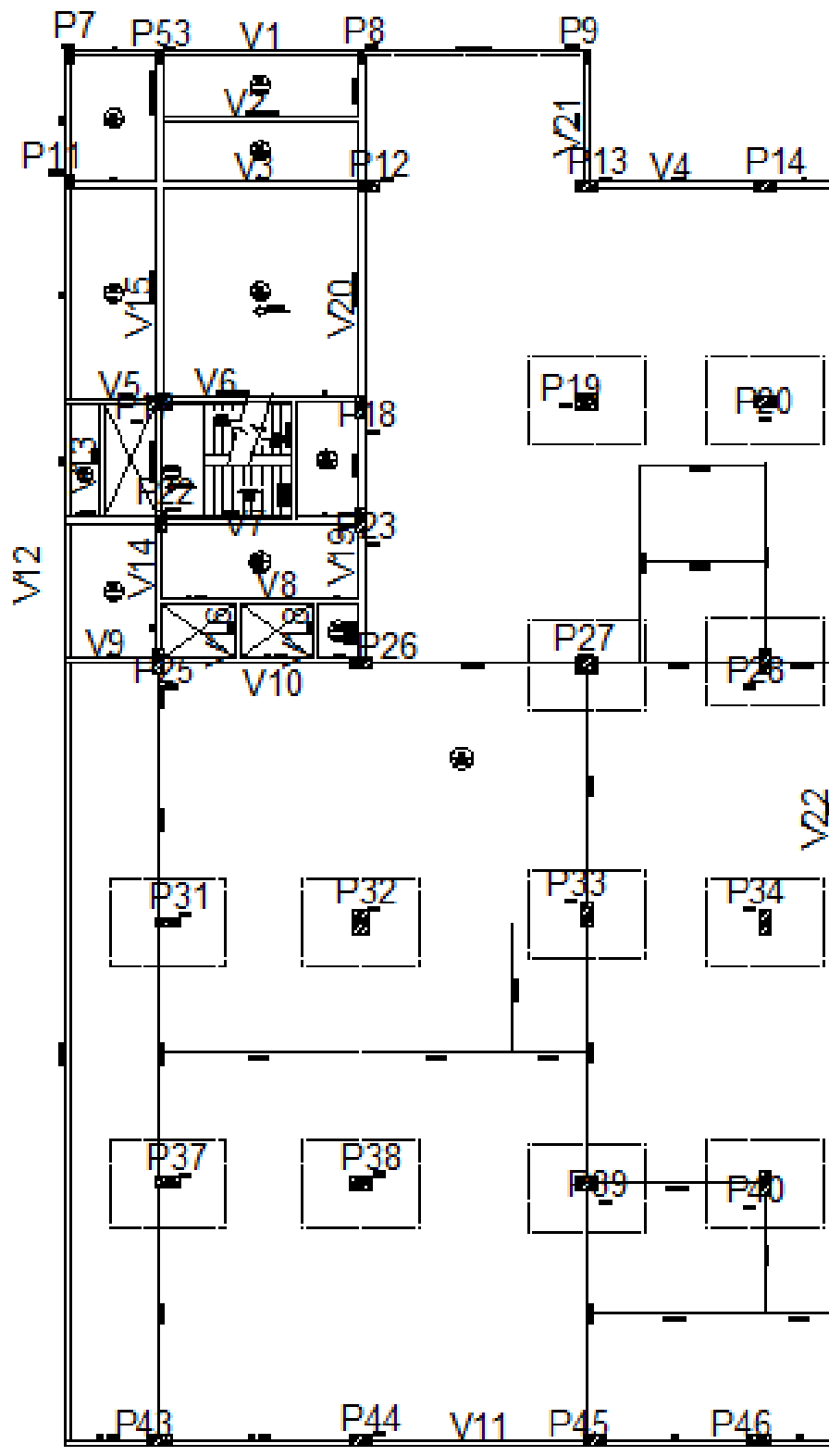
| Vigas | | | |
|-------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| VB1 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB2 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB3 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB4 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB5 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB6 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB7 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB8 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB9 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB10 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB11 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB12 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB13 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB14 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB15 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB16 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB17 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB18 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB19 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB20 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB21 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB22 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB23 | 20x45 | 0 | -300 |



Forma do pavimento Térreo (Nível 0,30m)

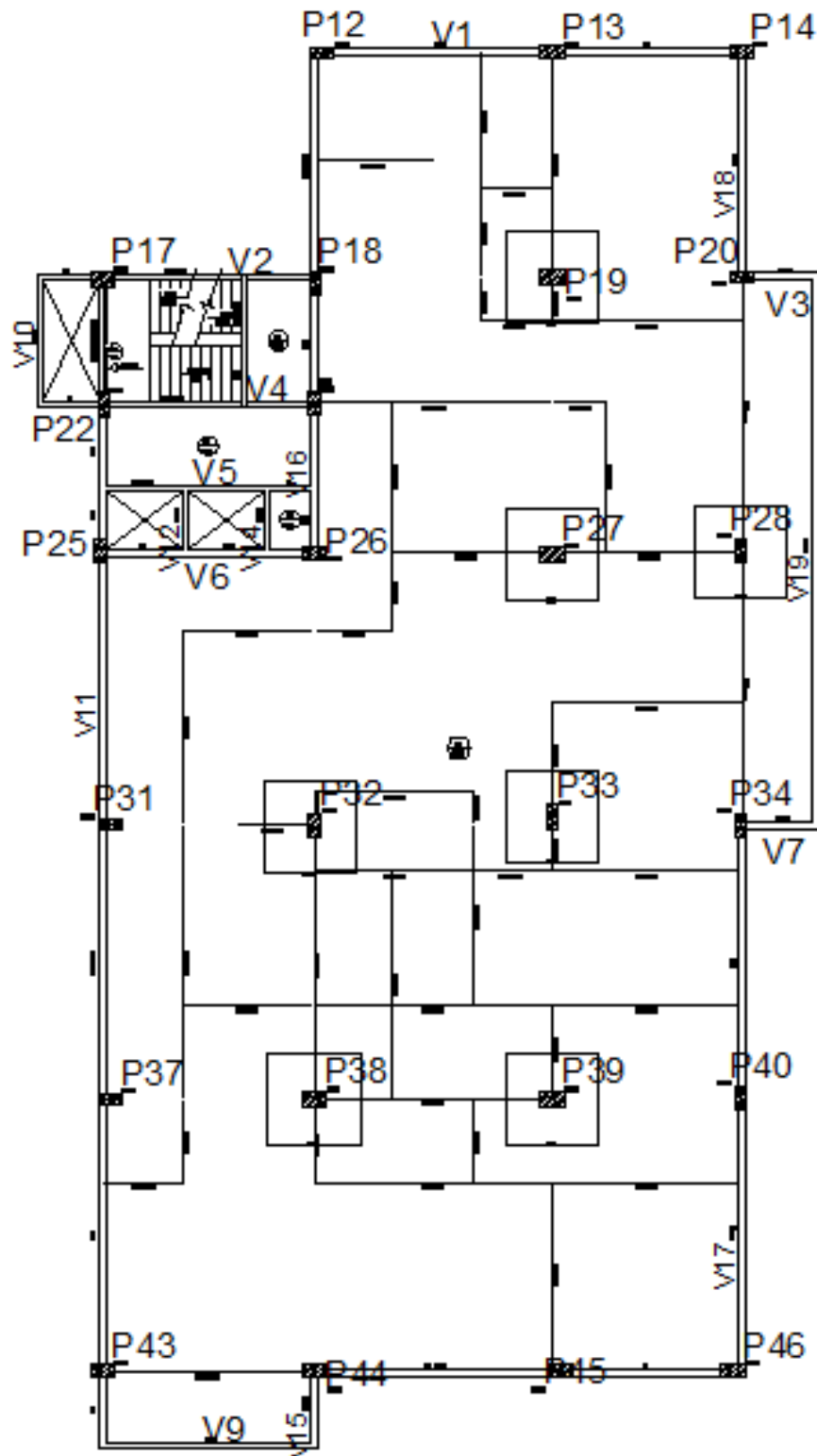
escala s/e

| Vigas (Térreo) | | | |
|----------------|------------|---------------|-------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 20x60 | 0 | 30 |
| V2 | 20x60 | 0 | 30 |
| V3 | 20x60 | 0 | 30 |
| V4 | 15x60 | 0 | 30 |
| V5 | 35x60 | 0 | 30 |
| V6 | 20x60 | 0 | 30 |
| V7 | 15x60 | 0 | 30 |
| V8 | 28x80 | 0 | 30 |
| | 28x60 | 0 | 30 |
| V9 | 28x60 | 0 | 30 |
| V10 | 28x60 | 0 | 30 |
| V11 | 20x60 | 0 | 30 |
| V12 | 20x60 | 0 | 30 |
| V13 | 20x80 | 0 | 30 |
| V14 | 20x80 | 0 | 30 |
| V15 | 15x60 | 0 | 30 |
| V16 | 28x80 | 0 | 30 |
| | 28x60 | 0 | 30 |
| V17 | 20x60 | 0 | 30 |
| V18 | 20x60 | 0 | 30 |
| V19 | 15x60 | 0 | 30 |
| V20 | 28x60 | 0 | 30 |
| V21 | 28x60 | 0 | 30 |
| V22 | 20x60 | 0 | 30 |
| V23 | 20x60 | 0 | 30 |
| V24 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V25 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V26 | 15x60 | -157 | -127 |
| V27 | 15x60 | -200 | -170 |
| V28 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |
| V29 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |



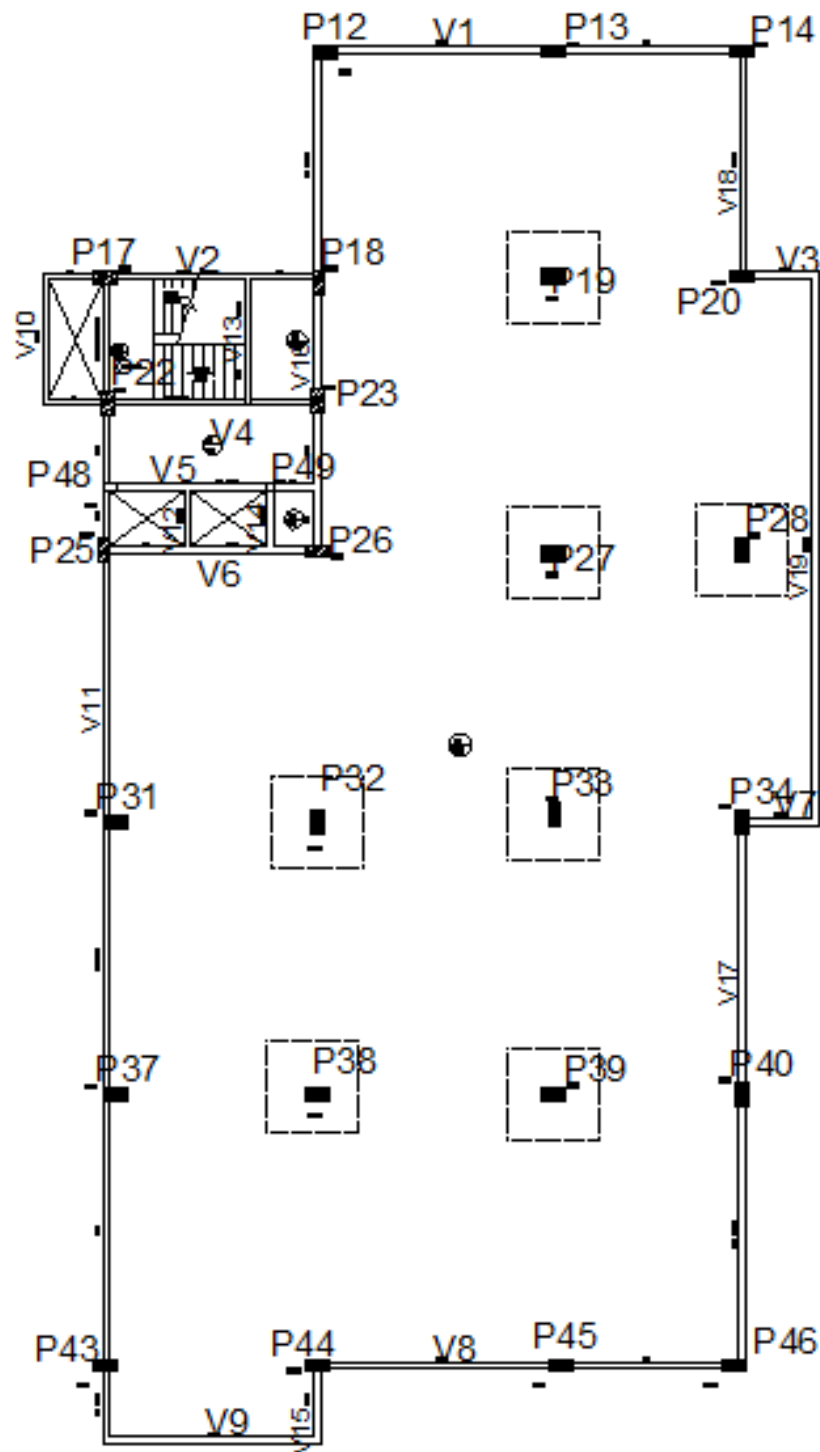
Forma do pavimento Pavimento 1 (Nível +3,30m)
 escala s/e

| Vigas (Pavimento I) | | | |
|---------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 20 | 350 |
| V2 | 15x140 | 80 | 410 |
| V3 | 20x80 | 0 | 330 |
| V4 | 20x60 | 0 | 330 |
| V5 | 15x80 | 0 | 330 |
| V6 | 15x140 | 80 | 410 |
| V7 | 25x80 | 0 | 330 |
| | 25x60 | 0 | 330 |
| V8 | 15x60 | 0 | 330 |
| V9 | 15x80 | 0 | 330 |
| V10 | 15x60 | 0 | 330 |
| V11 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x60 | 0 | 330 |
| V12 | 15x60 | 0 | 330 |
| V13 | 15x60 | 0 | 330 |
| V14 | 15x60 | 0 | 330 |
| V15 | 20x160 | 80 | 410 |
| | 20x100 | 20 | 350 |
| V16 | 15x60 | 0 | 330 |
| V17 | 15x60 | 0 | 330 |
| V18 | 15x60 | 0 | 330 |
| V19 | 20x60 | 0 | 330 |
| V20 | 20x140 | 80 | 410 |
| | 20x60 | 0 | 330 |
| V21 | 20x60 | 0 | 330 |
| V22 | 20x60 | 0 | 330 |
| V23 | 15x60 | -143 | 187 |



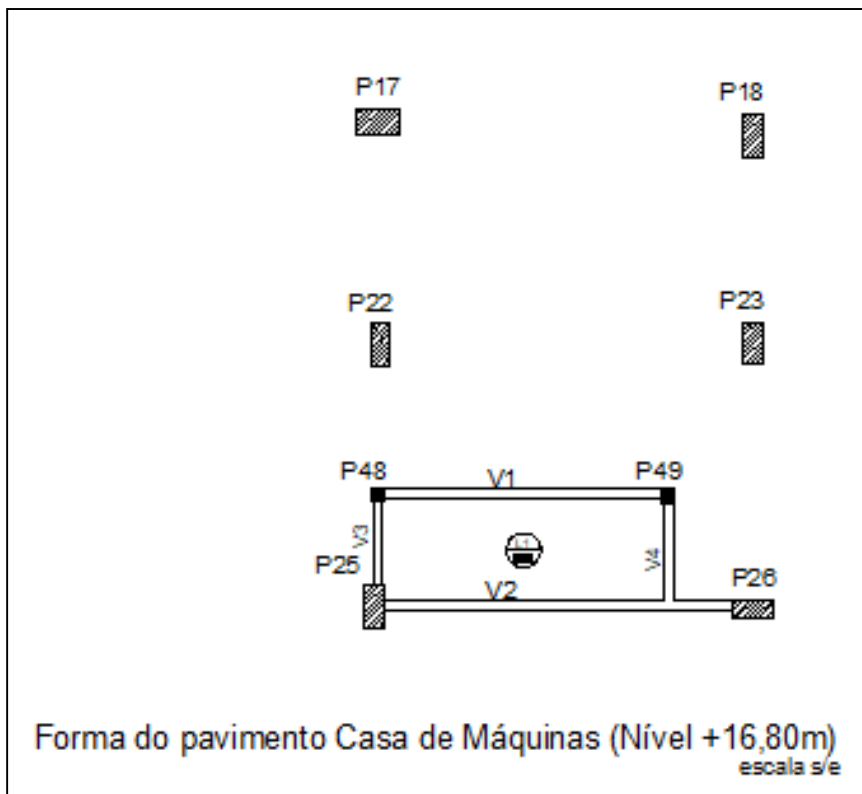
Forma do pavimento Tipo 1 (Nível +6,30m; +9,30m; +12,30m)
 escala 1/50

| Vigas (Tipo) | | | |
|--------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 20x60 | 0 | 630 |
| V2 | 15x60 | 0 | 630 |
| V3 | 20x60 | 0 | 630 |
| V4 | 15x60 | 0 | 630 |
| V5 | 15x60 | 0 | 630 |
| V6 | 20x60 | 0 | 630 |
| V7 | 20x60 | 0 | 630 |
| V8 | 20x60 | 0 | 630 |
| V9 | 20x60 | 0 | 630 |
| V10 | 15x60 | 0 | 630 |
| V11 | 20x60 | 0 | 630 |
| V12 | 15x60 | 0 | 630 |
| V13 | 15x60 | 0 | 630 |
| V14 | 15x60 | 0 | 630 |
| V15 | 20x60 | 0 | 630 |
| V16 | 20x60 | 0 | 630 |
| V17 | 20x60 | 0 | 630 |
| V18 | 20x60 | 0 | 630 |
| V19 | 20x60 | 0 | 630 |
| V20 | 15x60 | -143 | 487 |

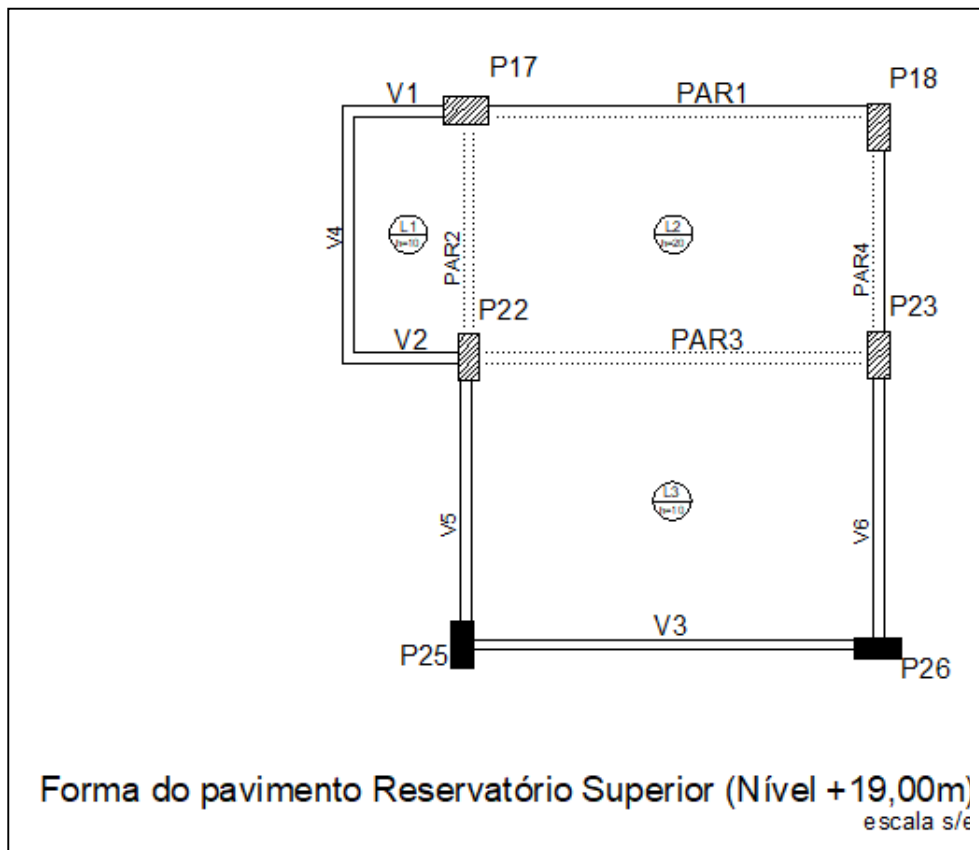


Forma do pavimento Coberta (Nível +15,30m)
 es.cala s/e

| Vigas (Coberta) | | | |
|-----------------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 20x45 | 0 | 1530 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V3 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V4 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V5 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V6 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V7 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V8 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V9 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V10 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V11 | 15x60 | 0 | 1530 |
| | 20x60 | 0 | 1530 |
| V12 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V13 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V14 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V15 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V16 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V17 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V18 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V19 | 20x60 | 0 | 1530 |
| V20 | 15x60 | -143 | 1387 |
| P48 | 20x40 | 0 | 1530 |
| P49 | 20x20 | 0 | 1530 |

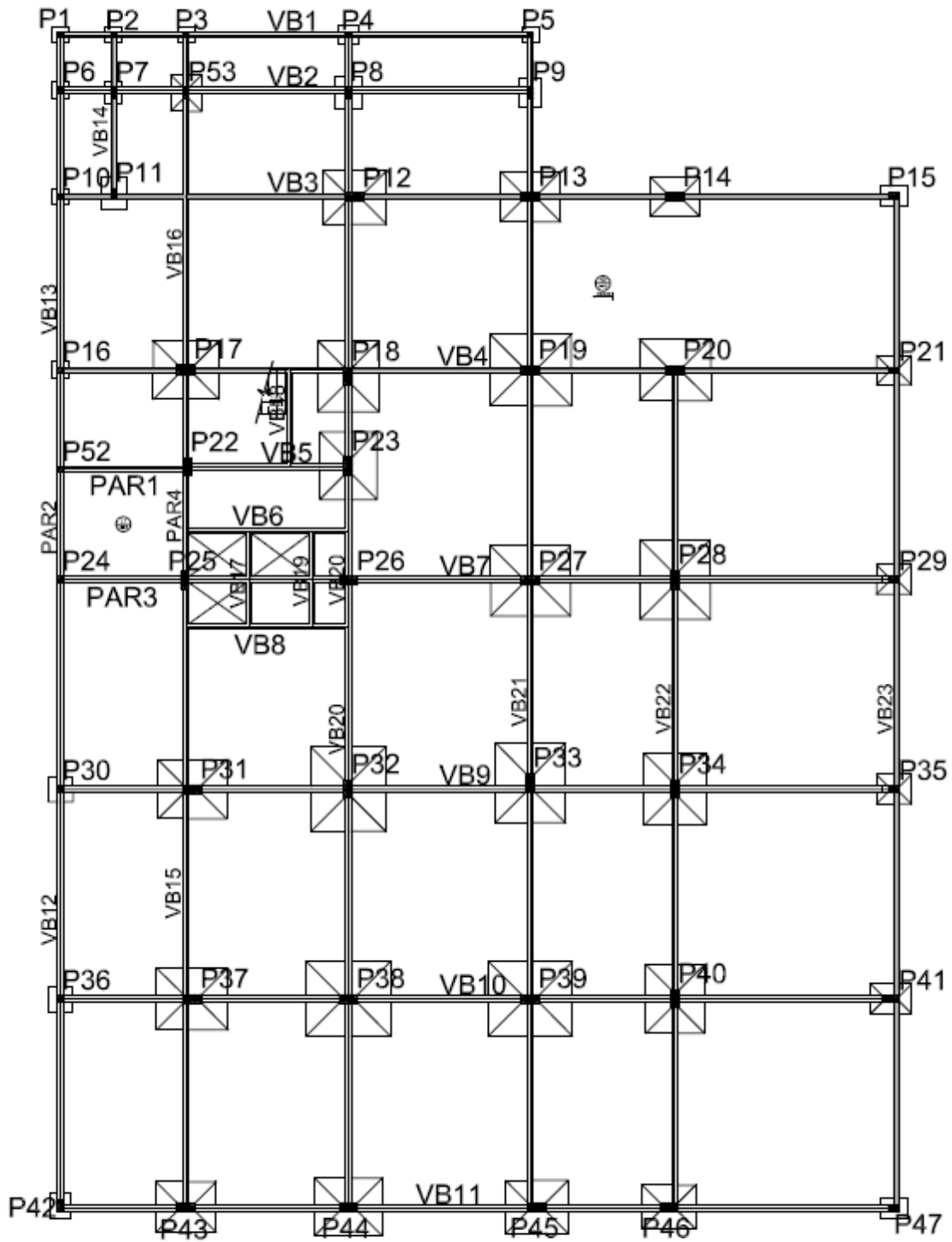


| Vigas (Casa de Máquinas) | | | |
|--------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V4 | 15x60 | 0 | 1680 |



| Vigas (Reservatório Superior) | | | |
|-------------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V2 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V3 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V4 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V5 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V6 | 15x45 | 0 | 1900 |

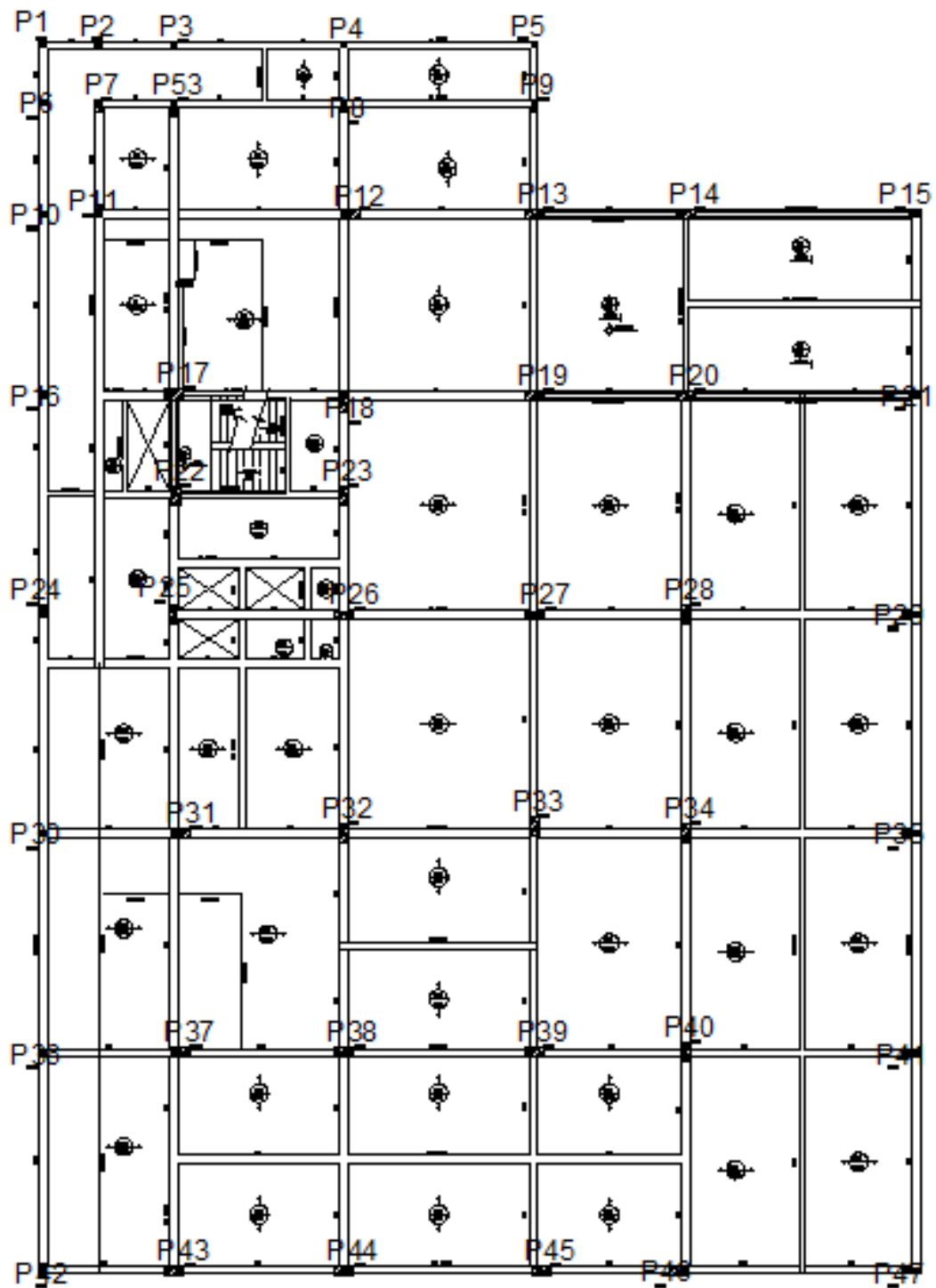
APÊNDICE D – PLANTAS DE FÔRMA DO MODELO ESTRUTURAL COM LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA – MODELO IV



Forma do pavimento Sub-solo (Nível -3,00m)
escala s/e

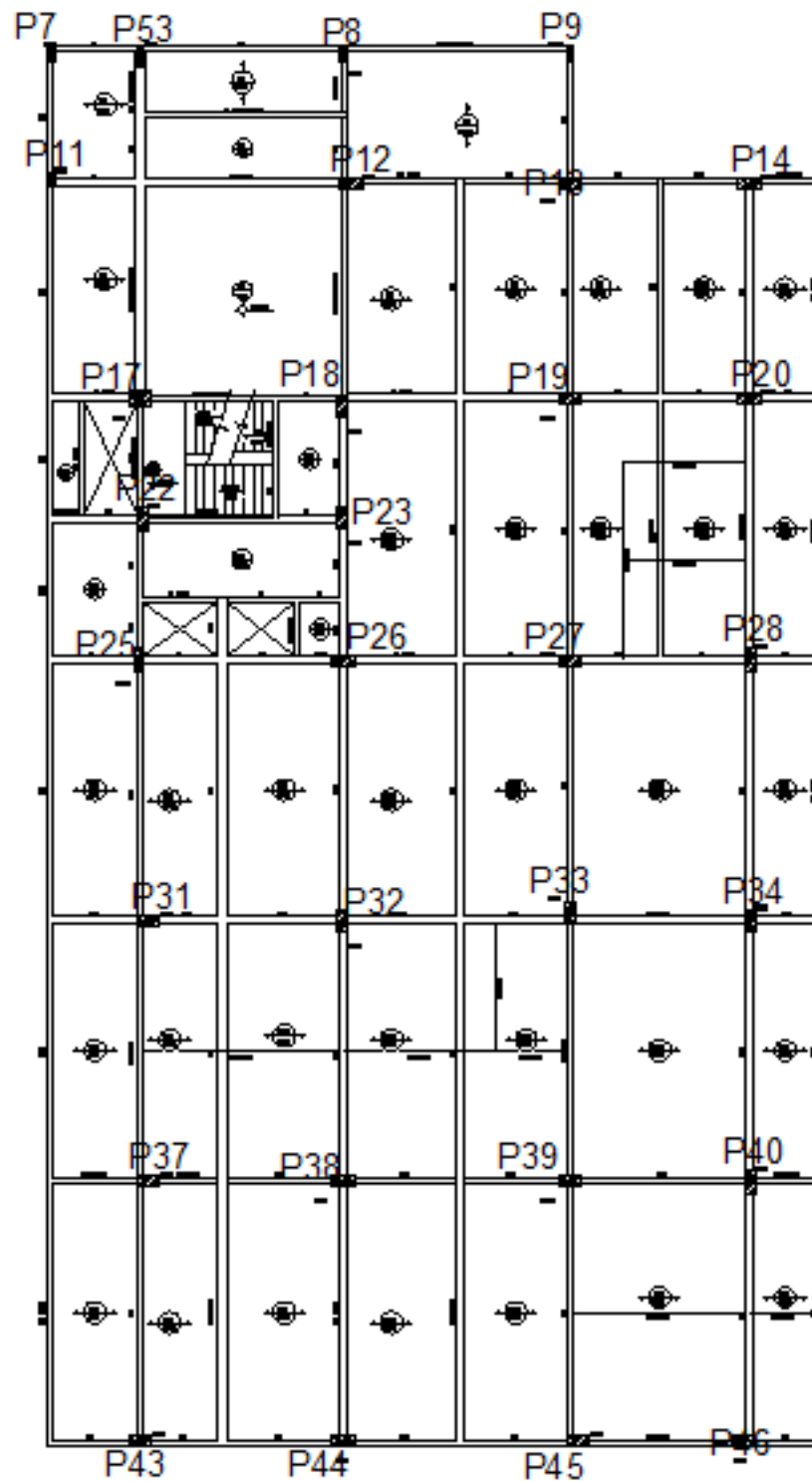
| Pilares | | | |
|---------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| P1 | 20x20 | 0 | -300 |
| P2 | 20x20 | 0 | -300 |
| P3 | 20x20 | 0 | -300 |
| P4 | 20x20 | 0 | -300 |
| P5 | 20x20 | 0 | -300 |
| P6 | 20x20 | 0 | -300 |
| P7 | 20x40 | 0 | -300 |
| P8 | 20x40 | 0 | -300 |
| P9 | 20x40 | 0 | -300 |
| P10 | 20x20 | 0 | -300 |
| P11 | 20x40 | 0 | -300 |
| P12 | 30x65 | 0 | -300 |
| P13 | 30x65 | 0 | -300 |
| P14 | 30x65 | 0 | -300 |
| P15 | 20x40 | 0 | -300 |
| P16 | 20x20 | 0 | -300 |
| P17 | 40x65 | 0 | -300 |
| P18 | 30x65 | 0 | -300 |
| P19 | 30x65 | 0 | -300 |
| P20 | 30x65 | 0 | -300 |
| P21 | 20x40 | 0 | -300 |
| P22 | 30x65 | 0 | -300 |
| P23 | 30x65 | 0 | -300 |
| P24 | 20x20 | 0 | -300 |
| P25 | 30x65 | 0 | -300 |
| P26 | 30x65 | 0 | -300 |
| P27 | 30x65 | 0 | -300 |
| P28 | 30x65 | 0 | -300 |
| P29 | 20x40 | 0 | -300 |
| P30 | 20x20 | 0 | -300 |
| P31 | 30x65 | 0 | -300 |
| P32 | 30x65 | 0 | -300 |
| P33 | 30x65 | 0 | -300 |
| P34 | 30x65 | 0 | -300 |
| P35 | 20x40 | 0 | -300 |
| P36 | 20x20 | 0 | -300 |
| P37 | 30x65 | 0 | -300 |
| P38 | 30x65 | 0 | -300 |
| P39 | 30x65 | 0 | -300 |
| P40 | 30x65 | 0 | -300 |
| P41 | 20x60 | 0 | -300 |
| P42 | 20x40 | 0 | -300 |
| P43 | 30x65 | 0 | -300 |
| P44 | 30x65 | 0 | -300 |
| P45 | 30x65 | 0 | -300 |
| P46 | 30x65 | 0 | -300 |
| P47 | 20x40 | 0 | -300 |
| P52 | 20x20 | 0 | -300 |
| P53 | 20x40 | 0 | -300 |

| Vigas | | | |
|-------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| VB1 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB2 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB3 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB4 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB5 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB6 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB7 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB8 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB9 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB10 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB11 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB12 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB13 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB14 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB15 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB16 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB17 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB18 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB19 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB20 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB21 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB22 | 20x45 | 0 | -300 |
| VB23 | 20x45 | 0 | -300 |



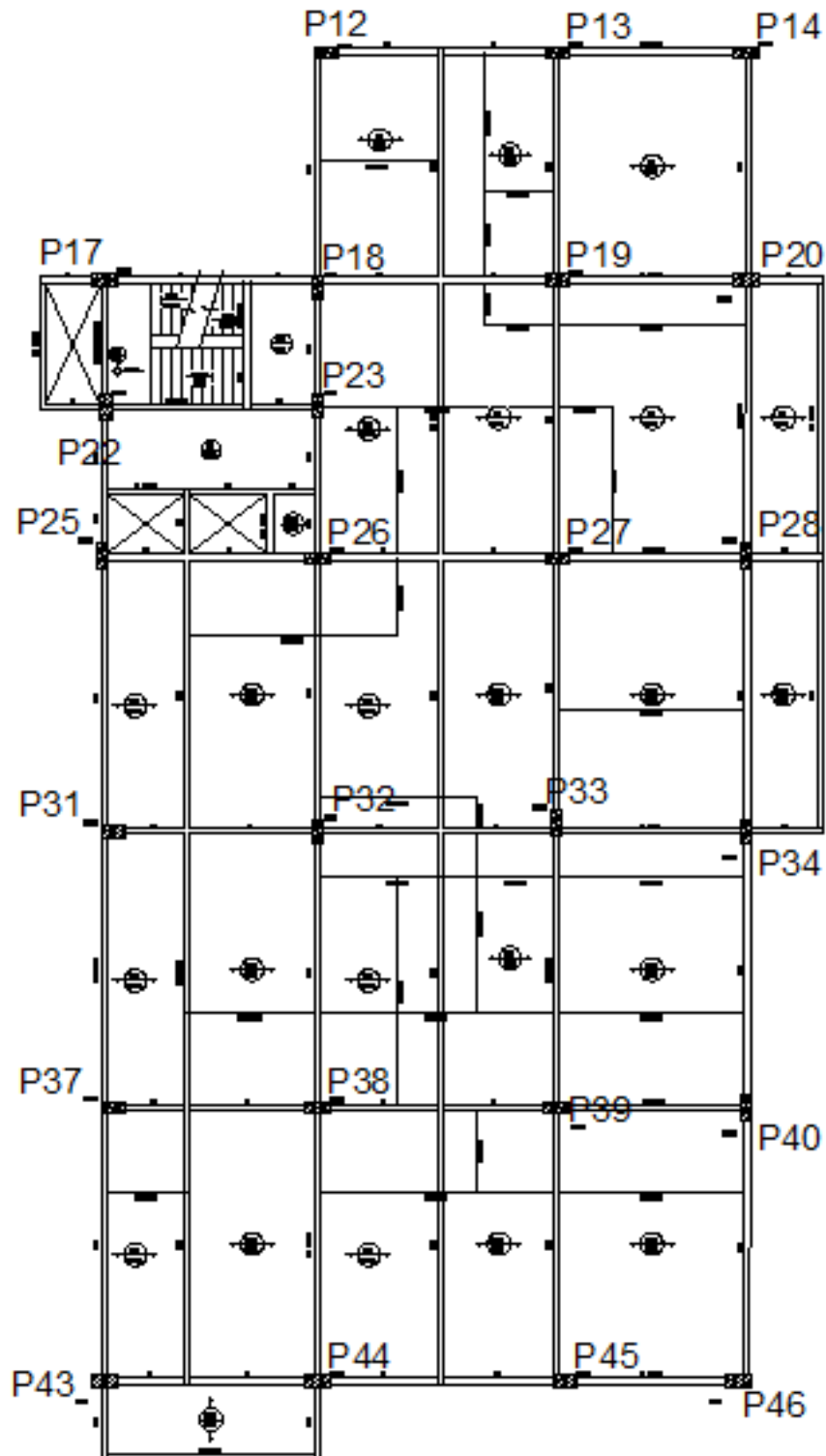
Forma do pavimento Térreo (Nível +0,30m)
escala 1/8

| Vigas (Térreo) | | | |
|----------------|------------|---------------|-------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 28x60 | 0 | 30 |
| V2 | 28x60 | 0 | 30 |
| V3 | 28x60 | 0 | 30 |
| V4 | 28x80 | 0 | 30 |
| | 28x60 | 0 | 30 |
| V5 | 15x60 | 0 | 30 |
| V6 | 28x60 | 0 | 30 |
| V7 | 28x60 | 0 | 30 |
| V8 | 28x80 | 0 | 30 |
| V9 | 28x60 | 0 | 30 |
| V10 | 28x80 | 0 | 30 |
| V11 | 28x80 | 0 | 30 |
| V12 | 28x80 | 0 | 30 |
| V13 | 30x60 | 0 | 30 |
| V14 | 30x60 | 0 | 30 |
| V15 | 28x60 | 0 | 30 |
| V16 | 28x80 | 0 | 30 |
| V17 | 15x60 | 0 | 30 |
| V18 | 28x60 | 0 | 30 |
| | 28x80 | 0 | 30 |
| V19 | 28x60 | 0 | 30 |
| V20 | 15x60 | 0 | 30 |
| V21 | 15x60 | 0 | 30 |
| V22 | 28x60 | 0 | 30 |
| V23 | 28x60 | 0 | 30 |
| V24 | 28x60 | 0 | 30 |
| V25 | 28x60 | 0 | 30 |
| V26 | 20x80 | 0 | 30 |
| V27 | 28x60 | 0 | 30 |
| V28 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V29 | 20x100 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V30 | 15x60 | 0 / -200 | 30 / -170 |
| V31 | 15x60 | -157 | -127 |
| V32 | 15x100 | -200 | -170 |
| V33 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |
| V34 | 15x60 | -200 / -330 | -170 / -300 |



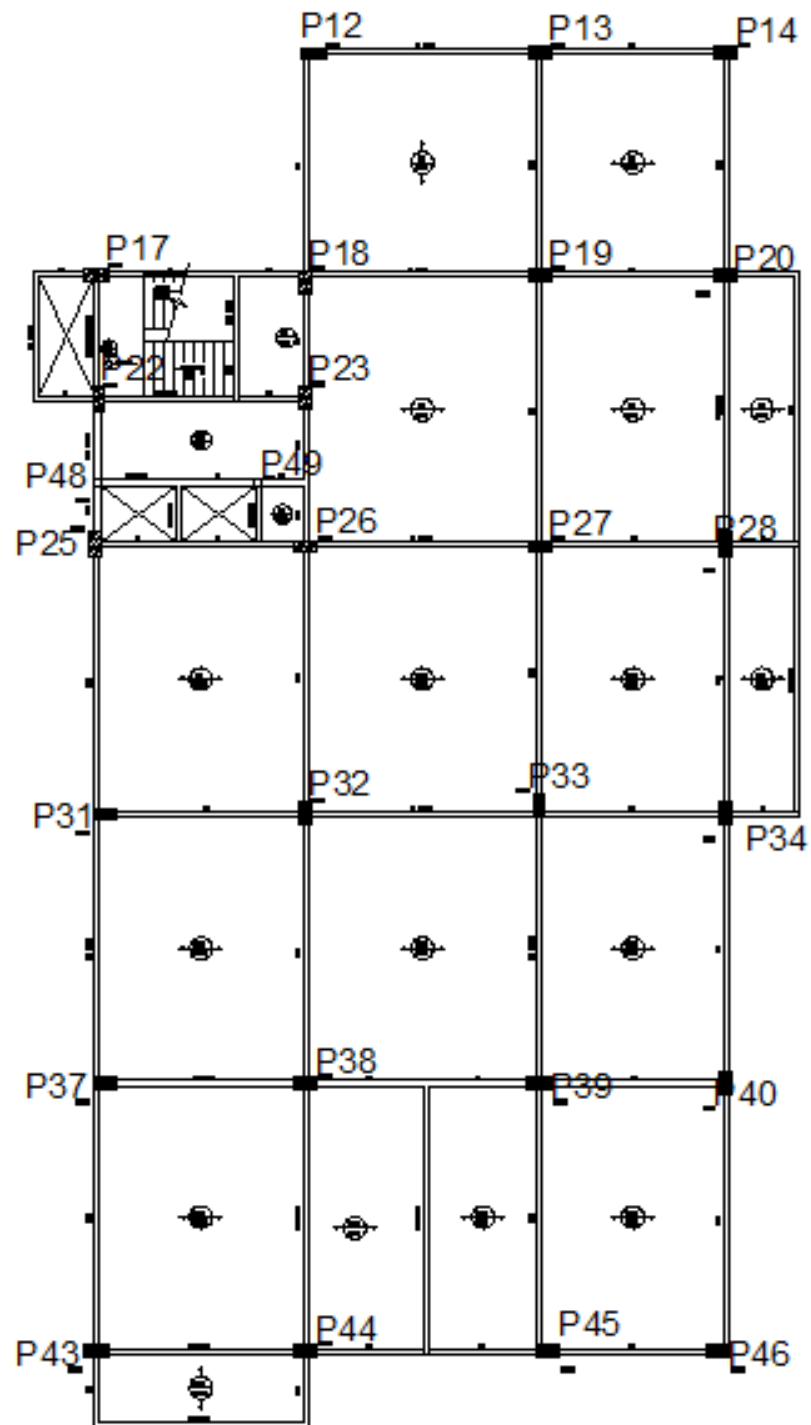
Forma do pavimento Pavimento 1 (Nível +3,30m)
escala s/e

| Vigas (Pavimento I) | | | |
|---------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x80 | 20 | 350 |
| V2 | 15x160 | 80 | 410 |
| V3 | 20x80 | 0 | 330 |
| V4 | 20x80 | 0 | 330 |
| V5 | 15x140 | 80 | 410 |
| V6 | 20x80 | 0 | 330 |
| V7 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x80 | 0 | 330 |
| V8 | 15x80 | 0 | 330 |
| V9 | 20x80 | 0 | 330 |
| V10 | 20x80 | 0 | 330 |
| V11 | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x80 | 0 | 330 |
| | 20x80 | 0 | 330 |
| V12 | 15x80 | 0 | 330 |
| V13 | 15x80 | 0 | 330 |
| V14 | 15x80 | 0 | 330 |
| V15 | 20x80 | 0 | 330 |
| V16 | 25x160 | 80 | 410 |
| | 25x100 | 20 | 350 |
| V17 | 35x80 | 0 | 330 |
| V18 | 15x80 | 0 | 330 |
| V19 | 15x80 | 0 | 330 |
| V20 | 20x80 | 0 | 330 |
| V21 | 15x140 | 80 | 410 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V22 | 20x80 | 0 | 330 |
| V23 | 15x80 | 0 | 330 |
| V24 | 15x80 | 0 | 330 |
| V25 | 20x80 | 0 | 330 |
| V26 | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| | 15x80 | 0 | 330 |
| V27 | 15x80 | -143 | 187 |



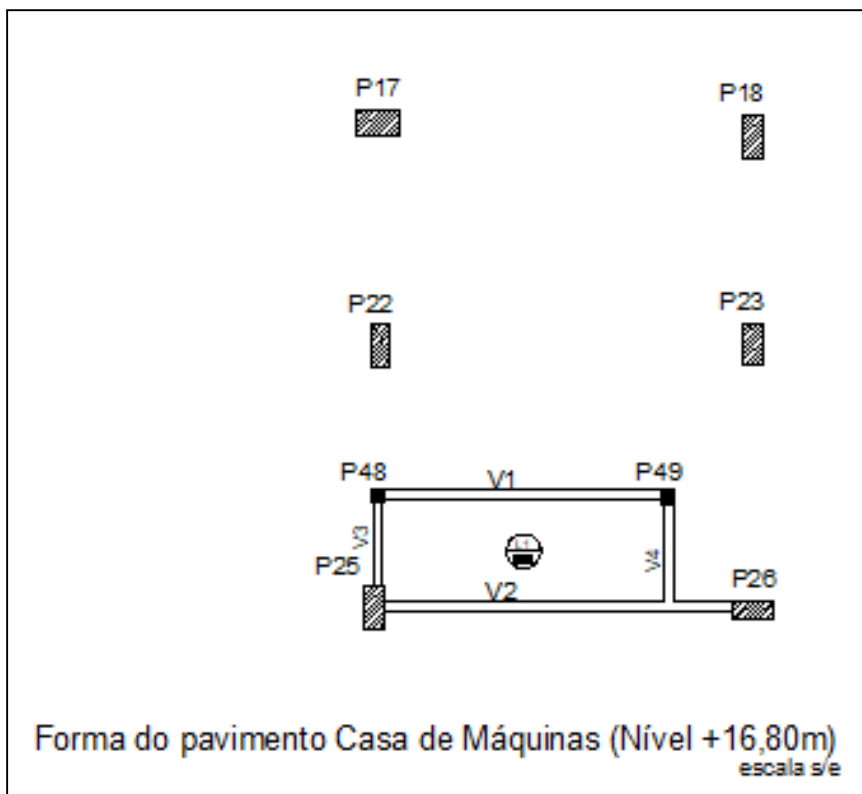
Forma do pavimento Tipo 1 (Nível +6,30m; +9,30m; +12,30m)
 escala s/o

| Vigas (Tipo) | | | |
|--------------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 20x60 | 0 | 630 |
| V2 | 15x80 | 0 | 630 |
| V3 | 15x60 | 0 | 630 |
| V4 | 15x60 | 0 | 630 |
| V5 | 20x80 | 0 | 630 |
| V6 | 15x80 | 0 | 630 |
| V7 | 15x60 | 0 | 630 |
| V8 | 20x60 | 0 | 630 |
| V9 | 15x60 | 0 | 630 |
| V10 | 15x60 | 0 | 630 |
| V11 | 20x80 | 0 | 630 |
| V12 | 15x80 | 0 | 630 |
| V13 | 15x60 | 0 | 630 |
| V14 | 15x60 | 0 | 630 |
| V15 | 20x80 | 0 | 630 |
| V16 | 15x80 | 0 | 630 |
| V17 | 15x60 | 0 | 630 |
| V18 | 15x60 | 0 | 630 |
| V19 | 15x60 | 0 | 630 |
| V20 | 15x60 | -143 | 487 |

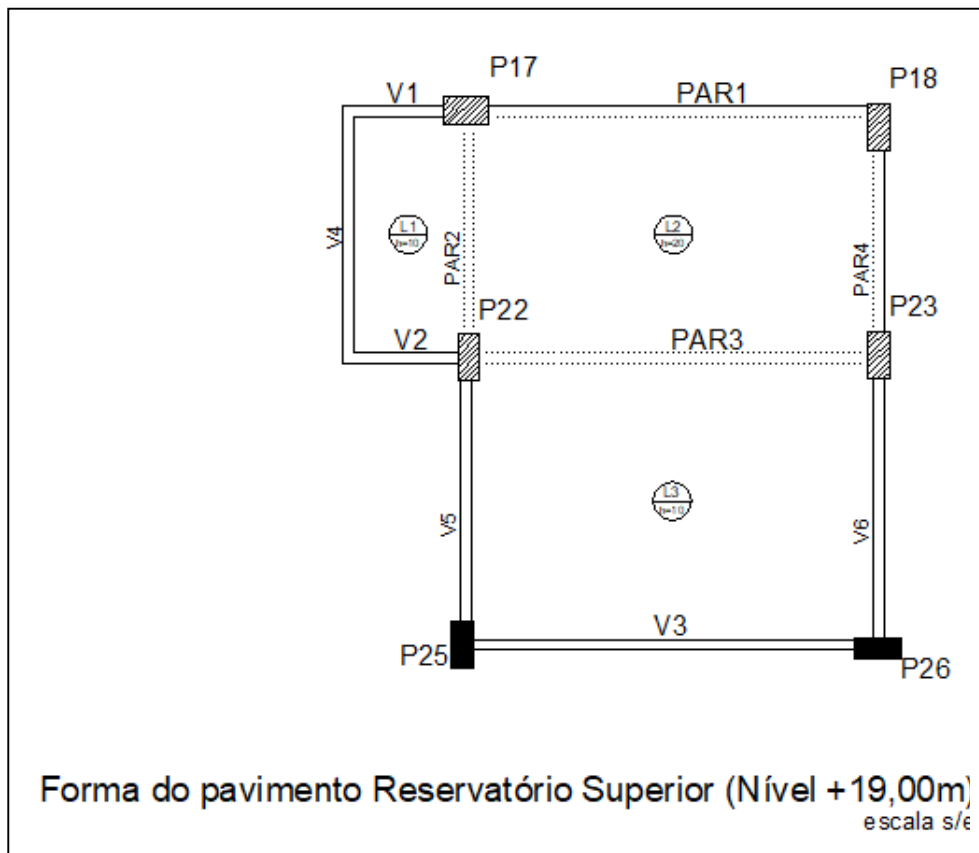


Forma do pavimento Coberto (Nível +15,30m)
escala s/e

| Vigas (Coberta) | | | |
|-----------------|---------------|------------------|---------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1530 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V4 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V5 | 15x80 | 0 | 1530 |
| V6 | 15x80 | 0 | 1530 |
| V7 | 15x80 | 0 | 1530 |
| V8 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V9 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V10 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V11 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V12 | 22x60 | 0 | 1530 |
| V13 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V14 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V15 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V16 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V17 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V18 | 18x80 | 0 | 1530 |
| V19 | 15x80 | 0 | 1530 |
| V20 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V21 | 15x60 | 0 | 1530 |
| V22 | 15x60 | -143 | 1387 |
| P48 | 20x20 | 0 | 1530 |
| P49 | 20x20 | 0 | 1530 |



| Vigas (Casa de Máquinas) | | | |
|--------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V2 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V3 | 15x60 | 0 | 1680 |
| V4 | 15x60 | 0 | 1680 |



| Vigas (Reservatório Superior) | | | |
|-------------------------------|------------|---------------|------------|
| Nome | Seção (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
| V1 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V2 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V3 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V4 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V5 | 15x45 | 0 | 1900 |
| V6 | 15x45 | 0 | 1900 |