

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

PAULO ROBERTO GOUVEIA DA MOTTA NETO

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO TIPO RADIER –
ESTUDO DE CASO**

FLORIANÓPOLIS, 2019.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

PAULO ROBERTO GOUVEIA DA MOTTA NETO

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO TIPO RADIER –
ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Engenheiro Civil.

Orientador:
Prof. Dr. André Puel

FLORIANÓPOLIS, 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Motta, Paulo

Análise e Dimensionamento de Fundação Tipo Radier

- **Estudo de Caso / Paulo Motta ; orientação de André Puel.**

- Florianópolis, SC, 2019.

71 p.

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

Inclui Referências.

1. Radier. 2. Dimensionamento . 3. Modelagem . 4. Análise numérica . 5. Método dos elementos finitos . I. Puel, André . II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Construção Civil. III. Título.

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO TIPO RADIER – ESTUDO DE CASO

PAULO ROBERTO GOUVEIA DA MOTTA NETO

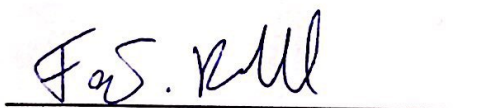
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Engenheiro Civil, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora.

Florianópolis, 05 de Julho, 2019.

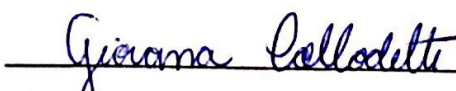
Banca Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the end.

André Puel, Prof. Dr.

A handwritten signature in blue ink, featuring a stylized 'F' and 'R' followed by a long horizontal stroke.

Fernando Rabello, Prof. Dr.

A handwritten signature in blue ink, with a cursive style and a long horizontal stroke at the end.

Giovana Collodetti, Prof. Dra.

AGRADECIMENTOS

Ao professor André Puel, pela orientação, apoio e confiança.

Aos demais integrantes da banca examinadora, Fernando Rabello e Giovana Collodetti.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha namorada, Ânela Knapp, pela paciência nos momentos de ausência e pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

A fundação rasa tipo radier é um elemento estrutural pouco utilizado no Brasil. Este sistema é muito difundido em diversos países, porém aqui ele depara na falta de normas técnicas, baixo interesse dos profissionais e preconceito dos projetistas em sua utilização. Este trabalho foi desenvolvido a partir de um estudo de caso, onde foi utilizado o radier como fundação de uma edificação de alto padrão, executada sobre um solo de baixa capacidade de suporte. Na ocasião, o seu uso foi satisfatório e com isso despertou interesse em se aprofundar neste tema. Como no Brasil não há uma norma técnica que estabelece os critérios na análise numérica deste elemento estrutural, o enfoque do trabalho será modelar e dimensionar o radier tendo como suporte o método dos elementos finitos para análise dos esforços. Este método é muito utilizado pelos softwares computacionais, sendo que nesta pesquisa foi realizada uma abordagem aprofundada, mostrando as etapas para obtenção dos dados necessários para o correto dimensionamento deste elemento estrutural. Também, serão apresentadas características do radier, detalhes executivos e projeto.

Palavras-chave: Radier. Dimensionamento. Modelagem. Análise numérica. Método dos elementos finitos.

ABSTRACT

The radier shallow foundation is a structural element little used in Brazil. This system is very widespread in several countries, but here he faces the lack of technical standards, low interest of professionals and prejudice of designers in their use. This work was developed from a case study, where radier was used as the foundation of a high standard building, executed on a soil with low support capacity. At the time, its use was satisfactory and with that it aroused interest in deepening in this subject. Since in Brazil there is no technical standard that establishes the criteria in the numerical analysis of this structural element, the focus of the work will be to model and size the radier with the finite element method for analysis of the efforts as a support. This method is widely used by computer software, and in this research an in-depth approach was carried out, showing the steps to obtain the necessary data for the correct dimensioning of this structural element. Also, features of the radier, executive details and design will be presented.

Keywords: Radier. Sizing. Modeling. Numerical analysis. Finite element method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundações Superficiais ou Rasas (a) e Fundações Profundas (b).	18
Figura 2 - Hipótese de Winkler	21
Figura 3 - Radier Liso	23
Figura 4 - Radier com Pedestais ou Cogumelos	24
Figura 5 - Radier Nervurado.....	24
Figura 6 - Radier em Caixaão	25
Figura 7 - Pressões de Contato Variando Linearmente sob um Radier Esquema de Cálculo de uma Faixa.....	28
Figura 8 - Esquema de Cálculo de um Radier (a) pela Área de Influência dos Pilares e (b) como um Sistema de Vigas	29
Figura 9 - Viga em Fundação Elástica	30
Figura 10 - Representação de Grelha Sobre Base Elástica.....	31
Figura 11 - (a) Esquema de Cálculo pelo Método A.C.I. e (b) Transformação de Momento Fletores Obtidos em Coordenadas Cilíndricas para Coordenadas Retangulares	33
Figura 12 - Elementos de Placa Sobre Apoio Elástico	34
Figura 13 - Perímetro Crítico em Pilares Internos	36
Figura 14 - Organograma Metodologia de Pesquisa.....	39
Figura 15 - Gráfico Comparativo dos Carregamentos por Área de Influência x Eberick	44
Figura 16 – Parte da Sondagem página 1.....	45
Figura 17 - Faixas do Radier.....	47
Figura 18 - Carregamento dos Pilares da Faixa Horizontal.....	50
Figura 19 – Carregamento dos Pilares da Faixa Vertical	50
Figura 20 - Diagrama de Momento Fletor de Cálculo da Faixa Horizontal	51
Figura 21 - Diagrama de Momento Fletor de Cálculo da Faixa Vertical	51
Figura 22 - Detalhamento Armadura Negativa Dimensionada	56
Figura 23 - Detalhamento Armadura Positiva Dimensionada.....	57
Figura 24 - Detalhamento Armadura Projeto Estrutural	58
Figura 25 - Regularização do Terreno.....	59
Figura 26 - Base Radier	60
Figura 27 - Execução do Radier.....	60

Figura 28 - Concretagem Radier61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carregamento dos Pilares por Área de Influência.....	41
Tabela 2 - Comparativo Área de Influência x Eberick	44
Tabela 3 - Valores de K_v (kN/m ³) de acordo com Terzaghi.	46
Tabela 4 - Valores de K_v (kgf/cm ³) de acordo Béton-Kalender.	46
Tabela 5 - Verificação de Punção	49
Tabela 6 - Dimensões das Faixas.	50
Tabela 7 - Momentos Fletores Máximos de Cálculo das Faixas	51
Tabela 8 - Dados Faixa Horizontal	52
Tabela 9 - Resumo de Aço Faixa Horizontal	54
Tabela 10 - Dados Faixa Vertical.	54
Tabela 11 - Resumo de Aço Faixa Vertical	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – *American Concrete Institute*

CA – Concreto Armado

ELS – Estado Limite de Serviço

ELU – Estado Limite Último

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

MEF – Método dos Elementos Finitos

NBR – Norma Brasileira

PAR – Programa de Arrendamento Residencial

S – Espaçamento

SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

SC – Santa Catarina

SPT – *Standard Penetration Test*

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

λ - Lambda

Φ - Diâmetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Justificativa	16
1.2. Definição do problema	16
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo Geral.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Interação Solo/Estrutura	19
2.2. Hipótese de Winkler	20
2.3. Fundação Rasa Tipo Radier	21
2.4. Classificação Radier	23
2.4.1. Quanto à Geometria	23
2.4.2. Quanto à Rigidez à Flexão	25
2.4.3. Quanto à Tecnologia	27
2.5. Métodos de Dimensionamento do Radier	27
2.5.1. Método Estático.....	28
2.5.2. Sistema de Vigas Sobre Base Elástica	29
2.5.3. Método da Placa Sobre Solo de Winkler	31
2.5.4. Método do American Concrete Institute (A.C.I.)	32
2.5.5. Método das Diferenças Finitas	33
2.5.6. Método dos Elementos Finitos (MEF)	34
2.6. Punção.....	35
3. METODOLOGIA	37
3.3. Infraestrutura Necessária.....	39
4. RESULTADOS	41
4.1. Carregamento dos Pilares (Nd)	41
4.2. Coeficiente vertical do Solo (Kv)	45
4.3. Rigidez Radier	47
4.4. Verificação de Punção	48
4.5. Análise dos Momentos Fletores.....	49
4.6. Área de Aço	52
4.7. Execução do Radier.....	59

5. CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS.....	64
ANEXOS	67
Anexo A – Projeto Arquitetônico da Residência	67
Anexo B – Laudo de Sondagem do Terreno.....	68
Anexo C – Plantas de Formas do Projeto Estrutural Utilizado.....	69
Anexo D – Planta de Cargas do Projeto Estrutural Utilizado	70
Anexo E – Detalhamento Radier do Projeto Estrutural Utilizado	71

1. INTRODUÇÃO

As fundações são elementos estruturais que fazem parte da infraestrutura de uma edificação e são responsáveis pela transmissão das cargas da superestrutura ao terreno onde ela se apoia (AZEREDO, 1977).

Atualmente existem diversos tipos de sistema de fundação, podendo ser superficiais ou profundas. A escolha de uma delas para uma determinada edificação deve ser feita levando em consideração uma série de fatores. Cabe ao responsável técnico da edificação avaliar qual a alternativa é a mais apropriada, garantindo assim a estabilidade da construção.

O radier é um tipo de fundação superficial semelhante a uma laje de concreto armado de espessura contínua ou variável, e que pode conter elementos de enrijecimento como vigas ou nervuras. Além disso, eles são classificados quanto à rigidez a flexão, a sua geometria e a tecnologia. O desempenho estrutural está associado à qualidade do concreto bem como às características do solo sobre o qual está apoiado.

No Brasil, o radier está ligado às obras de interesse social como o Programa de Arrendamento Residencial – (PAR) da Caixa Econômica Federal (DÓRIA, 2007). Desta forma, a fundação do tipo radier está associada a obras de pequeno porte sobre solo de baixa capacidade de carga. Esse fato talvez explique a pouca atenção que se tem dado a este tipo de fundação no país.

Alguns livros e artigos trazem abordagens teóricas sobre este tema, porém ainda não existe uma norma brasileira específica para este tipo de fundação. Sendo assim, na maioria dos casos, o projetista pode encontrar dificuldades na hora de estabelecer os critérios de dimensionamento e as recomendações construtivas.

No intuito de compreender os modelos de dimensionamento empregados para este sistema e a interação solo/estrutura inerente a um radier, serão abordados temas referentes a este tipo de fundação, como características, práticas executivas de projeto e métodos de dimensionamento, tendo como suporte o método dos elementos finitos (MEF), auxiliado pelo software SAP2000.

Este trabalho trata de um estudo de caso e foi realizado a partir da execução de uma residência unifamiliar em Florianópolis/SC. Na ocasião, a residência foi executada sobre um solo de baixa capacidade de carga. A princípio,

seria utilizada para este projeto uma fundação profunda, do tipo bloco de concreto armado sobre estacas. Mas, após a avaliação detalhada dos dados pelo projetista estrutural, tais como tipo de solo, profundidade do lençol freático, investimento e desempenho, optou-se pela utilização da fundação radier, cujo desempenho ao término da edificação se mostrou excelente.

A execução do radier, seguindo rigorosamente o projeto estrutural da edificação, possibilitou conhecer melhor as técnicas empregadas para o seu correto desempenho e fez com que despertasse o interesse em aprofundar os conhecimentos neste tipo de fundação.

1.1. Justificativa

Muitas vezes em uma obra, principalmente de pequeno porte, não é feita uma avaliação aprofundada de qual sistema de fundação a ser utilizado é o mais adequado. A escolha é dada muitas vezes apenas verificando qual tipo de fundação foi realizada pelo vizinho, ou até mesmo, qual fundação é a mais empregada culturalmente para determinados casos. Nesse contexto, é importante investigar se o desempenho dela ao final foi satisfatório e se o custo de execução atendeu ao orçamento. Aliado a isso, o preconceito no uso do radier no Brasil, faz com que alguns projetistas optem por sistemas menos adequados para uma determinada edificação.

Por conta disso, este sistema é pouco utilizado entre os projetistas, mas pode oferecer resposta tão satisfatória quanto as sapatas isoladas ou estacas, garantindo-se estabilidade estrutural da edificação, desempenho, maior facilidade de execução e menor custo executivo.

1.2. Definição do problema

A residência unifamiliar executada está situada em um condomínio fechado no bairro Ingleses do Rio Vermelho, em Florianópolis/SC. De acordo com o laudo de sondagem anexo a este trabalho, o local possui um solo mole com baixa capacidade de resistência e lençol freático elevado, o que traz dificuldades para realização dos serviços preliminares. Aliado a isso, a maioria das casas do condomínio foi executada com fundação profunda do tipo estaca, e devido à

profundidade do solo de maior resistência, em muitos casos não se teve a garantia que as estacas atingiram a rocha sã, trazendo instabilidade estrutural.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo aprofundar o conhecimento no tipo de fundação radier bem como avaliar, por meio de um estudo de caso, se o tipo de fundação proposto foi uma boa alternativa para a execução do projeto. Para possibilitar o estudo, se propõe uma análise numérica pelo método dos elementos finitos para determinar os esforços atuantes no radier.

O radier foi dimensionado de forma teórica utilizando o método de viga sobre base elástica, permitindo uma análise comparativa entre os resultados obtidos com o projeto estrutural, realizado por um engenheiro calculista com o auxílio do *software* Eberick.

1.3.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, será necessário:

- a) Encontrar os momentos fletores do radier, considerando uma viga sobre base elástica, utilizando análise numérica pelo método dos elementos finitos com auxílio do *software* SAP2000;
- b) Calcular a área de aço do radier por flexão simples;
- c) Comparar o dimensionamento realizado com os do projeto estrutural utilizado na edificação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

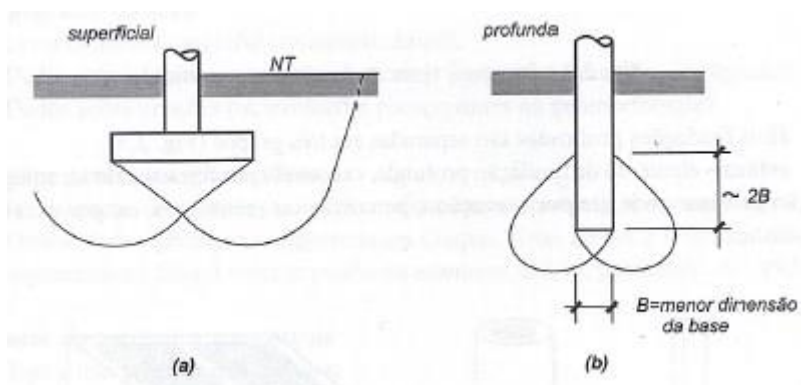
Azeredo (1997 apud COELHO, 2016) cita que a fundação é a estrutura responsável em distribuir as cargas providas da edificação ao solo em que se encontra apoiada.

De acordo com Spernau (1998), a escolha por um tipo de fundação depende de diversos fatores, a serem analisados pelos projetistas, sendo eles: a topografia do terreno, característica do solo, projeto arquitetônico, análise das construções vizinhas e aspectos econômicos.

As fundações são divididas em dois grupos, superficiais e profundas. Fundações rasas ou superficiais são aquelas em que a carga da estrutura da edificação é transmitida ao solo pelas pressões distribuídas pela base da fundação.

Uma fundação profunda é aquela na qual o mecanismo de ruptura não se mostra na superfície e sua base encontra-se apoiada a uma profundidade superior a duas vezes sua menor dimensão e a pelo menos três metros de profundidade, como mostra a figura 1 (ABNT, 2010).

Figura 1 - Fundações Superficiais ou Rasas (a) e Fundações Profundas (b).



Fonte: Velloso e Lopes (2011).

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos relacionados à fundação superficial, especificamente do tipo radier, bem como seus métodos de dimensionamento.

2.1. Interação Solo/Estrutura

No âmbito de fundações, é de suma importância o conhecimento básico na área da geologia, saber qual o tipo de solo a edificação irá ser executada é primordial para que sua fundação tenha o melhor desempenho possível. Antes de tudo, para projetar a fundação de uma edificação, é essencial uma sondagem apropriada do terreno a fim de conhecer suas características, pois dependendo do resultado obtido, o projeto pode ser inviável economicamente.

No Brasil o ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) é a alternativa mais utilizada. De acordo com a NBR 6484, este método de execução de sondagens de simples reconhecimento de solos, tem como finalidade a determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência, a posição do nível-d'água e os índices de resistência à penetração a cada metro. Sendo assim, com o laudo de sondagem, cabe ao projetista avaliar os dados e determinar qual a fundação mais adequada para determinado projeto arquitetônico.

Rajpurohit, Core e Sayagavi (2014 apud JUNIOR, 2016) afirmam que o solo é um material muito complexo para a sua modelagem, e, portanto, é dificultoso chegar a um modelo realístico do problema interação solo-estrutura.

De acordo com Scarlat (1993 apud CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008), a forma mais precisa para considerar a deformabilidade do solo é através de uma análise iterativa tridimensional, onde o solo e a estrutura são considerados como um sistema único.

Consoante Junior (2016), no projeto estrutural de fundações tipo radier, os métodos de análise da interação solo/estrutura podem ser classificados quanto, ao modelo representativo do solo e, quanto à consideração da linearidade destes modelos. A representação do solo pode ser realizada tanto como uma cama de molas, seguindo a hipótese de Winkler, ou como um meio contínuo, sendo representado por um semi espaço (elástico ou não).

A hipótese ou modelo de Winkler é análogo ao princípio de Arquimedes, representado por uma placa sobre fluido denso, onde a tensão de contato despertada em um ponto é diretamente proporcional ao deslocamento (recalque) que ocorre no mesmo (JOHNSON, 1989).

No modelo do semi espaço, o solo é tratado como um meio contínuo, onde a deformação do terreno não ocorrerá somente na região carregada. Este

modelo emprega a teoria da elasticidade, e conduz à resolução de problemas de complexa formulação matemática (SANTOS, 1987).

2.2. Hipótese de Winkler

Este é um modelo muito tradicional utilizado para análise da interação solo/estrutura, sendo também o mais simples e antigo para representação de uma fundação elástica.

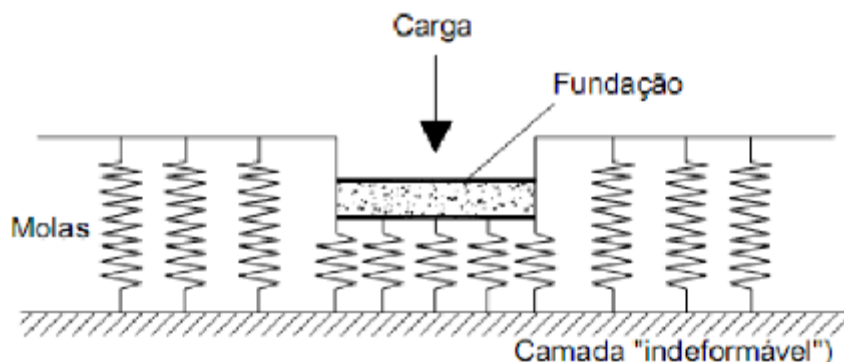
Rajpurohit, Core e Sayagavi (2014 apud JUNIOR, 2016) comentam que a sua vantagem é a obtenção de soluções relativamente rápidas para problemas complexos de interação solo-estrutura.

Conforme Junior (2016) a concepção da modelagem do solo como um meio elástico foi inicialmente apresentada pelo Dr. Emil Winkler (1867) e utilizada por Zimmermann et al. (1888) para o cálculo das tensões em dormentes de vias férreas. Este conceito foi aprimorado nas décadas seguintes para o cálculo das tensões em fundações flexíveis, e é referenciado até hoje como a Hipótese de Winkler.

Esta hipótese pode ser aplicada em diversos seguimentos da engenharia civil, como por exemplo, em estacas carregadas horizontalmente e análise de recalques em fundações superficiais, como o radier. (MOYAED e NAEINI, 2006 apud JUNIOR, 2016).

A hipótese de Winkler consiste em um sistema de molas independentes entre si, ou seja, o coeficiente de reação vertical tem o mesmo valor para todos os pontos onde há a pressão de contato da base, sendo somente consideradas as deformações ocorridas na região da fundação. A figura 2 ilustra o funcionamento destas molas, com o solo deformando apenas na região de aplicação do carregamento.

Figura 2 - Hipótese de Winkler



Fonte: Antoniazzi (2011).

Esta negligência da interação das molas adjacentes é uma simplificação, onde os erros tendem a crescer para o caso de solos pouco rígidos (DÓRIA, 2007).

As pressões de contato descritas por este modelo são proporcionais aos deslocamentos, podendo ser utilizado para carregamentos verticais, como no caso dos radiers (ANTONIAZZI, 2011).

Segundo Moyaed e Naeini (2006 apud JUNIOR, 2016), a principal dificuldade na aplicação do modelo de Winkler é a determinação do coeficiente de reação vertical do solo, devido à heterogeneidade do material.

2.3. Fundação Rasa Tipo Radier

As Fundações do tipo radier são lajes de concreto armado, apoiadas sobre o solo nivelado, que sustentam as cargas dos pilares e paredes, alvenarias da edificação, e descarregam sobre uma grande área no solo sem a necessidade de escavação. A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6122/2010 define o radier como um elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos.

American Concrete Institute ACI 366.2R-88 (1993 apud COELHO, 2016) cita que o radier é uma laje sobre o solo que continuamente é suportada pelo solo, cujo carregamento quando uniformemente distribuído, teria uma capacidade de suporte admissível do solo menor ou igual a 50%.

O radier pode ser executado de várias formas, sendo elas: concreto simples, concreto reforçado ou protendido. O aço utilizado, neste caso, serve como

reforço para efeitos de retração do concreto, carregamentos estruturais e temperatura.

Doria (2007, p. 5) comenta que “na construção civil brasileira, a utilização de radier está repleta de mitos. Um desses mitos estabelece que o sistema composto por estacas e vigas baldrame seria mais econômico”. Ainda comenta que antes de começar a execução, há vários fatores que podem influenciar diretamente no desempenho do radier como tipo do solo, qualidade do concreto utilizado na base e no acabamento na superfície e uniformidade do suporte da base. Contudo, deve-se atentar para a capacidade de suporte do solo, pois é onde pode comprometer toda estrutura para este tipo de fundação. Sendo assim, é de extrema importância o correto preparo da base em que o radier será apoiado.

O radier deve possuir uma base bem nivelada e compactada em sua execução, caso haja necessidade de melhoramento na base da fundação, deve ser realizada uma drenagem e compactação ou estabilização do solo. A base do radier deve ser uniforme, e como os carregamentos aplicados são distribuídos em grandes áreas, as pressões na mesma normalmente são baixas. Logo, quando não é possível obter uma base uniforme, deve-se aplicar uma sub-base, afim de corrigir a base (REBELLO, 2008).

Segundo Pordeus (2009 apud COELHO, 2016) as etapas de construção de um radier armado são as seguintes:

1. Serviços preliminares: Execução de embasamento com material granular, a fim de receber o aterro de nivelamento;
2. Movimentação de terra: Aterro de nivelamento ou apiloamento de substrato, se necessário;
3. Impermeabilizações: Pode ser usada lona plástica;
4. Fundações: Contempla as etapas de colocação de armadura, colocação de formas (bordas), esperas de instalações elétricas e hidrossanitárias e lançamento do concreto com fck especificado em projeto.

Almeida (2001 apud COELHO, 2016) comenta que muitos problemas relativos à construção civil no Brasil poderiam ser resolvidos se houvesse uma norma brasileira direcionada para fundação tipo radier.

O Radier se destaca pelo menor custo e maior rapidez na execução. Normalmente, é utilizado em obras de médio e pequeno porte, como: casas, sobrados, edifícios de até 12 andares (SCHMIDTKE et al., 2017).

Bell (1985) comenta que as fundações em radier tornam-se viáveis economicamente quando o terreno possui um solo de baixo suporte ou onde os recalques diferenciais devem ser mínimos.

2.4. Classificação Radier

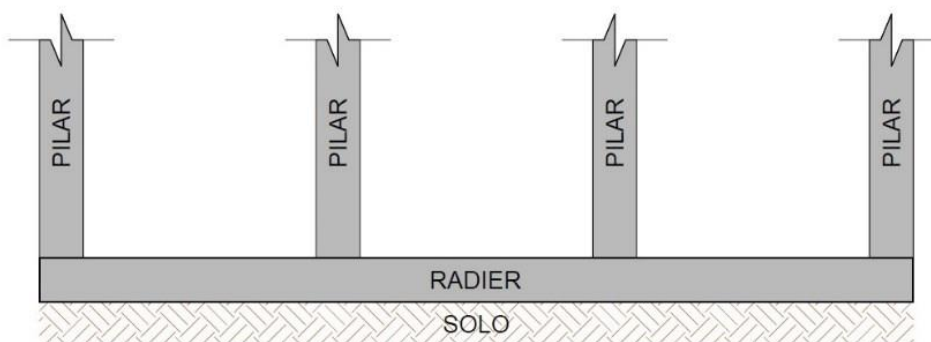
O radier pode ser classificado quanto a sua geometria, quanto à rigidez à flexão e quanto à tecnologia de execução.

2.4.1. Quanto à Geometria

O radier tem seu projeto desenvolvido a partir de quatro principais tipos, que são classificados conforme sua forma (SCHMIDTKE et al., 2017). Desta forma, segue:

a) radier liso - muito utilizada em edificações de baixa renda pela sua grande facilidade de execução e economia, conforme mostrado na figura 3 (PACHECO, 2010).

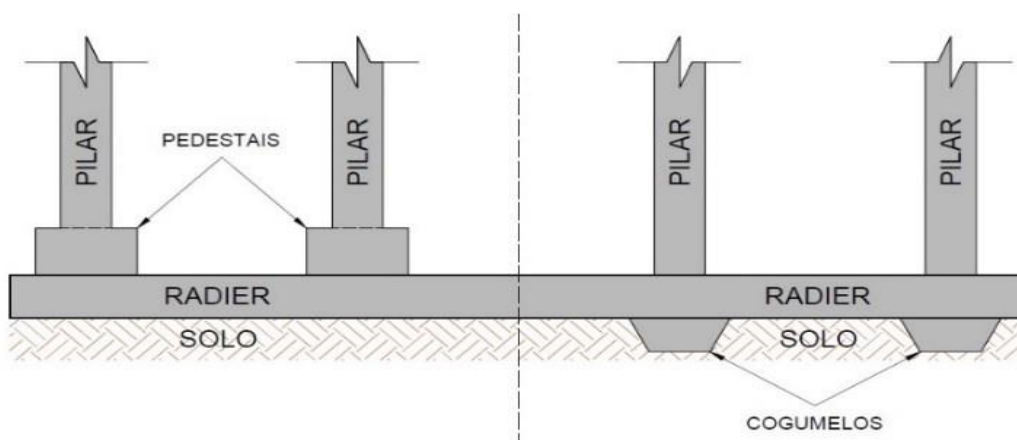
Figura 3 - Radier Liso



Fonte: Coelho (2016).

b) radier com pedestais ou cogumelos - tem a vantagem de melhorar a resistência à flexão e o esforço cortante. Conforme figura 4, os pedestais podem ficar tanto superior à base, quanto inferior, sendo que a segunda forma deixa a estrutura mais limpa, visualmente, e há facilidade na escavação (RIBEIRO, 2010).

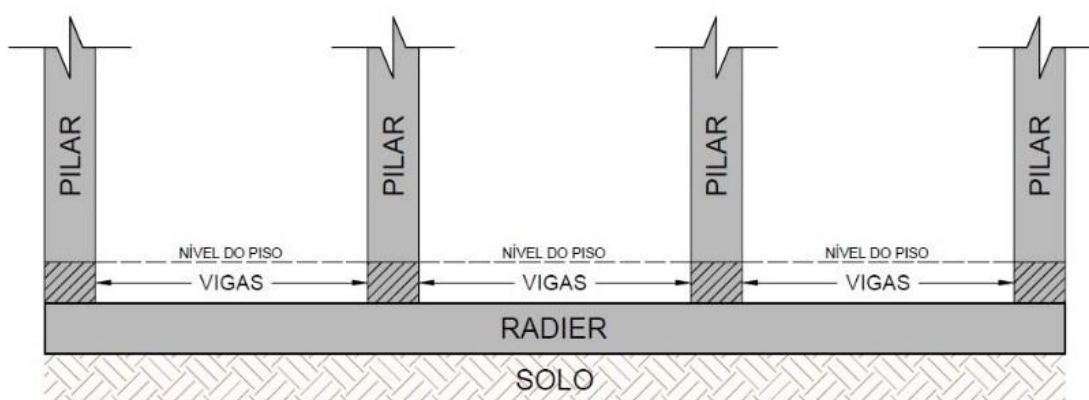
Figura 4 - Radier com Pedestais ou Cogumelos



Fonte: Coelho (2016).

c) radier nervurado- a execução deste tipo pode ser tanto superior quanto inferior, sendo o último executado sobre a escavação. Já na superior, é necessário melhorar a superfície com agregado, de forma que o piso fique plano, conforme figura 5 (HACHICH, 1998).

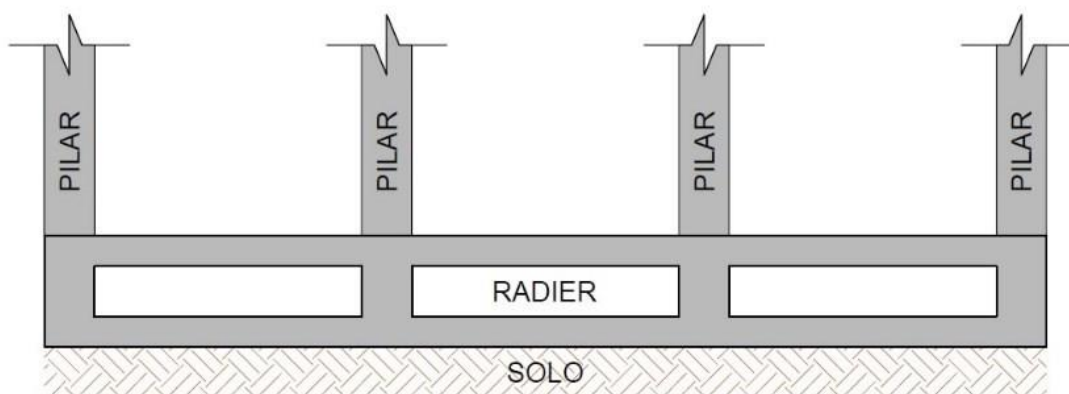
Figura 5 - Radier Nervurado



Fonte: Coelho (2016).

d) radier em caixão- normalmente é utilizado quando é preciso uma estrutura de fundação mais rígida, pois pode ser executado com vários pisos. É formado por duas lajes paralelas e perpendiculares aos pilares, conforme figura 6 (VELLOSO E LOPES, 2011).

Figura 6 - Radier em Caixaão



Fonte: Coelho (2016).

Na execução do radier em concreto armado, a sua espessura é determinada devido à resistência à compressão do concreto. Contudo, “a resistência à compressão também tem influência na deformação de retração, na deformação lenta e nas deformações devido à variação da temperatura ambiente” (DÓRIA, 2007 p. 9).

Dória (2007 p. 9) também comenta que:

A concretagem e o acabamento superficial são igualmente importantes tanto quanto a resistência do material, porque essas operações produzem um efeito significativo sobre a qualidade de camada fina (de 1,5 mm a 3,0 mm) na superfície superior do radier, evitando principalmente o aparecimento de fissuras. Na fabricação do concreto deve-se ter cuidado com os seguintes fatores: resistência à compressão, quantidade mínima de cimento, tamanho máximo do agregado graúdo, *slump* e uma pequena quantidade de ar incorporado.

2.4.2. Quanto à Rigidez à Flexão

As fundações tipo radier também podem apresentar dois tipos de classificação quanto à rigidez à flexão, radiers rígidos ou radiers elásticos.

Os radiers rígidos são aqueles que apresentam alta rigidez e, portanto, são considerados elementos estruturais de corpo rígido. Já os radiers elásticos possuem rigidez reduzida, desta forma os deslocamentos relativos da placa não podem ser desprezados.

Segundo o *American Concrete Institute* – ACI (1997), o radier é considerado rígido quando:

- a) O espaçamento entre colunas l atender a seguinte condição:

$$l \leq \frac{1,75}{\sqrt[4]{\frac{k \cdot b}{4 \cdot E \cdot I}}}$$

Onde b é a largura da faixa de influência da linha de colunas, k é o coeficiente de reação vertical e $E \cdot I$ é a rigidez à flexão da faixa.

- b) A variação nas cargas e espaçamentos das colunas não for maior que 20%. Naturalmente, quando uma das condições não é atendida, o radier é classificado como flexível.

Já Hetenyi propõe que o critério de rigidez seja estabelecido com bases no termo λ o qual leva em consideração a largura, o comprimento e as propriedades elásticas do meio.

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K_s \cdot a^4}{4 \cdot E \cdot I}}$$

Sendo:

- a comprimento da faixa do radier
- K_s $K \cdot B$ coeficiente de recalque ajustado pela largura da viga
- B Largura da faixa
- $E \cdot I$ Rigidez à flexão da faixa

Baseados na equação acima, propõe os seguintes casos:

Caso 1 – elemento rígido, λ menor que 0,8

Caso 2 – elemento semi-flexível, λ entre 0,8 e 3,2

Caso 3 – elemento flexível λ , maior que 3,2

Para o Caso 1, a fundação é tratada como um elemento rígido, neste caso, utiliza-se o método de cálculo convencional, considerando-se uma distribuição de pressões de contato linear.

O Caso 2 refere-se a uma viga flexível não muito longa, na qual se aplica a teoria das vigas infinitas sobre base elástica com carregamentos na sua extremidade. Estas cargas corresponderão a valores do cisalhamento e momento, os quais geralmente não satisfazem as condições de contorno.

O Caso 3 também se refere a um radier flexível, mas suficientemente longo de tal forma que as teorias aplicadas ao cálculo da viga infinita sobre bases elásticas, fornecerão resultados satisfatórios.

2.4.3. Quanto à Tecnologia

Existem duas tecnologias empregadas na execução de um radier que compõe a classificação deste elemento estrutural, são elas:

- a) Radier em concreto armado;
- b) Radier em concreto protendido, com a utilização de cordoalhas engraxadas.

2.5. Métodos de Dimensionamento do Radier

Os métodos de cálculo de radier abrangem os procedimentos de avaliação da estabilidade, capacidade de suporte, distribuição de tensões e/ou esforços internos solicitantes, os quais são os parâmetros necessários para a avaliação dos estados limites últimos (ELU) e de serviço (ELS).

Essencialmente, busca-se a solução da equação diferencial de equilíbrio de uma placa sobre base elástica.

Segundo Velloso e Lopes (2004), os métodos de cálculo de fundação do tipo radier são: Método Estático, Sistema de Vigas Sobre Base Elástica, Método da Placa Sobre Solo de Winkler, Método do *American Concrete Institute*, Método das Diferenças Finitas e o Método dos Elementos Finitos.

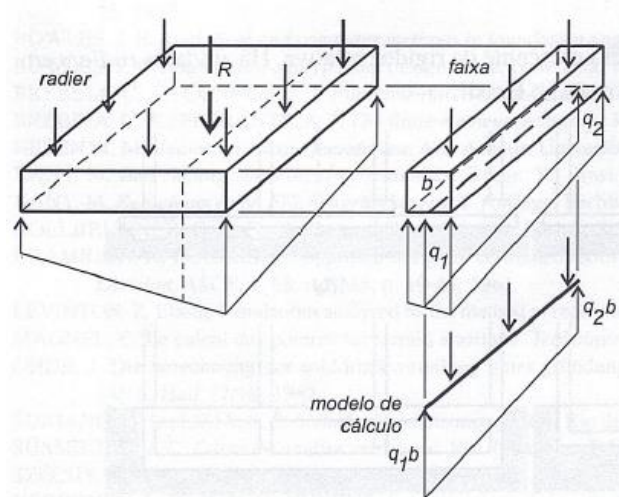
Dentre os métodos de cálculo citados para o dimensionamento de um radier, o método dos elementos finitos (MEF) será o mais aprofundado, pois é nele que os estudiosos do assunto acreditam ser o mais apropriado e também é o método empregado pela Instituição Americana de Concreto – *American Concrete Institute* (ACI).

2.5.1. Método Estático

Segundo Velloso e Lopes (2004), o método estático é calculado através dos esforços internos em radiers baseados em hipóteses sobre a distribuição das pressões de contato, como:

- a) Pressões variando linearmente sob o radier – neste cálculo, as pressões de contato são determinadas a partir da resultante do carregamento. Utiliza-se este método para cálculo de radiers nervurados e em caixão, que apresentam grande rigidez relativa. As faixas são calculadas como vigas de fundação independentes (figura 7).

Figura 7 - Pressões de Contato Variando Linearmente sob um Radier Esquema de Cálculo de uma Faixa



Fonte: Velloso e Lopes (2004)

- b) Pressões uniformes nas áreas de influência dos pilares - aplicado em radier de rigidez relativa média, seguindo as etapas abaixo:

1. Determinar a área de influência de cada pilar;
2. Calcular a pressão média nesta área

$$q_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

Onde:

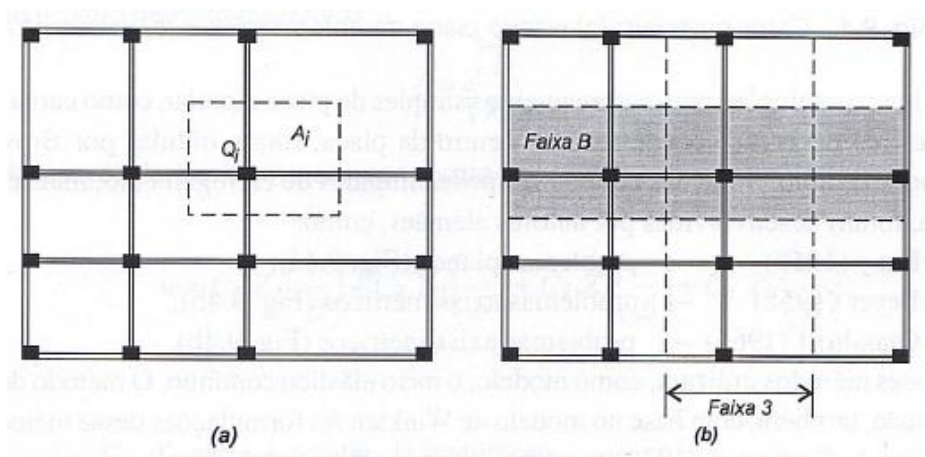
q_i = pressão média

Q_i = pressão média atuante nos painéis

A_i = área de influência de cada pilar

3. Determinar pressão média atuante nos painéis
4. Calcular os esforços nas lajes e vigas e as reações nos apoios

Figura 8 - Esquema de Cálculo de um Radier (a) pela Área de Influência dos Pilares e (b) como um Sistema de Vigas



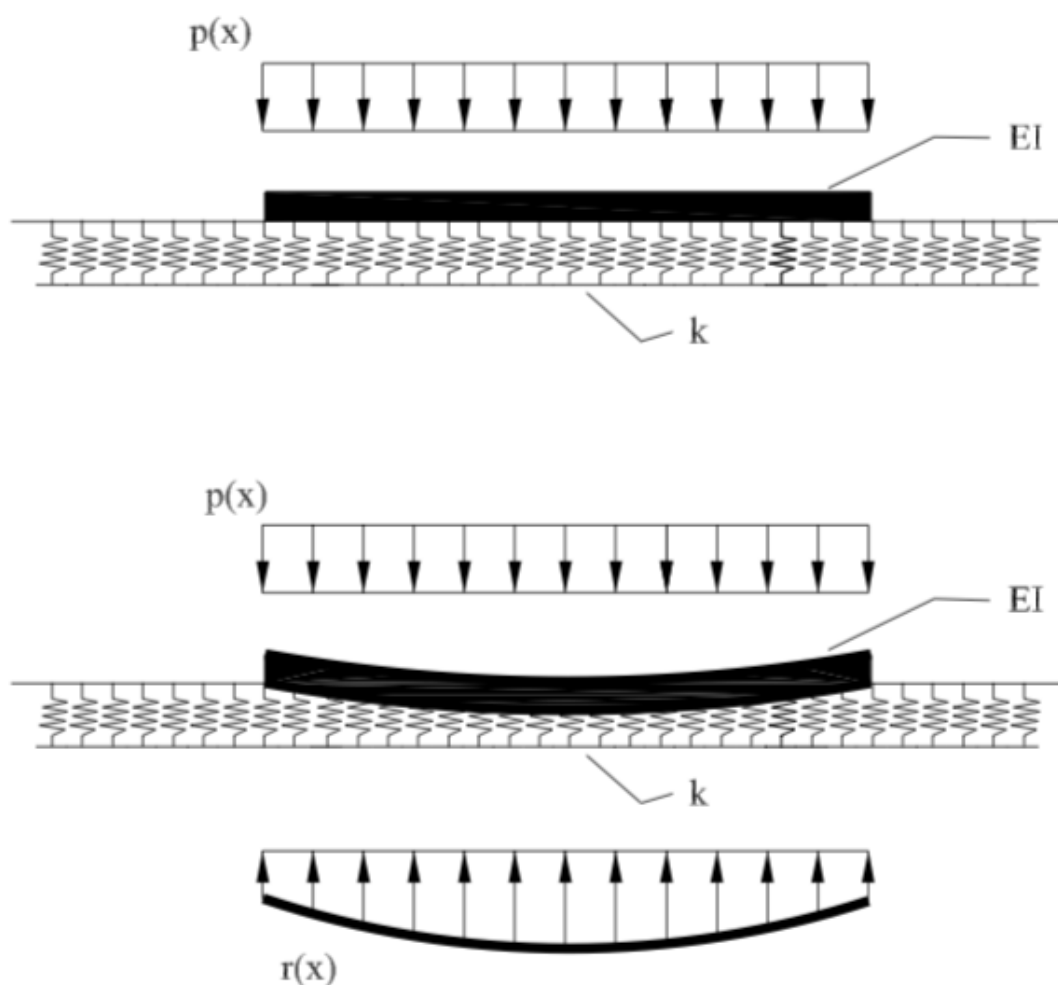
Fonte: Veloso e Lopes (2004)

2.5.2. Sistema de Vigas Sobre Base Elástica

Neste método de dimensionamento, divide-se o radier em dois sistemas de faixas ortogonais, conforme figura 8(b). Cada faixa é tratada como uma viga de fundação isolada sobre uma base elástica, sendo os pilares envolvidos por elas, as cargas dessa "viga".

A reação exercida pelo solo sobre a estrutura, estabelecida pela hipótese de Winkler, é diretamente proporcional ao deslocamento transversal da viga (figura 9). Essa constante de proporcionalidade chamar-se rigidez da fundação, e é denotada pelo parâmetro k (CASTRO, 2013).

Figura 9 - Viga em Fundação Elástica



Fonte: Castro, 2013.

O valor da reação do solo é dado por:

$$r(x) = k(x)$$

A equação diferencial que rege o comportamento da viga em fundação elástica pode ser escrita por:

$$EI \frac{d^4 w(x)}{dx^4} + k(x) = p(x)$$

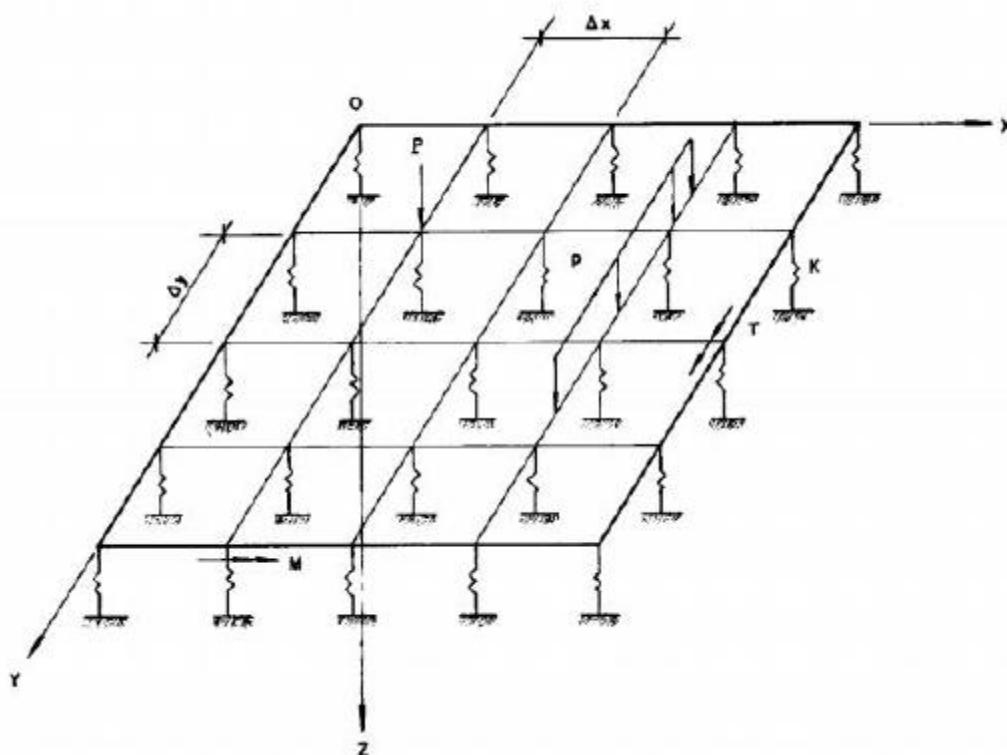
Toda via, devido à dificuldade em encontrar os esforços atuantes das

faixas neste tipo de análise, geralmente são utilizados *softwares* computacionais que seguem o princípio da hipótese de Winkler (VELOSO E LOPES, 2004).

2.5.3. Método da Placa Sobre Solo de Winkler

A metodologia da grelha sobre base elástica substitui o radier por uma grelha equivalente composta por elementos de barra (figura 10), semelhante ao método da viga sobre base elástica, mas neste caso a interação entre as vigas é levada em consideração (SANTOS, 1987).

Figura 10 - Representação de Grelha Sobre Base Elástica



Fonte: Santos (1987)

Devido às geometrias variadas, e diferentes carregamentos incidentes sobre o radier, é impossível determinar uma malha ideal padrão. Todavia alguns critérios para placas retangulares podem ser estabelecidos, conforme Hambly (1976 apud JUNIOR, 2016), os quais devem ser adequados a cada projeto. Estes critérios para a fragmentação da malha, em função da grande variação de formas, dimensões e condições de contorno existentes, estão listados a seguir:

- a) Quanto mais densa a malha, melhores os resultados obtidos a partir da mesma. Porém estes resultados deixam de ser satisfatórios quando a largura das barras for menos que 2 ou 3 vezes a espessura da placa;
- b) Em regiões de grande concentração de esforços, tais como cargas concentradas, recomenda-se dispor uma malha cuja largura das barras não seja superior a 3 ou 4 vezes a espessura da laje;
- c) Os espaçamentos entre as barras que compõem a grelha e que sejam de mesma direção não devem ser muito diferentes entre si, para que haja uma uniformidade na distribuição dos carregamentos;
- d) Deve-se colocar uma linha de barras no contorno livre da laje, cuja largura deve ser diminuída em $0,3 \cdot h$, por se tratar do ponto onde passa a resultante das tensões de cisalhamento devidas à torção.

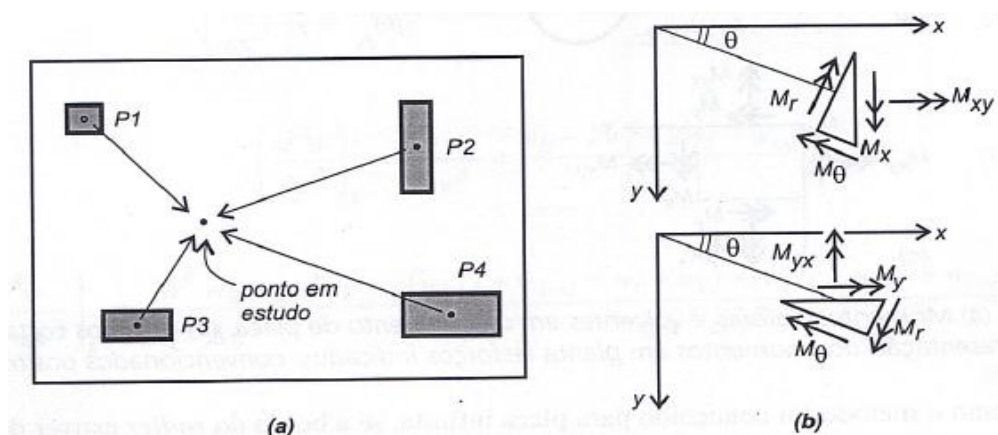
Para o lançamento dos carregamentos na malha, considera-se que as cargas distribuídas se dividem entre as barras da grelha de acordo com sua área de influência. Portanto as cargas podem ser consideradas uniformemente distribuídas ao longo das barras ou concentradas nos nós (CARVALHO e FIGUEREDO FILHO, 2013 apud JUNIOR, 2016).

2.5.4. Método do American Concrete Institute (A.C.I.)

Segundo Veloso e Lopes (2011), é baseado no modelo de Winkler podendo ser aplicado em radiers rígidos. Este método é obtido através dos momentos fletores e os esforços cortantes calculados em cada ponto da placa, provocado por cada pilar. O método baseia-se na execução dos seguintes procedimentos:

- a) Cálculo da rigidez à flexão da placa;
- b) Escolhe-se um número de pontos na placa para o cálculo dos esforços;
- c) Calculam-se os momentos fletores, convertendo para coordenadas retangulares;
- d) Calculam-se o esforço cortante em coordenadas retangulares;
- e) Os passos “c” e “d” são repetidos para cada pilar e os resultados são somados algebricamente.

Figura 11 - (a) Esquema de Cálculo pelo Método A.C.I. e (b) Transformação de Momento Fletores Obtidos em Coordenadas Cilíndricas para Coordenadas Retangulares



Fonte: Veloso e Lopes (2004).

2.5.5. Método das Diferenças Finitas

Neste método a placa é dividida em uma malha que se adapta ao seu contorno, e consiste na resolução de um sistema de equações que relacionam o deslocamento de um ponto ao deslocamento dos pontos vizinhos. Consiste na integração da equação diferencial da deformada de placa, que é substituída por outra, de diferenças finitas (Bowles, 1996).

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{D} - \frac{k w}{D} + \frac{P}{D \cdot \Delta x \cdot \Delta y}$$

Onde:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$$

E = Módulo de elasticidade do material da placa;

μ = Coeficiente de Poisson do material da placa;

w = Deslocamento do ponto em questão;

k = Coeficiente de reação vertical do solo.

Segundo o ACI 336.2R (2002 apud JUNIOR, 2016), o método das diferenças finitas, apesar de nos dar bons resultados, foi um procedimento usado

extensivamente no passado, pois é um método que não requer enormes recursos computacionais.

Segundo Bowles (1996), as desvantagens do método das diferenças finitas são a extrema dificuldade de modelar as condições de contorno, entalhes, furos ou reentrâncias.

2.5.6. Método dos Elementos Finitos (MEF)

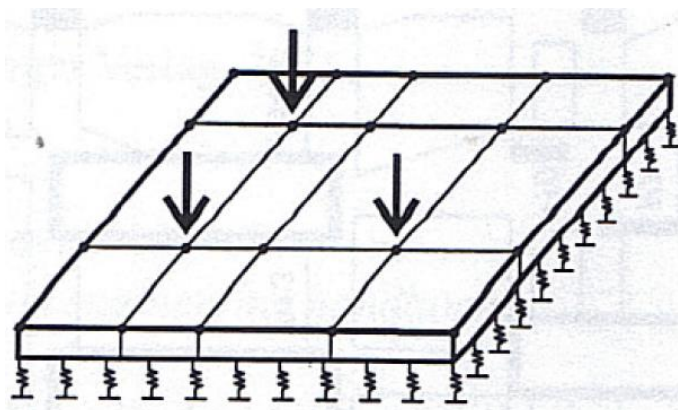
Normalmente utilizado através de programas comerciais que consistem numa análise linear bi e tridimensional de estrutura, preferencialmente com elementos de placa com apoio elástico.

O MEF é, em geral, a mais versátil e poderosa ferramenta usada na resolução de problemas da mecânica computacional. Esse método é uma evolução do cálculo matricial de estruturas. Pode-se dizer que o MEF consiste na divisão do domínio de um meio contínuo em um número discreto de subdomínios interligados entre si por pontos, em seu contorno, de maneira que o conjunto desses subdomínios se comporte de forma semelhante ao meio contínuo original. (PORTO, 2010 p. 57).

Este método considera uma placa finita sobre apoios elásticos (figura 12), utilizando a hipótese de Winkler, onde o radier é dividido em um número finito de elementos de placas e, a superfície de contato entre o radier e o solo é representada por um conjunto de molas, situadas nos pontos nodais da malha.

São utilizadas as compatibilizações das deformações entre elementos adjacentes, conforme figura abaixo (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2002).

Figura 12 - Elementos de Placa Sobre Apoio Elástico



Fonte: Veloso e Lopes (2004)

Bowles (1996) mostra que este método permite analisar geometrias mais complexas, mas este é computacionalmente intensivo e a saída de dados é difícil de ser interpretada, não sendo indicada para uma solução analítica.

Atualmente existem diversos programas realizam esta modelagem, sendo que eles geram dados aproximados de saída, então o programa preferível é aquele o qual o usuário está mais familiarizado (*AMERICAN CONCRETE INSTITUTE*, 2002).

Neste trabalho, foi utilizado o *software* SAP2000, que é fundamentado neste método de dimensionamento, possibilitando uma ótima interação na análise estrutural.

2.6. Punção

De acordo com o descrito por Cordovil (1997), esta é o efeito de ruptura transversal, por cisalhamento, em torno de regiões relativamente pequenas submetidas a carregamentos localizados.

Por ser caracterizada pela atuação de forças concentradas agindo sobre o elemento estrutural plano, a punção é o efeito de perfuração que pode causar ruína do elemento. (SOUZA, S. S. M., 2007).

Segundo a NBR 6118/2014:

O modelo de cálculo corresponde à verificação do cisalhamento em duas ou mais superfícies críticas definidas no entorno de forças concentradas.

Na primeira superfície crítica (contorno C), do pilar ou da carga concentrada, deve ser verificada indiretamente a tensão de compressão diagonal do concreto, através da tensão de cisalhamento.

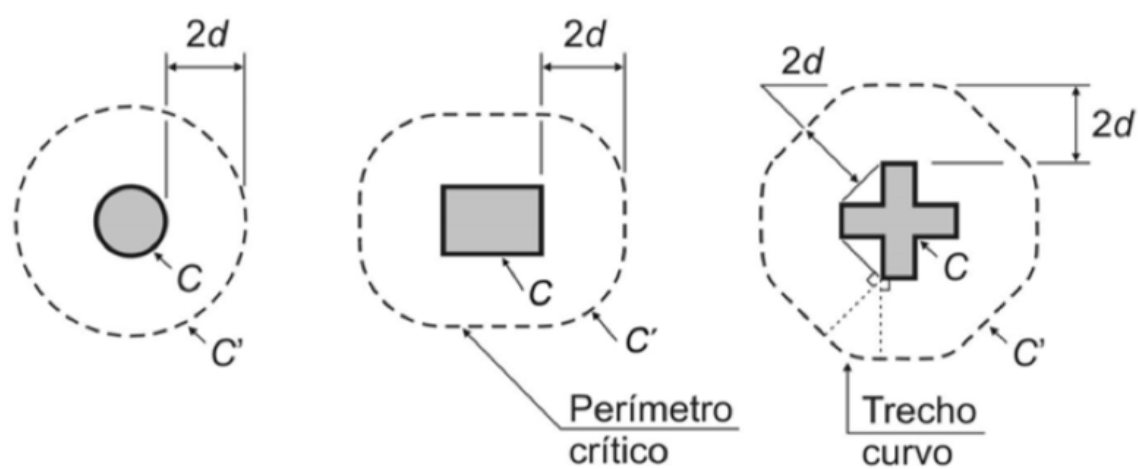
Na segunda superfície crítica (contorno C') afastada $2d$ do pilar ou carga concentrada, deve ser verificada a capacidade da ligação à punção, associada à resistência à tração diagonal. Essa verificação também é feita através de uma tensão de cisalhamento, no contorno C' .

Caso haja necessidade, a ligação deve ser reforçada por armadura transversal.

A terceira superfície crítica (contorno C'') apenas deve ser verificada quando for necessário colocar armadura transversal.

Pode-se adotar nesta verificação a força cortante solicitante, nos diferentes contornos, obtida no modelo utilizado na análise estrutural.

Figura 13 - Perímetro Crítico em Pilares Internos



Fonte: NBR 6118 (2014)

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa terá uma abordagem de caráter qualitativo, pois terá como contexto a descrição de um estudo de caso, onde serão abordados uma série de fatores utilizados na resolução de um determinado problema.

Além disso, para se obter uma fundamentação teórica, foram utilizadas pesquisas bibliográficas referentes ao tema proposto, como forma de garantir o correto procedimento na elaboração dessa pesquisa.

3.2. Planejamento da Pesquisa

Para a elaboração do trabalho foi necessário aprofundar o conhecimento e garantir o embasamento teórico de assuntos relacionados ao tema proposto.

Foram feitas revisões bibliográficas a respeito da definição de fundações, apresentadas as formas de interação solo/estrutura, conceituação na fundação tipo radier, mostrando sua utilização, técnicas empregadas, classificação e métodos de dimensionamento deste elemento estrutural. Desta forma, foi possível compreender o sistema como um todo e dar início as etapas necessárias para o seu correto dimensionamento.

Primeiramente foram determinados os carregamentos dos pilares por meio do método da área de influência. Como referência foi utilizada a planta de formas do projeto estrutural, disponibilizado em sua íntegra pelo engenheiro projetista, que foi de suma importância para o embasamento deste estudo de caso.

Definidas as cargas dos pilares que estão submetidas no radier, a etapa seguinte consistiu em avaliar o laudo de sondagem do terreno para verificação do tipo de solo sobre qual o radier está apoiado, possibilitando assim estabelecer o coeficiente vertical do solo.

Posteriormente, foi calculada a rigidez do radier, que é fundamental para orientar qual o método de dimensionamento correto a utilizar. Por ser tratar de um radier, cujo os pilares são “conectados” diretamente a ele, também foi verificada a punção neste elemento estrutural.

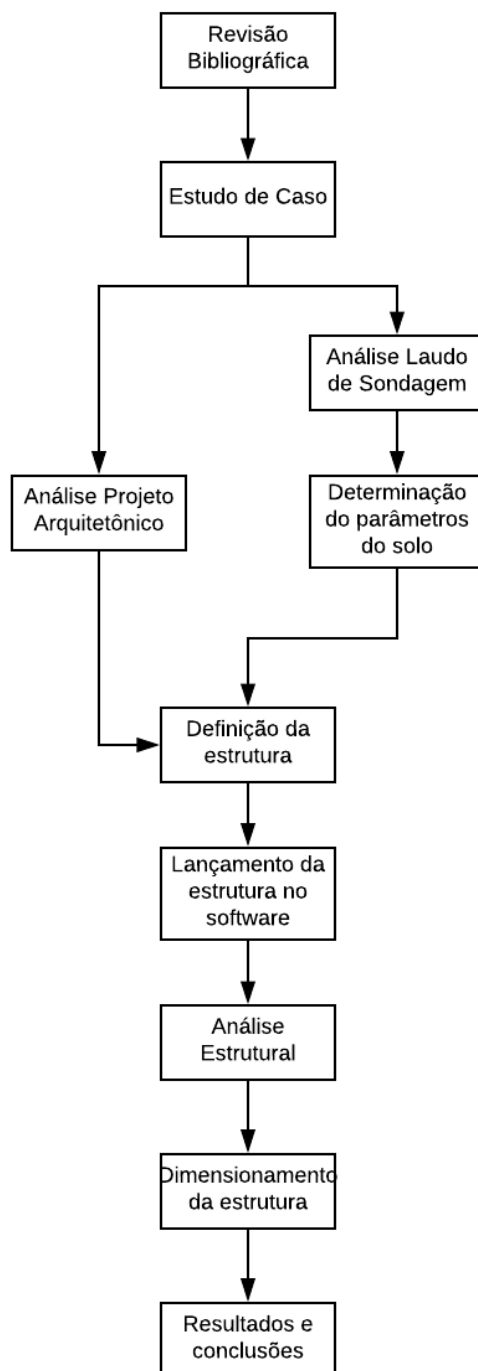
Levando em consideração o projeto do estudo de caso bem como suas características, sejam elas arquitetônicas ou do solo onde ela se apoia, foi possível estabelecer uma sistemática para se chegar num modelo que possibilite a análise e dimensionamento da fundação radier. Foi introduzido um tópico na revisão de literatura, chamado Hipótese de Winkler, onde simplificará o estudo, permitindo que seja realizado o dimensionamento deste elemento de forma mais concisa.

Com o auxílio do *software* SAP2000, foi possível inserir os dados estabelecidos nas etapas anteriores, a fim de se obter os esforços atuantes no elemento estrutural, possibilitando o dimensionamento da área de aço do radier seguindo a teoria de viga sobre base elástica.

Por fim, foi realizada uma comparação do dimensionamento obtido com os valores do projeto estrutural realizado pelo engenheiro responsável. Este foi todo desenvolvido a partir do *software* Eberick e servirá como forma de validação dos procedimentos utilizados neste estudo de caso.

A figura 14 mostra o organograma de planejamento da pesquisa com as etapas apresentadas acima.

Figura 14 - Organograma Metodologia de Pesquisa



Fonte: Próprio Autor (2018)

3.3. Infraestrutura Necessária

Para a elaboração deste estudo não foi necessário utilizar nenhuma dependência do IFSC (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina).

Em contrapartida, foi utilizada a licença do *software* SAP2000 do laboratório de análise estrutural da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), com finalidade acadêmica.

4. RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados como foram estabelecidos os dados utilizados no software SAP2000, que possibilitou encontrar os momentos fletores do radier e, posteriormente, o cálculo da área de aço necessária. Como base, foram respeitados os posicionamentos e dimensões dos pilares, encontrados na planta de forma do projeto estrutural (anexo).

4.1. Carregamento dos Pilares (Nd)

Os carregamentos dos pilares foram realizados a partir da planta de formas do projeto estrutural de cada pavimento (anexo), através do método da área de influência. O método consiste em traçar a mediatriz da reta de ligação entre cada dois pilares. A área delimitada pelas mediatrizes é multiplicada por uma carga estimada, chegando-se a um determinado carregamento em cada pilar. Esses carregamentos são transmitidos para os pilares subjacentes até o pavimento fundação.

Com base em algumas bibliografias conhecidas na área, para o projeto em questão, foi utilizado um carregamento total, considerando peso próprio, peso de parede, revestimentos e carga accidental de 1000 kg/m² nos pavimentos térreo e superior e de 800 kg/m² nos pavimentos cobertura e caixa d'água (tabela 1). Neste último, também foram acrescidos o peso próprio dos reservatórios cheios.

Tabela 1 - Carregamento dos Pilares por Área de Influência

Pavimento	Pilar	Area influência (m ²)	Nd (kN)	Nd (tf)
Caixa d'agua	P17	2,23	21,30	2,17
	P18	2,76	26,36	2,69
	P19	2,66	25,40	2,59
	P20	2,66	25,40	2,59
Cobertura	P1	3,68	29,44	3,00
	P2	7,9	63,20	6,45
	P3	4,48	35,84	3,66
	P4	9,36	74,88	7,64

	P5	9,62	76,96	7,85
	P6	5,7	45,60	4,65
	P7	8,65	69,20	7,06
	P11	4,02	32,16	3,28
	P12	4,02	32,16	3,28
	P16	8,65	94,60	9,65

Superior	P1	5,59	55,90	5,70
	P2	8,9	89,00	9,08
	P3	4,51	45,10	4,60
	P4	7,62	76,20	7,78
	P5	9,37	93,70	9,56
	P6	10,75	107,50	10,97
	P7	5,22	52,20	5,33
	P8	9,9	99,00	10,10
	P9	5,04	50,40	5,14
	P10	0	0,00	0,00
	P11	4,02	40,20	4,10
	P12	4,02	40,20	4,10
	P13	0	0,00	0,00
	P14	0	0,00	0,00

Térreo	P1	5,37	53,70	5,48
	P2	8,56	85,60	8,73
	P3	3,7	37,00	3,78
	P4	11,82	118,20	12,06
	P5	12,96	129,60	13,22
	P6	12,44	124,40	12,69
	P7	13,66	136,60	13,94
	P8	14,29	142,90	14,58
	P9	16,37	163,70	16,70
	P10	8,47	84,70	8,64
	P11	5,73	57,30	5,85
	P12	7,81	78,10	7,97

	P13	7,47	74,70	7,62
	P14	4,18	41,80	4,27
	P210	6,51	65,10	6,64
	P211	10,45	104,50	10,66
	P212	10,45	104,50	10,66

Fundação	P1		139,04	14,19
	P2		237,80	24,27
	P3		117,94	12,03
	P4		298,99	30,51
	P5		318,20	32,47
	P6		277,50	28,32
	P7		283,40	28,92
	P8		279,74	28,55
	P9		251,94	25,71
	P10		84,70	8,64
	P11		129,66	13,23
	P12		169,38	17,28
	P13		74,70	7,62
	P14		41,80	4,27
	P210		65,10	6,64
	P211		104,50	10,66
	P212		104,50	10,66

Fonte: Autoria própria (2019).

Os carregamentos dos pilares no pavimento fundação, apresentados na tabela 1, representam a carga total de cada pilar que será distribuída no radier.

Sendo assim, com base na planta de cargas do projeto estrutural da residência em questão, realizado no software Eberick por meio da análise matricial, foi possível realizar um comparativo entre os carregamentos dos pilares, obtidos em ambos os métodos (tabela 2).

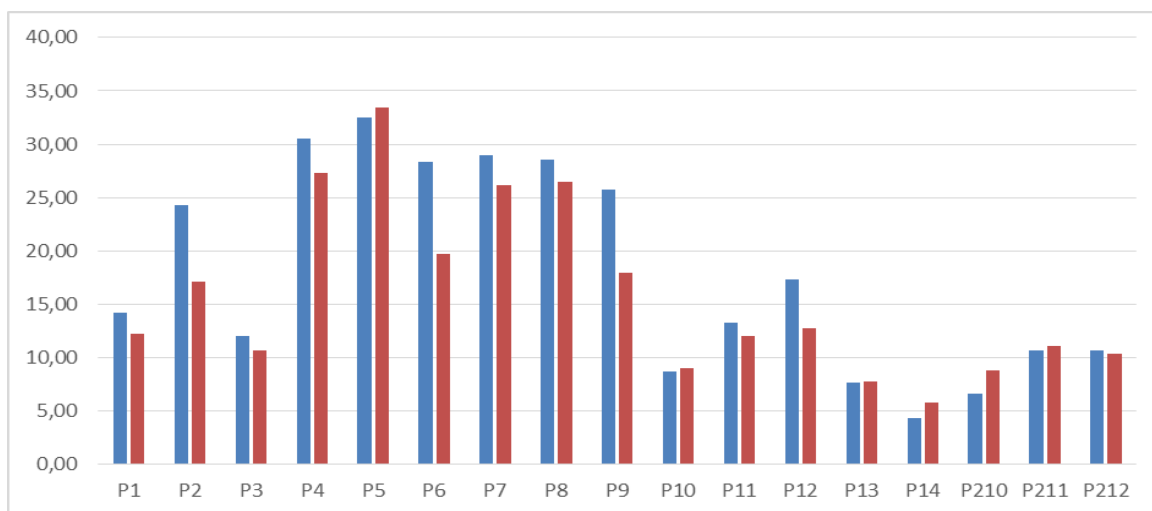
Tabela 2 - Comparativo Área de Influência x Eberick

Pilar	Área de Influência (tf)	Eberick (tf)	Variação (%)
P1	14,19	12,20	16%
P2	24,27	17,10	42%
P3	12,03	10,70	12%
P4	30,51	27,30	12%
P5	32,47	33,40	-3%
P6	28,32	19,70	44%
P7	28,92	26,20	10%
P8	28,55	26,50	8%
P9	25,71	17,90	44%
P10	8,64	9,00	-4%
P11	13,23	12,00	10%
P12	17,28	12,70	36%
P13	7,62	7,70	-1%
P14	4,27	5,80	-26%
P210	6,64	8,80	-25%
P211	10,66	11,10	-4%
P212	10,66	10,30	4%

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir dos dados apresentados na tabela 2, foi elaborado um gráfico para facilitar a sua visualização (figura 15).

Figura 15 - Gráfico Comparativo dos Carregamentos por Área de Influência x Eberick



Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se observar que os resultados obtidos por meio do cálculo da área de influência são mais conservadores. Isso já era esperado, uma vez que se trata de um procedimento aproximado, onde são considerados carregamentos totais nas lajes ligeiramente superestimados, que influenciam diretamente nas cargas totais que chegam nas fundações.

4.2. Coeficiente vertical do Solo (Kv)

Para se obter o coeficiente vertical do solo (Kv), primeiramente foi necessário avaliar o laudo de sondagem do terreno (anexo) onde a edificação foi executada. Foi possível verificar que as primeiras camadas do solo onde a fundação está apoiada são arenosas e moles, com resistência a penetração desprezível (figura 16).

Figura 16 – Parte da Sondagem página 1



Fonte: Arquivo pessoal

Sendo assim, foi possível determinar o valor do coeficiente vertical do solo, através de tabelas disponibilizadas nas bibliográficas clássicas de solos.

Tabela 3 - Valores de K_v (kN/m^3) de acordo com Terzaghi.

<i>Argilas</i>	<i>Rija</i>	<i>Muito Rija</i>	<i>Dura</i>
q_u (MPa)	0,1 a 0,2	0,2 a 0,4	> 0,4
Faixa de valores	16.000 a 32.000	32.000 a 64.000	> 64.000
Valor proposto	24.000	48.000	96.000
<i>Areias</i>	<i>Fofas</i>	<i>Mediamente Compacta</i>	<i>Compacta</i>
Faixa de valores	6.000 a 19.000	19.000 a 96.000	96.000 a 320.000
Areia acima NA	13.000	42.000	160.000
Areia submersa	8.000	26.000	96.000

Fonte: Terzaghi (1955)

Conforme a tabela 3, para solos arenosos, moles (fofos) e acima do nível do lençol freático, o valor estabelecido para o coeficiente vertical do solo é de 13.000 kN/m^3 , equivalente a 1,3 kgf/cm^3 .

Já na tabela de Béton-Kalender (tabela 4), o solo que mais se aproxima ao da sondagem do terreno é o de areia fina de praia, onde os valores variam de 1,0 kgf/cm^3 a 1,5 kgf/cm^3 .

Tabela 4 - Valores de K_v (kgf/cm^3) de acordo Béton-Kalender.

Turfa leve – solo pantanoso	0.5 a 1.0
Turfa pesada – solo pantanoso	1.0 a 1.5
Areia fina de praia	1.0 a 1.5
Aterro de silte, areia e cascalho	1.0 a 2.0
Argila molhada	2.0 a 3.0
Argila úmida	4.0 a 5.0
Argila seca	6.0 a 8.0
Argila seca endurecida	10.0
Silte compactado com areia e pedra	8.0 a 10.0
Silte compactado com areia e muita pedra	10.0 a 12.0
Cascalho miúdo com areia fina	8.0 a 12.0
Cascalho médio com areia fina	10.0 a 12.0
Cascalho grosso com areia grossa	12.0 a 15.0
Cascalho grosso com pouca areia	15.0 a 20.0
Cascalho grosso com pouca areia compactada	20.0 a 25.0

Fonte: Béton-Kalender (1962)

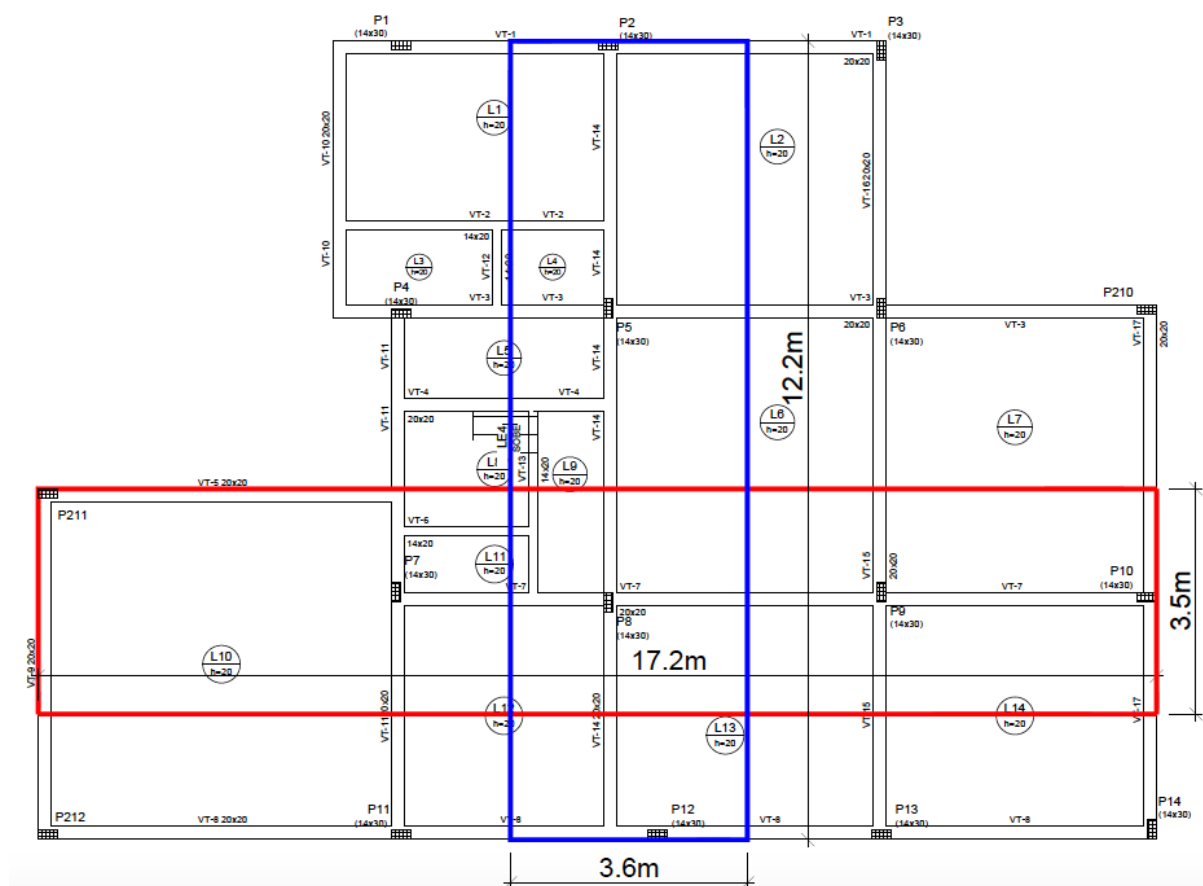
Considerando as tabelas acima, adotou-se o valor de 1,3 kgf/cm^3 para o coeficiente vertical do solo.

4.3. Rigidez Radier

O dimensionamento quanto a rigidez do radier, se deu pelo método de Hetenyi, uma vez que o método do *American Concrete Institute* (A.C.I.) estabelece um critério onde os carregamentos nos pilares devem ser uniformes, não ultrapassando um limite de 20% entre eles.

Conforme a figura 17 foram consideradas as duas faixas ortogonais com maior comprimento, envolvendo os pilares de maior carregamento.

Figura 17 - Faixas do Radier.



Fonte: Autoria própria (2019).

Com relação a altura do radier, foi considerada a mesma altura do projeto estrutural, 20 centímetros. Vale ressaltar que a NBR 6118/2014, estabelece que a altura mínima de uma laje maciça seja de 16 centímetros.

Sendo assim foi possível utilizar o método de Hetenyi para determinar qual a rigidez do radier.

Faixa horizontal:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{1,3 * 350.1720^4}{4 * 244731,89 * 233333,33}} = 11,50$$

Faixa vertical:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{1,3 * 360.1220^4}{4 * 244731,89 * 240000,00}} = 8,20$$

Como em ambos os casos o λ foi superior a 3,20, o radier se enquadra no caso 3, sendo um elemento flexível. Portanto, para o dimensionamento do radier, as faixas serão consideradas como grandes “vigas”, apoiadas sobre base elástica (solo), com os carregamentos provenientes das cargas dos pilares atuantes nela.

4.4. Verificação de Punção

Antes de partir para o cálculo dos momentos fletores e posterior área de aço das seções, foi verificada a punção dos pilares no radier, a fim de saber se seria necessário o dimensionamento e execução de armadura de cisalhamento. Para isso, foram respeitados os posicionamentos e dimensões dos pilares do projeto estrutural.

Para esta verificação, seguiu-se os critérios estabelecidos pelo item 19.5 NBR 6118/2014. Desta forma, foi elaborada uma tabela (tabela 5) onde foi possível determinar a tensões solicitantes e resistentes dos pilares do projeto.

Tabela 5 - Verificação de Punção

Tabela de Verificação de Punção										1ª Verificação - Contorno C			2ª Verificação - Contorno C'		
Pilar	Posição	Nd (Kn)	fck (Mpa)	Lagura (m)	Comprimento (m)	Perímetro (m)	h (m)	d (m)	Fsd (Kn)	Contorno C	Tensão Solicitante (Mpa)	Tensão Resistente (Mpa)	Contorno C'	Tensão Solicitante (Mpa)	Tensão Resistente (Mpa)
P1	Borda	139,04	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	194,66	0,88	1,33	5,09	2,96	0,40	0,82
P2	Borda	237,80	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	332,92	0,88	2,28	5,09	2,96	0,68	0,82
P3	Canto	117,94	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	165,12	0,88	1,13	5,09	2,96	0,34	0,82
P4	Interno	298,99	30	0,19	0,3	0,98	0,2	0,166	418,59	0,98	2,57	5,09	3,06	0,82	0,82
P5	Interno	318,20	30	0,19	0,4	1,18	0,2	0,166	445,49	1,18	2,27	5,09	3,26	0,82	0,82
P6	Interno	277,50	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	388,50	0,88	2,66	5,09	2,96	0,79	0,82
P7	Interno	283,40	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	396,76	0,88	2,72	5,09	2,96	0,81	0,82
P8	Interno	279,74	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	391,64	0,88	2,68	5,09	2,96	0,80	0,82
P9	Interno	251,94	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	352,72	0,88	2,41	5,09	2,96	0,72	0,82
P10	Borda	84,70	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	118,58	0,88	0,81	5,09	2,96	0,24	0,82
P11	Borda	129,66	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	181,52	0,88	1,24	5,09	2,96	0,37	0,82
P12	Borda	169,38	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	237,13	0,88	1,62	5,09	2,96	0,48	0,82
P13	Borda	74,70	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	104,58	0,88	0,72	5,09	2,96	0,21	0,82
P14	Canto	41,80	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	58,52	0,88	0,40	5,09	2,96	0,12	0,82
P210	Canto	65,10	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	91,14	0,88	0,62	5,09	2,96	0,19	0,82
P211	Canto	104,50	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	146,30	0,88	1,00	5,09	2,96	0,30	0,82
P212	Canto	104,50	30	0,14	0,3	0,88	0,2	0,166	146,30	0,88	1,00	5,09	2,96	0,30	0,82

Fonte: Autoria própria (2019).

Como a verificação nos contornos C e C' foram atendidas, ou seja, a tensão solicitante foi menor ou igual a tensão resistente, não foi necessário o uso da armadura transversal no contorno do radier ligados aos pilares.

4.5. Análise dos Momentos Fletores

Realizadas as etapas que determinaram o coeficiente vertical do solo, rigidez do radier e verificação da punção, foi possível dar sequência a análise dos momentos fletores. Para isso, foi utilizado o *software* SAP2000, onde nele foi configurado o coeficiente vertical do solo em 1,3 kgf/cm³ e inseridas as duas faixas determinada no item 4.3 com os seus devidos carregamentos dos pilares.

As duas faixas foram tratadas como duas grandes vigas independentes apoiadas sobre o solo com base elástica, com as dimensões apresentadas na tabela 6:

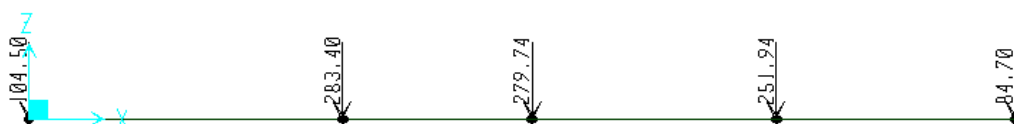
Tabela 6 - Dimensões das Faixas.

Faixa	Horizontal	Vertical
Comprimento (cm)	1720	1220
Largura - bw(cm)	350	360
Altura - h(cm)	20	20

Fonte: Autoria própria (2019).

Já o carregamento dos pilares seguiu conforme o levantamento através da área de influencia no item 4.1, com os pilares P211, P7, P8, P9 e P10 na faixa horizontal (figura 18) e os pilares P2, P5, P8 e P12 na faixa vertical (figura 19).

Figura 18 - Carregamento dos Pilares da Faixa Horizontal



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 19 – Carregamento dos Pilares da Faixa Vertical

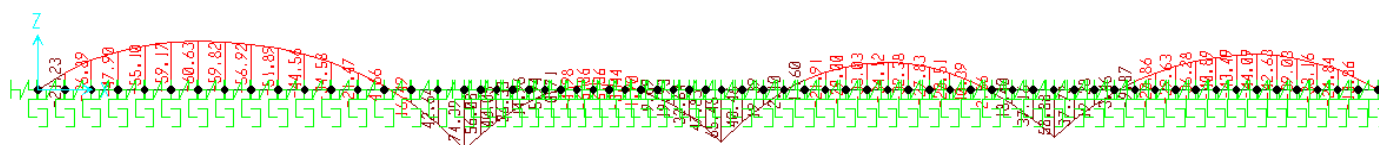


Fonte: Autoria própria (2019).

Após o lançamento das vigas apoiadas sobre base elástica e seus carregamentos no *software* SAP2000, foi possível determinar os momentos fletores de cálculo e gerar os seus respectivos diagramas.

Na figura 20, é possível analisar o diagrama de momento fletor de cálculo da faixa horizontal, sendo o momento negativo máximo 60,63 kN.m e o momento positivo máximo 74,39 kN.m.

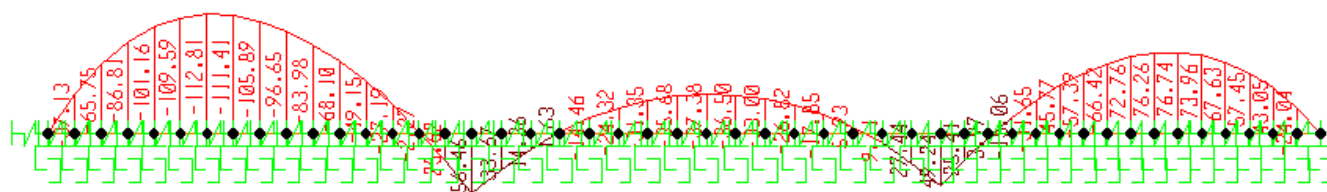
Figura 20 - Diagrama de Momento Fletor de Cálculo da Faixa Horizontal



Fonte: Autoria própria (2019).

Já a figura 21, ilustra o diagrama de momento fletor de cálculo da faixa vertical, com o momento negativo máximo de 112,81 kN.m e o momento positivo máximo de 56,46 kN.m.

Figura 21 - Diagrama de Momento Fletor de Cálculo da Faixa Vertical



Fonte: Autoria própria (2019).

Definidos os momentos fletores de cálculo positivos e negativos máximos, de ambas as faixas (tabela 7), foi possível dar início ao cálculo da área de aço, uma vez que todas as informações necessárias foram determinadas.

Tabela 7 - Momentos Fletores Máximos de Cálculo das Faixas

	Faixa Horizontal	Faixa Vertical
Momento Fletor Máximo Negativo (kN.m)	60,63	112,81
Momento Fletor Máximo Positivo (kN.m)	74,39	56,46

Fonte: Autoria própria (2019).

4.6. Área de Aço

Para o dimensionamento da área de aço das faixas ("vigas"), horizontal e vertical, seguiu-se o princípio de flexão simples, pois não há atuação da força normal.

Utilizou-se os dados estabelecidos na tabela 8 para os cálculos necessários da faixa horizontal.

Tabela 8 - Dados Faixa Horizontal

bw (cm)	350
diam. barra de aço(cm)	0,8
área barra de aço (cm ²)	0,5024
h (cm)	20
cobrimento (cm)	3
d' (cm)	3,4
d(cm)	16,6
Fck (kN/cm ²)	3
Fcd (kN/cm ²)	1,82
Fyd CA-50(kN/cm ²)	43,48

Fonte: Autoria própria (2019).

Sendo assim, tem-se:

- Momentos fletores de cálculo (Md):

$$M_{d-} = 60,63 \text{ kN.m} = 6063 \text{ kN.cm}$$

$$M_{d+} = 74,39 \text{ kN.m} = 7439 \text{ kN.cm}$$

- Domínios da faixa horizontal

$$X_{2\text{lim}} = 0,26 \cdot d = 0,26 \cdot 16,6 \text{ cm} = 4,32 \text{ cm}$$

$$X_{3\text{lim}} = 0,63 \cdot d = 0,63 \cdot 16,6 \text{ cm} = 10,46 \text{ cm}$$

$$M_{d-} = 0,68 \cdot b_w \cdot x \cdot f_{cd} (d - 0,4 \cdot x) \rightarrow 6063 = 0,68 \cdot 350 \cdot x \cdot 1,82 (16,6 - 0,4 \cdot x)$$

$$X_1 = 0,87 \text{ cm}$$

$$X_2 = 40,64 \text{ cm}$$

$$M_{d+} = 0,68 \cdot b_w \cdot x \cdot f_{cd}(d - 0,4 \cdot x) \rightarrow 7439 = 0,68 \cdot 350 \cdot x \cdot 1,82(16,6 - 0,4 \cdot x)$$

$$X_1 = 1,06 \text{ cm}$$

$$X_2 = 40,44 \text{ cm}$$

Como em ambos os casos X_2 é superior a altura da faixa, o X adotado foi o X_1 , pertencendo ao domínio 2, pois $X_1 < X_{2\text{lim}}$.

- Área de aço (A_s)

$$A_{s-} = M_{d-} / (f_{yd} \cdot (d - 0,4 \cdot x)) \rightarrow 6063 / (43,48 \cdot (16,6 - 0,4 \cdot 0,87)) = 8,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s+} = M_{d+} / (f_{yd} \cdot (d - 0,4 \cdot x)) \rightarrow 7439 / (43,48 \cdot (16,6 - 0,4 \cdot 1,06)) = 10,57 \text{ cm}^2$$

- Verificação área de aço mínima ($A_{s\text{min}}$)

$$A_{s\text{min}} = 0,15\% \cdot b_w \cdot h \rightarrow 0,15\% \cdot 350 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 10,50 \text{ cm}^2$$

Como a área de aço calculada no momento fletor negativo é menor que a área de aço mínima, foi considerada a área de 10,50 cm². Já para o momento fletor positivo a área calculada é superior à área de aço mínima. Considerando barras de ferro com 8,0 mm de diâmetro, que possui área de 0,5024 cm², tem-se para o momento fletor negativo:

$$n^\circ \text{ de barras} = A_s \text{ adotado} / \text{área da barra} \rightarrow 10,50 / 0,5024 = 21 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre as barras (S)} = b_w / n^\circ \text{ de barras} \rightarrow 350 / 21 = 16 \text{ cm.}$$

Já para o momento fletor positivo, segue:

$$n^\circ \text{ de barras} = A_s \text{ adotado} / \text{área da barra} \rightarrow 10,57 / 0,5024 = 22 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre as barras (S)} = b_w / n^\circ \text{ de barras} \rightarrow 350 / 22 = 16 \text{ cm.}$$

Com isso, tanto a armadura negativa quanto a armadura positiva da faixa horizontal, será com barras de aço CA-50 com 8,00 mm de diâmetro, espaçadas a cada 16 cm (tabela 9).

Tabela 9 - Resumo de Aço Faixa Horizontal

	Diâmetro das barras de aço CA-50 (mm)	Espaçamento entre as barras de aço (cm)
Armadura Negativa (Md-)	8,00	16,00
Armadura Positiva (Md+)	8,00	16,00

Fonte: Autoria própria (2019).

Para a faixa vertical, os dados base para cálculo estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10 - Dados Faixa Vertical.

bw (cm)	360
diam. barra de aço(cm)	0,8
área barra de aço (cm ²)	0,5024
h (cm)	20
cobrimento (cm)	3
d' (cm)	3,4
d(cm)	16,6
Fck (kN/cm ²)	3
Fcd (kN/cm ²)	1,82
Fyd CA-50(kN/cm ²)	43,48

Fonte: Autoria própria (2019).

- Momentos fletores de cálculo (Md):

$$Md- = 112,81 \text{ kN.m} = 11281 \text{ kN.cm}$$

$$Md+ = 56,46 \text{ kN.m} = 5646 \text{ kN.cm}$$

- Domínios da faixa

$$X_{2lim} = 0,26 \cdot d = 0,26 \cdot 16,6 \text{ cm} = 4,32 \text{ cm}$$

$$X_{3lim} = 0,63 \cdot d = 0,63 \cdot 16,6 \text{ cm} = 10,46 \text{ cm}$$

$$Md- = 0,68 \cdot bw \cdot x \cdot fcd(d - 0,4 \cdot x) \rightarrow 11281 = 0,68 \cdot 360 \cdot x \cdot 1,82(16,6 - 0,4 \cdot x)$$

$$X_1 = 1,59 \text{ cm}$$

$$X_2 = 39,91 \text{ cm}$$

$$Md+ = 0,68 \cdot bw \cdot x \cdot fcd(d - 0,4 \cdot x) \rightarrow 5646 = 0,68 \cdot 360 \cdot x \cdot 1,82(16,6 - 0,4 \cdot x)$$

$$X_1 = 0,78\text{cm}$$

$$X_2 = 40,72\text{ cm}$$

Como em ambos os casos X_2 é superior a altura da faixa, o X adotado foi o X_1 , pertencendo ao domínio 2, pois $X_1 < X_{2\text{lim}}$.

- Área de aço (A_s)

$$A_{s-} = M_{d-} / (f_{yd} * (d - 0,4 * x)) \rightarrow 11281 / (43,48 * (16,6 - 0,4 * 1,59)) = 16,25\text{ cm}^2$$

$$A_{s+} = M_{d+} / (f_{yd} * (d - 0,4 * x)) \rightarrow 5646 / (43,48 * (16,6 - 0,4 * 0,78)) = 7,97\text{ cm}^2$$

- Verificação área de aço mínima ($A_{s\text{min}}$)

$$A_{s\text{min}} = 0,15\% * b_w * h \rightarrow 0,15\% * 360\text{cm} * 20\text{cm} = 10,80\text{ cm}^2$$

Como a área de aço calculada para o momento fletor negativo é superior a área de aço mínima, será adotada a área de aço calculada. Considerando barras de ferro com 8,0 mm de diâmetro, que possui área de 0,5024 cm², tem-se para o momento fletor negativo:

$$n^\circ \text{ de barras} = A_s \text{ adotado} / \text{área da barra} \rightarrow 16,25 / 0,5024 = 33 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre as barras (S)} = b_w / n^\circ \text{ de barras} \rightarrow 360 / 33 = 10\text{ cm}.$$

Já para o momento fletor positivo, como a área de aço calculada é inferior a área de aço mínima, foi adotada a área de 10,80 cm², sendo assim:

$$n^\circ \text{ de barras} = A_s \text{ adotado} / \text{área da barra} \rightarrow 10,80 / 0,5024 = 22 \text{ barras}$$

$$\text{Espaçamento entre as barras (S)} = b_w / n^\circ \text{ de barras} \rightarrow 360 / 22 = 16\text{ cm}.$$

Com isso, a armadura negativa da faixa vertical será com barras de aço CA-50 com 8,00 mm de diâmetro, espaçadas a cada 10 cm. Já a armadura positiva, será com o mesmo diâmetro e com o espaçamento de 16 cm entre elas (tabela 11).

Tabela 11 - Resumo de Aço Faixa Vertical

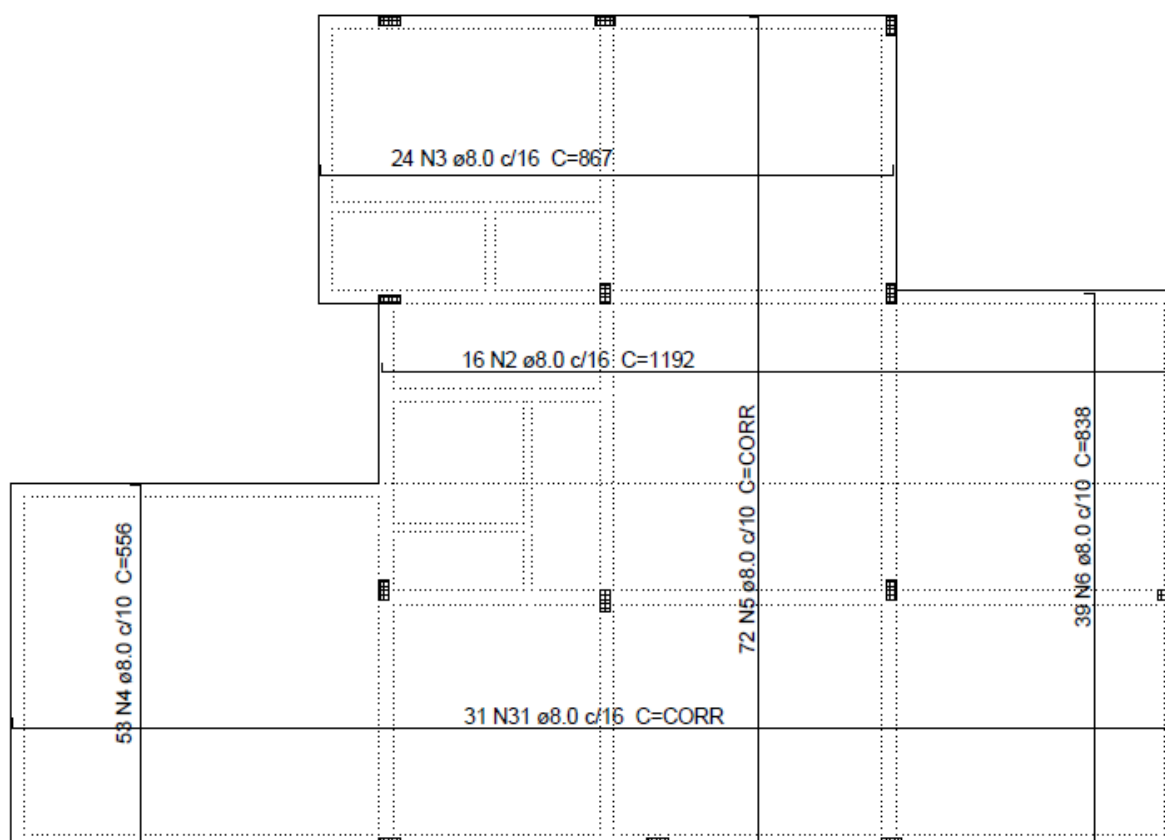
	Diâmetro das barras de aço CA-50 (mm)	Espaçamento entre as barras de aço (cm)
Armadura Negativa (Md-)	8,00	10,00
Armadura Positiva (Md+)	8,00	16,00

Fonte: Autoria própria (2019).

Uma vez que as faixas utilizadas no dimensionamento abrangem os pilares com maiores carregamentos, a armadura dimensionada foi considerada em toda a extensão do radier, respeitando o sentido das faixas.

Sendo assim, a figura 22 detalha a armadura negativa dimensionada.

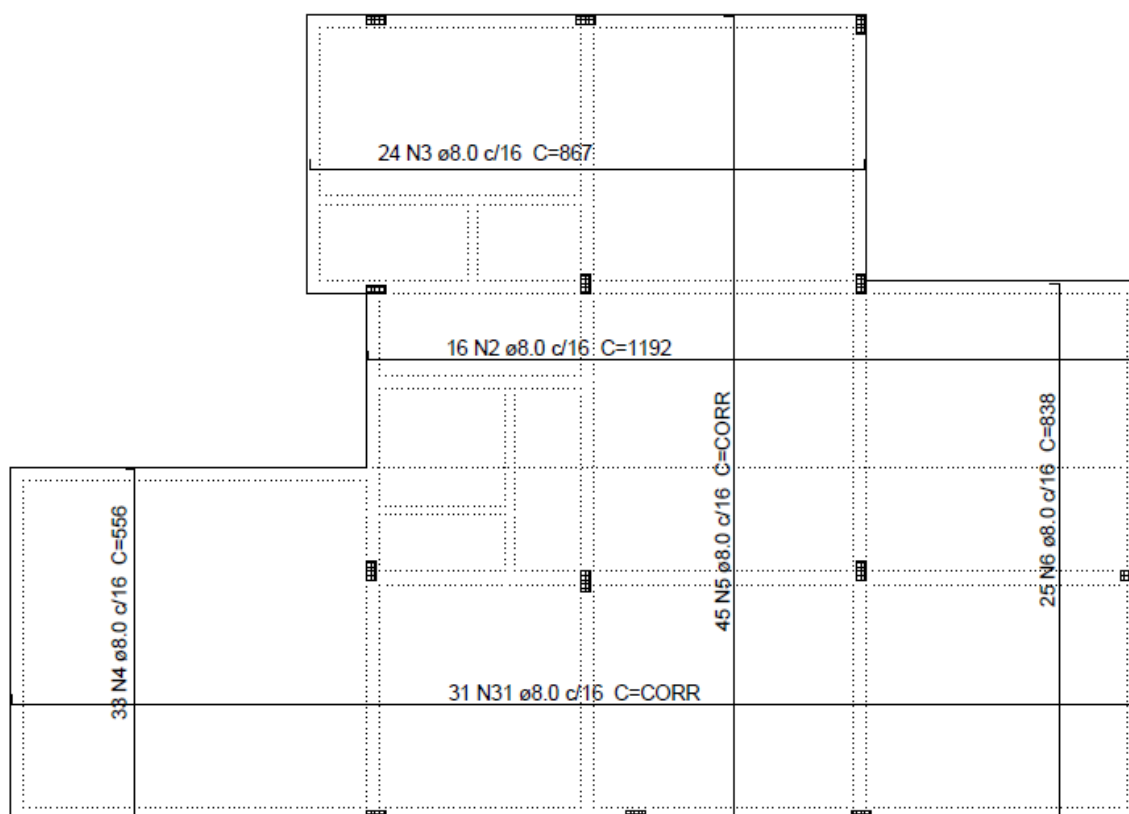
Figura 22 - Detalhamento Armadura Negativa Dimensionada



Fonte: Autoria própria (2019).

Já a figura 23, detalhada a armadura positiva dimensionada.

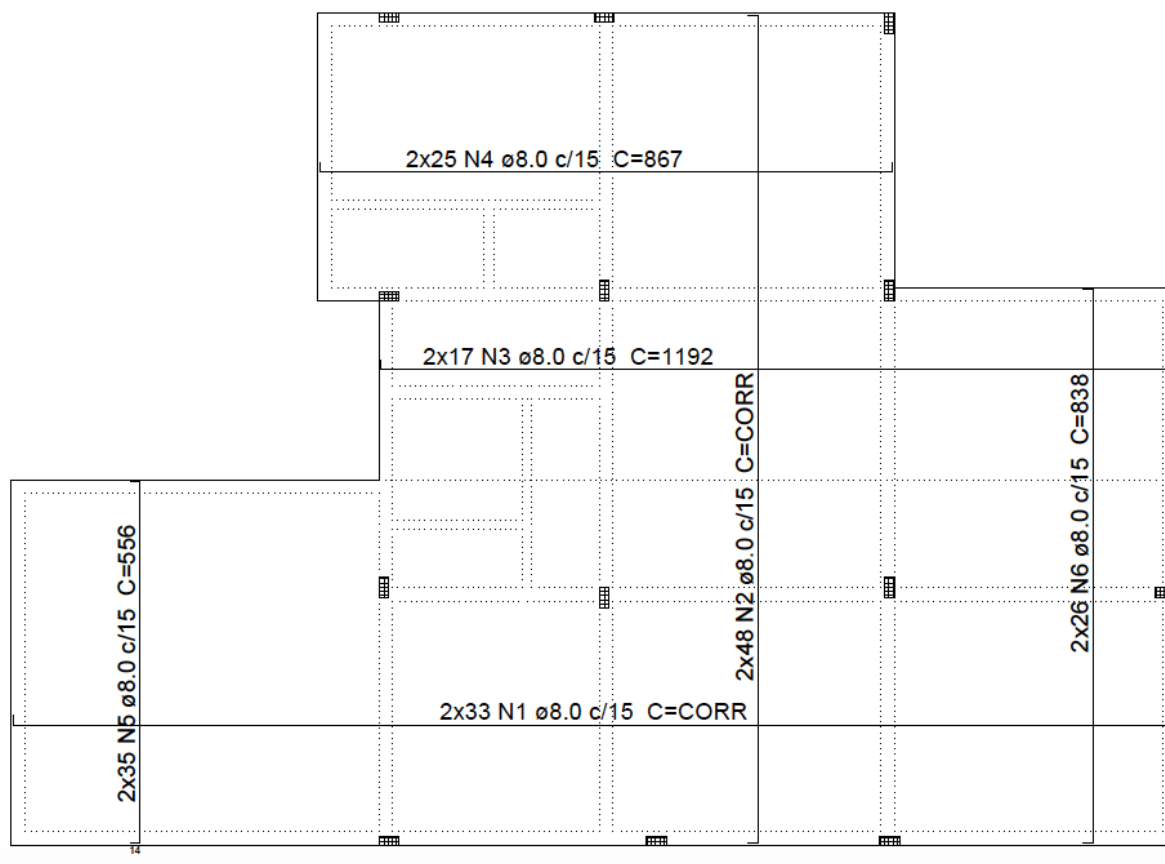
Figura 23 - Detalhamento Armadura Positiva Dimensionada



Fonte: Autoria própria (2019).

E a figura 24, ilustra a armadura negativa e positiva utilizada no projeto estrutural contratado. O detalhamento deste radier pode ser observado de forma mais detalhada no anexo deste trabalho.

Figura 24 - Detalhamento Armadura Projeto Estrutural



Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se observar que no projeto estrutural (figura 24), as armaduras negativas e positivas possuem o mesmo diâmetro e espaçamento, 8,00 mm e 15 cm respectivamente. No dimensionamento, as armaduras positivas de ambas as faixas e negativa da faixa horizontal, apresentaram uma pequena diferença com relação à área de aço utilizada em projeto, alterando o espaçamento entre as barras para 16 centímetros. Já na armadura negativa da faixa vertical, foi necessária uma área maior de aço, com isso, foi preciso ajustar o espaçamento para 10 centímetros.

Apesar da diferença, são valores bem aproximados aos utilizados em projeto, levando em consideração que são processos de análise distintos, sendo o processo manual a favor da segurança, já constatado na avaliação das cargas nos pilares (Tabela 2)

4.7. Execução do Radier

Após apresentar as etapas do dimensionamento do radier, é importante expor as condições do ambiente e mostrar as fases de execução do sistema de fundação.

A residência avaliada neste estudo de caso possui 243,45 m² e seu projeto arquitetônico é parte integrante deste trabalho (anexo). O Terreno é plano, com dimensões de 15,80m de frente por 30,00m de fundos, totalizando uma área de 474,00m².

Primeiramente foi realizada uma limpeza superficial da vegetação do terreno e em seguida foi colocado material de aterro para regularização da superfície (figura 25).

Figura 25 - Regularização do Terreno



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Posteriormente, foi executada uma base com pedras, popularmente conhecida como pedra rachão, devidamente compactadas para dar maior sustentação ao radier (figura 26).

Figura 26 - Base Radier



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

A etapa subsequente consistiu em executar as formas de borda do radier, lançamento das esperas das tubulações conforme os projetos complementares, lona plástica e armaduras, definidas no projeto estrutural (anexo), como mostra a figura 27.

Figura 27 - Execução do Radier



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Por fim, após a verificação do posicionamento das esperas das tubulações e conferência das armaduras positivas e negativas do radier, seguiu-se para concretagem do elemento estrutural (figura 28).

Figura 28 - Concretagem Radier



Fonte: Arquivo pessoal (2017).

Expostas as condições do terreno e retratadas as etapas de execução do radier, todas as condicionantes necessárias para atingir o objetivo geral foram cumpridas, encerrando-se este tópico.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa, foi possível concluir que o radier dimensionado, seguindo as etapas da teoria apresentada, trouxe resultados muito próximos com os do projeto estrutural, que foi inteiramente dimensionando em um software (Eberick). Sendo assim, para este estudo de caso, pode-se afirmar que esta forma de dimensionamento traz resultados confiáveis e que apesar de não existir uma norma brasileira, onde estabelece os critérios para dimensionar um radier, essas teorias trazem segurança para o engenheiro estrutural na hora do dimensionamento deste tipo de fundação.

In loco, o desempenho do radier foi satisfatório. No ponto de vista estrutural, garantiu a estabilidade da edificação sem apresentar qualquer tipo de patologia ao término da construção. No ponto de vista econômico, apesar de não ter sido apresentado um comparativo com o sistema de fundação por blocos de concreto sobre estacas, o investimento realizado foi menor que o orçamento estimado, realizado a partir do Sistema Nacional de Preços e Índices para Construção Civil (SINAPI), para este padrão e tamanho de edificação. O mesmo serve para o cronograma da obra, onde a execução do radier possibilitou ajustar o cronograma e antecipar a entrega da obra.

Esses fatos despertaram interesse nos engenheiros das demais edificações vizinhas, pois foi notória a facilidade e agilidade que este tipo de fundação trouxe para a edificação, além de proporcionar um ambiente mais limpo durante todo o processo executivo até a sua concretagem.

Desta forma, como os resultados obtidos nesse estudo foram positivos, assegurando que o radier foi uma boa alternativa para este projeto, este tipo de fundação poderia ser mais utilizada em nosso país, o que estimularia a sua normatização.

Em termos de trabalhos futuros, existem muitas linhas de desenvolvimento que poderiam ser seguidas nesse tema, como sugestão:

- a) Avaliação sob quais aspectos este tipo de fundação se tornaria recomendada para determinadas edificações.

- b) Comparativo aprofundado com a fundação em blocos de concreto armado sobre estacas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI. **Design of slabs on grade** (ACI 360R-92), 1997.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Committee 336. **ACI 336.2R-88**: Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footings and Mats. Farmington Hills, 2002.

ANTONIAZZI, Juliana Pippi. **Interação solo-estrutura de edifícios com fundações superficiais**. 2011. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo-sondagem de simples reconhecimento com SPT – método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até a sua cobertura**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BERBERIAN, Dickran. **Engenharia de Fundações**. 4. ed. Brasília: Infrasolo/fundex, 2018.

BELL, Brian J.. **Fundações em concreto armado**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985. 268 p.

BOWLES, J.E. **Foundation Analysis and Design**. 3. ed. Tokyo, 1982, McGraw-Hill.

CASTRO, Luís Manuel Santos. **Análise de Vigas em Fundação Elástica**. 2013. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2013.

COELHO, Vinicius de Oliveira. **ANÁLISE PARAMÉTRICA PARA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL DO TIPO RADIER**. 2016. 119 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50., 2008, Maceió. **ANÁLISE DE FUNDAÇÃO TIPO RADIER EMPREGANDO O MODELO DE ANALOGIA DE GRELHA**. Maceió: Ibracon, 2008.

CORDOVIL, Fábio Armando Botelho. **Lajes de Concreto Armado - Punção**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1997.

DÓRIA, L. E. S.; Projeto de estrutura de fundação em concreto tipo radier. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2007.

HACHICH, Waldemar. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1998.

JOHNSON, Laurence D. **Design and construction of mat foundations**. 1989. 354f.

JUNIOR, O. **Estudo da modelagem de radier rígido em concreto armado na análise da interação solo-estrutura**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

PACHECO, Thiago Mendonça. **Análise comparativa de custos entre o radier e fundação em sapata corrida utilizadas em obras de padrão popular de quatro pavimentos no município de feira de Santana, Bahia**. 2010. 91 p. Monografia – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2010.

PORTO, Thiago Bomjardim. **Estudo da interação de paredes de alvenaria estrutural com a estrutura de fundação**. 2010. 243 p. Dissertação do curso de Pós-Graduação em engenharia de estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

REBELLO, Yopanan Canrado Pereira, **Fundações: Guia prático de projetos, execução e dimensionamento**, Zigurate Editora, São Paulo, 2008.

RIBEIRO, Marco Antônio Amâncio. **Análise comparativa de métodos utilizados no cálculo da interação solo-radier**. 2010. 101 p. Monografia – Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SANTOS, Mauro Jorge da Costa. **Contribuição ao projeto de fundações em Radier**. 1987. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1987.

SCHMIDTKE, Werner Felipe et al. **FUNDAÇÕES DO TIPO RADIER. Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 14, n. 1, p.1-7, 2017.

SOUZA, Shirley do Socorro Melo de. **Análise Experimental de Lajes Lisas Nervuradas de Concreto Armado com Armadura de Cisalhamento**. 2007. 182 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

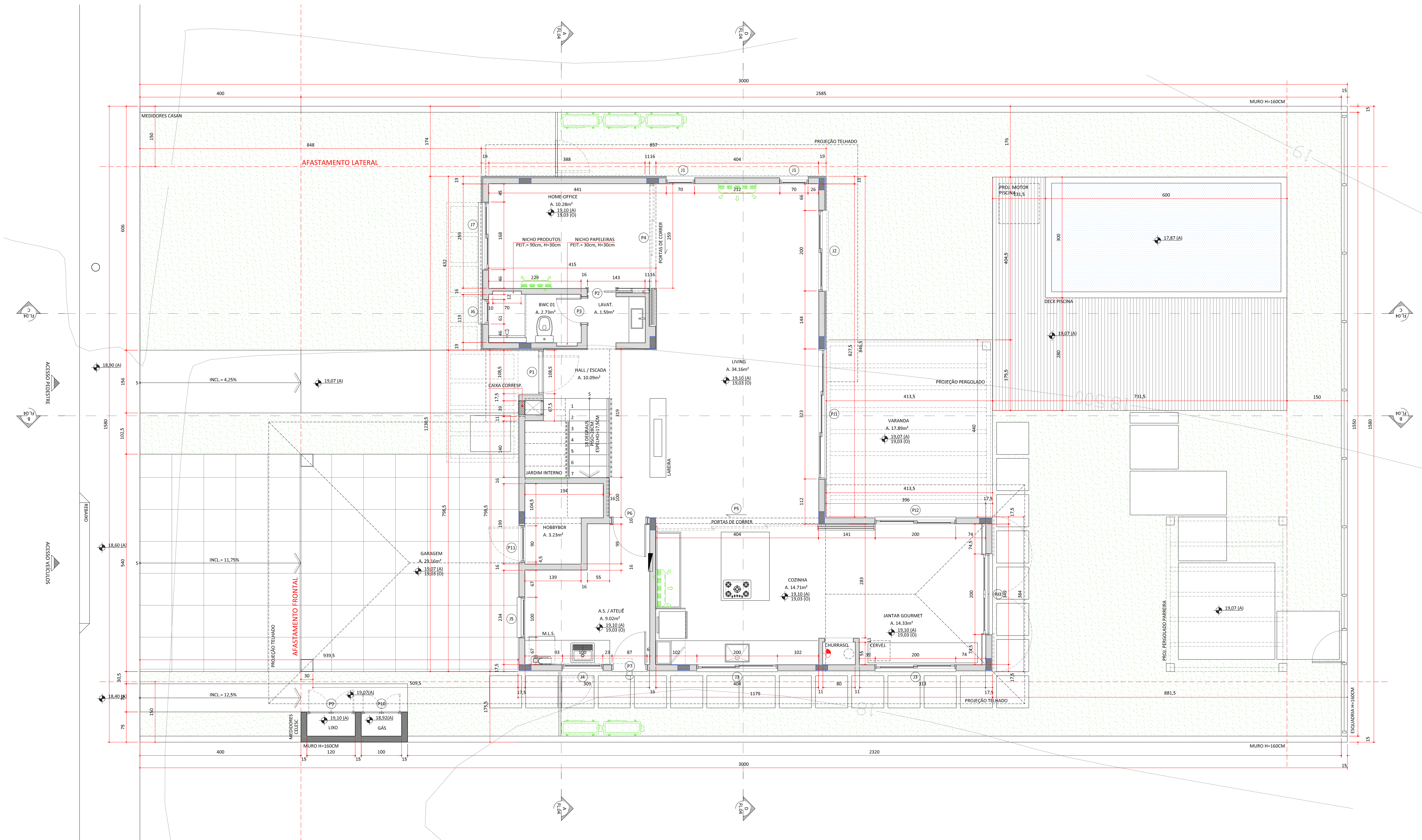
SPERNAU, Wilson. **Notas de aula – Estruturas de fundações**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 1998.

VELOSO, Dirceu Alencar; LOPES, Francisco de Rezende Waldemar. **Fundações: Critérios de Projeto – Fundações Superficiais**, Nova Edição – São Paulo – 2011. Ed. Oficina de Textos.

VELOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Resende. **Fundações**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2004.

ANEXOS

Anexo A – Projeto Arquitetônico da Residência



PAVIMENTO TÉRREO

VISTA FRONTAL

QUADRO DE OBSERVAÇÕES

- ENCHIMENTO HIDRO / RALO QUADRADO (BOXES COM RALOS LINEARES)
 - O PASSEIO SERÁ EXECUTADO CONFORME CONVENÇÃO DO CONDOMÍNIO.
 - AS PAREDES DAS ÁREAS MOLHADAS (COZINHA, BWC E ÁREA DE SERV.) SERÃO REVESTIDAS COM CERÂMICA;
 - AS GOLAS DAS PORTAS TERÃO 6,5cm.
 - PARA ACABAMENTOS VER CADERNO DE DETALHAMENTO
 - AS PAREDES DE ALVENARIA SERÃO COMPOSTAS POR BLOCO CERÂMICO 14x19x29cm E 9x19x19cm
- = PAREDE COM BLOCO CERÂMICO E=14cm
- = PAREDE COM BLOCO CERÂMICO E=9cm

Data: 06/07/2017
Etapa: PROJETO EXECUTIVO
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
Endereço: LOTE 10, CONDOMÍNIO JARDIM DOS INGLESES
SERVIDÃO TRÊS MARIAS, 285, INGLESES
FLORIANÓPOLIS - SC

Proprietário: PAULO ROBERTO GOUVEIA DA MOTTA JUNIOR
CPF: 532.890.139-87

Arquiteto: SANDRO DELLA CASA
CAU/SC: A55266-9

Resp. Técnico: PAULO ROBERTO GOUVEIA DA MOTTA NETO
RNP: 2512515117 Reg.: 123456-9-SC

Conteúdo: PLANTA BAIXA TÉRREO

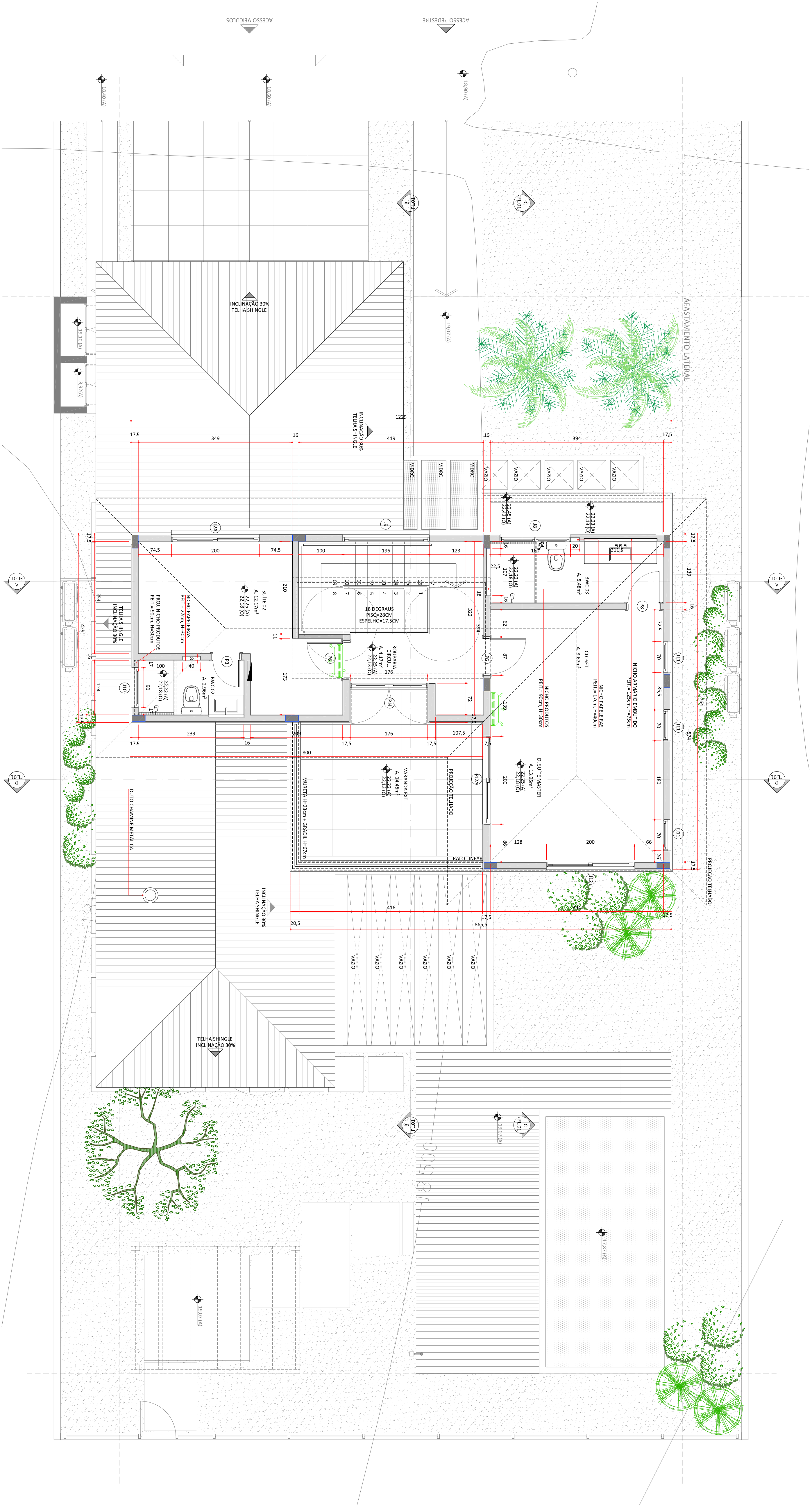
Prancha:

02/05

Escala: 1/50

SARAU ARQUITETURA

Os Direitos Autorais são reservados - Leis Federais 5194/66 e 9610/98



PAVIMENTO SUPERIOR
ESCALA 1/50



QUADRO DE OBSERVAÇÕES

- = ENCHIMENTO HIDRO / RALO QUADRADO (BOXES COM RALOS LINEARES)
- = O PASSIEO SERÁ EXECUTADO CONFORME CONVENÇÃO DO CONDOMÍNIO.
- = AS PAREDES DAS ÁREAS MOLHADAS (COZINHA, BWC E ÁREA DE SERV.) SERÃO REVESTIDAS COM CERÂMICA.
- = AS GOLAS DAS PORTAS TERÃO 6,5cm.
- = PARA ACABAMENTOS VER CADERNO DE DETALHAMENTO
- = REBAIXOS NO REBOCO - PAREDES EXTERNAS COM 1cm - VER FACHADAS COM RESPECTIVOS NÍVEIS
- = OS NICHOS TERÃO PROFUNDIDADE DE 8cm NA ALVENARIA
- = AS PAREDES DE ALVENARIA SERÃO COMPOSTAS POR BLOCO CERÂMICO 14x19x23cm E 9x19x19cm
- = PAREDE COM BLOCO CERÂMICO E-14cm
- = PAREDE COM BLOCO CERÂMICO E-9cm

ANEXOS

Anexo B – Laudo de Sondagem do Terreno

PERFIL GEOLOGICO E GEOTECNICO INDIVIDUAL DO SUBSOLO

Cliente:	Fiori Empreendimentos Imobiliários Ltda	SONDAGEM A PERCUSSÃO
Obra:	Condomínio Jardim Ingleses	SP- 03 COTA: ±
Local:	Servidão Três Marias, 285 - Ingleses - Florianópolis - SC	INÍCIO: 22/07/11 TÉRMINO: 25/07/11
		COORD.: S - 27º 26' 149 W - 48º 24' 721

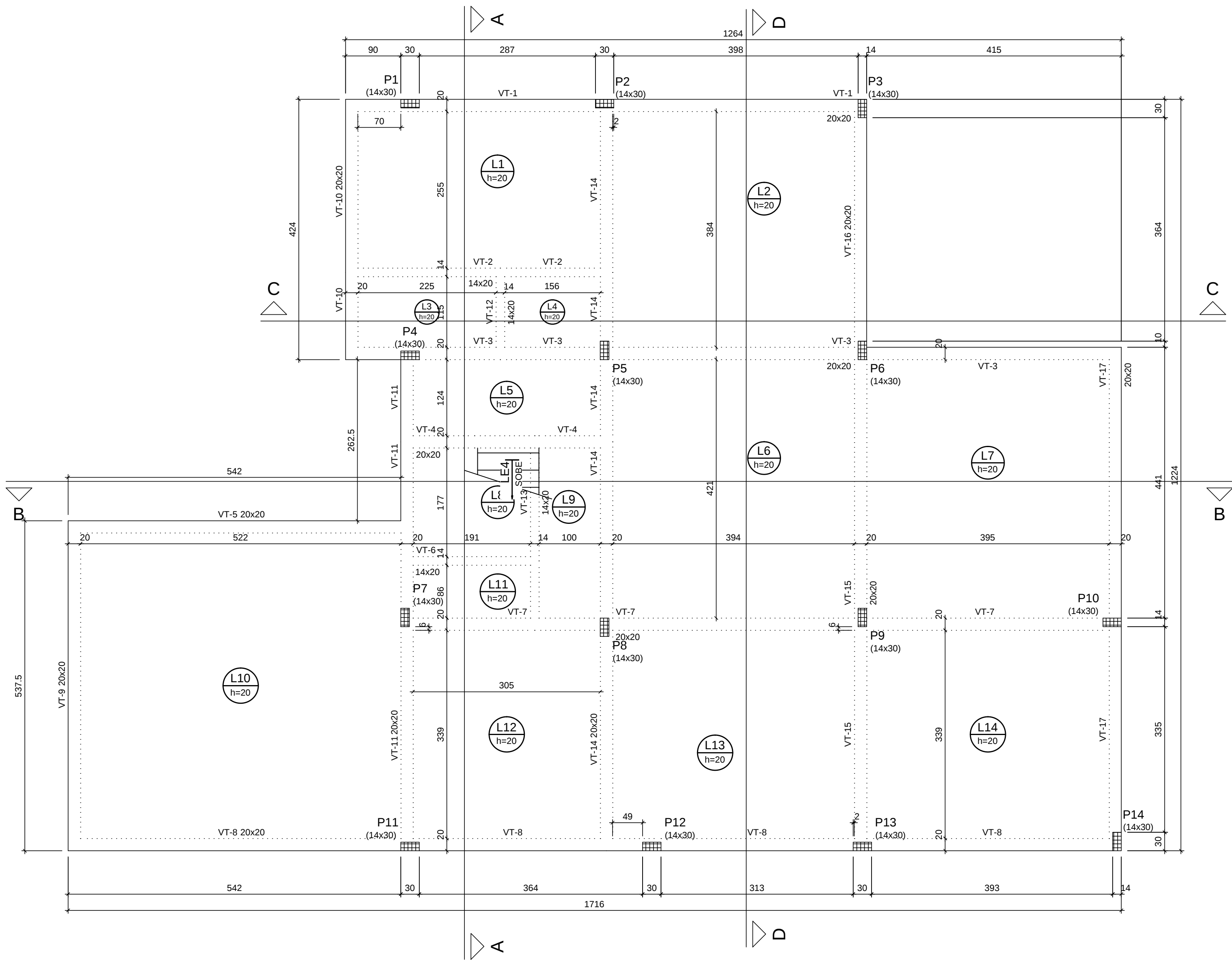
Cota em relação ao R.N.	0	Golpes / cm						Número de golpes (30cm finais)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		Prof. da camada (m)	DESCRIÇÃO
									AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK			
									Nº DE GOLPES			
									GRÁFICO			
		1º	cm	2º	cm	3º	cm		Torque			
									Max	Min		
	1	1	15	1	15	2	18	3	10	8	0	0,00 Solo arenoso, granulometria média-fina, pouco argiloso, marrom.
	2	1	15	1	30			1	2	0	1	1,00 Solo arenoso, granulometria média-fina, marrom, fofo .
	3	1	18	1	15	1	15	2	2	0	2	2,00 Solo argiloso, plástico, pouco arenoso, com restos orgânicos, marrom, muito mole .
	4	1	22	1	24			1	0	0	3	4,00 Solo argiloso, plástico, com restos orgânicos e marinhos, cinza, muito mole .
	5										4	
	6										5	
	7	1	17	1	16	1	15	2	2	0	6	7,00 Solo argiloso, plástico, com restos orgânicos, cinza, muito mole .
	8	1	21	1	25			1	0	0	7	10,00 Solo arenoso, granulometria média-fina, cinza, compacto .
	9	1	19	1	15	1	16	2	2	0	8	11,00 Solo argiloso, plástico, pouco arenoso, cinza, médio .
	10	2	15	9	15	14	15	23	8	6	9	12,00 Solo siltoso, pouco argiloso, verde, mole .
	11	3	16	4	14	4	15	8	2	0	10	
	12	1	17	1	15	2	16	3	2	0	11	
	13	2	16	2	15	2	15	4	2	0	12	
	14	1	15	2	16	2	15	4	2	0	13	
	15	2	15	2	15	3	16	5	10	8	14	
	16	2	19	1	11	2	16	3	8	6	15	
	17	1	16	2	15	2	15	4	8	6	16	
											17	

Profundidade no nível d'água (m)				AVANÇO DO TRADO:	0,00 a 1,00 m	REFERÊNCIA:	DATA:
INICIAL:	1,01 m	 SPT estimado	 torque máx. (kgf.m)	AVANÇO POR LAVAGEM:	1,00 a 29,00 m		
FINAL:		 SPT 30cm finais	 torque mín. (kgf.m)	PROF. DO REVESTIMENTO:	2,50 m	ESCALA VERT.:	1 : 100
SPL SONDAGENS				DESENHO nº		FOLHA Nº:	01/02
				RESPONSÁVEL TÉCNICO:			
TEMPO DE PARA				Luiz Carlos Ferreira de Souza CREA/SC 17783-3			

PERFIL GEOLOGICO E GEOTECNICO INDIVIDUAL DO SUBSOLO															
Cliente: Fiori Empreendimentos Imobiliários Ltda										SONDAGEM A PERCUSSÃO					
Obra: Condomínio Jardim Ingleses										SP- 03 COTA: ±					
Local: Servidão Três Marias, 285 - Ingleses - Florianópolis - SC										INÍCIO: 22/07/11 TÉRMINO: 25/07/11					
										COORD.: S - 27º 26' 149 W - 48º 24' 721					
Cota em relação ao R.N.	Golpes / cm						Número de golpes (30cm finais)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			Diâmetro do revestimento (mm): 68,8				
								AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK			Diâmetro do amostrador: φ INTERNO (mm) : 34,9				
								Nº DE GOLPES GRÁFICO			φ EXTERNO (mm) : 50,8				
									Torque		Altura da queda (m): 0,75		Peso (kg): 65		
									Max	Min	Prof. da camada (m)				
17											DESCRÇÃO				
18	2	18	2	14	3	15	5	10	8		23,00 Solo argiloso, plástico, pouco arenoso, marrom, médio .				
19	1	17	2	16	2	14	4	8	6		28,00 Solo arenoso, granulometria média-fina, cinza, muito compacto .				
20	2	17	2	15	2	14	4	8	6		31,00 Sondagem interrompida.				
21	2	16	2	14	3	15	5	10	8						
22	1	15	2	15	2	15	4	8	6						
23	3	15	5	15	5	15	10	16	14						
24	3	16	6	15	4	15	10	12	10						
25	3	17	3	15	3	16	6	8	6						
26	2	16	3	14	3	15	6	8	6						
27	3	15	4	15	4	15	8	10	8						
28	24	15	30	14			30								
29	30	14													
30	5	16	12	14	15	15	27	18	16						
31	7	15	13	15	17	15	30	20	18						
32															
33															
34															
Profundidade no nível d'água (m)										AVANÇO DO TRADO: 0,00 a 1,00 m		REFERÊNCIA:		DATA:	
INICIAL: 1,01 m SPT estimado torque máx. (kgf.m)										AVANÇO POR LAVAGEM: 1,00 a 31,00 m					
FINAL: SPT 30cm finais torque mín. (kgf.m)										PROF. DO REVESTIMENTO: 2,50 m		ESCALA VERT.: 1 : 100			
SPL SONDAGENS		LAVAGEM POR TEMPO (30 min)				DESENHO nº				RESPONSÁVEL TÉCNICO:					
		TEMPO	DE		PARA										
		0:30				Luiz Carlos Ferreira de Souza CREA/SC 17783-3				FOLHA Nº: 02/02					

ANEXOS

Anexo C – Plantas de Formas do Projeto Estrutural Utilizado



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VT-1	20x20	0	1903
VT-2	14x20	0	1903
VT-3	20x20	0	1903
VT-4	20x20	0	1903
VT-5	20x20	0	1903
VT-6	14x20	0	1903
VT-7	20x20	0	1903
VT-8	20x20	0	1903
VT-9	20x20	0	1903
VT-10	20x20	0	1903
VT-11	20x20	0	1903
VT-12	14x20	0	1903
VT-13	14x20	0	1903
VT-14	20x20	0	1903
VT-15	20x20	0	1903
VT-16	20x20	0	1903
VT-17	20x20	0	1903

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	14 x 30	0	1903
P2	14 x 30	0	1903
P3	14 x 30	0	1903
P4	14 x 30	0	1903
P5	14 x 30	0	1903
P6	14 x 30	0	1903
P7	14 x 30	0	1903
P8	14 x 30	0	1903
P9	14 x 30	0	1903
P10	14 x 30	0	1903
P11	14 x 30	0	1903
P12	14 x 30	0	1903
P13	14 x 30	0	1903
P14	14 x 30	0	1903

Lajes						Sobrecarga (kgf/m²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Total	Localizada
L1	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L2	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L3	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L4	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L5	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L6	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L7	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L8	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L9	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L10	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L11	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L12	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L13	Maciça	20	0	1903	500	300	-
L14	Maciça	20	0	1903	500	300	-

Área de lajes			
Tipo	Altura (cm)	Bloco de Enchimento	Área (m²)
Maciça	20	-	137.43

Características dos materiais		
Elemento	fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
Vigas	300	290384
Pilares	300	290384
Radier	250	241500

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

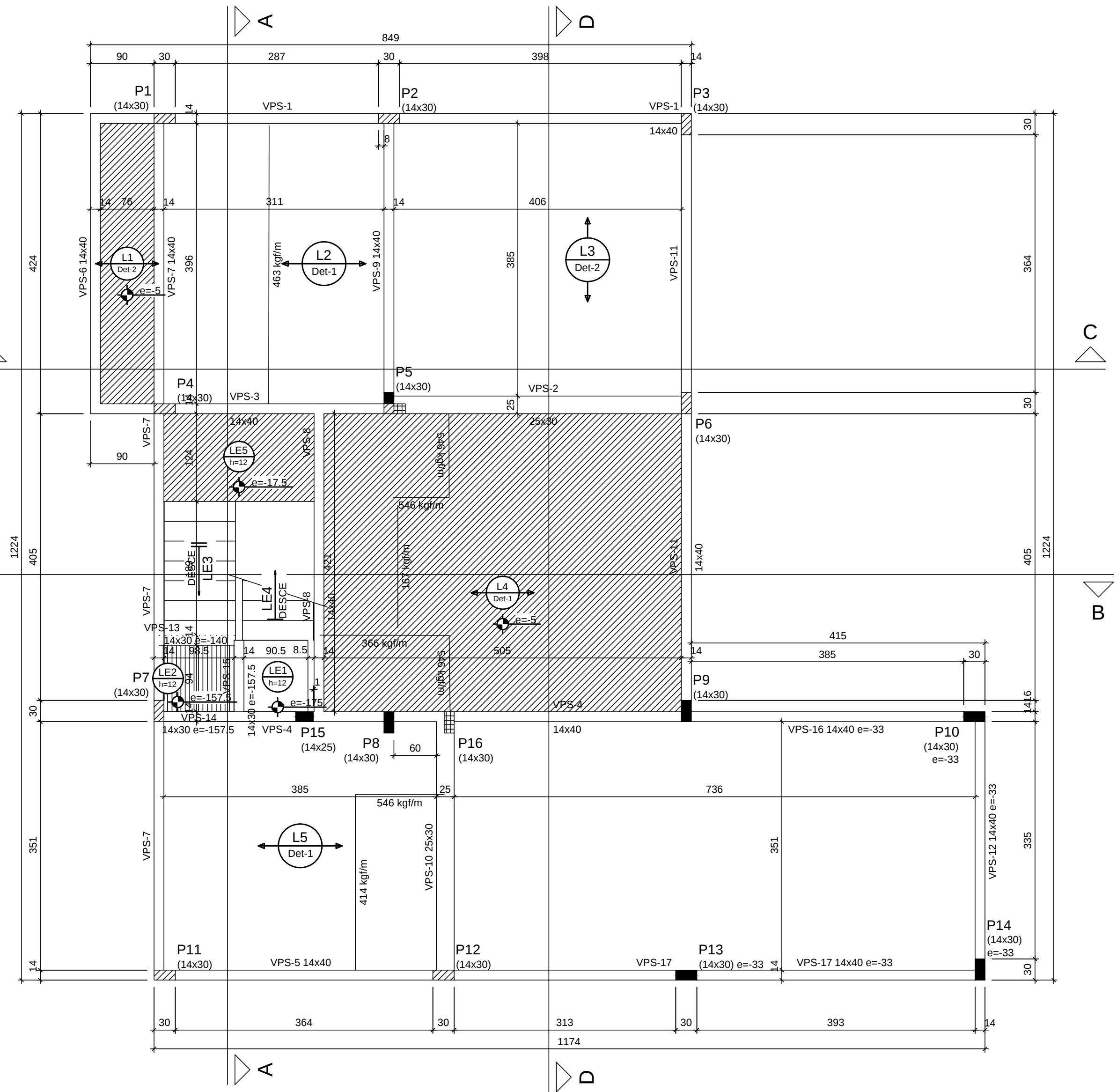
Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
300	290384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Lajes						Sobrecarga (kgf/m²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Total	Localizada
L1	Pré-moldada	13	-5	2213	279	250	-
L2	Treliçada 1D	17	0	2218	182	250	sim
L3	Pré-moldada	13	0	2218	279	250	-
L4	Treliçada 1D	17	-5	2213	187	250	sim
L5	Treliçada 1D	17	0	2218	187	250	sim
LE1	Maciça	12	-175	2043	300	400	-
LE2	Maciça	12	-158	2060.5	300	400	-
LE3	Maciça	12	0	2218	651	400	-
LE4	Maciça	12	-175	2043	608	400	-
LE5	Maciça	12	-18	2200.5	300	400	-

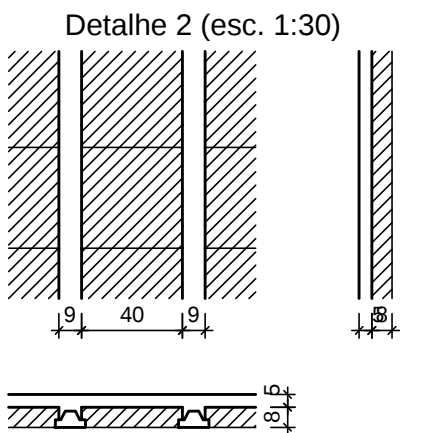
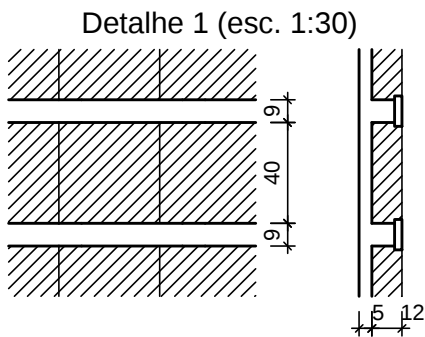
Blocos de enchimento						
Detalhe	Tipo	Nome	Dimensões(cm)			Quantidade
			hb	bx	by	
1	EPS Unidirecional	B12/40/40	12	40	40	242
2	Lajota cerâmica	B8/40/40	8	40	40	96



Forma do pavimento Piso Superior (Nível 2218)

escala 1:50

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VPS-1	14x40	0	2218
VPS-2	25x30	0	2218
VPS-3	14x40	0	2218
VPS-4	14x40	0	2218
VPS-5	14x40	0	2218
VPS-6	14x40	0	2218
VPS-7	14x40	0	2218
VPS-8	14x40	0	2218
VPS-9	14x40	0	2218
VPS-10	25x30	0	2218
VPS-11	14x40	0	2218
VPS-12	14x40	-33	2185
VPS-13	14x30	-140	2078
VPS-14	14x30	-157.5	2060.5
VPS-15	14x30	-157.5	2060.5
VPS-16	14x40	-33	2185
VPS-17	14x40	-33	2185



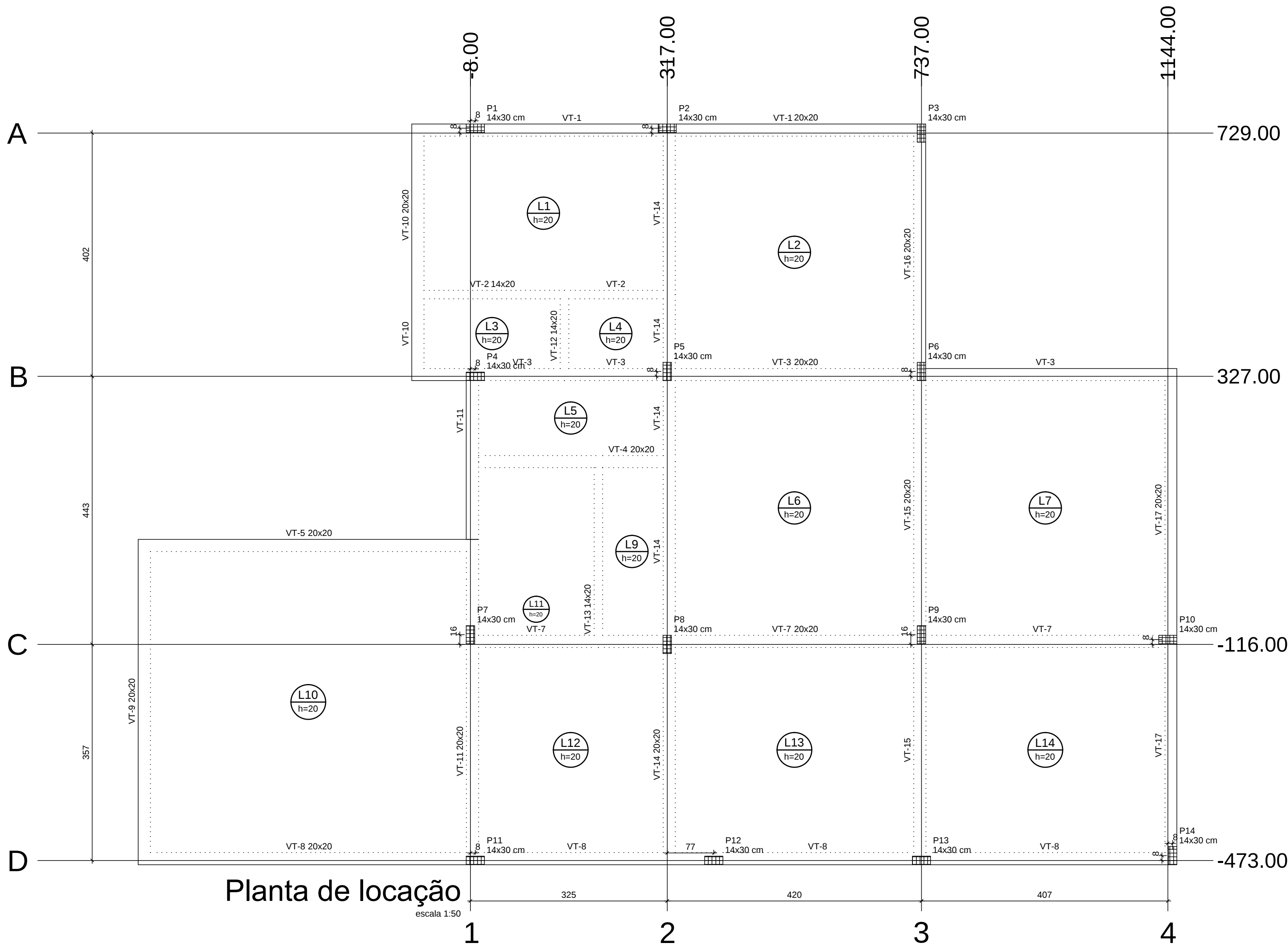
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	14 x 30	0	2218
P2	14 x 30	0	2218
P3	14 x 30	0	2218
P4	14 x 30	0	2218
P5	14 x 30	0	2218
P6	14 x 30	0	2218
P7	14 x 30	0	2218
P8	14 x 30	0	2218
P9	14 x 30	0	2218
P10	14 x 30	-33	2185
P11	14 x 30	0	2218
P12	14 x 30	0	2218
P13	14 x 30	-33	2185
P14	14 x 30	-33	2185
P15	14 x 25	0	2218
P16	14 x 30	0	2218

Área de lajes			
Tipo	Altura (cm)	Bloco de Enchimento	Área (m²)
Pré-moldada	13	B8/40/40	18.64
Maciça	12	-	8.13
Treliçada 1D	17	B12/40/40	47.09

Forma do pavimento Terreo (Nível 1903)

escala 1:50

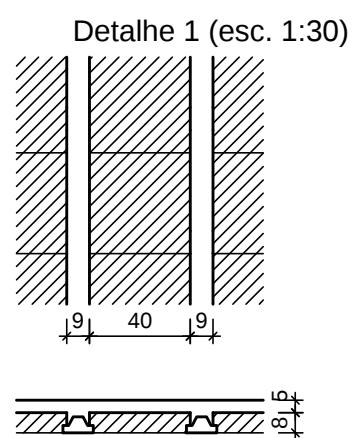
OBS.: ADICIONAR MALHA NA CAPA DAS LAJES PRÉ-FABRICADAS Ø 5,0 c/ 30.



Localização no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-8.00	P7
0.00	P1, P4, P11
317.00	P2, P5, P8
394.00	P12
737.00	P3, P6, P9, P13
1144.00	P10
-116.00	P8
-465.00	P14
1152.00	P14

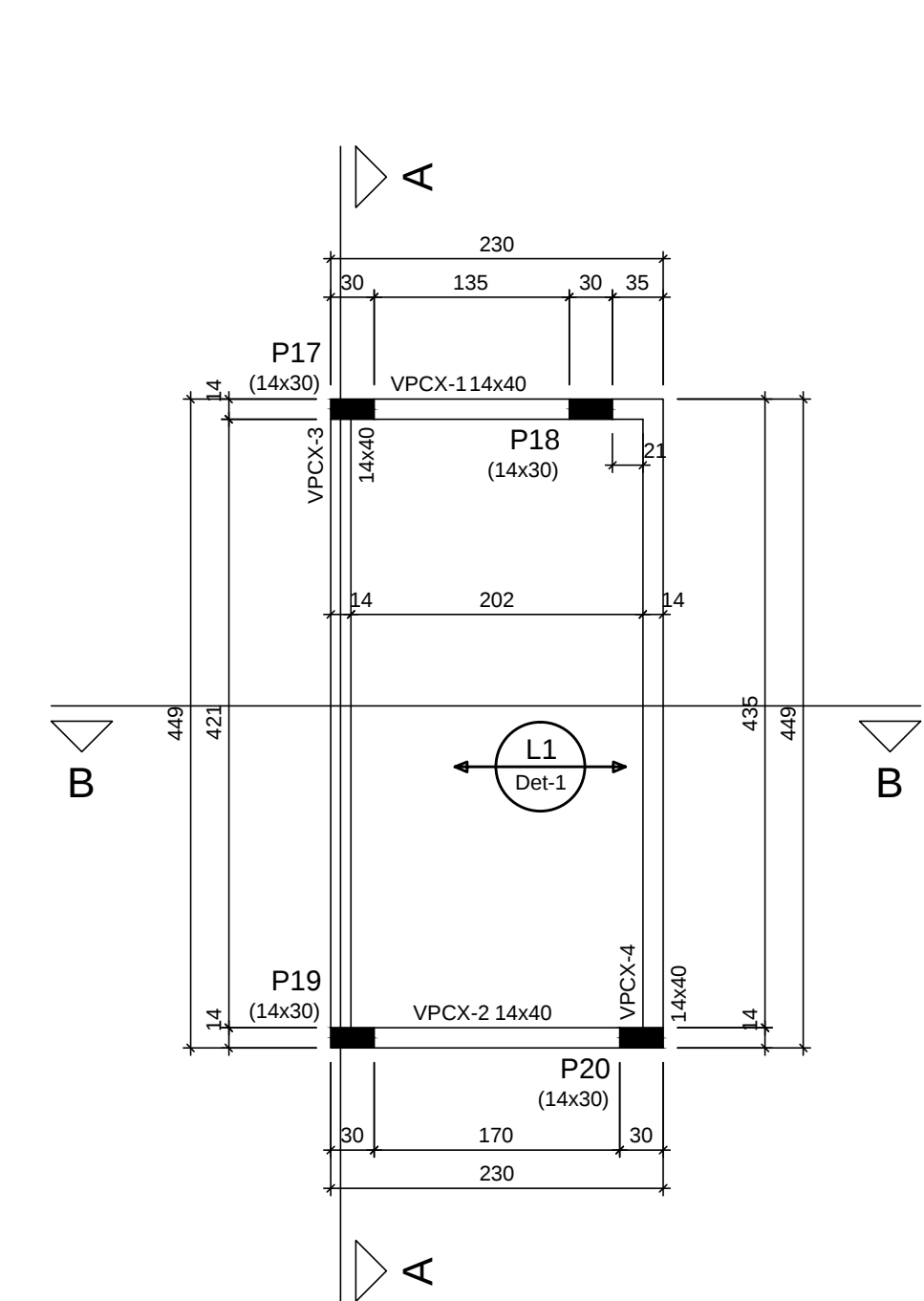
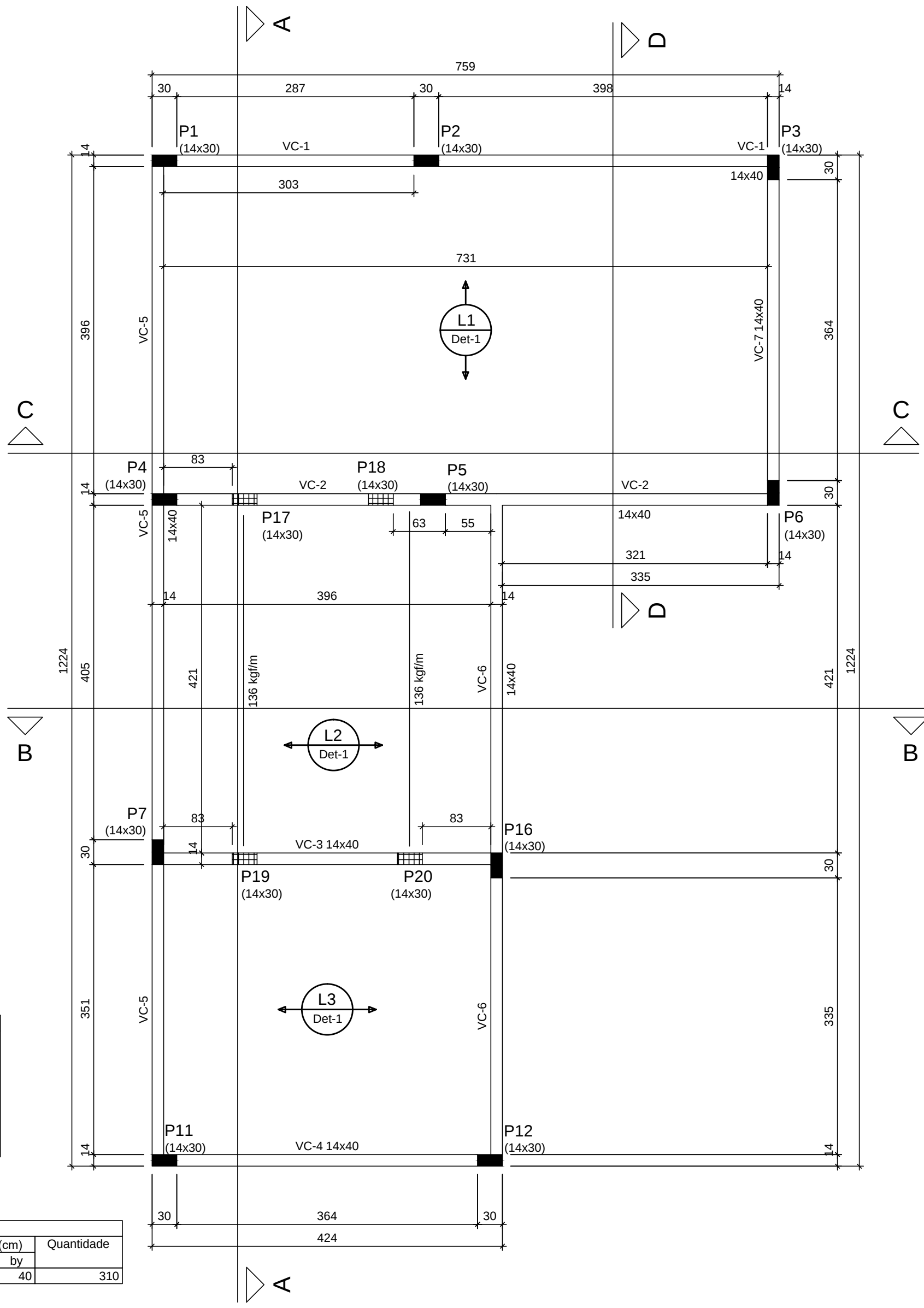
Localização no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
737.00	P1, P2
729.00	P3
335.00	P5, P6
327.00	P4
-100.00	P7, P9
-108.00	P10
-116.00	P8
-465.00	P14
-473.00	P11, P12, P13

Pilar nascendo				
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Posição
P1	14x30	0.00	737.00	A-1
P2	14x30	317.00	737.00	A-2
P3	14x30	737.00	729.00	A-3
P4	14x30	0.00	327.00	B-1
P5	14x30	317.00	335.00	B-2
P6	14x30	737.00	335.00	B-3
P7	14x30	-8.00	-100.00	C-1
P8	14x30	317.00	-116.00	C-2
P9	14x30	737.00	-100.00	C-3
P10	14x30	1144.00	-108.00	C-4
P11	14x30	0.00	-473.00	D-1
P12	14x30	394.00	-473.00	D-2
P13	14x30	737.00	-473.00	D-3
P14	14x30	1152.00	-465.00	D-4



Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Blocos de enchimento				
Detalhe	Tipo	Nome	Dimensões (cm)	Quantidade
1	Lajota cerâmica	B8/40/40	8 40 40	310



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VPCX-1	14x40	0	2568
VPCX-2	14x40	0	2568
VPCX-3	14x40	0	2568
VPCX-4	14x40	0	2568

Blocos de enchimento				
Detalhe	Tipo	Nome	Dimensões (cm)	Quantidade
1	EPS Unidirecional	B12/40/40	12 40 40	40

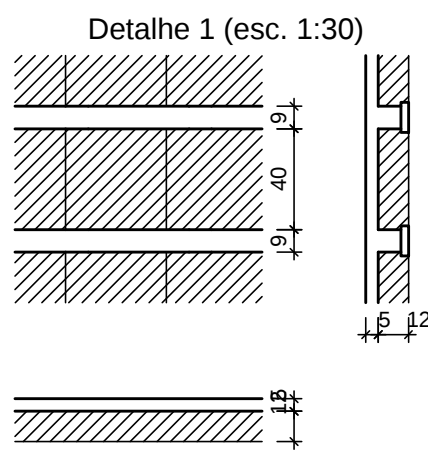
Lajes					
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)
L1	Treliçada 1D	17	0	2568	182

Área de lajes			
Tipo	Altura (cm)	Bloco de Enchimento	Área (m²)
Treliçada 1D	17	B12/40/40	8.50

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	fcs (kgf/cm²)
300	290384

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P17	14 x 30	0	2568
P18	14 x 30	0	2568
P19	14 x 30	0	2568
P20	14 x 30	0	2568

Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção



Área de lajes			
Tipo	Altura (cm)	Bloco de Enchimento	Área (m²)
Pré-moldada	13	B8/40/40	59.52

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	fcs (kgf/cm²)
300	290384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	14 x 30	0	2498
P2	14 x 30	0	2498
P3	14 x 30	0	2498
P4	14 x 30	0	2498
P5	14 x 30	0	2498
P6	14 x 30	0	2498
P7	14 x 30	0	2498
P11	14 x 30	0	2498
P12	14 x 30	0	2498
P16	14 x 30	0	2498
P17	14 x 30	0	2498
P18	14 x 30	0	2498
P19	14 x 30	0	2498
P20	14 x 30	0	2498

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
VC-1	14x40	0	2498
VC-2	14x40	0	2498
VC-3	14x40	0	2498
VC-4	14x40	0	2498
VC-5	14x40	0	2498
VC-6	14x40	0	2498
VC-7	14x40	0	2498

Forma do pavimento Cobertura (Nível 2498)

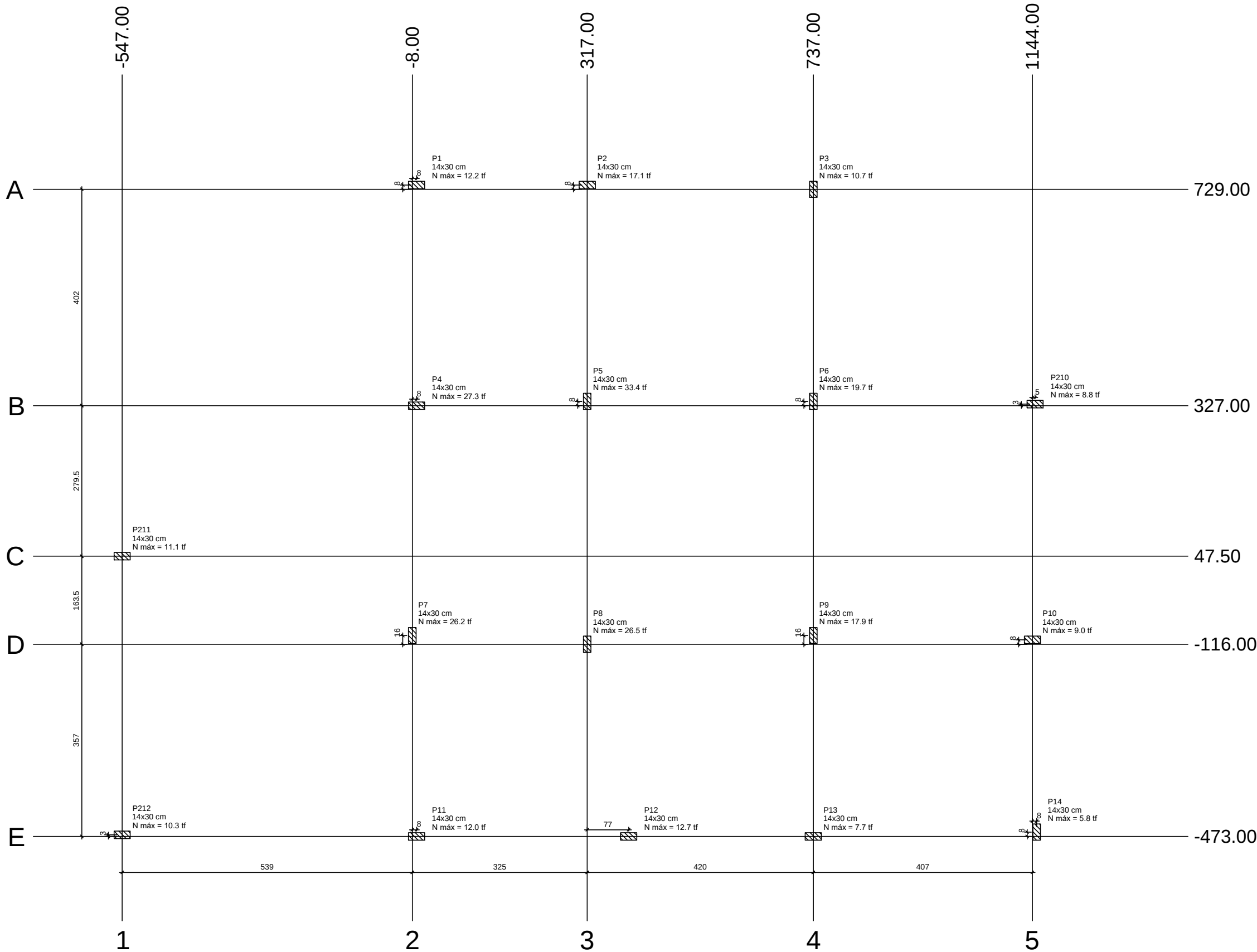
escala 1:50

Forma do pavimento Piso Cx Agua (Nível 2568)

escala 1:50

ANEXOS

Anexo D – Planta de Cargas do Projeto Estrutural Utilizado



Pilar									
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Mín. (tf)	Mx (kgf.m)	My (kgf.m)	Fx (tf)	Fy (tf)
P210	14x30	1149.00	330.00	8.8	8.6	400	1400	2.0	0.3
P211	14x30	-547.00	47.50	11.1	10.9	300	1600	3.9	0.2
P212	14x30	-547.00	-470.00	10.3	10.1	300	200	1.8	0.3
P1	14x30	0.00	737.00	12.2	11.0	0	0	0.3	0.1
P2	14x30	317.00	737.00	17.1	15.1	0	0	0.3	0.5
P3	14x30	737.00	729.00	10.7	9.6	0	0	0.4	0.6
P4	14x30	0.00	327.00	27.3	24.5	0	0	0.6	0.6
P5	14x30	317.00	335.00	33.4	29.8	0	0	0.2	0.4
P6	14x30	737.00	335.00	19.7	17.8	0	0	0.1	0.4
P7	14x30	-8.00	-100.00	26.2	24.0	0	0	0.3	0.7
P8	14x30	317.00	-116.00	26.5	24.0	0	0	0.1	0.3
P9	14x30	737.00	-100.00	17.9	16.9	0	0	0.2	0.3
P10	14x30	1144.00	-108.00	9.0	8.7	0	0	0.8	0.2
P11	14x30	0.00	-473.00	12.0	11.0	0	0	1.0	0.3
P12	14x30	394.00	-473.00	12.7	11.7	0	0	0.5	0.1
P13	14x30	737.00	-473.00	7.7	7.5	0	0	0.3	0.3
P14	14x30	1152.00	-465.00	5.8	5.5	0	0	0.4	0.3

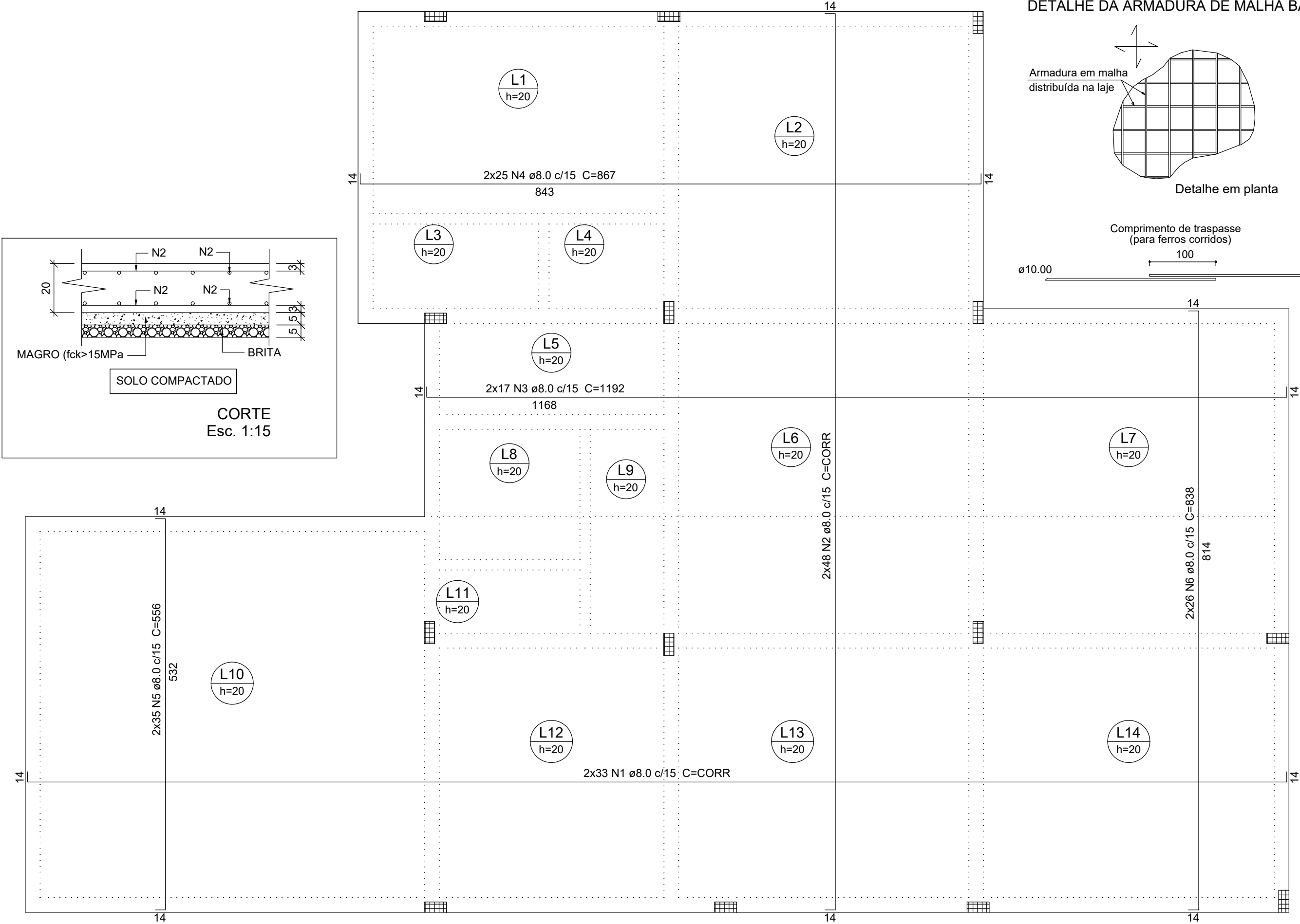
Locação no eixo X	
Coordenadas (cm)	Nome
-547.00	P211, P212
-8.00	P7
0.00	P1, P4, P11
317.00	P2, P5, P8
394.00	P12
737.00	P3, P6, P9, P13
1144.00	P10
1149.00	P210
1152.00	P14

Locação no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome
737.00	P1, P2
729.00	P3
335.00	P5, P6
330.00	P210
327.00	P4
47.50	P211
-100.00	P7, P9
-108.00	P10
-116.00	P8
-465.00	P14
-470.00	P212
-473.00	P11, P12, P13

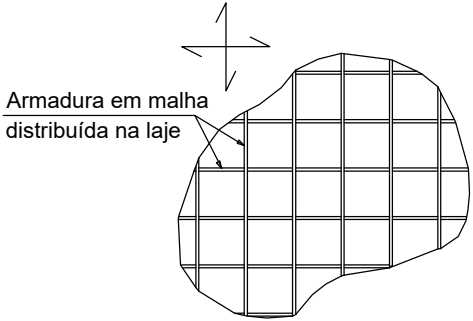
Planta de cargas

ANEXOS

Anexo E – Detalhamento Radier do Projeto Estrutural Utilizado



DETALHE DA ARMADURA DE MALHA BASE



Detalhe em planta

Comprimento de traspasse
(para ferros corridos)

100

ø10.00

Relação do aço

Negativos X

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	8.0	66	CORR	114444
	2	8.0	96	CORR	119232
	3	8.0	34	1192	40528
	4	8.0	50	867	43350
	5	8.0	70	556	38920
	6	8.0	52	838	43576

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	4000.5	1736.4
PESO TOTAL (kg)			
CA50	1736.4		

Volume de concreto (C-30) = 27.6 m³

Armação Inferior/Superior Radier

escala 1:50

OBS.: ADICIONAR ESPERAS DOS PILARES DETALHADAS NAS VIGAS