

**UNIVERSIDADE ALTO VALE DO RIO DO PEIXE-UNIARP
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

TAISA PIACENTINI CAGNIN

**DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO DE QUATRO
PAVIMENTOS COM A ANCORAGEM DO SOFTWARE EBERICK**

**CAÇADOR
2016**

TAISA PIACENTINI CAGNIN

**DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO DE QUATRO
PAVIMENTOS COM A ANCORAGEM DO SOFTWARE EBERICK**

Monografia apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do curso de Engenharia Civil, ministrado pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP, sob a orientação do Professor Gilsinei da Silva.

**CAÇADOR
2016**

**DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE UMA EDIFICAÇÃO DE QUATRO
PAVIMENTOS COM A ANCORAGEM DO SOFTWARE EBERICK**

TAISA PIACENTINI CAGNIN

Este trabalho de conclusão de curso foi submetido (a) ao processo de avaliação pela Banca Examinadora para a obtenção do Título (Grau) de:


Bacharel em Engenharia Civil

E aprovada em sua versão final em 07/12/2016, atendendo às normas da legislação vigente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe e coordenação do curso de Engenharia Civil.



Coord. Dr^a. Liane da Silva Bueno

BANCA EXAMINADORA :



Prof. Esp. Gilsinei da Silva



Prof. Esp. Luciano Wagner Behr



Prof. Esp. Vladimir Kemp

DEDICATORIA

Aos meus pais Ivonete Piacentini e Valdir Eduardo Cagnin e a toda minha família que sempre me apoio em todos os momentos de dificuldade. Por me ensinarem os valores da vida e me ajudam a ser uma pessoa melhor. Ao meu irmão João Carlos Dacroce que sempre me incentivou a ser dedicada aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ser a base de minha vida, por todos meus objetivos alcançados.

A minha família por estarem todos sempre ao meu lado, seja em momentos bons tanto quanto em momentos difíceis, sempre acreditando no meu potencial.

A todos os meu professores por todos os ensinamentos nesses longos anos de estudo, sem eles isso jamais seria possível.

A meu orientador deste trabalho Gilsinei Da Silva, que por diversas vezes me passou seus conhecimentos.

A meus amigos Lizandra Saorin Balbinotti, Cristina Cantelli e Mayara Zago, Thaelys Rissardi, Kevin Lemes e demais amigos gerados no período do curso que nunca mediram esforços para me ajudar durante toda a graduação

RESUMO

O projeto estrutural, é um projeto de extrema importância para a engenharia civil, para uma boa elaboração de um projeto estrutural é necessário entendimentos de como as estruturas se comportam. O presente trabalho irá trazer as noções básicas do que é preciso conhecer para um dimensionamento e detalhamento de uma estrutura de concreto armado, seguindo todas as especificações e normas.

Palavras-Chave: Engenharia. Estruturas. Concreto Armado. Dimensionamento. Detalhamento.

ABSTRACT

The structural design is an extremely important project for civil engineering, for a good development of a structural design is necessary understanding of how structures behave. This will work to bring the basics of what you need to know for design and detailing of reinforced concrete structure, following all the specifications and standards.

Keywords: Engineering. Structures. Reinforced Concrete. Design. Detailing.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Slump Test..... | 21 |
| Figura 2: Viga sofrendo compressão..... | 25 |
| Figura 3: Demonstração de flexotração, compressão diametral e tração pura..... | 25 |
| Figura 4: Pilar..... | 35 |
| Figura 5: Caixaria e Armadura de Pila | 36 |
| Figura 6: Viga..... | 38 |
| Figura 7: Esquema da Viga..... | 38 |
| Figura 8: Lajes..... | 39 |
| Figura 9: Fundação direta e indireta..... | 41 |
| Figura 10: Lançamento de pavimentos..... | 43 |
| Figura 11: Planilha de dimensionamento..... | 44 |
| Figura 12: Detalhamento do Pila P3..... | 45 |
| Figura 13: Tabela de dimensionamento das vigas..... | 46 |
| Figura 14: Detalhamento da Viga 6 do Tipo 1..... | 46 |
| Figura 15: Tabela de relação do aço e resumo do Aço..... | 47 |
| Figura 16: Escada Pavimento Tipo 1..... | 49 |
| Figura 17: Escada Nível Intermediário..... | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Propriedades mecânicas dos aços..... | 27 |
| Tabela 2: Classes de agressividade ambiental (CAA) | 31 |
| Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto | 32 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAA - Classe de Agressividade Ambiental

ART – Anotação de Responsabilidade técnica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA | 14 |
| 1.2 PROBLEMA | 14 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 14 |
| 1.4 OBJETIVOS | 15 |
| 1.4.1 Objetivos Gerais | 15 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 15 |
| 1.5 METODOLOGIA | 15 |
| 2. DESENVOLVIMENTO | 17 |
| 2.1. REFERENCIAL TEÓRICO | 17 |
| 2.1.1 Breve Histórico | 17 |
| 2.1.2 Vantagens do Concreto Armado | 17 |
| 2.1.3 Desvantagens | 18 |
| 2.1.4 Sistema Estrutural | 18 |
| 2.1.4.1 Normas Técnicas | 19 |
| 2.1.4.2 Características e Propriedades do Concreto | 20 |
| 2.1.4.3 Concreto fresco | 21 |
| 2.1.4.3.1 Consistência | 21 |
| 2.1.4.3.2 Trabalhabilidade | 22 |
| 2.1.4.3.3 Homogeneidade | 22 |
| 2.1.4.3.4 Adensamento | 23 |
| 2.1.4.3.5 Início da pega do concreto | 23 |
| 2.1.4.3.6 Cura do concreto | 24 |
| 2.1.5 Resistência à Compressão | 25 |
| 2.1.5.1 Resistência do Concreto à Tração | 26 |
| 2.1.6 Características Do Aço | 26 |
| 2.1.7 Dimensionamento De Uma Estrutura | 27 |
| 2.1.7.1 Qualidade das Estruturas | 29 |

| | |
|---|-----------|
| | 12 |
| 2.1.7.2 Durabilidade das Estruturas de Concreto | 30 |
| 2.1.7.3 Cuidados a Tomar em um Projeto Para Garantir a Durabilidade..... | 32 |
| 2.1.8 Eberick | 33 |
| 2.2 METODOLOGIA | 35 |
| 2.2.1.1 Pilares | 35 |
| Figura 4: Pilar | 36 |
| 2.2.1.2.1 vigas invertidas..... | 38 |
| 2.2.1.3 Lajes | 39 |
| 2.2.1.3.1 Lajes Maciças..... | 40 |
| 2.2.1.3.2 Lajes pré-moldadas | 41 |
| 2.2.1.3.3 Lajes nervuradas..... | 41 |
| 2.2.1.4 Fundação..... | 41 |
| 2.2.2 Material..... | 42 |
| 2.3 Resultados | 43 |
| 2.3.1 Lançamento dos Pilares | 44 |
| 2.3.2 Lançamentos das Vigas | 46 |
| 2.3.3 Lançamento das Lajes..... | 49 |
| 2.3.4 Escada | 50 |
| 3. CONCLUSÃO | 52 |
| REFERÊNCIAS | 53 |
| APÊNDICE A – Projeto Arquitetônico dos Pavimentos Tipo..... | 56 |
| APÊNDICE B – Projeto Arquitetônico Cobertura | 57 |
| APÊNDICE C – Forma do Pavimento Baldrame..... | 58 |
| APÊNDICE D – Forma do Pavimento Tipo 1 | 59 |
| APÊNDICE E – Forma do Pavimento Tipo 2..... | 60 |
| APÊNDICE F – Forma do Pavimento Tipo 3 | 61 |
| APÊNDICE G – Forma da Cobertura, Barrilete e Reservatório..... | 62 |
| APÊNDICE H – Detalhamento dos Pilares do Pavimento Baldrame..... | 63 |
| APÊNDICE I – Detalhamento dos Pilares do Pavimento Tipo I | 64 |
| APÊNDICE J – Detalhamento dos Pilares do Pavimento tipo 2..... | 65 |
| APÊNDICE K – Detalhamento dos Pilares do Pavimento Tipo 3..... | 66 |
| APÊNDICE P – Detalhamento das Vigas do Pavimento Tipo 3 | 71 |
| APÊNDICE Q – Detalhamento das Vigas da Cobertura, Reservatório e Barrilete..... | 72 |

APÊNDICE R – Detalhamento da Escada do Pavimento Tipo 1 73

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Projeto estrutural, também conhecido como cálculo estrutural, é o dimensionamento e detalhamento das estruturas, compostas num projeto, como as vigas, lajes, pilares e fundações, que irão garantir a sustentação do edifício, sendo responsáveis pela segurança das edificações, evitando problemas como as patologias.

O mau dimensionamento pode gerar diversas patologias como as fissuras, trincas, quedas de revestimento, deslocamentos de piso entre outros problemas, em casos mais graves geram o colapso das estruturas. Deste modo, o projeto estrutural deve relacionar segurança, economia e durabilidade, caso um desses requisitos não forem executados perfeitamente, descaracteriza um bom projeto estrutural, perdendo assim a sua funcionalidade.

Hoje em dia, o crescimento do software eberick está cada vez maior, dominando os escritórios de engenharia civil, sendo tema deste trabalho de conclusão de curso I, a necessidade de aprofundar conhecimentos na área de estruturas de concreto armado

Com a realização deste trabalho de conclusão de curso, abordaremos o tema de Dimensionamento de estruturas em concreto armado, com a ancoragem do software Eberick. Para isso será aprofundado o conhecimento sobre como as estruturas se comportam sob determinados fatores.

1.2 PROBLEMA

Como dimensionar um edifício com a utilização do software Eberick - Sistema de Projeto de Edificações em Concreto Armado.

1.3 JUSTIFICATIVA

Em pleno século XXI, com o crescimento das cidades é necessário a criação de diversas maneiras de atender a população. Uma dessas maneiras é a construção de edifícios que abrigam diversas famílias, garantindo todo conforto e segurança necessárias para uma boa moradia.

É de extrema importância ter domínio das estruturas para um engenheiro civil, a partir disso escolhi esse tema para elaboração do meu trabalho de conclusão de curso.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos Gerais

Tem como objetivo este trabalho de conclusão elaborar o dimensionamento e detalhamento de uma estrutura de uma edificação em concreto armado, abrangendo os conhecimentos necessários para a sua elaboração.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Embasamento teórico a respeito do dimensionamento através de pesquisas bibliográficas em livros e normas atualizadas, sendo isso elaborado no TCC1;
- Pesquisas bibliográficas sobre o concreto armado e o aço, também executado no TCC1;
- Dimensionar os elementos estruturais como vigas, pilares e fundações, concluindo no TCC2;
- Elaborar projeto estrutural, detalhando as vigas, pilares, lajes e fundações, elaborado no TCC2.

1.5 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do referencial teórico utilizaremos embasamento em livros específicos de cálculo e detalhamento de estruturas de concreto armado de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) junto com outras normas.

No dimensionamento elaborado no TCC 2 será efetuado o dimensionamento dos elementos estruturais e o detalhamento dos mesmos, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) com o apoio do software Eberick.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1 Breve Histórico

No ano de 1824, o cimento Portland foi criado pelo francês J. Aspdin, em 1855 foi construído um barco com argamassa de cimento com reforço de ferro pelo também francês J. L. Lambot. Em 1861, F. Coignet publicou os princípios básicos para as construções em concreto armado, no mesmo ano o também francês constrói um vaso de flores de concreto com armadura gerada de arame. (CARVALHO; FILHO, 2015)

No ano de 1873 foi construído uma casa de concreto armado pelo americano W.E. Ward, Ward's Castle, que existe até os dias de hoje. (CARVALHO; FILHO, 2015).

Em 1888 com a patente criada a qual tem o propósito de aumentara a resistência de placas e pequenas vigas por meio de uma protensão sendo provocada propositalmente. (CARVALHO; FILHO, 2015)

No ano de 1904 foi publicado as "Instruções provisórias para preparação, execução e ensaio de construções de concreto armado na Alemanha. (CARVALHO; FILHO, 2015)

2.1.2 Vantagens do Concreto Armado

A utilização do concreto armado garante uma melhor resistência na maioria das vezes no seu uso. Tendo em vista que ele possui uma boa trabalhabilidade, se adaptando em várias formas é mais escolhido para elementos estruturais. É possível ter estruturas monolíticas, diferente das pré-moldadas, madeira e aço. Isso ocorre devido a aderência entre o concreto já endurecido com o contato com aquele é lançado posteriormente o que gera uma fácil transmissão de esforços. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Sendo executado segundo a norma, evitando o uso de acelerados de pega que geram uma corrosão nas armaduras além de mais econômicos em algumas situações

o concreto armado se torna um material de alta durabilidade. Apresenta também uma maior resistência ao fogo e durabilidade em relação ao aço e a madeira, desde que seja executado dentro do padrão exigido do meio em que está inserido a estrutura. (CARVALHO; FILHO, 2015)

É mais rápido e mais fácil de ser executado quando utilizado no sistema de pré-moldados. Concreto armado possui resistência à efeitos térmicos, atmosféricos e desgastes mecânicos, e resistente a choques e vibrações. (CARVALHO; FILHO, 2015)

2.1.3 Desvantagens

"Resulta em elementos com maiores dimensões que o aço, o que, com seu peso específico elevado ($\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$), acarreta em peso próprio muito grande, limitando seu uso em determinadas situações ou elevando bastante seu custo." (CARVALHO; FILHO, 2015, p.22)

Segundo Carvalho; Filho (2015), comum o uso em casos específicos de materiais que isolem o calor e som. É de suma importância o uso de fôrmas e escoramentos até que o concreto atinja uma resistência correta nos casos em que não foi feito o uso de pré-moldados.

2.1.4 Sistema Estrutural

Os elementos estruturais como as lajes, vigas, os pilares etc., que fazem parte de uma estrutura são chamados de sistema estrutural. As estruturas podem ser em concreto armado moldados no local ou estruturas de concreto armado pré-moldadas. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo Carvalho; Filho (2015), as estruturas de concreto armado moldadas no local costumam ser complexas e em alguns caso não é possível sua construção, sendo assim é necessário utilizar o modo da discretização, que é nada mais do que desmembrá-los os elementos de simples estudo, com isso é possível que seja analisado de forma correta a estrutura.

Quando utilizado componentes pré-moldados, as formas utilizadas na discretização são mais fieis com a realidade, pelo fato de que os elementos são feitos

isoladamente com baixa continuidade, podendo ser flexíveis ou semirrígidas. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Sendo assim de acordo com Carvalho; Filho (2015), podemos admitir que a estrutura com concretagem no local tendo uma armadura detalhada conforme as normais possui um comportamento monolítico, diferente da pré-moldada, aonde seus elementos devem ser dimensionados como isolado. Ainda se tratando de elementos pré-fabricados deverá ser decidido se os elementos serão confeccionados no canteiro de obra, que necessita de fôrmas ou serão encomendados dos fabricantes. Normalmente não se torna vantajoso fabricar no canteiro de obras, pois o mesmo irá precisar de um investimento muito grande. Portanto é preciso saber como funciona e como se comporta cada elemento que formará o conjunto estrutural.

Concluindo, é importante destacar que para determinar o esforço que a fundação transmite ao solo deve-se efetuar o cálculo (quando se usa a técnica da discretização) na seguinte seqüência: lajes, vigas, pilares (superestrutura) e fundações (infraestrutura); note que o cálculo é efetuado na seqüência da construção. (CARVALHO; FILHO, 2015, p. 27)

2.1.4.1 Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com o objetivo de padronizar na elaboração, execução, no controle de obras e nos materiais que dê total segurança regulamenta os métodos a serem utilizados com normas específicas. Para estruturas de concreto, as mais importante são: (CARVALHO; FILHO, 2015)

- NBR 6118 (ABNT, 2007): projeto de estruturas de concreto - procedimento.
- NBR 6118 (ABNT, 2014): projeto de estruturas de concreto - procedimento (cancela e substitui a versão de 2007).
- NBR 6120 (ABNT, 1980) (versão corrigida de 2000): cargas para cálculo de estruturas de edificações - procedimento.
- NBR 8681 (ABNT, 2003) (versão corrigida de 2004): ações e segurança nas estruturas - procedimento.
- NBR 6123 (ABNT, 1988) (versão corrigida 2 de 2013): forças devidas ao vento em edificações - procedimento.

- NBR 14931 (ABNT, 2004): execução de estruturas de concreto - procedimento.
- NBR 9062 (ABNT, 2006): projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) entra no lugar da NBR 6118 (ABNT, 2007), a mesma já havia substituído as normas NBR 6119 (ABNT, 2001) - Cálculo e execução de lajes mistas - e NBR 7197 (ABNT, 1989) - Projeto de estruturas de concreto protendido -. Além disso com as mudanças na NBR 6118 (ABNT, 2003) em 2003, obteve-se a necessidade de revisão da ABNT 7187 (ABNT, 1987) - Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido, procedimento -, que passou a ser NBR 7187 (ABNT, 2003) - Projeto de pontes de concreto armado e protendido, procedimento - e a NBR 8691 (ABNT, 1984) - Ações e segurança nas estruturas, procedimento - que foi substituída pela NBR 8681 (ABNT, 2003). Como a NBR 6118 (ABNT, 2014) tem como objetivo o projeto estrutural, obteve-se a necessidade de criar a NBR 14931 (ABNT, 2004) - Execução das estruturas de concreto, procedimento -, que define a parte de execução do projeto. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo Carvalho; Filho (2015), a NBR 6118 (ABNT, 2014) tem no seu objetivo os critérios gerais e requisitos básicos que necessitam um projeto estrutural de concreto simples, armado ou protendido, podendo ser ela como edifícios, pontes e viadutos, portos ou aeroportos, estrutura off-shore etc., ainda sobre a NBR 6118 (ABNT, 2014) a mesma não possui requisitos para evitar estados limites gerados por determinado tipos de sismos, impactos, explosões e fogo, para isso deverá ser utilizado normas específicas.

"Aplica-se às estruturas de concretos normais, com massa específica seca maior do que 2000 kg/m^3 , não excedendo 2800 kg/m^3 , tanto do grupo I de resistência (C10 a C50) como do grupo II (C55 a C90), conforme classificação da ABNT NBR 8953 (Concreto para fins estruturais - classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência) [...]. (CARVALHO; FILHO, 2015 p. 28)

2.1.4.2 Características e Propriedades do Concreto

De acordo com Carvalho; Filho (2015) o concreto é gerado por meio de uma junção de materiais adequados de cimento, agregados finos, agregados graúdos e água. Por muitas vezes podemos observar a adição de outros componentes ou produtos químicos, com a finalidade de melhorar o desempenhando, aumentando a trabalhabilidade e a resistência e diminuir o tempo em que ocorrerá reações químicas no concreto.

Para obtermos um concreto endurecido de boa qualidade depende exclusivamente do planejamento e dos cuidados na sua execução. No planejamento será definido as propriedades que o concreto deverá apresentar, analisar e escolhes os materiais necessários, escolher o método para definir o traço, os equipamentos para que possa ser misturado os componentes, o transporte, o adensamento e a cura. (CARVALHO; FILHO, 2015)

2.1.4.3 Concreto fresco

O concreto fresco possui a probabilidade de consistência, a trabalhabilidade e a homogeneidade. Para um bom concreto estrutural é preciso ser predominante sólido, com grande resistência e com pequenos espaços vazios. Uma das principais etapas de fabricação e na moldagem, que modifica as características finais é o adensamento, de forma que utilize todos os espaços da fôrma, outro fator que na qualidade do concreto e nas suas propriedades e também na durabilidade da estrutura é a cura, que deverá ser feita posteriormente do adensamento e início da pega. (CARVALHO; FILHO, 2015)

2.1.4.3.1 Consistência

O maior ou menor poder do concreto fresco de se deformar é correspondido pela sua consistência. Quando grande uso de armadura nas peças, é melhor que seja produzido concretos com maior consistência, e menor quantidade de água. Para peças com superfície com inclinação ou com eixos, como por exemplo escadas ou sapatas, é preciso que tenha uma consistência menor, garantindo a forma necessária. (CARVALHO; FILHO, 2015)

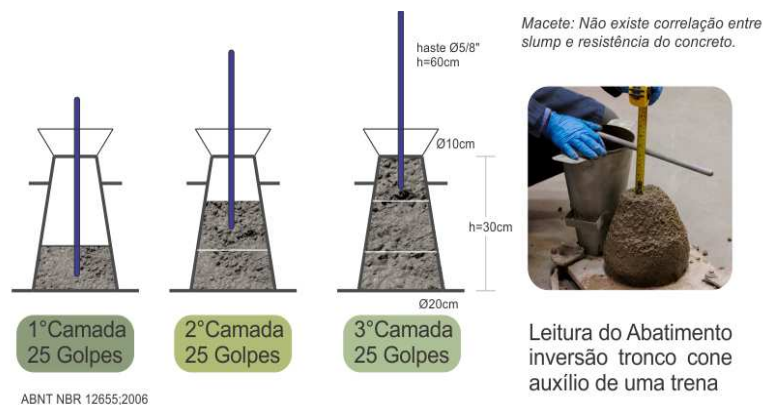
De acordo com Carvalho; Filho (2015), para medir a consistência do concreto pode ser utilizado o método do abatimento ou slump, que é regulamentado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998).

2.1.4.3.2 Trabalhabilidade

Para que um concreto possa ser caracterizado como com boa trabalhabilidade deverá ser um concreto com slump alto, sendo fácil o seu lançamento e adensamento. Existem alguns concretos identificados como auto adensáveis, que são concretos obtidos com a aplicação de aditivos, e não pelo aumento no uso de água, que modifica a relação água/cimento, resultando assim, respectivamente, em um concreto de menor resistência. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo o autor Carvalho; Filho (2015), a trabalhabilidade de um concreto está relacionada pela granulometria dos materiais sólidos, da adição de aditivos e do fator água/cimento. No item 7.4.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014), está recomendado que se não for obtido dados em ensaios que garantem o desempenho da estrutura em relação a sua durabilidade, a relação água/cimento deverá então respeitar os valores máximos, levando em conta a agressividade do meio em que será inserido e da resistência do concreto.

Figura 1: Slump Test



Fonte: Pedreira, 2012.

2.1.4.3.3 Homogeneidade

A homogeneidade do concreto é referente a relação em que os agregados se apresentam, quanto mais homogêneo o concreto, melhor será o resultado final em relação a qualidade da estrutura. Para que ocorra essa adequada homogeneidade é preciso que os agregados sejam o mais regulares e uniformes possíveis, deverão também estar o mais cercado possível pela pasta, sem que se fragmente. Com isso podemos observar uma melhor permeabilidade e proteção a armadura. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo o autor Carvalho; Filho (2015), especificado nos itens 9.5 e 9.6 da NBR 14931 (ABNT, 2004), para uma boa homogeneidade deverá ser seguido os seguintes itens;

- Boa agregação do concreto no momento da fabricação;
- Atender um correto transporte até a utilização do mesmo;
- Cuidar com o lançamento e adensamento do concreto nas fôrmas.

2.1.4.3.4 Adensamento

A etapa que mais determina a qualidade do concreto nas estruturas é o adensamento. De modo geral ele é feito com a utilização de energia mecânica colocada ao concreto. É preciso tomar cuidado com o aparecimento de bolhas de ar, vazios e afastamentos de materiais, para isso primeiros separamos os determinados materiais, para que depois possa ser misturado de forma correta.

Para que seja atingido um adensamento satisfatório, o processo mais simples e usual é a vibração mecânica, obtida pela imersão de vibradores na massa de concreto. Existe uma série de recomendações técnicas para o uso de vibradores mecânicos que podem ser encontradas no item 9.6.2 da ABTN NBR 14931:2004 ou em Peixoto et al.,¹ de maneira que não falte energia à mistura provocando o aparecimento de vazios (bicheiras), ou ocorra um excesso, causando a separação dos elementos (segregação). (CARVALHO; FILHO, 2015, p. 32)

2.1.4.3.5 Início da Pega do Concreto

Segundo Carvalho; Filho (2015), podemos definir início da pega a partir do momento em que a consistência não permite mais a sua trabalhabilidade, não podendo ser mais realizado impulsionamento do concreto nas fôrmas e o seu

adensamento. O endurecimento ocorre logo após ser produzido, existe um determinado tempo em que ocorre o início do endurecimento até que seja possível ser deformado, em que ainda não chegou a sua resistência máxima, esse processo é denominado como "pega".

De acordo com Carvalho; Filho (2015, p. 33), um meio prático de caracterizar o início da pega é fazendo a medição da profundidade de penetração de uma haste, de peso e tamanho predefinidos, no concreto. Quando a profundidade atingida apresentar um valor menor que um limite preestabelecido, considera-se que está iniciada a pega, devendo-se, então, começar os procedimentos de cura.

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), especificado no 9.3.3 é aconselhado, em que em dias normais de tempo e composição do concreto, não ultrapasse o tempo de 2h30 min. entre o adicionamento de água ao cimento até a concretagem. (CARVALHO; FILHO, 2015)

2.1.4.3.6 Cura do Concreto

Após o começo da pega, por um determinado tempo a água adicionada na mistura começa a esvair-se pelos poros e evaporar. Se essa evaporação ocorrer mais do que o usual, pode fazer com que o concreto tenha sua hidratação comprometida, ocorrendo uma maior retração diminuindo seu volume, normalmente as retrações são impedidas pelas fôrmas e armaduras, produzindo tensões de tração, levando a ocorrer fissuras que comprometem sua resistência final. (BOTELHO, 2015)

De acordo com Carvalho; Filho (2015), é de grande necessidade a conservação da umidade necessária para hidratação do concreto até que sejam atendidas as suas propriedades. Em princípio elevadas temperaturas são melhores pois costumam apressar o processo de ganha de resistência, porem deve-se estudado se o concreto utilizado precisa-se feita sua cura em alta ou baixa temperatura. Em determinadas situações podemos observar a utilização de cura a vapor, aonde o ambiente é mantido em altas temperaturas e saturado, agilizando o aumento da resistência do concreto. Caso não obtenha-se um endurecimento razoável é possível encontrar na NBR 14931 (ABNT, 2004), no item 10.1, indicações para cura.

2.1.5 Resistência à Compressão

Ensaio de corpos de prova efetuados à compressão centrada caracteriza a resistência a compressão de um concreto, com esse ensaio também atingimos mais características, um exemplo é o módulo de deformação longitudinal (módulo de elasticidade). Indiferente o modelo de ensaio, vários modos controlam a resistência do concreto endurecido, as que mais prevalece é a relação água, cimento e agregados, também denominados traço e a idade do concreto. (CARVALHO; FILHO, 2015)

"A resistência à compressão, obtida por ensaio de curta duração do corpo de prova (aplicação de carga de maneira rápida), é dada por:" (CARVALHO; FILHO, p.34, 2015)

$$f_{cj} = \frac{N_{rup}}{A} \quad (01)$$

Em que segundo o auto Carvalho; Filho, (2015):

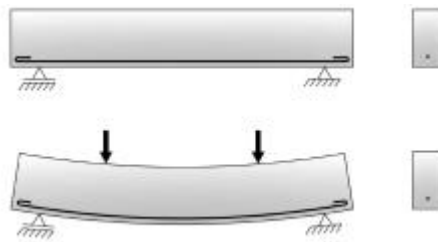
f_{cj} - resistência à compressão do corpo de prova de concreto na idade de (j) dias;

N_{rup} - carga de ruptura do corpo de prova; e

A - área da seção transversal do corpo de prova.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), item 8.2.4, aqui no Brasil, é empregado corpos de prova cilíndricos, com diâmetro da base de 15 cm e altura de 30 cm, para a sua resistência deve ser utilizado a idade de 28 dias. Para a modelagem dos cilindros é utilizado a especificação da NBR 5738 (ABNT, 2003) (emenda 1:2008) e para o ensaio a NBR 5739 (ABNT, 2007). (LEET, 2009)

Figura 2: Viga sofrendo compressão

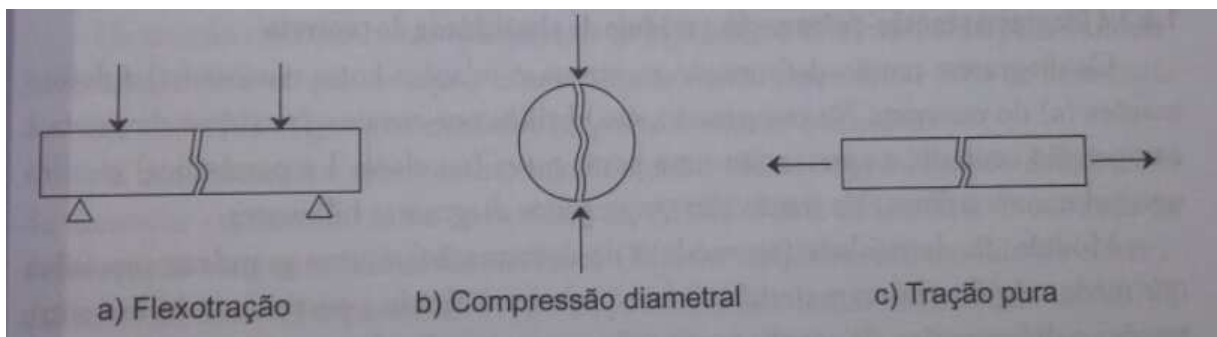


Fonte: São Carlos (2007).

2.1.5.1 Resistência do Concreto à Tração

Segundo os autores Carvalho; Filho, (2015), possui três formas de ensaio para conseguir resistência à tração, são os métodos de flexotração, compressão diametral (tração indireta) e tração direta demonstrada na figura 3:

Figura 3: Demonstração de flexotração, compressão diametral e tração pura.



Fonte: Carvalho; Filho (2015).

A resistência à tração pura (para concretos do grupo I) é aproximadamente 85% da resistência à tração por compressão diametral, e 60% da resistência obtida pelo ensaio de flexotração; este último método não é nada prático, dada a dificuldade do ensaio. O ensaio de compressão diametral é conhecido como Ensaio Brasileiro de Resistência à Tração, por ter sido sistematizado pelo engenheiro e professor L. F. Lobo Carneiro. (CARVALHO; FILHO, p. 35 2015)

2.1.6 Características Do Aço

A principal diferença que caracteriza o ferro e o aço é a quantidade de carbono, aonde o aço possui um teor menor que 2,04% e o ferro entre 2,04% e 6,7%. Para

estruturas de concreto armado é utilizado armadura de barras e fios (CA25, CA50, CA60), de usualmente, teor de carbono que varia entre 0,08% e 0,50%, sua titulação correta é aço, embora muitas vezes chamada de ferro. Para definição de aço deve-se observar suas características mais importante que são: resistência característica de escoamento, limite de resistência e alongamento de ruptura. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo Carvalho; Filho, (2015) denomina-se resistência característica de escoamento do aço à tração, a máxima tração que o fio devem resistir, sem que sofra deformações, significando que ao interromper o ensaio o aço volta a seu tamanho, não gerando nenhum tipo de avaria, esses são os casos dos aços CA25 e CA50.

O ponto limite que a barra suporta é denominada Limite de Resistência, seu valor é realizado pela visualização direta na máquina de tração. A tensão máxima pode ser proposta pela relação dada entre a força de ruptura e área da seção transversal inicial da amostra. O alongamento na ruptura é o aumento do tamanho do corpo de prova até que chegue a ruptura dado pela formula:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad (02)$$

Aonde l_1 e l_0 são os comprimentos inicial e final do corpo de prova, sendo que l_1 deve ser dado depois da retirada de carga. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Na tabela 1 feito abaixo segundo os autores Carvalho; Filho (2015), demonstra determinas propriedades do aço, referente a NBR 6118 (ABNT, 2014)

Tabela 1 - Propriedades mecânicas dos aços

| Aço | Fyk (MPa) | Fyd (MPa) | Eyd (%) | $\xi = x/d$ |
|-------------|------------------|------------------|----------------|-------------------------------|
| CA25 | 250 | 217 | 0,104 | 0,7709 |
| CA50 | 500 | 435 | 0,207 | 0,6283 |
| CA60 | 600 | 522 | 0,248 | 0,5900 |

Fonte: Carvalho e Filho (2015).

2.1.7 Dimensionamento De Uma Estrutura

"O cálculo, ou dimensionamento, de uma estrutura deve garantir que ela suporte de forma segura, estável e sem deformação excessivas, todas as solicitações a que estará submetida durante a sua execução e utilização." (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo Carvalho; Filho, (2015), o dimensionamento tem por objetivo a falha da estrutura, a denominação de falha não resume apenas em ruptura, mas também deformações que podem ocorrer e excessivas fissuras inadmissíveis. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o propósito da análise estrutural é verificar os efeitos das ações em uma determinada estrutura. A análise estrutural concede demonstrar as disposições de esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos em uma parte ou em toda a estrutura. Outro objetivo do cálculo estrutural é gerar com segurança, uma estrutura que garanta que possa ser usufruída satisfatoriamente.

Porém, uma estrutura não pode garantir segurança total contra diversos fatores, principalmente, a insegurança pode ser determinada com as seguintes incertezas. (CARVALHO; FILHO, 2015)

- Resistência dos materiais utilizados, influenciada por alguns fatores (tempo de duração da aplicação das cargas, fadiga, fabricação etc.), pelas condições de execução da obra e pelos ensaios, que não reproduzem fielmente as situações reais
- Características geométricas da estrutura (falta de precisão na localização, na seção transversal dos elementos e na posição das armaduras);
- Ações permanentes e variáveis; e
- Valores das solicitações calculados, que podem ser diferentes dos reais em virtude de todas as imprecisões inerentes ao processo de cálculo.

Segundo Carvalho; Filho (2015) o dimensionamento de uma estrutura possui como objetivo as operações:

- Fundamentar que a seção antecipadamente notada está habilitada à defender-se às solicitações mais prejudiciais que poderão sofrer; ou
- Calcular uma seção não conhecida totalmente, sendo assim algumas medidas podem ser definidas antes do dimensionamento, como a

largura da viga, com o objetivo de que resistir as solicitações superiores que conseguirá estar sujeita.

2.1.7.1 Qualidade das Estruturas

As perspectivas importantes a serem ressaltadas de acordo com Carvalho; Filho, (2015), segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), é o temor vivente em relação a qualidade e durabilidade das estruturas, exibidas na seção 5, Requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto, e na 6, Diretrizes para a durabilidade das estruturas de concreto. É determinado na norma, no item 5.1.1, que necessitará as estruturas de concreto obedecer aos seguintes preceitos mínimos de qualidade no decorrer da construção e utilização, especificado em três grupos diferentes no item 5.1.2:

- "Grupo 1: requisitos relativos à capacidade resistente da estrutura ou de seus elementos componentes;
- Grupo 2: requisitos relativos ao desempenho em serviço, que consiste na capacidade de a estrutura se manter em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam, em parte ou totalmente, o uso para o qual foi projetada; e
- Grupo 3: requisitos relativos a sua durabilidade, que consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e contratante:"

Os requisitos do grupo1, refere-se à segurança em combate a ruptura, as especificações do grupo2, remete-se a panes como fissuração exorbitante, mutações inapropriadas, e vibrações indesejáveis e por fim, as obrigações do grupo 3, possui o parâmetro a conservação da estrutura, não tendo obrigação de reparos de alto custo. (CARVALHO; FILHO, 2015)

De acordo com Carvalho; Filho (2015), a saída adotada tem como obrigação acatar as determinações de qualidade, aonde estão especificadas nas normas técnicas pertencente aos três grupos. Tem por obrigação ainda prezar as condições arquitetônicas, funcionais, construtivas identificada na NBR 14931 (ABNT, 2004), estruturais e de integração com os demais projetos.

"Quanto ao projeto em si, ele deve proporcionar as informações necessárias para a execução da estrutura, atendendo a todos os requisitos estabelecidos na NBR 6118 (ABNT, 2014) e em outras complementares e específicas, conforme o caso." (CARVALHO; FILHO, p. 64, 2015)

A proteção de superfície tem total influência na vida útil das estruturas de concreto armado. Porém, essa proteção pode ser perdida ao longo do tempo exposto ao meio ambiente, sendo assim é necessário uma manutenção e renovação dos materiais utilizados para proteger essas estruturas. (TECHNE, 2009)

2.1.7.2 Durabilidade das Estruturas de Concreto

De acordo com a durabilidade, a NBR 6118 (ABNT, 2014), implica no item 6.1, a obrigação que as estruturas de concreto sejam projetadas e construídas de forma que, perante as relevâncias ambientais prognosticada e em que momento deverá ser utilizada conforme especificado em projeto, assegurem a segurança, estabilidade e comportamento ajustado em serviço durante o período interligado à sua vida útil de projeto. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Segundo Carvalho; Filho (2015), o aproveitamento do projeto, ajustado com o item 6.2 da norma, especifica-se o determinado tempo que se garante os atributos da estrutura de concreto, sem mudanças releváveis, sendo que foi atendido as determinações de uso e manutenção determinado pelo projetista e construtor, e também eventuais reparos de danos acidentais.

Para que tenha um boa durabilidade das estruturas de concreto é preciso ainda, colaboração e esforços coordenados do proprietário, de quem usa e dos encarregados pelo projeto arquitetônico, pelo projeto estrutural, pela tecnologia do concreto e pela construção. (CARVALHO; FILHO, 2015)

De acordo com Carvalho; Filho, (2015), o central motivo responsável pela decadência da qualidade e da durabilidade das estruturas é a agressividade do meio ambiente, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), incluso no item 6.4, está relacionada às ações físicas e químicas que exercem sobre as estruturas de concreto, livre as ações mecânicas, das mudanças volumétricas de procedência térmica, da retração hidráulica e as demais previsíveis no dimensionamento.

Na tabela 2, apresentada abaixo, temos a classificação da agressividade ambiental, tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), sendo analisada, simplificada, de acordo com as circunstâncias de exposição da estrutura. (CARVALHO; FILHO, 2015)

Tabela 2: Classes de agressividade ambiental (CAA)

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

1. Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos: salas, dormitórios, banheiros, cozinhas, áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientais com concreto revestido com argamassa e pintura.

2. Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.

3. Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Carvalho e Filho(2015).

A longevidade das estruturas é fortemente relacionado com as características do concreto e da espessura e particularidade do concreto do cobrimento da armadura.

Segundo o item 7.4.2 da NBR 6118 (ABNT, 2014), provas conformativas de performance da durabilidade da estrutura em relação a agressividade esperado em projeto necessita determinar parâmetros mínimos a serem efetuados. Quando ocorrer a falta dos mesmo ou por motivo da grande correspondência a meio da relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e a longevidade, pode-se adotar os requisitos mínimos visto na tabela 1.3, encontrada na tabela 7.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), ressaltando que a aplicação do concreto na execução das estruturas, obriga-se a cumprir as exigências determinados na NBR 12655 (ABNT, 2006), e as condições de concreto podem ser verificadas na NBR 8953 (ABNT, 2009), (concreto para fins estruturais - classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência). (CARVALHO; FILHO, 2015)

Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

| Concreto | Tipo | Classe de agressividade | | | |
|--|---------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento em massa | Concreto armado | $\leq 0,65$ | $\leq 0,60$ | $\leq 0,55$ | $\leq 0,45$ |
| | Concreto protendido | $\leq 0,60$ | $\leq 0,50$ | $\leq 0,50$ | $\leq 0,45$ |
| Classe de concreto | Concreto armado | $\geq C20$ | $\geq C25$ | $\geq C30$ | $\geq C40$ |
| | Concreto protendido | $\geq C25$ | $\geq C30$ | $\geq C35$ | $\geq C40$ |

Fonte: Carvalho e Filho (2015)

2.1.7.3 Cuidados a Tomar em um Projeto Para Garantir a Durabilidade

De acordo com Carvalho; Filho, (2015) quando começado um determinado projeto de estrutura de concreto armado, a modo de certificar a sua resistência tende-se por necessário, o mínimo, utilizar os próximos cuidados relacionado ao cálculo de detalhamento:

- 1) Apontar a região em que a estrutura deverá ser construída e suas circunstância em que será consumida, especificando a classe de agressividade ambiental (CAA), e determinada em ajuste coma tabela 1.2;
- 2) Identificar, em relação à CAA, o montante mínimo da resistência representativas do concreto (f_{ck}) e o montante máximo da relação água/cimento, encontrado na tabela 1.2;
- 3) Também por meio do CAA, especificar o cobrimento mínimo da armadura que será utilizada;
- 4) Definir a utilização do edifício cuja estrutura está sendo calculada;
- 5) Identificar se a abertura de fissuras contempla aos limites determinados;

" Esses cuidados são imprescindíveis para garantir, em relação ao cálculo estrutural, a durabilidade adequada da obra. Além disso, outros fatores somam-se a estes: um bom detalhamento das armaduras, execução adequada, manutenção etc." (CARVALHO; FILHO, p. 67, 2015)

2.1.8 Eberick

"O Eberick é um software para projeto estrutural em concreto armado moldado in-loco e concreto pré-moldado que engloba as etapas de lançamento, análise da estrutura, dimensionamento e o detalhamento final dos elementos."(ALTOQI)

O AltoQiEberick é indicado para elaboração de projeto de edificações em concreto armado. Dispõe de um grande sistema gráfico de ingresso de dados, filiado à análise da estrutura ao longo de um modelo de pórtico espacial e a variados recursos de dimensionamento e detalhamento dos fundamentos estruturais, como lajes, vigas, pilares, blocos sobre estacas e sapatas. A sustentação da edificação é marcada por pavimentos, que assemelham os variados níveis efetivos no projeto arquitetônico. O lançamento dos elementos é forma gráfica, rigorosamente de acordo com a planta arquitetônica, permitindo obter variadas suposições na análise do modelo. (CORNEIRO, 2014)

De acordo com Carneiro (2014), possível a visualização da estrutura de forma completa em 3D e as soluções são disponibilizada por janelas de dimensionamento em configuração de planilha. Os elementos são detalhados seguindo as práticas usuais do mercado brasileiro.

Após ser importado o projeto para o software em formato de DWG/DXF, é formado um croqui de cada pavimento, reproduzindo a área gráfica aonde é criado um modelo estrutural de cada pavimento.

É possível definir vínculos entre elementos estruturais, através de rótulas, engastes e nós semi-rígidos. Para a ligação entre vigas e pilares, por exemplo, é possível definir nós semi-rígidos, liberar vinculações e reduzir a tração. Para as lajes pode-se definir a existência de engastamento (continuidade) entre lajes adjacentes ou mantê-las simplesmente apoiadas nos bordos. (CORDEIRO, 2014, pg. 2)

Segundo Cordeiro (2014), o Eberick conta ainda com um arranjo de configurações que fornecem a que está usando a flexibilidade na análise, dimensionamento e detalhamento da estrutura, através disso podemos associar o Eberick com as exigências do projeto e necessidades. Com o software são obtidos os processos de análise, as propriedades dos materiais, as ações, os coeficientes de ponderação das ações e as combinações últimas e de serviço, cada elemento possui sua configuração de dimensionamento e detalhamento, caso exista a necessidade ele dá as opções de ajustamento do projeto. Também é possível calcular lajes em forma não retangular, utilizando sua rigidez real, gerado ao longo de uma modelo de grelha

"As vigas e os pilares da edificação constituem um sistema reticulado de Pórtico Espacial, do qual se obtém os esforços internos resultantes, que são utilizados para o dimensionamento dos elementos estruturais" (CORDEIRO, 2014, pg. 2).

2.1.9 Projeto

Para concretizar os estudos e colocar em prática o que foi aprendido, será elabora um projeto arquitetônico do edifício, aonde no mesmo irá conter quatro pavimentos.

Contendo em cada pavimento dois apartamentos de tamanho igual de 124,569 m². Contém cada apartamento três quartos, sendo eles, uma suíte de 17,25 m², um quarto de 11,04 m², um quarto de 10,65 m², banheiro social de 3,9 m², sala de estar de 32.9 m², cozinha aberta com sala de jantar num total de 44,83 m². Sendo eles os pavimentos baldrame e tipo 1, 2 e 3. No apêndice 1 encontra-se o projeto arquitetônico dos pavimentos tipo e no apêndice 2 o projeto arquitetônico da cobertura.

Para o dimensionamento da caixa d'água, foi utilizado a NBR 5626 (ABNT, 1998). Deverá ser utilizado uma caixa d'água de 10000 litros.

2.2 METODOLOGIA

Para a elaboração do TCC 1 é utilizado materiais disponíveis para a fundamentação teórica, tais como livros, tese de mestrado relacionado ao assunto, outros TCCs disponíveis na internet, e sites relacionados.

No TCC 2, será continuado elaborando os esforços gerados pela estrutura do edifício, sendo calculado esses esforços no software Eberick, sendo assim dimensionado das maneiras corretas e necessárias atendendo sempre a NBR 6118 (ABNT, 2014). No mesmo irá conter os cálculos e dimensionamentos dos elementos estruturais, sendo eles: pilares, vigas e lajes.

2.2.1.1 Pilares

Colocados em forma vertical, aonde prevalece as forças normais de compressão, da qual a função dominante é herdar as ações atuantes e encaminhar até as fundações. (SANTOS, 2014)

Estruturas de edificações podem ser divididas em duas subestruturas, possuindo finalidades distintas. Existem as estruturas de contraventamento, que devem possuir rigidez suficiente para garantir a indeslocabilidade, visto que resiste apenas a uma parte do carregamento vertical, possuindo também função de absorver às ações horizontais. O outro tipo de subestrutura é a contra ventada, resistindo apenas ao carregamento vertical, podendo ser calculados apoiados nos níveis das lajes, considerando efeitos de segunda ordem apenas localizados, por possuírem pequenos deslocamentos nos nós. (SANTOS, p. 109, 2014)

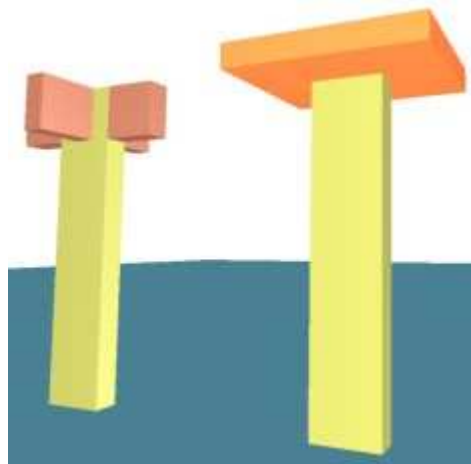
De acordo com Santos, (2014), as ações que ocorrem nos pilares, são obtidas através de uma análise na planta do projeto. Pode ser verificado o detalhe do pilar na figura 4 e também o esquema do pilar de concreto armado na figura 5.

Conforme Linsmeyer e Schweitzer (2013), é lançado pilares com dimensões mínimas de 19 cm x 19 cm, nos cantos das edificações, em cruzamentos gerados por

vigas principais e também em pontos que possuem uma carga estrutural maior. Não é necessário o lançamento de pilares em todos os cruzamentos, pois podem resultar em cargas muito pequenas sobre os pilares e dificultar a obtenção de espaços internos maiores.

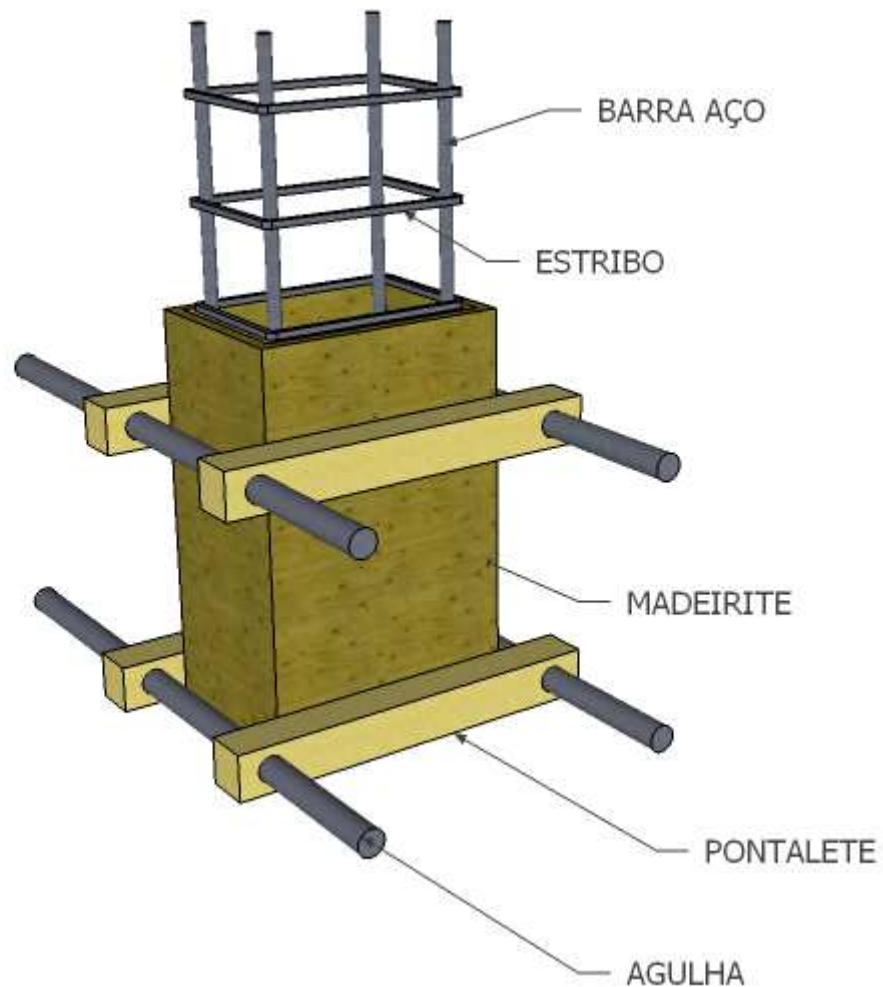
É necessário considerar a rigidez da estrutura e a ação do vento nas estruturas com maior altura. Já em edifícios com menor altura, é lançado pilares para que obtenha uma maior rigidez à estrutura com sua menor dimensão, ortogonal a menor dimensão da estrutura. (LINSMEYER e SCHWEITZER, 2013)

Figura 4: Pilar



Fonte: TKS Informática, 2016

Figura 5: Caixaria e Armadura de Pilar



Fonte: Pedreira, 2012

2.2.1. 2 Vigas

Segundo Santos, (2014), vigas são elementos lineares, tem como sua função predominante absorver os esforços das lajes e transferi-los aos pilares, com os principais esforços sendo o momento fletor e os esforços cortantes aonde as tensões de compressão são resistidas pelo concreto e as armaduras absorvem as de trações. Na figura 6 observamos um conjunto de vigas, na figura 7 observamos o esquema de uma viga de concreto armado.

De acordo com Rebello (2005), as cargas que atuam nas vigas, são provenientes das cargas da laje, as cargas da alvenaria e seu peso próprio. Também podem atuar cargas referente a outras vigas nela apoiada. No caso das lajes armadas em uma só direção, as cargas distribuídas atuam apenas sobre as vigas de vão maior.

No pré-dimensionamento das vigas, é recomendado adotar altura de:

- $h = 1/10$ do vão em vigas biapoiadas;
- $h = 1/12$ do vão em vigas contínuas;
- $h = 1/5$ do vão em vigas em balanço.

2.2.1.2.1 vigas invertidas

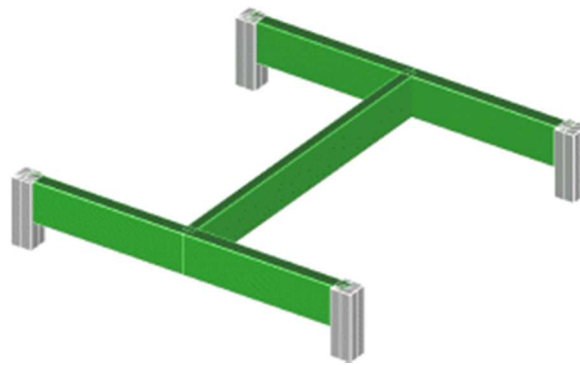
São utilizadas em casos específicos como no ultimo pavimento das edificações, com isso é liberado um espaço maior no último andar. Também pode ser utilizada por exemplo quando a viga passa pelo banheiro e impede que a esquadria vá até o teto, que facilita a saída do ar, nesses casos, podem ser utilizadas vigas invertidas, que auxiliará na composição de uma platibanda. (LINSMEYER E SCHWEITZER, 2013)

2.2.1.2.2 vigas sem rigidez

São usualmente utilizadas, quando deseja-se definir o contorno de uma laje, porém, sem a intenção de que este bordo suporte a laje, ou seja, transmitir reações para os elementos a que estejam conectados. Sendo assim, normalmente é utilizado quando deseja bordos livres de lajes a utilização de barra é ideal, e a viga sem rigidez é utilizada para modelar contornos de lajes em que o bordo da laje necessite ter uma de fechamento, porém não deve apresentar qualquer esforço nesse elemento, seja ele de torção, momento ou cortante. (LINSMEYER E SCHWEITZER, 2013)

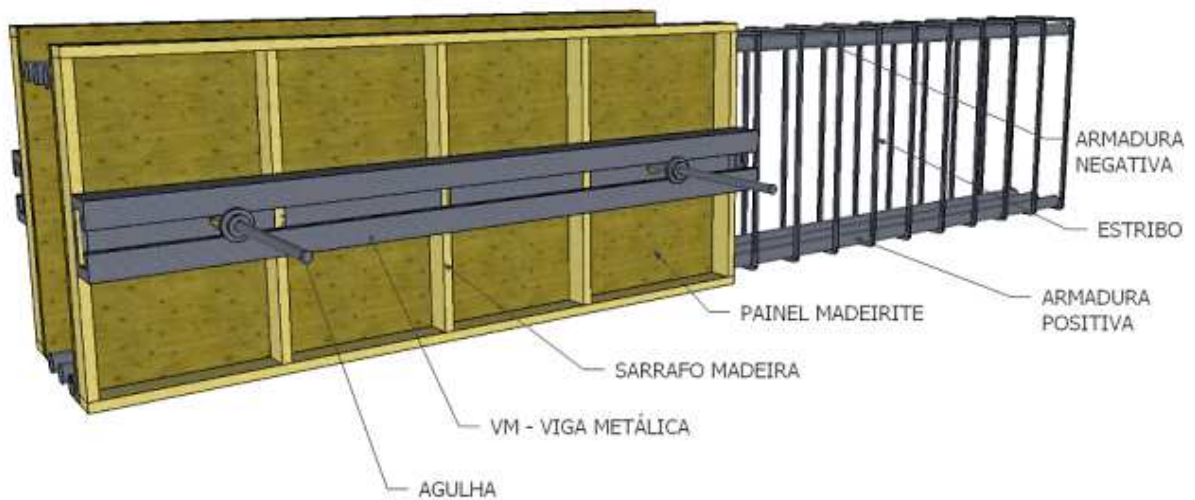
Quando utilizado esses elementos pode-se definir carregamento na forma de cargas de parede, somente para as vigas sem rigidez, têm também a possibilidade de aplicar cargas extras, aonde esses carregamentos são apenas considerado no cálculo das lajes. (LINSMEYER E SCHWEITZER 2013)

Figura 6: Viga



Fonte: André Puel, 2010

Figura 7: Esquema da Viga.



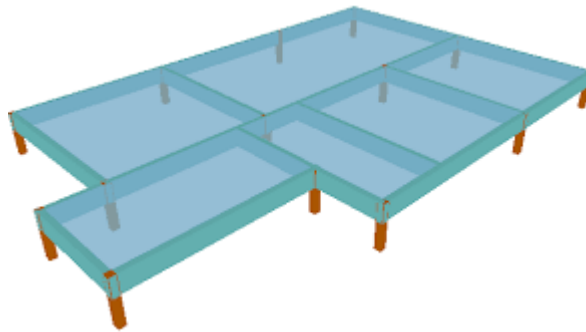
Fonte: Pedreira, 2012.

2.2.1.3 Lajes

De acordo com Santos, (2014), podemos observar que as lajes são elementos planos, normalmente horizontais, tendo uma espessura pequena se comparada com sua largura e comprimento. Tendo como função predominando arrecadar os carregamentos atuantes nos pavimentos, passando esses esforços as vigas aonde

estão apoiadas. Na figura 9 observamos lajes em concreto armado em um determinado projeto calculado no software Eberick.

Figura 8: Lajes



Fonte: Multiplus, 2007

2.2.1.3.1 Lajes Maciças

Conforme visto em Araujo (2003) pode ser definido como lajes maciças as placas de espessura uniforme que se apoiam ao longo do seu próprio contorno, utilizada normalmente em estrutural relativamente pequenas.

De acordo com Linsmeyer e Schweitzer, (2013), é necessário para um pré-dimensionamento os valores de:

- 6 cm de espessura para lajes de forro e o máximo de 10 m² de área;
- 8 cm de espessura para lajes de forro e o máximo de 20 m² de área;
- 7 cm de espessura para lajes de piso de até 10 m² de área;
- 9 cm de espessura para lajes de piso de no máximo 20 m² de área.

Ainda de acordo com Linsmeyer e Schweitzer (2013), deve se adotar a espessura máxima 15 cm, ultrapassando esse valor, é aconselhável utilizar lajes nervuradas.

Em Rebello (2005), as lajes são os primeiros elementos estruturais a receber cargas, por sem uma superfície plana a carga que geralmente atua nela, se distribui ao longo do total de sua área, sendo elas o seu peso próprio e os revestimentos, é

obtido o seu peso próprio de acordo com a sua espessura. É necessário também conhecer o peso específico do concreto armado, que é 2.500 kgf/m³.

2.2.1.3.2 Lajes pré-moldadas

Conforme Linsmeyer e Schweitzer (2013), as lajes pré-moldadas devem ser biapoiadas, não é correto utilizar engastamento nas extremidades, pelo fato de que sua área de concreto por metro é reduzida, não efetuando um correto engastamento nas extremidades. Porém ainda é necessário utilizar armaduras negativas nas extremidades evitando possíveis fissuras.

É necessário seguir recomendações em relação à armadura na capa da laje. Sendo ela transversal às vigotas, possuindo uma função de servir de armadura da minilaje, que ocorre entre duas vigotas. Recomenda-se que essa armadura seja de no mínimo 0,6 cm² e que tenha no mínimo três barras por metro. (LINSMEYER E SCHWEITZER, 2013)

2.2.1.3.3 Lajes nervuradas

Conforme Linsmeyer e Schweitzer (2013), são utilizadas para vencer grandes vãos, tendo geralmente um vão superior a 8 metros, tendo função de reduzir o peso próprio da laje, pelo fato de que reduz o concreto na área tracionada

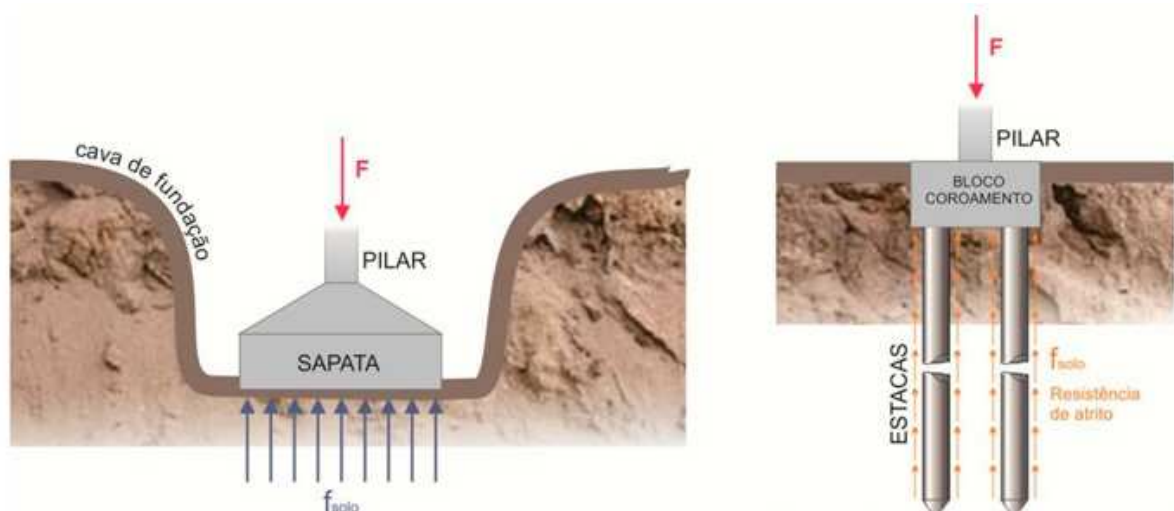
Segundo Linsmeyer e Schweitzer (2013), para lajes convencionais, são apoiadas em vigas que são mais rígidas que as nervuras. Podem também serem aplicadas em lajes sem vigas, nesses casos o apoio é diretamente gerado sobre o pilar, sendo necessário que a região em torno dos pilares sejam maciças para que resistam aos momentos negativos internos e resistir ao efeito de punção, que nada mais é do que a tendência que o pilar tem de perfurar a laje. Também podem ser utilizados em lajes desse sistema, vigas de borda, que têm função de diminuir momentos fletores e deslocamentos, absorver a torção e punção que são geradas na mesma.

2.2.1.4 Fundação

De acordo com Melhado et al. (2002) pode-se classificar as fundações como diretas ou indiretas, sendo classificada como conforme é transferido as cargas da estrutura até o solo aonde está apoiado. As fundações diretas são as que possui capacidade de suportar as cargas sem se deformarem e comprometerem sua qualidade. É subdividido as fundações diretas em rasas ou profundas, aonde as fundações rasas são definidas quando o suporte está próximo à superfície do solo, com uma profundidade de até 2,5 metros e também quando o apoio possui tamanho menor do que a largura do elemento da fundação.

Pode-se considerar fundação profunda quando suas dimensões são maiores do que os limites mencionados no parágrafo anterior. As fundações indiretas transmitem as cargas por modo do atrito lateral do elemento com o solo. São todas profundas, pelo fato de possuir grandes dimensões das peças estruturais. (MELHADO ET AL. (2002)

Figura 9: Fundação direta e indireta



Fonte: ConstruFácil RJ, 2016

2.2.2 Material

Hoje em dia existe inúmeras formas de dimensionar e detalhar um projeto de concreto armado, para este trabalho de conclusão de curso I, foi embasado em livros e artigos de análises das estruturas, livros específicos de concreto armado.

Com a conclusão do embasamento teórico será necessário calcular e dimensionar o projeto do edifício com a utilização do software Eberick.

Para a elaboração deste projeto também utilizamos como base a NBR 6118 (ABNT, 2014). Foi utilizado em segundo plano também as seguintes normas:

- NBR 6118 (ABNT, 2007): projeto de estruturas de concreto - procedimento.
- NBR 6118 (ABNT, 2014): projeto de estruturas de concreto - procedimento (cancela e substitui a versão de 2007).
- NBR 6120 (ABNT, 1980) (versão corrigida de 2000): cargas para cálculo de estruturas de edificações - procedimento.
- NBR 8681 (ABNT, 2003) (versão corrigida de 2004): ações e segurança nas estruturas - procedimento.
- NBR 6123 (ABNT, 1988) (versão corrigida 2 de 2013): forças devidas ao vento em edificações - procedimento.
- NBR 14931 (ABNT, 2004): execução de estruturas de concreto - procedimento.
- NBR 9062 (ABNT, 2006): projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

2.3 Resultados

Para obter os resultados do dimensionamento foi necessário utilizar a ancoragem do software eberick. Na iniciação do projeto é definido a altura do pavimento baldrame de 1,50 metros, a altura dos demais pavimentos e cobertura, tendo assim um pé direito de 2,80 metros.

O lançamento do projeto arquitetônico é feito em cada pavimento, utilizando a planta arquitetônica feita no software autocad. Com isso feito, foi iniciado o lançamento da estrutura. O projeto arquitetônico está disponível no apêndice A e projeto arquitetônico da cobertura no apêndice B.

A planta de forma do pavimento baldrame encontra-se no apêndice c, a do pavimento tipo 1, no apêndice D, a do pavimento tipo 2, no apêndice E, a do pavimento tipo 3 no apêndice F e no apêndice G, encontra-se a do pavimento de cobertura, barrilete e reservatório.

Figura 10: Lançamento de pavimentos

The screenshot shows a software window titled "Pavimentos" with a table and several control buttons. The table lists seven pavement layers with their respective heights, levels, and launch numbers. The "Reservatório" layer is selected.

| | Pavimento | Altura (cm) | Nível (cm) | Lance |
|---|--------------|-------------|------------|-------|
| 1 | Reservatório | 220.00 | 1540.00 | 7 |
| 2 | Barrilete | 200.00 | 1320.00 | 6 |
| 3 | cobertura | 280.00 | 1120.00 | 5 |
| 4 | tipo 3 | 280.00 | 840.00 | 4 |
| 5 | tipo 2 | 280.00 | 560.00 | 3 |
| 6 | tipo 1 | 280.00 | 280.00 | 2 |
| 7 | baldrame | 150.00 | 0.00 | 1 |

Below the table, there is a "Título" field, "Nível inferior" set to 0 cm, and "Lance inicial" set to 1. On the right side, there are buttons for "Inserir acima", "Inserir abaixo", "Excluir", "Para cima", "Para baixo", "Fechar", and "Ajuda".

Fonte: Próprio autor, 2016

2.3.1 Lançamento dos Pilares

O lançamento das estruturas é iniciado pilares. Lançando os pilares da parte superior esquerda para a parte superior direita.

Para o projeto em questão foi utilizado pilares de dimensões iniciais de 14 cm x 50 cm. Sendo necessário a utilização de 32 pilares, aonde foi modificada algumas dimensões após o processamento da estrutura, aonde no pavimento baldrame o P8 foi necessário adotar uma seção de 30 x 80 cm para que suporte a carga inserida nele. Também foi utilizado pilares de 16 x 70 cm, 14 x 70 cm.

Após o lançamento da estrutura é processado toda a estrutura para que possa ser efetuado o dimensionamento. Com isso é possível abrir uma janela dos elementos, como por exemplo a prumada dos pilares, aonde é possível verificar se as seções dos pilares estão corretas, a carga que esses pilares estão sofrendo e a quantidade e bitolas dos aços. Na bitola de aços é possível modificar os mesmo de acordo com a necessidade e de uma forma que seja mais pratica a sua construção. Na figura 10,

pode-se observar a tabela de dimensões no eberick, aonde é possível verificar o que aqui foi especificado.

Figura 11: Planilha de dimensionamento

| | Nome | Seção | b (cm) | h (cm) | b1 (cm) | h1 (cm) | Abertura (°) | Altura (cm) | Elevação (cm) | Nível (cm) |
|----|------|------------|--------|--------|---------|---------|--------------|-------------|---------------|------------|
| 1 | P1 | retangular | 14.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | P2 | retangular | 14.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | P3 | retangular | 20.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | P4 | retangular | 20.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | P5 | retangular | 14.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | P6 | retangular | 14.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | P7 | retangular | 14.00 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | P8 | retangular | 30.00 | 80.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | P9 | retangular | 16.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | P10 | retangular | 16.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | P11 | retangular | 16.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | P12 | retangular | 16.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 90.00 | 150.00 | 0.00 | 0.00 |

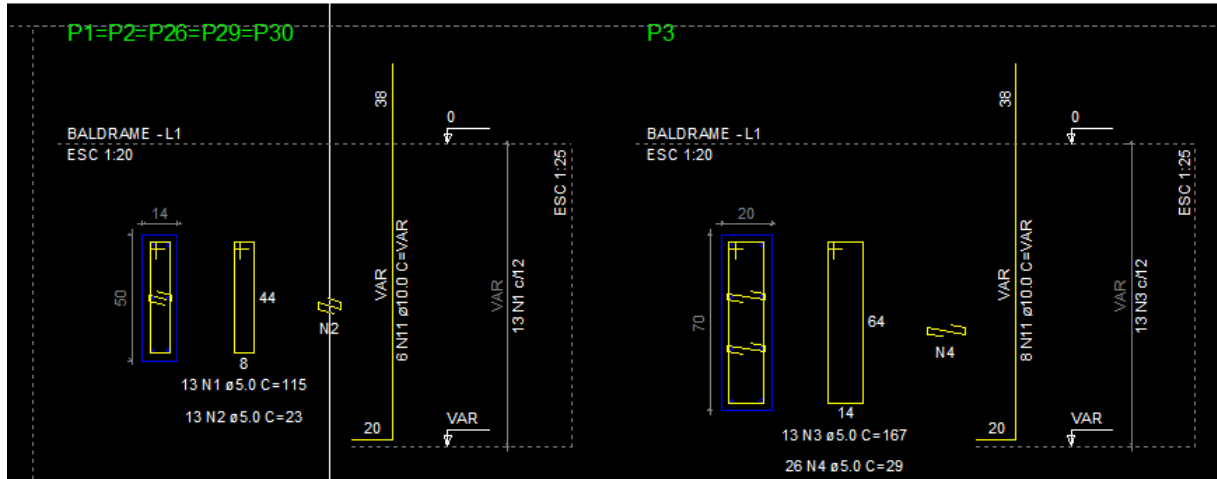
Situação do pilar:
 Espelhez maior = 32.44
 Fd = 63.71 kN
 Barras = 5 e 10.0
 Taxa de armadura = 0.42%
 As efetivo = 4.71 cm²
 Md/Mtd = 1.56
 Estribo = e 5.0 c/ 12

Fonte: Do próprio autor, 2016

Com o dimensionamento dos pilares efetuado com sucesso, é possível gerar as pranchas do detalhamento dos pilares. Aonde é detalhado o aço utilizado, a bitola necessária, quantidade e tamanho dos aços e dos estribos.

E para melhor visualização, na figura 11, é possível verificar o detalhamento do P1 que é igual ao P2, P26, P29, P30 do pavimento baldrame e o P3, também no pavimento baldrame, aonde pode ser verificado o aço necessário, o estribo e sua bitola. Foi necessário a utilização de 166 pilares em toda a estrutura, sendo eles 32 pilares no pavimento baldrame, 32 pilares no pavimento tipo1, 32 pilares no pavimento tipo 2, 32 pilares no pavimento tipo 3, 30 pilares no pavimento cobertura, 4 pilares no pavimento barrilete e 4 pilares no pavimento do reservatório. O detalhamento dos pilares do pavimento está no apêndice H, no apêndice I encontra-se o detalhamento dos pilares do pavimento tipo 1, no apêndice J os pilares do tipo 2, no apêndice K os pilares do tipo 3 e os pilares do reservatório no apêndice L. Todas na escala de 1:20.

Figura 12: Detalhamento do Pila P3



Fonte: Do próprio autor, 2016

2.3.2 Lançamentos das Vigas

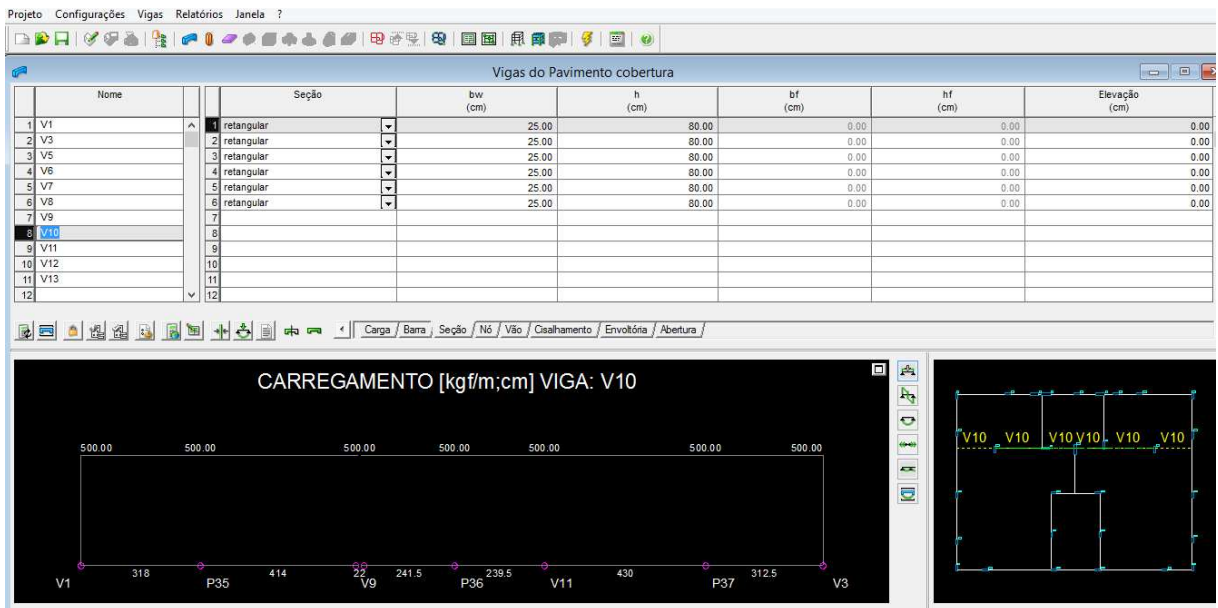
Após o lançamento dos pilares é necessário lançar as vigas em cada pavimento. No projeto em questão, foi pré determinado vigas de dimensões de 14 cm x 50 cm, nelas atuam cargas de parede de 0,73 tf/m aonde as paredes possuem dimensões de 20 cm e cargas de parede de 0.55 tf/m aonde as paredes têm dimensões de 15 cm, sendo essas paredes internas. Para a melhor visualização, o croqui de lançamento está no apêndice 3.

Na maioria das vigas foi utilizado seções de 14 cm x 50 cm, porem em determinadas vigas da cobertura, foi necessário adotar na Viga 10, a dimensão de 25 cm x 80 cm, para que possa suportar as cargas geradas pelo reservatório. Na figura 12, verificamos a tabela de dimensionamento das vigas, aonde é possível verificar os carregamentos, as cargas, modificar seções, nós, barras e cisalhamento que elas sofrem.

Foi necessário a utilização de 95 vigas, sendo elas 17 no pavimento baldrame, 19 nos pavimentos tipo 1, 2 e 3, em cada uma delas, na cobertura 13 vigas e no barrilete e reservatório 4 vigas e cada.

Em relação as cargas das vigas foi utilizado uma carga de parede aonde as paredes externas de 20 cm uma carga de 728 kgf/m e uma carga de 546 kgf/m nas paredes de 14 cm.

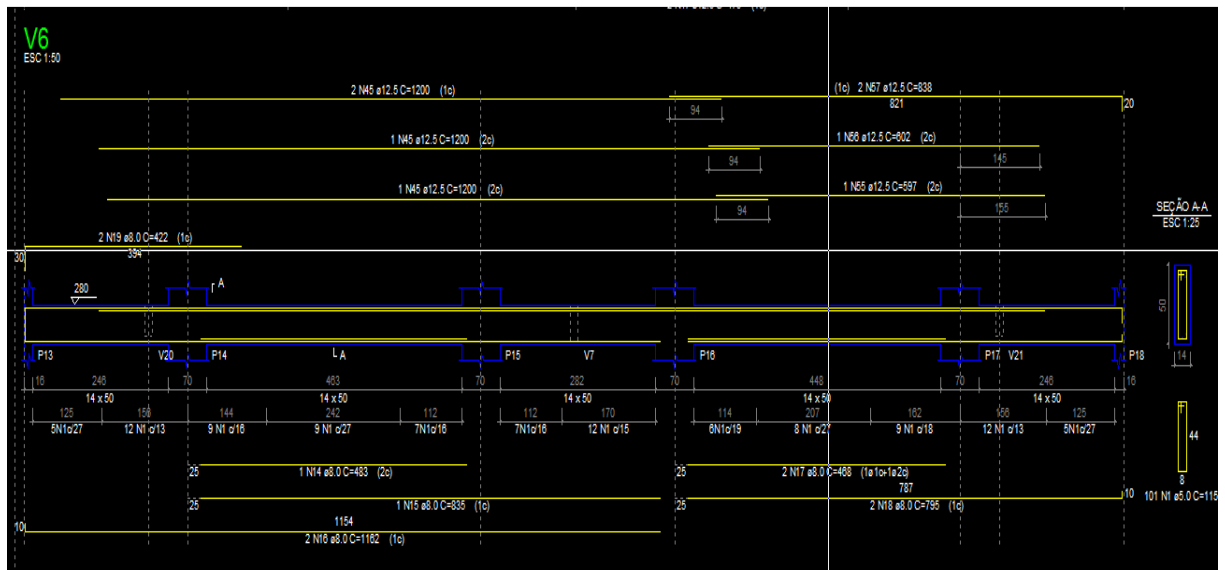
Figura 13: Tabela de dimensionamento das vigas



Fonte: Do próprio autor, 2016

Após verificado todas as seções das vigas utilizadas e dimensionado as bitolas necessárias do aço, é gerado as plantas de forma das vigas, aonde é possível verificar o detalhamento das mesma. Na figura 13, verificamos o detalhamento da viga 6 do pavimento tipo 1.

Figura 14: Detalhamento da Viga 6 do Tipo 1



Fonte: Do próprio autor, 2016

Além das do detalhamento das vigas, as pranchas geram também a relação de aço utilizada nas mesmas e resumo de aço visto na figura 14. Na plotagem foi escolhido as seguintes vigas para o detalhamento: V6, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V15, V16 e V17, as mesmas pode ser verificadas na cota de 1:50.

Figura 15: Tabela de relação do aço e resumo do aço

| Relação do aço BARRILETE | | | | | |
|--------------------------|----|------|-------|--------------|-----------------|
| V9 V13 | | V10 | | V11 | |
| AÇO | N | DIAM | Q | UNIT (cm) | C.TOTAL (cm) |
| CABO | 1 | 5,0 | 87 | 116 | 10092 |
| | 2 | 5,0 | | 62 | 124 |
| CABO | 3 | 6,3 | 12,13 | 85 | 1020 |
| | 4 | 6,3 | | 185 | 555 |
| | 5 | 6,3 | | 205 | 410 |
| | 6 | 8,0 | | 481 | 362 |
| | 7 | 8,0 | | 487 | 2322 |
| | 8 | 8,0 | | 533 | 533 |
| | 9 | 8,0 | | 536 | 1072 |
| | 10 | 8,0 | | 539 | 1617 |
| | 11 | 8,0 | | 197 | 394 |
| | 12 | 8,0 | | 200 | 400 |
| | 13 | 8,0 | | 541 | 541 |
| | 14 | 8,0 | | 547 | 1641 |
| | 15 | 8,0 | | 192 | 768 |
| | 16 | 8,0 | | 252 | 756 |
| | 17 | 10,0 | | 163 | 163 |
| | 18 | 10,0 | | 228 | 456 |
| | 19 | 10,0 | | 532 | 1024 |
| | 20 | 10,0 | | 539 | 1073 |
| | 21 | 12,5 | | 229 | 458 |
| | 22 | 12,5 | | 513 | 1026 |
| | 23 | 16,0 | | 231 | 231 |
| | 24 | 16,0 | | 331 | 662 |
| | 25 | 16,0 | | 326 | 652 |

| Resumo do aço BARRILETE | | | |
|-------------------------|------|----------------|---------------------|
| AÇO | DIAM | C.TOTAL (m) | PESO + 10 % (kg) |
| CABO | 6,3 | 19,9 | 5,3 |
| | 8,0 | 116,1 | 50,4 |
| | 10,0 | 27,7 | 18,7 |
| | 12,5 | 14,9 | 15,7 |
| | 16,0 | 15,5 | 26,8 |
| CABO | 5,0 | 102,2 | 17,3 |
| PESO TOTAL | | | |

Fonte: Do próprio autor, 2016

O detalhamento das vigas do pavimento baldrame podem ser verificadas no apêndice M sendo elas, V6, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V15, V16 e V17. No apêndice N é verificado o detalhamento das vigas V6, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V15, V16 e V17 do pavimento Tipo1. No apêndice O também observamos as mesmas vigas dos apêndices anteriores do pavimento tipo 2, e no apêndice P é visto o detalhamento das vigas do pavimento tipo 3, sendo elas, as mesmas dos demais apêndices.

O detalhamento parcial das vigas utilizadas na cobertura, no reservatório e no barrilete é verificada através do apêndice Q.

2.3.3 Lançamento das Lajes

Com os pilares e as vigas já pré determinadas é necessário elaborar o lançamento das lajes.

Porém, como o terreno é em desnível, optamos por utilizar laje pré-moldada, para que não seja preciso aterrar, sendo assim as lajes ficam por conta da empresa contratada, que deverá fornecer as cargas e os vão das lajes, aonde será necessário que assim a ART (anotação de responsabilidade técnica) das lajes.

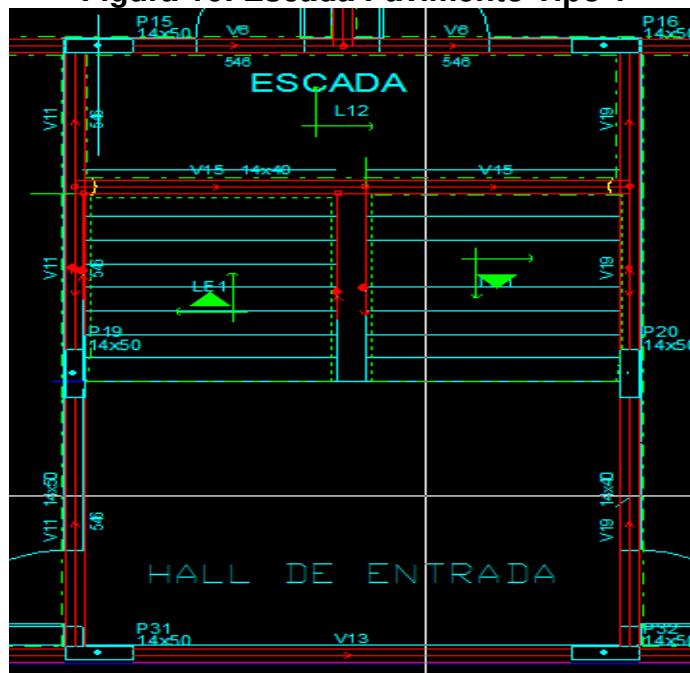
Para os pavimentos baldrame, tipo 1, tipo 2, tipo 3 e cobertura foi adotada lajes com carga acidental de 150 kgf/m² e carga de revestimento de 150 kgf/m². No pavimento do barrilete a laje possui uma carga acidental maior, devido ao esforço que a caixa d'água exerce em cima da laje, sendo essa carga acidental de 1200 kgf/m² e a carga do revestimento ainda de 150 kgf/m² como nos demais pavimentos.

2.3.4 Escada

Para o lançamento da escada foi necessário utilizar barras inclinadas para ajudar na sustentação das cargas. Foi inserido no pavimento tipo 1, tipo 2 e tipo 3 níveis intermediários com altura de 140 cm para o lançamentos dos lances de escadas. Nas lajes dos patamares foi utilizado laje maciça, de espessura de 17 cm, com carga acidental e de revestimento de 150 kgf/m².

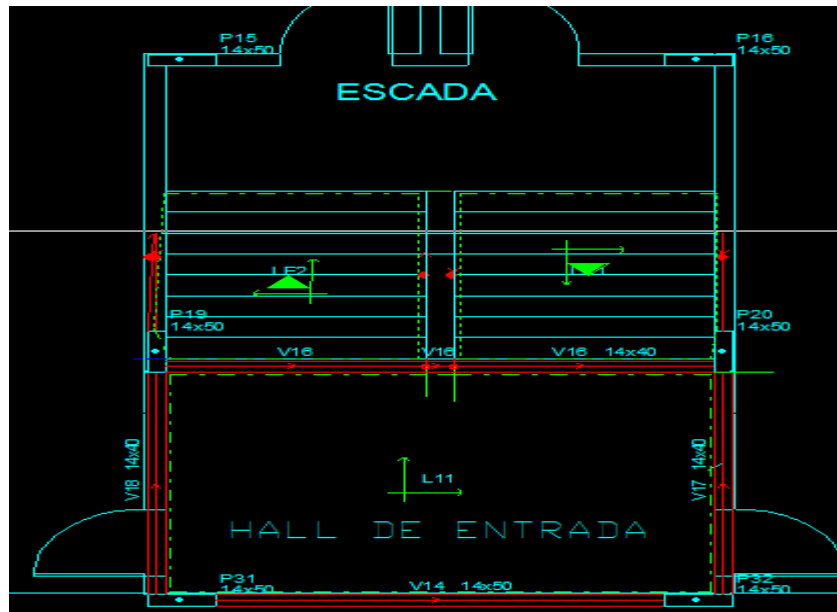
Na figura 17, pode-se observar o lance de escada do pavimento tipo 1 e na figura 18 o nível intermediário. O detalhamento da escada no pavimento tipo 1, encontra-se no apêndice R.

Figura 16: Escada Pavimento Tipo 1



Fonte: Do próprio autor, 2016

Figura 17: Escada Nível Intermediário



Fonte: Do próprio Autor, 2016

3. CONCLUSÃO

Com a elaboração deste trabalho, ficou visível os conhecimentos necessários para que seja efetuado um dimensionamento e detalhamento conforme as especificações exigidas pelas normas brasileiras.

A software Eberick ganha cada vez mais espaços em escritórios de engenharia para a elaboração de um projeto estrutural, devido sua facilidade de uso, sua precisão nos cálculos e detalhamento, garantindo assim, um projeto bem elaborado

Os projetos podem ser elaborados de diversas formas seguindo a norma, com estudos de viabilização, é escolhido a melhor forma de projetar os elementos estruturais, garantindo que eles tenham sua melhor qualidade e trabalhando devidamente em sua função.

O projeto estrutural é de suma importância para a engenharia civil, é ele que garante que nada de errado irá ocorrer com as estruturas, garante que as vigas, os pilares, e todos elementos que compõem um projeto sejam construídos de forma que garanta eficiência na absorção das cargas.

REFERÊNCIAS

ALTOQI. **Sobre o Altoqi Eberick V10**. Disponível em: < <http://www.altoqi.com.br/> > Acesso em: 03 de mai. de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - procedimento. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17931**: Execução de estruturas de concreto - procedimento. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estrutura de Concreto. São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. São Paulo, 2006.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, vol. 1**. 8. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2015. 533 p.

CARDOSO, Rafael do Valle Pereira. **Projeto estrutural em concreto armado**. 2013. 288 f. monografia - Curso de Graduação em Engenharia Civil - UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina.

CARVALHO, R. C. **Calculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Ed. UFSCar, 2015. 415 p.

CONSTRUFACIL. **Tipos de Fundação de Edifícios**. Disponível em: <<http://construfacilrj.com.br/tipos-de-fundacoes-de-edificios/>>. Acesso em: 03 de jun. de 2016.

CORDEIRO, Fabiana Pereira. **Estruturas de Concreto**. 2015. 86 f. monografia - Curso de Graduação em Engenharia Civil - UNIPAR, Universidade Paranaense.

LEET, K. M. **Fundamentos da análise estrutural**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. AMGH, 2009. 790 p.

MARTHA, L. F. **Análise das estruturas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Puc-Rio, 2015. 318 p.

MCCORMAC, J. C. **Análise estrutural: usando métodos clássicos e métodos matriciais**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2015. 482 p.

MULTIPLUS. **Lançamento da Alvenaria**. Disponível em: <http://www.multipius.com/CYPECAD/Passo_a_passo/114_Lancamento_da_alvenaria.htm>. Acesso em: 15 de mai. de 2016

LINSMEYER, Artur Marcondes de Mattos. **Estudo de Caso: Cálculo Estrutural de um Edifício de Pavimentos Garagem**. 2013. 65 f. monografia – Curso de Graduação em Engenharia Civil – UNISUL, Universidade do Sul de Santa Catarina

REBELLO, Y. C. P. **Estruturas de Aço, concreto e Madeira: Atendimento da expectativa dimensional**. 1. ed. São Paulo: Ed. Zigurate Editora, 2005. 373 p.

SANTOS, Paulo Reiser dos. **Análise e calculo de elementos estruturais em concreto armado de um edifício residencial**. 2014. 184 f. monografia - Curso de Graduação em Engenharia Civil - UFSC Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

PEDREIRÃO. **Slump Test do Concreto. Aprenda agora como fazer na obra**. Disponível em: <<http://pedreira.com.br/destaque/slump-test-do-concreto-passo-a-passo/>>. Acesso em: 25 de mar. de 2016.

PEDREIRÃO. **Conceito das Estruturas. Passo a Passo**. Disponível em: <<http://pedreira.blogspot.com.br/2012/02/conceitos-de-estruturas-passo-passo.html>>. Acesso em: 15 de mai. de 2016

TECHNE. **Durabilidade e Proteção do Concreto Armado**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/151/artigo287691-2.aspx>>. Acesso em 03 de dez. de 2016

APÊNDICES

APÊNDICE A – Projeto Arquitetônico dos Pavimentos Tipo.

APÊNDICE B – Projeto Arquitetônico Cobertura

APÊNDICE C – Forma do Pavimento Baldrame

APÊNDICE D – Forma do Pavimento Tipo 1

APÊNDICE E – Forma do Pavimento Tipo 2

APÊNDICE F – Forma do Pavimento Tipo 3

APÊNDICE G – Forma da Cobertura, Barrilete e Reservatório

APÊNDICE H – Detalhamento dos Pilares do Pavimento Baldrame

APÊNDICE I – Detalhamento dos Pilares do Pavimento Tipo I

APÊNDICE J – Detalhamento dos Pilares do Pavimento tipo 2

APÊNDICE K – Detalhamento dos Pilares do Pavimento Tipo 3

APÊNDICE L – Detalhamento dos Pilares da Cobertura, Reservatório e Barrilete

APÊNDICE M – Detalhamento das Vigas do Pavimento Baldrame

APÊNDICE N – Detalhamento das Vigas do Pavimento Tipo 1

APÊNDICE O – Detalhamento das Vigas do Pavimento Tipo 2

APÊNDICE P – Detalhamento das Vigas do Pavimento Tipo 3

APÊNDICE Q – Detalhamento das Vigas da Cobertura, Reservatório e Barrilete

APÊNDICE R – Detalhamento da Escada do Pavimento Tipo 1