

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

IAGO MONTEIRO FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA EM ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO UTILIZANDO O SOFTWARE TQS: ESTUDO DE CASO
ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

IAGO MONTEIRO FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA EM ESTRUTURA DE CONCRETO
ARMADO UTILIZANDO O SOFTWARE TQS: ESTUDO DE CASO
ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias.

PATO BRANCO

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

ANÁLISE COMPARATIVA EM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO UTILIZANDO O SOFTWARE TQS: ESTUDO DE CASO ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

Por

IAGO MONTEIRO FERREIRA

Monografia apresentada 20 de agosto de 2021, às 8h30min, no Campus PATO BRANCO da UTFPR, como requisito parcial, para conclusão do Curso de ENGENHARIA CIVIL da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Profª. Msc. ANA CLÁUDIA DAL PRA VASATA	Membro
Prof. Msc. TOBIAS JUN SHIMOSAKA	Membro
Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS	Orientador
Profª. Drª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Professor(a) responsável TCCII



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **GUSTAVO LACERDA DIAS, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 20/08/2021, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ANA CLAUDIA DAL PRA VASATA, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR-SUBSTITUTO**, em (at) 20/08/2021, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **TOBIAS JUN SHIMOSAKA, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR-SUBSTITUTO**, em (at) 20/08/2021, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ELIZANGELA MARCELO SILIPRANDI, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 23/08/2021, às 07:42, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **2184010** e o código CRC (and the CRC code) **26451A64**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Fernando e Itamara, meus irmãos Ian, Maria Fernanda, Maria Clara e Yolanda e minha namorada Amanda por sempre me apoiarem em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias por estar sempre disposto a responder meus questionamentos e por repassar seu conhecimento para melhor compor o trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil da UTFPR-PB, que contribuíram com todo conhecimento durante este período que passei pela faculdade.

Aos meus colegas do Curso de Engenharia Civil da UTFPR - *Campus* Pato Branco e todos os meus amigos por todas histórias e momentos compartilhados.

Por fim, muito obrigado a todos que, de alguma forma, me incentivaram e possibilitaram a realização deste trabalho.

RESUMO

FERREIRA, Iago. **Análise comparativa em estrutura de concreto armado utilizando o software TQS: Estudo de caso entre diferentes sistemas de vedação vertical**. 2021. 82 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Departamento de Construção Civil – UTFPR. Pato Branco, 2021.

Atualmente, a grande maioria das estruturas construídas no Brasil são realizadas em concreto armado e a vedação vertical composta de bloco cerâmico. Este trabalho tem como objetivo analisar a influência de utilizar outros tipos de fechamento a fim de reduzir o peso próprio da estrutura. A análise e o dimensionamento dos modelos gerados serão realizadas usando o *software* CAD/TQS, onde serão obtidos resultados de esforços solicitantes e tabelas de quantitativos de materiais utilizados em cada sistema. Ambos os modelos serão desenvolvidos de acordo com a NBR 6118: 2014.

Palavras-chaves: Estrutura. Concreto armado. Vedação vertical. Análise estrutural. CAD/TQS.

ABSTRACT

FERREIRA, Iago. **Comparative analysis in reinforced concrete structure using TQS software: Case study between different vertical sealing systems.** 2021. 82 p. Civil Engineering Final Paper (Bachelor Degree) – Academic Department of Building Construction, Federal Technological University of Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2021.

Currently, the vast majority of the structures built in Brazil are made of reinforced concrete and the vertical seal composed of ceramic block. This work aims to analyze the influence of using other types of closure in order to reduce the weight of the structure itself. The analysis and dimensioning of the generated models will be performed using CAD/TQS software, where results of requesting efforts and quantitative tables of materials used in each system will be obtained. Both models will be developed according to NBR 6118: 2014.

Keywords: Structure. Reinforced concrete. Vertical seal. Structural Analysis. CAD/TQS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de bloco cerâmico furado Fonte: Polazzo (2015).....	19
Figura 2 - Dimensões de bloco cerâmico furado Fonte: INMETRO (2011).....	20
Figura 3 - Tipos de bloco de concreto vazado Fonte: Mohamad (2015).	21
Figura 4 - Tipos de chapa <i>drywall</i> Fonte: NBR 14715 (ABNT, 2001).....	21
Figura 5 - Sistema estrutural em concreto armado Fonte: Chust (2015).....	22
Figura 6 - Elemento estrutural: Pilar Fonte: Chust (2015).	23
Figura 7 - Elemento estrutural: Viga Fonte: Bastos (2006).	24
Figura 8 - Exemplo de armadura de viga contínua Fonte: Bastos (2006).	24
Figura 9 - Elemento estrutural: Laje Fonte: Bastos (2006).....	25
Figura 10 - Modelo treliça para laje Fonte: Faulim (2004).....	26
Figura 11 - Laje nervurada: treliçada Fonte: Faulim (2004).	26
Figura 12 - Enchimento com bloco cerâmico e isopor Fonte: Bastos (2006).	26
Figura 13 - Tipos de lajes lisas Fonte: Bastos (2006).	27
Figura 14 - Sapata isolada Fonte: Bastos (2006).....	29
Figura 15 - Sapata corrida Fonte: Bastos (2006).	29
Figura 16 - Sapata associada Fonte: Carvalho e Figueiredo (2010).....	29
Figura 17 - Sapata alavancada Fonte: Carvalho e Figueiredo (2010).....	29
Figura 18 - Dimensões para verificar a rigidez de uma sapata isolada Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003).	30
Figura 19 - Modelo bloco com estaca e tubulão Fonte: Carvalho e Figueiredo (2010).	31
Figura 20 - Biela de concreto no bloco sobre 2 estacas Fonte: Bastos (2020).	32
Figura 21 - Análise linear (Tensão x Deformação) Fonte: Fontes (2005).....	33
Figura 22 - Análise linear Fonte: Kimura (2007).....	33
Figura 23 - Análise não-linear (Tensão x Deformação) Fonte: Fontes (2005).....	34
Figura 24 - Modelo de análise não-linear Fonte: Kimura (2007).	34
Figura 25 - Modelo estrutural Fonte: Kimura (2007).....	35
Figura 26 - Vigas contínuas Fonte: Kimura (2007).....	37
Figura 27 - Pórtico espacial Fonte: Kimura (2007).....	38
Figura 28 - Barra discretizada: Pórtico espacial Fonte: TQS INFORMÁTICA (2021).	38
Figura 29 - Discretização: Grelha Fonte: TQS INFORMÁTICA (2021).	39

Figura 30 - Projeto arquitetônico 3D: Imagem 1	Fonte: Autoria própria, 2021.	42
Figura 31 - Projeto arquitetônico 3D: Imagem 2	Fonte: Autoria própria, 2021.	43
Figura 32 - Projeto arquitetônico 3D: Imagem 3	Fonte: Autoria própria, 2021.	43
Figura 33 - Planta baixa do pavimento térreo	Fonte: Autoria própria, 2021.	44
Figura 34 - Níveis de projeto	Fonte: Autoria própria, 2021.	44
Figura 35 - Renderização: Fachada frontal	Fonte: Autoria própria, 2021.	45
Figura 36 - Renderização: Área de lazer	Fonte: Autoria própria, 2021.	45
Figura 37 - Modelo 3D: CAD/TQS	Fonte: Autoria própria, 2021.	47
Figura 38 - Modelo 3D: CAD/TQS	Fonte: Autoria própria, 2021.	47
Figura 39 - Modelo 3D: CAD/TQS	Fonte: Autoria própria, 2021.	48
Figura 40 - Compatibilização REVIT/TQS	Fonte: Autoria própria, 2021.	48
Figura 41 - Compatibilização REVIT/TQS	Fonte: Autoria própria, 2021.	49
Figura 42 - Informações: Lajes	Fonte: Autoria própria, 2021.	50
Figura 43 - Informações: Modelos	Fonte: Autoria própria, 2021.	50
Figura 44 - Exemplo: Definição de carregamentos	Fonte: Autoria própria, 2021.	51
Figura 45 - Avisos e erros: CAD/TQS	Fonte: Adaptado de CAD/TQS.	52
Figura 46 - Pórtico Espacial: ELU	Fonte: Adaptado de CAD/TQS.	53
Figura 47 - Pórtico espacial: ELS	Fonte: Adaptado de CAD/TQS.	54
Figura 48 - Cargas atuantes nas sapatas	Fonte: Autoria própria, 2021.	55
Figura 49 - Carregamento total atuante nas sapatas	Fonte: Autoria própria, 2021.	55
Figura 50 - Resumo: Modelo 01	Fonte: Autoria própria, 2021.	57
Figura 51 - Resumo: Modelo 02	Fonte: Autoria própria, 2021.	57
Figura 52 - Resumo: Modelo 03	Fonte: Autoria própria, 2021.	57
Figura 53 - Resumo geral	Fonte: Autoria própria, 2021.	58
Figura 54 - Momentos fletores atuantes no pilar P15: Modelos 01, 02 e 03	Fonte: Autoria própria, 2021.	59
Figura 55 - Armadura pilar P15: Modelo 01, 02 e 03	Fonte: Autoria própria, 2021.	60
Figura 56 - Resumo armaduras: Pilares	Fonte: Autoria própria, 2021.	61
Figura 57 - Momento fletor: V4: Modelos 01, 02 e 03	Fonte: Autoria própria, 2021.	62
Figura 58 - Detalhamento V4: Modelo 01	Fonte: Autoria própria, 2021.	63
Figura 59 - Detalhamento V4: Modelo 02	Fonte: Autoria própria, 2021.	63
Figura 60 - Detalhamento V4: Modelo 03	Fonte: Autoria própria, 2021.	63
Figura 61 - Resumo armaduras: Vigas baldrame	Fonte: Autoria própria, 2021.	64
Figura 62 - Resumo armaduras: Vigas cobertura	Fonte: Autoria própria, 2021.	65

Figura 63 - Esforços solicitantes: Sapatas – Modelo 01, 02 e 03 Fonte: Autoria própria, 2021.	66
Figura 64 - Detalhamento Sapata S11: Modelo 01 Fonte: Autoria própria, 2021.....	66
Figura 65 - Detalhamento Sapata S11: Modelo 02 Fonte: Autoria própria, 2021.....	67
Figura 66 - Detalhamento Sapata S11: Modelo 03 Fonte: Autoria própria, 2021.....	67
Figura 67 - Resumo dimensão/armaduras: Sapatas Fonte: Autoria própria, 2021...	68
Figura 68 - Resumo armaduras: Modelo 01 – Parte 1 Fonte: Autoria própria, 2021.	70
Figura 69 - Resumo armaduras: Modelo 01 – Parte 2 Fonte: Autoria própria, 2021.	71
Figura 70 - Resumo armaduras: Modelo 02 – Parte 1 Fonte: Autoria própria, 2021.	72
Figura 71 - Resumo armaduras: Modelo 02 – Parte 2 Fonte: Autoria própria, 2021.	73
Figura 72 - Resumo armaduras: Modelo 03 – Parte 1 Fonte: Autoria própria, 2021.	74
Figura 73 - Resumo armaduras: Modelo 03 – Parte 2 Fonte: Autoria própria, 2021.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

NBR – Norma Técnica.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo Geral.....	13
1.1.2	Objetivos Específicos.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	CONCRETO ARMADO.....	15
2.1.1	Concreto	15
2.1.2	Aço.....	16
2.1.3	Estados Limites.....	16
2.1.3.1	Estado limite último – ELU	17
2.1.3.2	Estado limite de serviço - ELS	17
2.2	VEDAÇÕES VERTICAIS	18
2.2.1	Alvenaria.....	18
2.2.1.1	Bloco cerâmico furado	19
2.2.1.2	Bloco de concreto vazado.....	20
2.2.2	<i>Drywall</i>	21
2.3	ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	22
2.3.1	Pilares.....	22
2.3.2	Vigas.....	23
2.3.3	Lajes	24
2.3.4	Fundação.....	27
2.3.4.1	Sapatas.....	28
2.3.4.2	Blocos: estacas e tubulões	30
2.4	ANÁLISE ESTRUTURAL.....	32
2.4.1	Análise Linear	33
2.4.2	Análise Não-Linear	34
2.4.3	Modelo Estrutural.....	35
2.4.3.1	Vigas contínuas	36
2.4.3.2	Pórtico plano	37
2.4.3.3	Pórtico espacial.....	37
2.4.3.4	Grelha	39

3	METODOLOGIA.....	40
4	ESTUDO DE CASO.....	42
4.1	DESCRIÇÃO DO MODELO.....	42
4.2	CARACTERÍSTICAS DE PROJETO	45
4.3	LANÇAMENTO DA ESTRUTURA	46
4.4	DEFINIÇÃO DOS CARREGAMENTOS.....	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5.1	RESULTADOS DO PROCESSAMENTO GLOBAL	52
5.2	PESO FINAL DA ESTRUTURA	54
5.3	QUANTITATIVO DE MATERIAIS	56
5.4	ESFORÇOS SOLICITANTES E DETALHAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	58
6	CONCLUSÃO.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

A construção de edifícios, no decorrer dos anos, vem diferenciando-se de outros setores da indústria manufatureira no aspecto evolutivo por fatores importantes, entre os quais se pode destacar a falta de uma maior competitividade nesse segmento industrial. Com isso, percebe-se que o modelo adotado no Brasil ainda é predominante, onde as vedações verticais tendem a seguir o padrão da alvenaria convencional, enquanto em outros países são utilizados diferentes métodos e materiais, visando a melhoria tanto com relação ao custo da obra quanto ao peso final da estrutura, onde se pode ter uma redução significativa de armadura mas que não comprometa a segurança e o conforto do usuário (VIEIRA, 2006; GISAH e THOMPSON, 2011).

A vedação vertical protege o edifício de agentes externos como chuvas e ventos, além de dividir ambientes internos promovendo segurança e conforto dentro de um sistema estruturado. Este processo de fechamento de vãos de paredes é utilizado na maioria das edificações (THOMAZ, 2001).

No Brasil, a alvenaria convencional é um método tradicional, enraizado na cultura habitacional brasileira. Por isso, o método mais utilizado para a construção de casas e edifícios. Utiliza materiais simples, como cimento, blocos para vedação e aço, mas é oneroso nos gastos com mão de obra e tem baixa produtividade. Com isso, devem ser feitos estudos para minimizar os gastos finais da obra, sendo possível utilizar outros tipos de vedações disponíveis no mercado atual (RAMALHO, 2003).

Como uma alternativa na construção civil surge o *drywall*, conhecido como gesso acartonado, que é um tipo de sistema construtivo empregado em paredes internas e forros, sendo composto por um bloco de gesso revestido com papel acartonado que são sustentados e firmados por perfis e parafusos de aço, o que o torna um sistema de rápida execução. Entre suas vantagens, está a agilidade no método construtivo e a diminuição das cargas permanentes da estrutura, o que possibilita a realização de reformas sem grandes custos e torna o edifício mais leve comparado a alvenaria convencional (MOURA, 2003).

A partir destas características, o trabalho tem como objetivo principal a comparação entre as diferentes vedações verticais existentes no mercado atual e

como suas características técnicas se comportam entre si, disponibilizando uma revisão descritiva teórica e uma análise estrutural utilizando o *software* TQS.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo estudar a influência de diferentes sistemas de vedação vertical em um projeto estrutural.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os sistemas de vedação vertical;
- Realizar o projeto estrutural, com dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais, definido no estudo de caso, utilizando o *software* TQS;
- Efetuar uma análise comparativa do comportamento da residência em termos de quantitativo de materiais utilizados e dos esforços solicitantes.

1.2 JUSTIFICATIVA

O sistema construtivo no Brasil muitas vezes pode ser considerado padrão, sendo o uso da alvenaria convencional o mais requisitado e empregado nos projetos. Com isso, releva-se a motivação acadêmica do aluno para a realização deste trabalho, onde tem a finalidade de demonstrar alguns tipos de vedações, onde seja possível definir os reais benefícios de cada modelo estrutural ao se aplicar diferentes cargas verticais. (GISAH e THOMPSON, 2011).

Quanto a sua viabilidade, deve-se ressaltar a importância do estudo teórico, onde será necessário utilizar referências bibliográficas e um *software* estrutural com licença disponibilizada pela universidade, no qual as variações serão realizadas a partir de cargas distribuídas linearmente sobre as vigas, descartando ensaios práticos e o uso de materiais e equipamentos que possam inviabilizar a pesquisa (GIL, 2002).

Portanto, o intuito do trabalho consiste em analisar e indicar em um modelo estrutural delimitado pelo estudo de caso, qual o sistema de vedação mais eficaz e

apresentar resultados que mostrem as vantagens e desvantagens em relação ao quantitativo de materiais e ao peso final da estrutura de cada método. A partir desses resultados, é possível demonstrar aos engenheiros e estudantes a relação e os benefícios entre cada tipo de serviço, apresentando as possíveis soluções e podendo contribuir de alguma forma com a Engenharia Civil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCRETO ARMADO

O concreto armado pode ser definido como uma estrutura composta basicamente por concreto simples e armadura, de tal modo que ambos devem resistir aos esforços solicitados. Estes materiais quando combinados, tendem a trabalhar de maneira satisfatória devido às forças de aderência entre a superfície do concreto e do aço (CHUST, 2015).

Segundo Pinheiros (2010) o concreto armado apresenta várias vantagens em relação a outros materiais e algumas delas serão mencionadas a seguir. Também serão relacionadas algumas desvantagens quanto ao seu uso estrutural.

Vantagens:

- Apresenta boa resistência à maioria dos tipos de solicitações;
- Processos construtivos conhecidos e bem difundidos em quase todo o país;
- O concreto é durável e protege as armaduras contra corrosão;
- Possui resistência significativa a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos.

Desvantagens:

- Peso próprio elevado, limitando o uso em determinadas situações;
- Reformas e adaptações são, muitas vezes, de difícil execução;
- Custo de formas para moldagem;
- Tempo de execução maior do que outros sistemas de construção.

2.1.1 Concreto

O concreto é obtido por meio da mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água. Algumas vezes são utilizados aditivos, que tem como objetivo melhorar certas propriedades, como o aumento da resistência ou retardar a velocidade da reação química que ocorre no concreto. Enquanto fresco, suas principais propriedades são a consistência, a trabalhabilidade e a homogeneidade. Já endurecido, as principais características são mecânicas, destacando-se à resistência a compressão (CHUST, 2015).

A obtenção de um concreto com qualidade requer uma série de cuidados, desde a escolha dos materiais, sua correta aplicação e adensamento, até a cura adequada. Segundo a NBR 7212 - Execução de concreto dosado em central: Procedimento (ABNT, 2012), deve-se seguir os requisitos mínimos de qualidade e transporte do concreto, sempre conferindo o documento de entrega disponibilizado pela central dosadora (GIAMUSSO, 1992).

2.1.2 Aço

De acordo com a NBR 7480 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado: Especificação (ABNT, 2007), "classificam-se como barras de aço os produtos de diâmetro nominal 6,3 mm ou superior, obtidos exclusivamente por laminação a quente, sem processo posterior de deformação mecânica." Conforme o valor característico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25, CA-50 e CA-60.

As características mecânicas mais importantes para a definição de um aço, obtidas em ensaios de tração são as resistências características de escoamento, de limite de resistência e de alongamento na ruptura. No escoamento, existe uma tensão máxima que, se atingida, o material sofre deformações permanentes. Já no limite de resistência é dado a força máxima que o aço pode resistir. E por fim, no alongamento é possível analisar o aumento do comprimento do corpo de prova correspondente à ruptura. Estes ensaios devem ser efetuados segundo a NBR 6892-2 - Materiais metálicos - Ensaio de tração - Parte 2: Método de ensaio à temperatura elevada (ABNT, 2013) (CHUST, 2015).

2.1.3 Estados Limites

Segundo Pinheiro (2007), as estruturas de concreto armado devem ser projetadas de modo que apresentem segurança satisfatória. Esta segurança está condicionada à verificação dos estados limites, que são situações em que a estrutura apresenta desempenho inadequado à finalidade da construção, ou seja, são estados em que a estrutura se encontra imprópria para uso. Os estados limites podem ser classificados em estados limites últimos ou estados limites de serviço, conforme sejam referidos à situação de ruína ou de serviço, respectivamente. Uma estrutura é dita

segura, quando as solicitações são menores do que as resistências para qualquer estado limite considerado.

2.1.3.1 Estado limite último – ELU

De acordo com a NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto (ABNT, 2016), a segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação aos seguintes estados limites últimos:

- Estado limite último da perda de equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido;
- Estado limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais, admitindo-se a redistribuição de esforços internos;
- Estado limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem;
- Estado limite último provocado por solicitações dinâmicas;
- Estado limite último de colapso progressivo;
- Outros estados limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

É neste estado limite que o dimensionamento da estrutura é baseado. Nele, é verificado se a estrutura projetada é resistente o bastante para que não colapse.

2.1.3.2 Estado limite de serviço - ELS

Ainda em relação a NBR 6118 (ABNT, 2014), estados limites de serviços são aqueles relacionados à durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e à boa utilização funcional das mesmas, seja em relação aos usuários, seja em relação às máquinas e aos equipamentos utilizados. Segundo Pinheiro (2003), são limites que correspondem a condições precárias em serviço. Sua ocorrência, duração ou repetição podem causar efeitos estruturais e que podem danificar a construção com o passar do tempo. Podem ser citados como exemplos:

- Deformações excessivas – flechas;
- Danos estruturais localizados que possam comprometer a estrutura – abertura de fissuras;

- Vibrações excessivas que causem desconforto ao usuário.

2.2 VEDAÇÕES VERTICAIS

De acordo com a NBR 15575 - Edificações Habitacionais: Desempenho - (ABNT, 2013), "vedação vertical se trata então do conjunto de elementos e componentes que tem como função básica vedar a edificação e seus ambientes internos. Ou seja, a vedação vertical engloba paredes, esquadrias e revestimentos".

A vedação vertical representa apenas 3 a 6% do custo do edifício, entretanto, muitos outros benefícios são obtidos através de sua racionalização, destacando-se principalmente o aumento da produtividade e na redução de problemas patológicos (BARROS, 1996).

É classificada interna quando compartimenta o volume interno em mais de um ambiente e externa quando uma de suas faces está voltada para o meio externo do edifício, protegendo a parte interna contra a ação de intempéries e agentes indesejáveis (SABBATINI, 1988).

A parede por sua vez, é a principal responsável pelo desempenho global da vedação vertical e define a tecnologia de produção. Ela pode ser feita de diferentes tipos de materiais e processos, sendo eles a alvenaria convencional, *drywall*, painéis de PVC, painéis de madeira, entre outros (LORDSLEEM JÚNIOR, 2004).

Quanto à estruturação, Sabbatini (2003) propõe a classificação das vedações verticais em dois grupos: autossuporte e estruturada. As autoportantes são as que se autossustentam, sem necessidade de outros suportes. Já a estruturada necessita de alguma estruturação complementar para se manterem estáveis. Dentre suas funções, deve-se atender a algumas especificações, sendo:

- Compartimentação de ambientes;
- Auxiliar no conforto térmico e acústico;
- Servir de proteção de equipamentos de utilização do edifício.

2.2.1 Alvenaria

A alvenaria é definida como uma parede constituída pelo assentamento de tijolos maciços ou blocos vazados com argamassa, com a função de suportar apenas

seu peso próprio e cargas de ocupação como armários, prateleiras ou redes de dormir (THOMAZ, 2009).

É a grande responsável pela habitabilidade das construções. Ela deve garantir alguns requisitos como conforto, saúde, higiene e segurança de utilização. Esses elementos podem variar entre diversos tipos de tijolos ou blocos, compostos por diversos materiais diferentes (LORDSLEEM JÚNIOR, 2004).

Ainda conforme Santiago (2010), sistemas convencionais de construção como a alvenaria, que utiliza blocos de cerâmica, por exemplo, são produzidos de forma lenta e precisam de uma mão de obra em maior quantidade. Tal método apresenta algumas características não vantajosas, como o grande desperdício de material utilizado, a falta de padronização da execução do trabalho, dificuldade na fiscalização, assim como a necessidade de um bom planejamento no momento da execução.

2.2.1.1 Bloco cerâmico furado

De acordo com a NBR 15270-1 - Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos - (ABNT, 2005), o bloco cerâmico furado pode ser definido como um componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. Este elemento deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa e queimado a elevadas temperaturas. A Figura 1 apresenta os tipos de blocos cerâmicos furados.

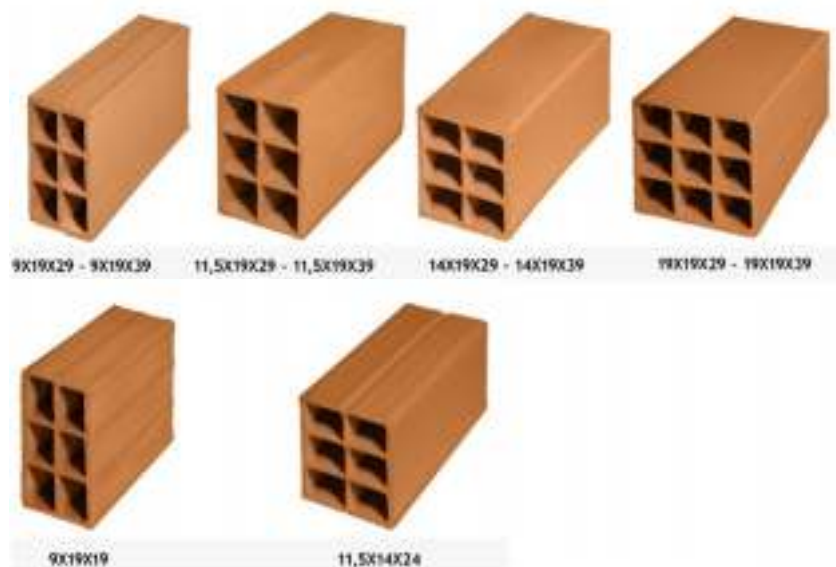


Figura 1 - Tipos de bloco cerâmico furado
Fonte: Polazzo (2015).

Ainda de acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005), segue abaixo a Figura 2 de dimensões existentes.

Dimensões nominais do bloco cerâmico de vedação				
Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)		
		Comprimento do bloco	Comprimento do ½ bloco	
9	9	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
	14	9	19	9
			24	11,5
			29	14
	19	9	19	9
			24	11,5
			29	14
11,5	11,5	24	11,5	
		29	14	
		34	17	
	14	11,5	19	9
			24	11,5
			29	14
	19	11,5	24	11,5
			29	14
			34	17
14	19	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
19	19	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
24	24	24	11,5	
		29	14	
		34	17	

Figura 2 - Dimensões de bloco cerâmico furado
Fonte: INMETRO (2011).

2.2.1.2 Bloco de concreto vazado

Os blocos de concreto são unidades de alvenaria fabricadas a partir de uma mistura de cimento, agregados (areia e brita) e água. A mistura é introduzida em máquina de moldar, onde, através de pressão e vibração, se produz os blocos. Os processos de fabricação e cura dos blocos devem assegurar a obtenção de um concreto suficientemente compacto e homogêneo (MOHAMAD, 2015).

De acordo com a norma NBR 6136 (ABNT, 2006), o bloco se define como um elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta. Os blocos de concreto são classificados pela NBR 6136 (ABNT, 2016) “Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural” em classe A e B.

Ainda de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2006), as características dos blocos de concreto utilizados na alvenaria estrutural, então os principais blocos com função estrutural comercializado atualmente apresentam as seguintes dimensões conforme a Figura 3.



Figura 3 - Tipos de bloco de concreto vazado
Fonte: Mohamad (2015).

2.2.2 Drywall

O termo “*Drywall*”, que em português significa “parede seca”, define bem o principal diferencial do método. É um sistema de vedação vertical utilizado em ambientes internos e que não faz o uso de água em seu processo construtivo (PLACO, 2014).

Segundo a NBR 15758 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall*: Projeto e procedimentos executivos para montagem Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes - (ABNT, 2009), este sistema construtivo é composto por chapas de gesso, estrutura de perfis de aço, acessórios de fixação e insumos, destinados a atender determinadas solicitações, cumprindo sempre as exigências dos usuários.

De acordo com a NBR 14715 - Chapas de gesso acartonado: Requisitos - (ABNT, 2001), existem três tipos de chapa disponíveis no mercado atual, sendo elas expressas na Figura 4.

Tipos de chapa	Código	Aplicação
Standard	ST	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas
Resistência à umidade	RU	Paredes, revestimentos e forros em áreas sujeitas a umidade por tempo limitado (de forma intermitente)
Resistência a fogo	RF	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas, com chapas especialmente resistentes ao fogo

Figura 4 - Tipos de chapa *drywall*
Fonte: NBR 14715 (ABNT, 2001).

O processo de fabricação de placas de gesso acartonado, em geral, consiste em encapar o gesso com papel cartão e passar o gesso envelopado por aquecimento

e resfriamento. A fabricação das placas tem origem com a extração da gipsita da mina, que é diretamente encaminhada para fábrica onde passa pelo processo de peneiramento, pesagem e adição de aditivos. Por fim, as placas passam por um circuito de ar frio para evitar a perda das propriedades, sequencialmente sendo empacotadas e estocadas (FIGUEIREDO et al, 2008).

Atualmente, nos Estados Unidos cerca de 90% das vedações verticais internas são executadas com placas de gesso acartonado (LOSSO, 2004).

2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Elementos estruturais são peças, geralmente com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais (vigas, lajes, pilares, etc.), que compõem uma estrutura. Estas peças são distribuídas a fim de formar um sistema estrutural, onde cada uma tem suas características geométricas e físicas, a fim de absorver esforços advindos da estrutura (CHUST, 2015). Para uma melhor visualização deste sistema estrutural, segue a Figura 5.

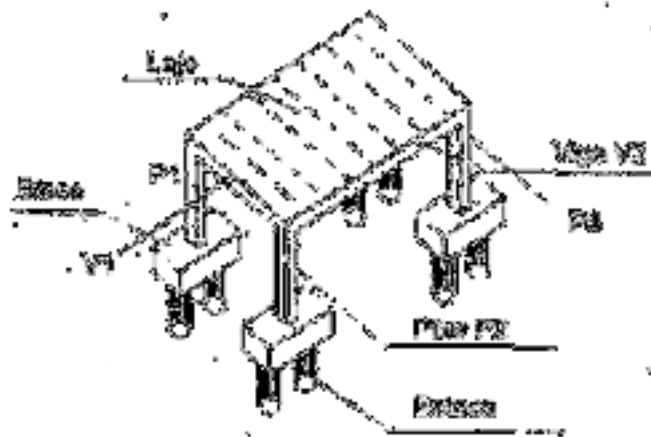


Figura 5 - Sistema estrutural em concreto armado
Fonte: Chust (2015).

2.3.1 Pilares

Para Chust (2015), pilares são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes” NBR 6118 (ABNT, 2003), item 14.4.1.2. Tem como função principal transmitir as ações advindas das vigas e lajes às fundações, embora também possam transmitir para outros elementos de apoio dependendo do modelo da estrutura.

Ainda de acordo com Chust (2015), são elementos de maior importância estrutural tendo em vista o aspecto de segurança. Além de funcionar como um transmissor de cargas para a fundação, tem também a responsabilidade de garantir a estabilidade global da estrutura quando sujeita as ações verticais e horizontais.

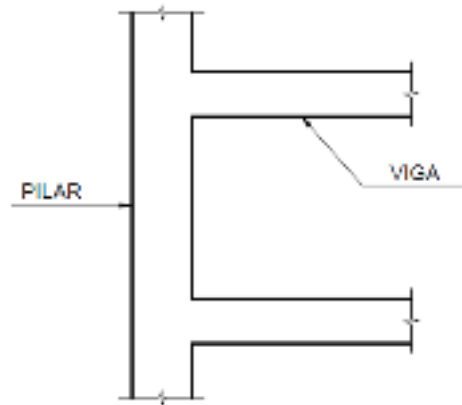


Figura 6 - Elemento estrutural: Pilar
Fonte: Chust (2015).

Segundo Carvalho e Figueiredo (2010), os pilares são tratados como elementos lineares e, geralmente, isolados e usualmente com seção transversal quadrada, retangular ou circular, sendo uma das dimensões (comprimento) bem maior que as outras duas. O estudo do dimensionamento não é simples e as principais variáveis que envolvem este dimensionamento são:

- Posição do pilar em planta: central ou intermediário, lateral ou de canto;
- Tipo de solicitação: flexão composta normal ou flexão composta oblíqua;
- Esbeltez (função do comprimento e seção transversal): curto, medianamente esbelto, esbelto e muito esbelto;
- Características geométricas e condições de contorno dos apoios;
- Processos de cálculo: simplificados (pilar-padrão com curvatura máxima, pilar-padrão acoplado à diagrama M, N, $1/r$, pilar padrão com rigidez K aproximada) e processo geral (substitui os demais).

2.3.2 Vigas

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), vigas “são elementos lineares em que a flexão é preponderante”, como ilustrado na Figura 7. Basicamente, tem como função vencer vãos e transmitir as ações nelas atuantes para apoios, geralmente para pilares. São classificadas normalmente como retas, podendo também serem curvas

perpendiculares ao plano e devem ser previamente calculadas pelo projetista. Podem ser divididas em: distribuídas linearmente (paredes), forças concentradas (pilar apoiado sobre a laje) e distribuídas por área (peso próprio, revestimento, etc.). As ações geradas pela laje são distribuídas, geralmente, para as vigas de apoio nas bordas das lajes, mas também podem ser transmitidas diretamente aos pilares, como é o caso das lajes lisas (BASTOS, 2006).

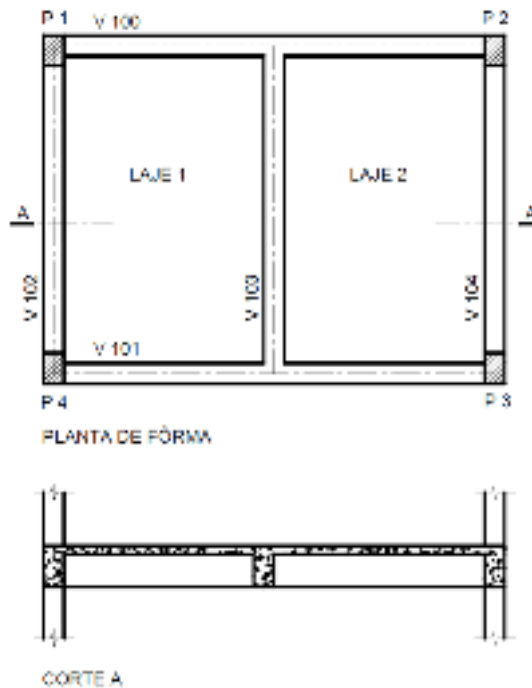


Figura 9 - Elemento estrutural: Laje
Fonte: Bastos (2006).

Ainda segundo Bastos (2006), os tipos de lajes mais comuns são: maciça, nervurada pré-fabricada, lisa e cogumelo. Lajes maciças de concreto costumam ter de 7 cm a 15 cm de espessura e são comuns em edifícios ou obras maiores como escolas, indústrias, hospitais, etc. Esta definição é dada por não possuir vazios e por se apoiar em vigas nas bordas, como ilustrado na Figura 9.

Já as lajes nervuradas pré-fabricadas são aplicadas em construções de menor porte como residências, onde apresentam vantagens construtivas pela facilidade de montagem, e pelo seu custo reduzido. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), “lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.” O tipo de laje nervurada mais utilizado é a treliçada, onde a armadura tem o desenho de uma treliça espacial e pode conter enchimento em blocos cerâmicos ou isopor, conforme Figuras 10, 11 e 12, respectivamente.



Figura 10 - Modelo treliça para laje
Fonte: Faulim (2004).



Figura 11 - Laje nervurada: treliçada
Fonte: Faulim (2004).



Figura 12 - Enchimento com bloco cerâmico e isopor
Fonte: Bastos (2006).

Por fim, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), “lajes cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com captéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem captéis”, conforme Figura 13. Também são mencionadas pela norma

como lajes sem vigas, pois ocorre uma grande redução no número de vigas e, em contrapartida, possuem uma espessura maior para absorver os carregamentos gerados pela estrutura. Apresentam algumas vantagens como uma maior rapidez na construção, mas são suscetíveis a maiores deformações (flechas). Neste tipo de laje também deve-se verificar a resistência a punção, um esforço cortante que ocorre no contorno dos pilares (BASTOS, 2006).

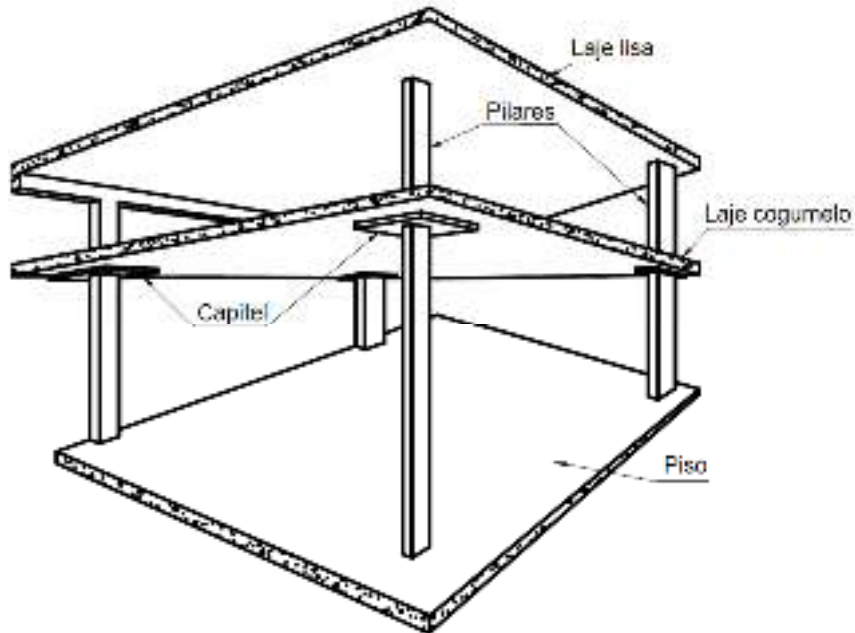


Figura 13 - Tipos de lajes lisas
Fonte: Bastos (2006).

2.3.4 Fundação

As fundações de uma estrutura devem garantir a estabilidade da obra que suporta, tendo como um parâmetro básico a capacidade de carga do solo que é adquirida a partir de ensaios diretos realizados no terreno em estudo. Também é de extrema importância um detalhamento de armadura correto para garantir uma boa funcionalidade e durabilidade à edificação, e isso é trabalho para um projetista que deve ter conhecimento tanto de estrutura quanto de geotecnia. Seu trabalho consiste em analisar os valores de cargas advindos dos pilares e, com informações rígidas do solo, definir o tipo de fundação, a geometria e a cota de assentamento dos elementos (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2010).

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo (2010), de maneira resumida, um projeto de fundações envolve as seguintes análises:

- Estudo do terreno: tipo de solo, resistência, consistência, compactidade, plasticidade, granulometria, entre outros;
- Estudo dos recalques, quando necessário;
- Nível do lençol freático;
- Situação geográfica da edificação: presença de galerias, outras edificações no entorno da obra;
- Escolha do tipo, profundidade, dimensões: função da estrutura a ser suportada e condições do terreno;
- Análise das ações: peso próprio, cargas recebidas, empuxo;
- Dimensionamento dos diversos elementos estruturais: sapatas, blocos, estacas, tubulão, entre outros.

2.3.4.1 Sapatas

As sapatas são elementos estruturais em concreto armado que tem como principal função absorver os esforços advindos dos pilares. São adequadas em situações em que o solo apresenta uma boa capacidade de suporte, por isso são posicionadas na superfície do terreno. É considerada como o tipo mais frequente utilizado nas obras por ter uma rápida execução e atender os requisitos necessários quando se tem um terreno homogêneo e compacto nas primeiras camadas (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2010).

Quanto ao tipo de carga que transferem ao solo, podem ser classificadas em:

- Isolada: carga concentrada em um único pilar, conforme Figura 14;
- Corrida: carga linear (parede), conforme Figura 15;
- Associada: cargas concentradas de mais de um pilar, transferidas através de uma viga que as associa conforme Figura 16. Utilizada quando há interferência entre duas sapatas isoladas.
- Alavancada: carga concentrada transferida através de viga-alavanca. É utilizada em pilar de divisa com o objetivo de centrar a carga do pilar com a área da sapata, conforme Figura 17.

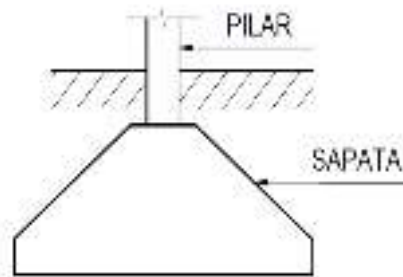


Figura 14 - Sapata isolada
Fonte: Bastos (2006).



Figura 15 - Sapata corrida
Fonte: Bastos (2006).

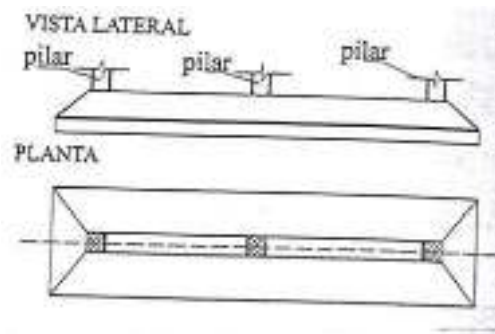


Figura 16 - Sapata associada
Fonte: Carvalho e Figueiredo (2010).

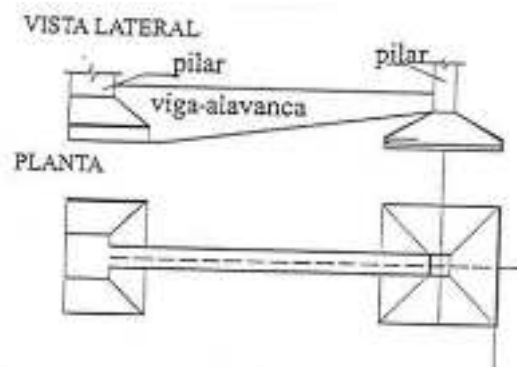


Figura 17 - Sapata alavancada
Fonte: Carvalho e Figueiredo (2010).

Quanto a sua rigidez, pode ser classificada de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003) item 22.4.1, uma sapata é rígida quando:

$h \geq (a - a_p)/3$, onde:

- h é a altura da sapata;
- a é dimensão da sapata em uma determinada direção;
- a_p é a dimensão do pilar na mesma direção.

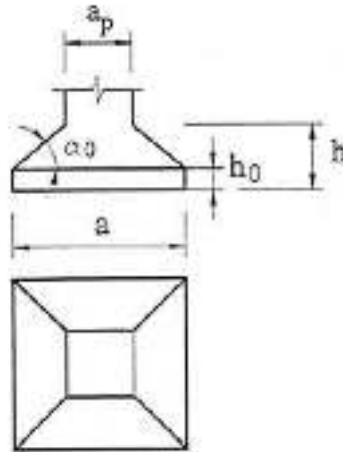


Figura 18 - Dimensões para verificar a rigidez de uma sapata isolada
Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003).

2.3.4.2 Blocos: estacas e tubulões

Blocos são definidos como elementos estruturais volumétricos, de transição, que transferem as cargas dos pilares para um conjunto de estacas ou tubulões, diferente das sapatas onde transferem as cargas recebidas diretamente para o solo. A utilização deste tipo de fundação se dá quando o terreno possui uma resistência elevada somente em camadas profundas ou quando o nível do lençol freático está perto da superfície (CARVALHO e FIGUEIREDO, 2010).

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo (2010), a definição do tipo de fundação e da geometria de seus elementos é feita por um especialista em geotecnia, mas em casos mais simples como residências unifamiliares, pode ser feito por engenheiros com experiência e conhecimento no assunto. De maneira simplificada, considera-se que as estacas transmitam as ações para o solo segundo a sua superfície lateral e também através da ponta, e em caso de tubulões, é admitido que apenas a base tenha capacidade de transmitir os esforços para o solo, conforme ilustrado na Figura 19.

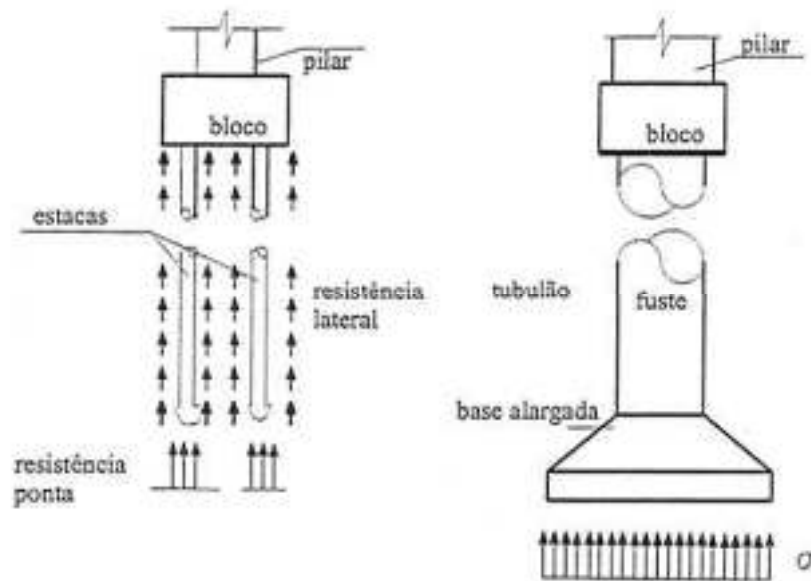


Figura 19 - Modelo bloco com estaca e tubulão
Fonte: Carvalho e Figueiredo (2010).

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 1996), uma das diferenças entre estaca e tubulão é que em pelo menos uma das etapas do tubulão exista a descida de pessoas, para abertura do fuste ou da base, ou ainda somente a limpeza do fundo de escavação.

Em relação as estacas, os blocos geralmente são apoiados sobre uma, duas ou três estacas. Isso depende principalmente das características do solo, da capacidade da estaca e da carga do pilar. Em edifícios de vários pavimentos utiliza-se blocos com mais estacas em razão das cargas maiores (BASTOS, 2020).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), item 22.7.3, “para cálculo e dimensionamento dos blocos, são aceitos modelos tridimensionais lineares ou não lineares e modelos biela-tirante tridimensionais.” Segundo Bastos (2010), o modelo de cálculo mais utilizado no Brasil é o “Método de Bielas”, introduzido por Blévoit em 1967. Simplificadamente, as bielas são os caminhos por onde as cargas advindas dos pilares são distribuídas dos blocos para as estacas. Para melhor interpretação, a Figura 20 mostra as duas bielas de compressão inclinadas atuantes nos blocos sobre 2 estacas.

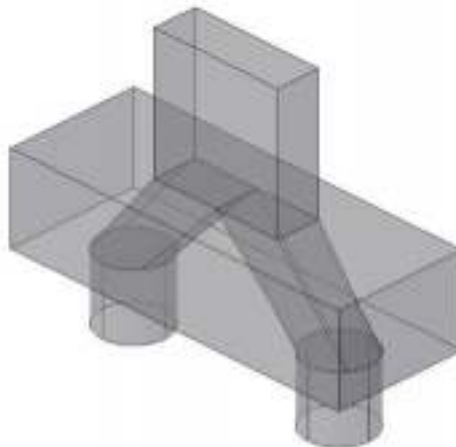


Figura 20 - Biela de concreto no bloco sobre 2 estacas
Fonte: Bastos (2020).

2.4 ANÁLISE ESTRUTURAL

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), a análise estrutural tem como objetivo principal determinar os efeitos das ações em uma estrutura com a finalidade de efetuar verificações de estados limites de serviço e últimos. Esta análise permite estabelecer as distribuições de esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos, em uma parte ou em toda a estrutura.

Esta etapa pode ser considerada a mais importante na elaboração de um projeto estrutural, pois é nela que o projetista irá estabelecer critérios e identificar a melhor solução dentre os modelos estruturais existentes, a fim de representar de maneira mais correta e aproximada os valores obtidos pelas ações no pórtico (KIMURA, 2007).

Ainda de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), existem cinco tipos de análises estruturais, divididas entre análise linear, análise linear com redistribuição, análise plástica, análise não-linear e análise através de modelos físicos. O tipo de análise deve ser escolhido pelo projetista, dependendo das considerações de projeto e o modelo estrutural adotado. Os resultados das análises devem ser aplicados conforme as condições descritas na norma nos itens 14.2.3 e 14.2.4, classificada em análises de regime linear e não linear.

2.4.1 Análise Linear

Na análise linear considera-se o comportamento de um material como elástico-linear. Um material é considerado elástico-linear quando após sofrer deformações devido as ações externas, retoma a sua forma inicial com a retirada do carregamento. Isso significa que a relação “Tensão x Deformação” do material pode ser definida por uma constante de proporcionalidade. Esta constante é chamada de módulo de elasticidade (E). Todo material apresenta comportamento elástico até certo limite, como ilustrado na Figura 21 (FONTES, 2005).

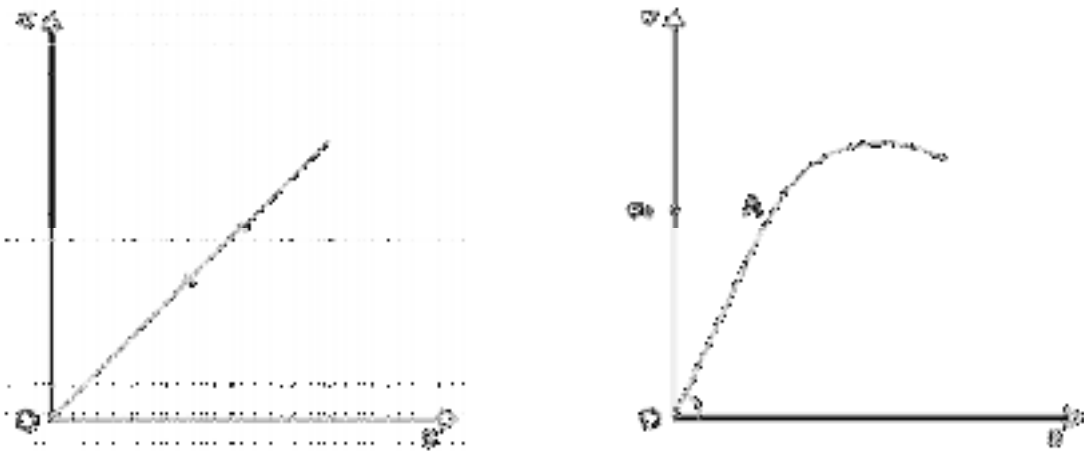


Figura 21 - Análise linear (Tensão x Deformação)
Fonte: Fontes (2005).

Segundo Kimura (2007), o comportamento da estrutura em uma análise linear pode ser definido como proporcional ao carregamento aplicado, ou seja, o deslocamento da estrutura é proporcionalmente linear à aplicação do carregamento. A Figura 22 ilustra esse comportamento.

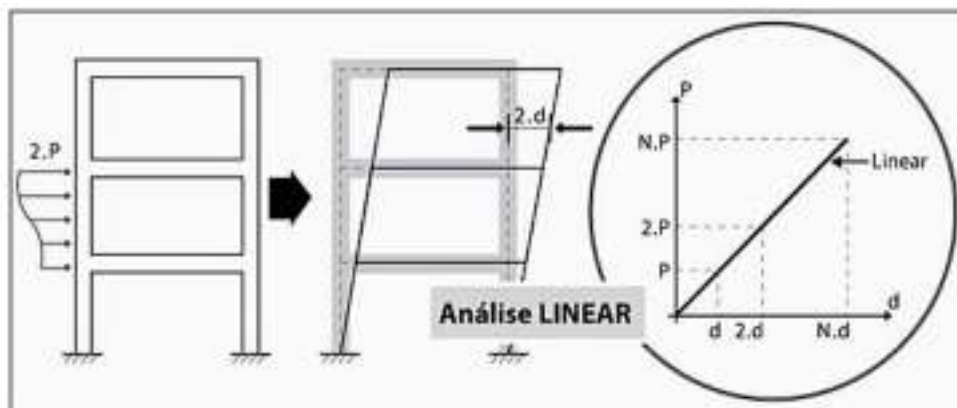


Figura 22 - Análise linear
Fonte: Kimura (2007).

2.4.2 Análise Não-Linear

De acordo com Fontes (2005), um material não-linear é aquele que apresenta uma relação não-linear entre tensão e deformação, conforme ilustrado na Figura 23. Com isso, pode-se dizer que essa relação não pode ser definida por uma constante, distinguindo-se da análise linear representada anteriormente. Apesar de na teoria o concreto armado ser um material não-linear, na prática é comum a utilização da análise linear como simplificação de cálculo em alguns projetos, mas isto deve ser minuciosamente revisto para que a estrutura final obtenha resultados fiéis a realidade.

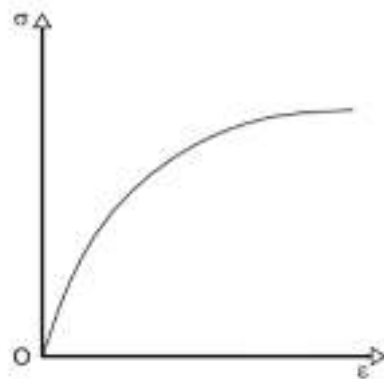


Figura 23 - Análise não-linear (Tensão x Deformação)
Fonte: Fontes (2005).

De maneira simplificada, Kimura (2007) ressalta que uma análise não-linear é um tipo de avaliação onde os resultados provenientes da estrutura ao se aplicar ações horizontais e verticais, apresentam resultados desproporcionais de deslocamentos à medida em que os carregamentos são aplicados. Pode-se visualizar esta análise conforme indicado na Figura 24.

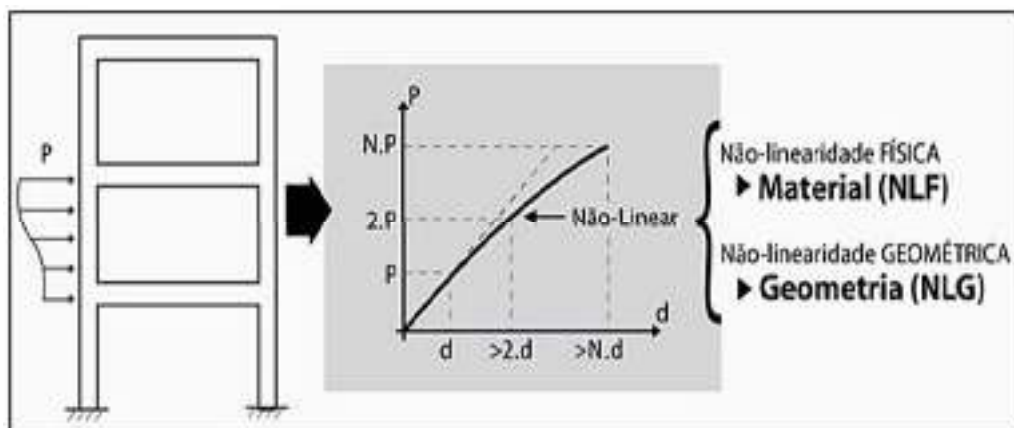


Figura 24 - Modelo de análise não-linear
Fonte: Kimura (2007).

Ainda segundo Fontes (2005), o comportamento não-linear das estruturas é decorrente de dois tipos de não-linearidades: Não Linearidade Física (NLF) e Não Linearidade Geométrica (NLG). Simplificadamente, a NLF refere-se ao comportamento não-linear entre tensão e deformação dos materiais, já a NLG considera a relação não-linear entre deformações e deslocamentos, e o equilíbrio na posição deformada da estrutura. Estes efeitos gerados por uma estrutura de concreto armado são denominados efeitos de segunda ordem, onde atualmente são analisados por sistemas computacionais por garantirem a otimização e coerência de resultados deste processo.

2.4.3 Modelo Estrutural

Para que sejam realizadas análises estruturais, é necessário se basear em um modelo estrutural que resolva todas os casos e hipóteses físicas e condizentes com a estrutura real. Sendo assim, ao simular uma estrutura através do modelo estrutural, o projetista busca obter os valores de verificação do estado limite último (ELU) e estado limite de serviço (ELS) a partir das ações e carregamentos aplicados, que sejam mais próximos da realidade executada (KIMURA, 2007). Este protótipo da estrutural real é apresentado na Figura 25.

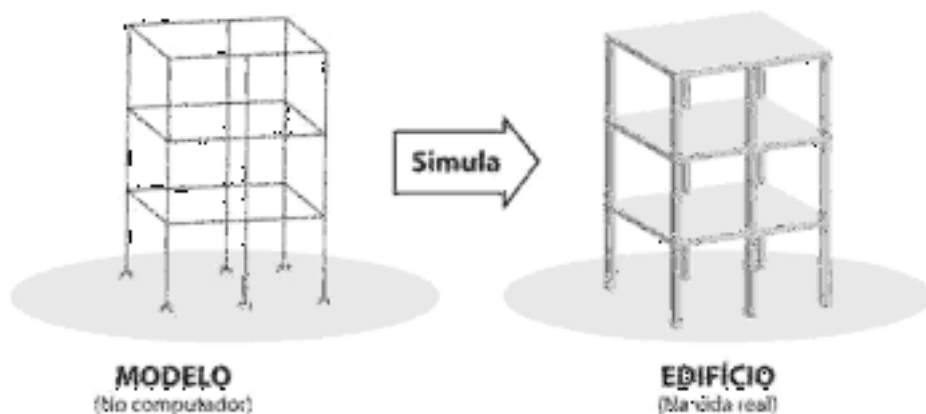


Figura 25 - Modelo estrutural
Fonte: Kimura (2007).

Ainda segundo o autor Kimura (2007), existem diversos modelos estruturais que podem simular estruturas em concreto armado, desde os modelos mais simplificados até os mais complexos. Além disso, estes modelos se atualizam conforme o passar do tempo e com a evolução na tecnologia,

sendo cada vez mais representados por valores que se aproximam da estrutura real.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) relaciona os modelos estruturais que podem ser utilizados para ser empregados em análises de estruturas em concreto armado. Dentre os modelos, estão: vigas contínuas, pórtico plano, pórtico espacial e grelha.

Sendo assim, para uma maior compreensão de como é feita a caracterização de cada modelo estrutural que se aplicam em edifícios de concreto armado, é necessário entender seu funcionamento quanto suas peculiaridades e fatores determinantes na escolha de cada modelo.

2.4.3.1 Vigas contínuas

Para Lins (2010), este modelo é considerado o mais simples e que foi muito utilizado em escritórios de engenharia em décadas passadas, onde a estrutura global era dividida em pequenas frações com o objetivo de facilitar o processo manual de análise. Este modelo tem como função isolar as vigas dos edifícios, que estão sujeitas as cargas verticais provenientes do seu peso próprio, lajes, alvenarias, outras vigas e entre outros.

Neste modelo, as vigas são representadas por barras com pontos de apoios e forças aplicadas no plano, tendo como esforços predominantes apenas momentos fletores e esforços cortantes. Para se verificar a torção, deve-se utilizar um outro modelo já que a viga contínua situa-se em um plano que contém o seu eixo longitudinal e a torção atua num plano perpendicular a ele (FONTES, 2005).

De acordo com Kimura (2007), este modelo simplificado não deve ser utilizado para realizar o cálculo de estruturas mais complexas, pois como os elementos de um edifício trabalham de forma conjunta, uma vez que neste modelo os pilares, vigas e lajes são calculados de forma independente, são inseridas aproximações que podem divergir de uma análise estrutural real.

Com o grande salto tecnológico dos últimos anos, este modelo está sendo menos utilizado por se possuir técnicas mais refinadas para a realização de uma análise que se aproxima da realidade, com um tempo de processamento menor e não necessitando fracionar a estrutura para analisá-la (LINS, 2010). Na Figura 26 temos um modelo ilustrativo de vigas contínuas.

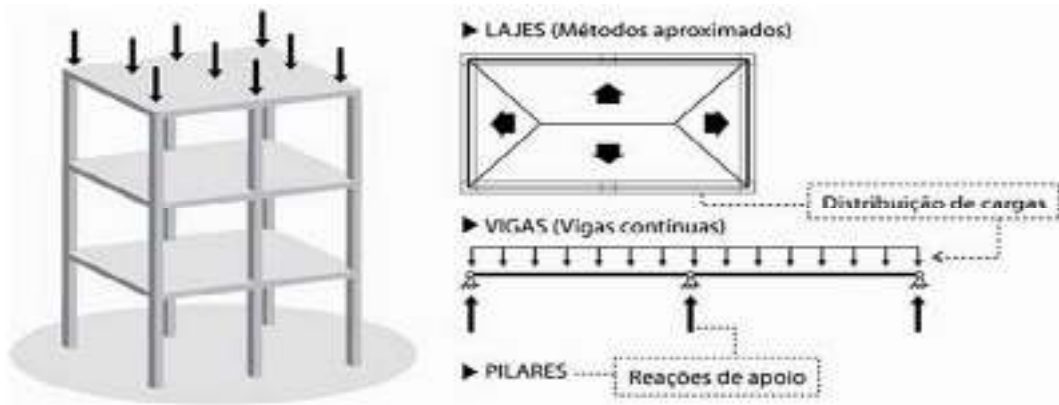


Figura 26 - Vigas contínuas
Fonte: Kimura (2007).

2.4.3.2 Pórtico plano

O modelo de pórtico plano é formado pela associação de elementos unidimensionais, representados por pilares, tirantes e vigas. Assim como o modelo de vigas contínuas, as ligações entre os elementos podem ser classificadas da mesma forma, podendo ser rígida, semi-rígida e flexível, conforme o grau de restrição de movimento causado pelo apoio, que por sua vez é representado por um nó (LINS, 2010).

É um modelo que representa valores mais precisos pois leva em conta a transmissão de esforços entre os elementos que constituem o pórtico, sem realizar um fracionamento da estrutura. Os esforços analisados são os momentos fletores, esforços cortantes e esforços normais, tendo ainda como limitação a verificação dos efeitos de torção (FONTES, 2005).

Ainda segundo Fontes (2005), como vantagem na utilização deste modelo para análise estrutural, tem-se uma boa simplificação na análise dos resultados, sem grandes perdas na modelagem da estrutura em relação ao seu comportamento real. Isto vale apenas para edifícios onde os esforços de torção sejam mínimos e não afetem a estrutura.

2.4.3.3 Pórtico espacial

Os pórticos espaciais são formados por elementos lineares com ligações rígidas, semi-rígidas e flexíveis, assim como os pórticos planos. Este modelo tridimensional é o mais completo para análise estrutural, visto que além de determinar

dos esforços normais e cortante, e momentos fletores, é capaz de obter os esforços de torção. Seu uso é adequado para análise de carregamentos horizontais e verticais, inclusive com assimetria (FONTES, 2005). Este modelo é ilustrado na Figura 27.

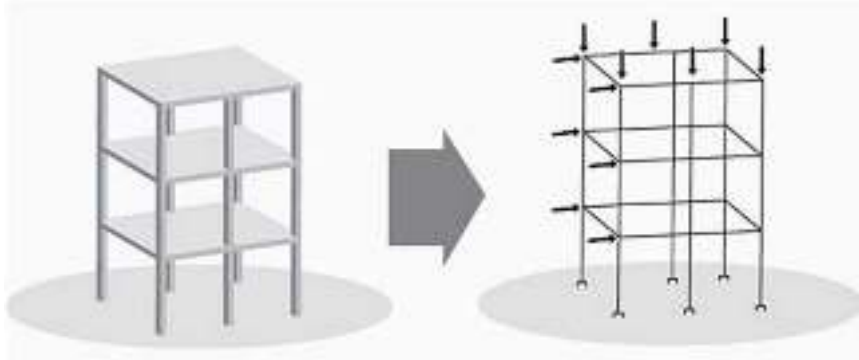


Figura 27 - Pórtico espacial
Fonte: Kimura (2007).

Cada nó deste pórtico possui 6 graus de liberdade, possibilitando a obtenção dos deslocamentos e esforços em cada extremidade do elemento. Na figura 28 a seguir, está representado os graus de liberdade, sendo eles:

- (1) Translação força normal;
- (2) e (3) Translação força cortante;
- (4) Rotações momento torsor;
- (5) e (6) Rotação momento fletor.

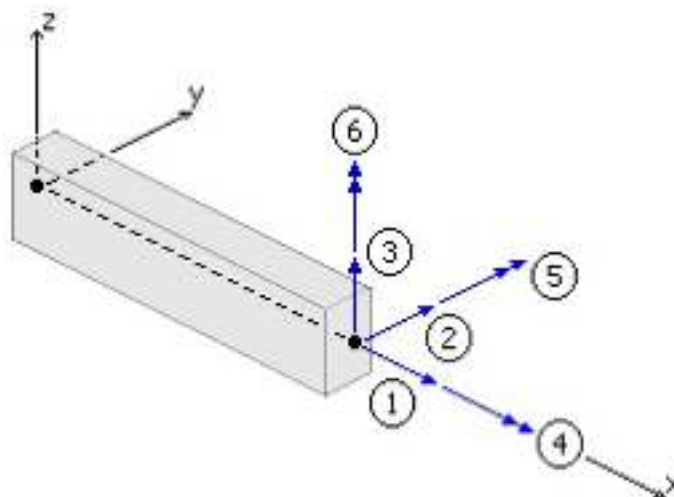


Figura 28 - Barra discretizada: Pórtico espacial
Fonte: TQS INFORMÁTICA (2021).

O modelo de pórtico espacial pode ser usado, por exemplo, para:

- Obter os esforços para dimensionamento de vigas e pilares (Modelo IV);

- Obter os esforços para dimensionamento de lajes, vigas e pilares (Modelo VI);
- Obter as solicitações transmitidas para os elementos de fundação;
- Verificar a estabilidade global do edifício;
- Verificar os deslocamentos laterais provocados pelas ações horizontais (Ex.: vento).

Atualmente, dentre os modelos estruturais existentes, o pórtico espacial é o que mais ganha espaço nos escritórios de projeto por possuir benefícios e métodos de cálculo complexos que mais se aproximam do modelo real (FONTES, 2005).

2.4.3.4 Grelha

De acordo com Fontes (2005), as grelhas são estruturas planas formadas por barras, que recebem carregamento perpendicular ao seu plano. Podem ser aplicadas na análise estrutural de pavimentos de uma edificação, simulando vigas ou lajes, sendo os pilares representados por apoios. A Figura 29 ilustra este modelo computacional.

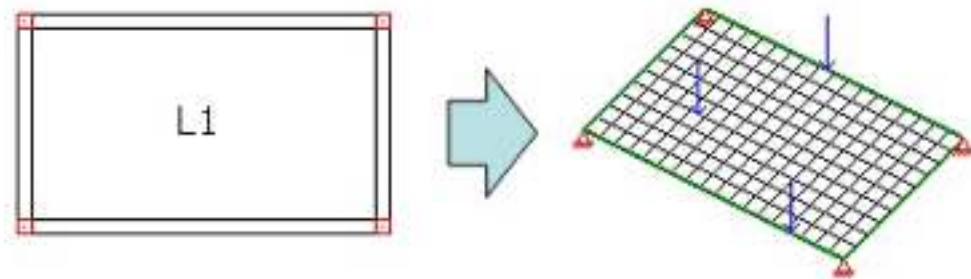


Figura 29 - Discretização: Grelha
Fonte: TQS INFORMÁTICA (2021).

A aplicação deste modelo em específico consiste em fazer uma correlação entre a rigidez a torção e flexão da malha de barras geradas durante a análise, deixando o método mais preciso à medida em que o espaçamento entre as barras vai diminuindo (LINS, 2010).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) permite uma redução da rigidez a torção em 15%, já que há essa diminuição de rigidez nas peças de concreto armado referente a fissuração do material. A rigidez à flexão dos pilares que constituem os apoios das grelhas pode ser adotada de forma semelhante as vigas contínuas, em ambas as direções da grelha.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos para a elaboração deste trabalho.

Uma pesquisa pode ser classificada em duas categorias, sendo elas a quantitativa e a qualitativa. Definindo cada uma, uma pesquisa qualitativa é caracterizada por possuir aspectos não mensuráveis e são definidas por meio de uma descrição analítica, e não medidas ou contadas. Por outro lado, a pesquisa quantitativa tem como característica a atribuição numérica, que não deve ser feita ao acaso, mas sim embasada em um sistema lógico onde os resultados são confiáveis e eficazes. Após uma breve definição dos termos, pode-se classificar o trabalho em questão como sendo uma pesquisa quantitativa, por se tratar de comparar variáveis mensuráveis em relação as vedações verticais que serão analisadas em um *software* específico (FACHIN, 2001).

Quanto a classificação dos objetivos da pesquisa podemos ter três modelos, sendo elas descritiva, explicativa ou exploratória. Entende-se por descritiva as pesquisas que expõem, classificam e analisam algum tema de estudo. Entre elas, salientam-se aquelas que tem por objetivo estudar as características de um grupo. Já a explicativa tem como foco central identificar os fatores que determinam ou contribuem para o acontecimento de algum fato. É a pesquisa que mais se aprofunda sobre o conhecimento da realidade. Por fim, a exploratória tem como objetivo o aprimoramento de ideias, com propósito de explorar ou criar hipóteses de temas ainda refutáveis. Com base nessas informações, é possível compreender e classificar este trabalho como sendo de forma descritiva, onde será realizado um estudo de caso específico e de embasamento teórico citado nas referências bibliográficas, e tem como objetivo principal descrever e analisar as diferentes variáveis propostas no problema (GIL, 2002).

Inicialmente, propõem-se uma arquitetura escolhida pelo autor, onde será realizado uma concepção estrutural e por seguinte o pré-dimensionamento e lançamento dos elementos estruturais (pilares, vigas, lajes, fundação) no *software* TQS de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014). Após o término da modelagem 3D, serão feitas 3 variações de cargas verticais na estrutura, que serão modificadas de acordo com os seguintes modelos propostos:

- MODELO 01: vedação externa/interna em bloco concreto vazado;
- MODELO 02: vedação externa/interna em bloco cerâmico vazado;
- MODELO 03: vedação externa/interna em *drywall*.

A quantificação dos dados será obtida através de uma análise estrutural realizada em cada modelo descrito, onde serão observados o peso final da estrutura e se houve alguma redução significativa de aço ou concreto no sistema.

Após isso, os valores e informações obtidas serão comparadas entre si, a fim de demonstrar qual método possui o melhor rendimento dentre as características analisadas.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO

Trata-se de uma residência de alto padrão, localizada na cidade de Cuiabá - MT e projetada para ser construída em concreto armado. Possui 290 m², contendo 3 quartos, sendo uma suíte master e duas suítes normais, 2 banheiros, 1 sala de *tv/gourmet*, 2 despensas/depósitos e um lavabo, contendo também uma piscina com prainha. A residência possui um pé direito de 4,50 m e sua modelagem arquitetônica 3D pode ser vista abaixo nas Figuras 30, 31 e 32.



Figura 30 - Projeto arquitetônico 3D: Imagem 1
Fonte: Autoria própria, 2021.



Figura 31 - Projeto arquitetônico 3D: Imagem 2
Fonte: Autoria própria, 2021.



Figura 32 - Projeto arquitetônico 3D: Imagem 3
Fonte: Autoria própria, 2021.

A planta baixa do pavimento térreo da residência está ilustrada abaixo na Figura 33.



Figura 33 - Planta baixa do pavimento térreo
Fonte: Autoria própria, 2021.

Tanto a modelagem 3D do projeto arquitetônico quanto as plantas baixas foram fornecidas por um escritório de arquitetura de Cuiabá. A partir desses projetos iniciou-se então a modelagem e concepção estrutural. Nesta residência foram criados diversos níveis por conta da arquitetura moderna, tendo como objetivo facilitar a leitura e execução do projeto estrutural. Estes níveis podem ser vistos na Figura 34, a seguir.

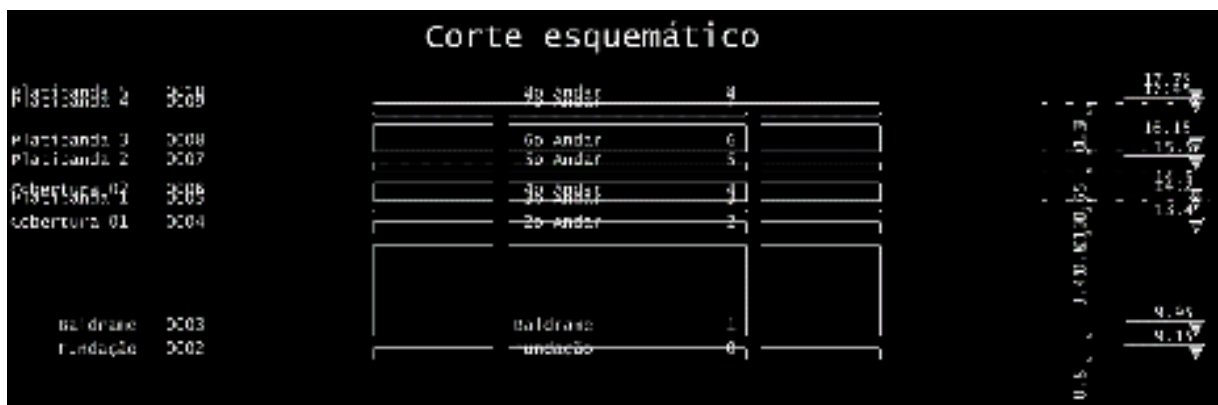


Figura 34 - Níveis de projeto
Fonte: Autoria própria, 2021.

Também foi disponibilizado algumas renderizações produzidas pelo mesmo escritório de arquitetura, onde tem como objetivo uma melhor visualização do projeto, neste caso da fachada frontal e da área de lazer, como visto nas Figuras 35 e 36, respectivamente.



Figura 35 - Renderização: Fachada frontal
Fonte: Autoria própria, 2021.



Figura 36 - Renderização: Área de lazer
Fonte: Autoria própria, 2021.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE PROJETO

Para a realização do projeto, é necessário definir algumas propriedades e características dos materiais, sendo elas:

- Tipo de estrutura: Concreto Armado;

- Peso próprio do concreto: 2500 kgf/m³;
- Classe de agressividade ambiental: II - Moderado (Ambiente urbano);
- Classe de concreto: C25 (fck = 25 Mpa), de acordo com a Tabela 2 da NBR 6118: 2014;
- Cobrimentos conforme a Tabela 3 da NBR 6118 (2014);
- Laje de forro: Carga permanente: 70 kgf/m², Carga variável: 100 kgf/m²;
- Tensão do solo: 4 kgf/cm² (adotado);
- Pé direito do pavimento térreo: 4,5 metros;
- Por simplificação do método, as forças horizontais geradas pelo vento foram desconsideradas.

4.3 LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

A partir destas informações, inicia-se o processo de concepção e lançamento dos elementos estruturais seguindo fielmente o projeto arquitetônico, posicionando inicialmente vigas e pilares, a fim de formar pórticos e travar ao máximo a estrutura, principalmente pilares em sua menor inércia. O pré-lançamento da estrutura foi realizado padronizando seções de vigas e pilares sempre que possível, buscando a otimização da execução do projeto estrutural nas suas etapas de construção. Neste projeto, utilizou-se lajes maciças e treliçadas, vigas e pilares de seção retangulares e sapatas dimensionadas de acordo com a tensão do solo definida. O contraventamento será feito apenas por pórticos. As Figuras 37, 38 e 39 mostram o projeto estrutural em 3D modelada no *software* CAD/TQS, onde com este modelo serão feitas as variações das cargas verticais.

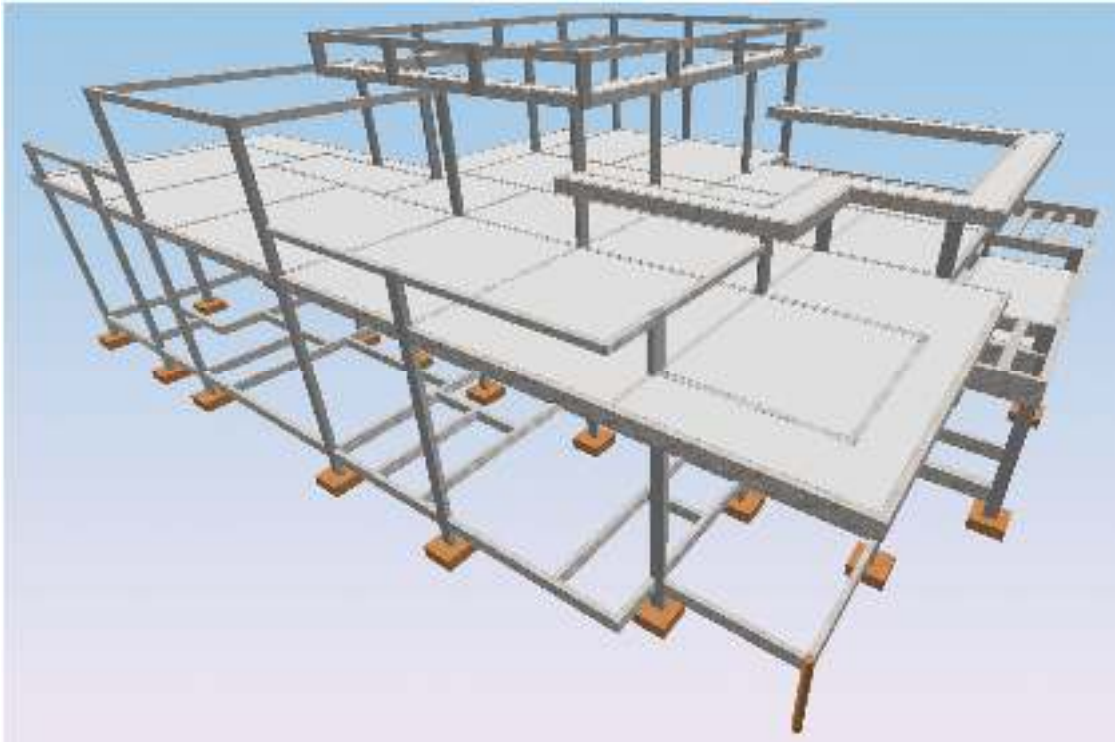


Figura 37 - Modelo 3D: CAD/TQS
Fonte: Autoria própria, 2021.

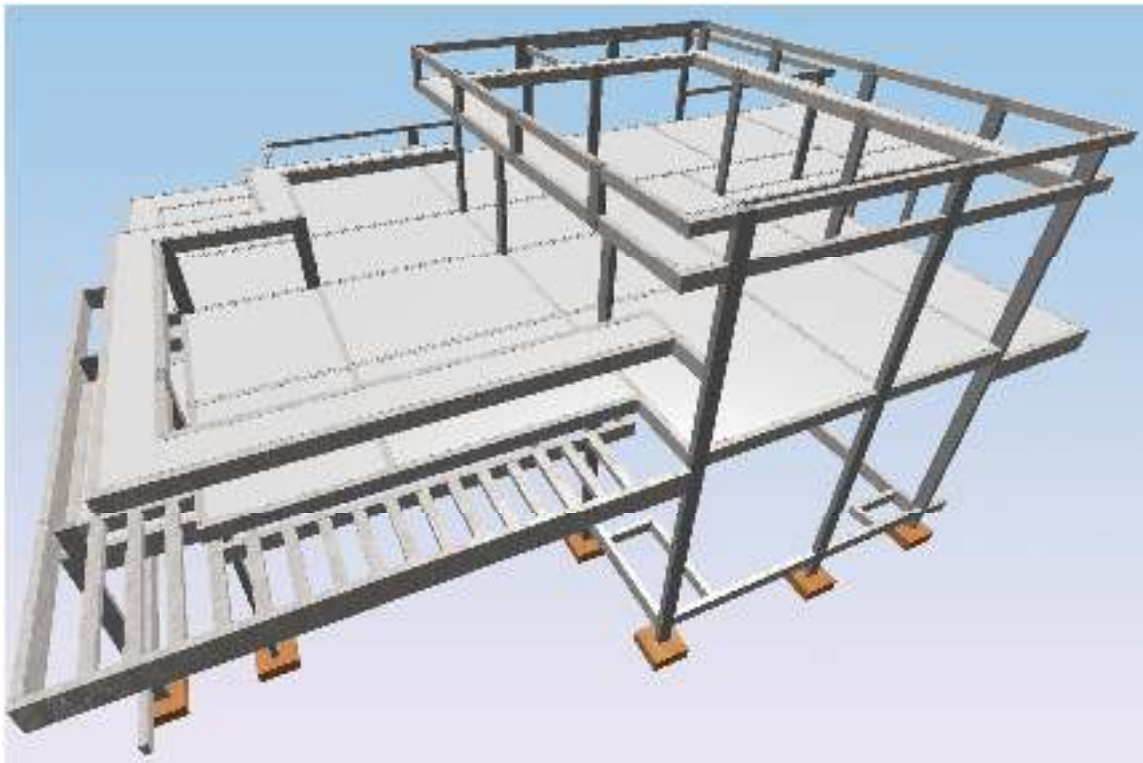


Figura 38 - Modelo 3D: CAD/TQS
Fonte: Autoria própria, 2021.

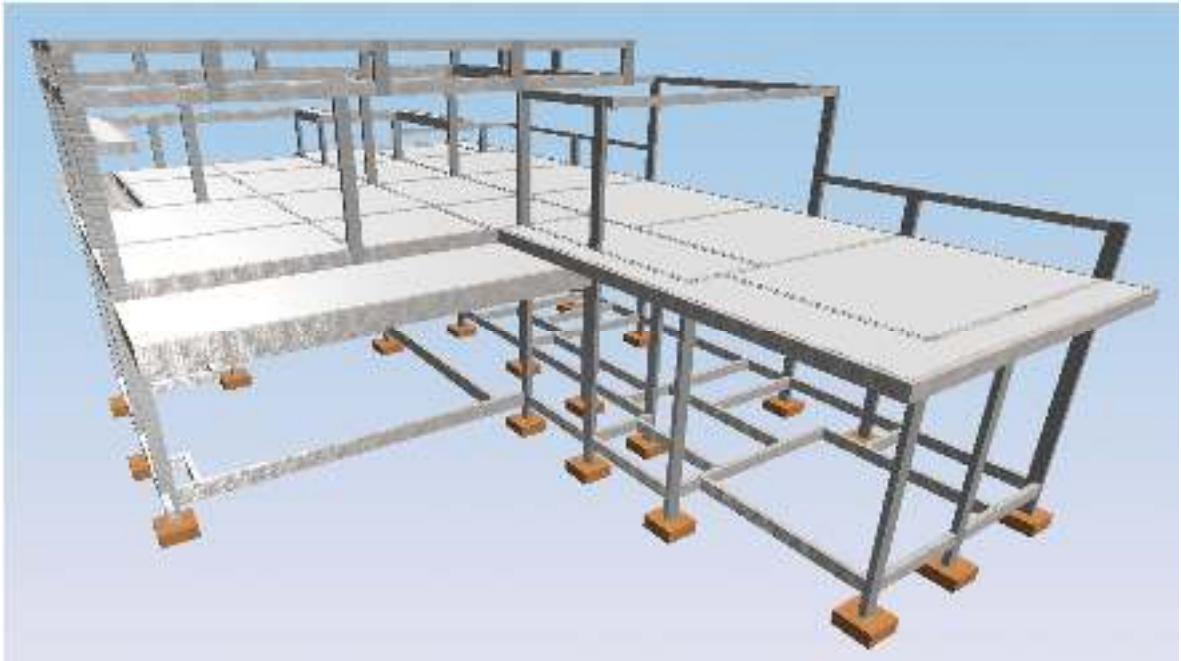


Figura 39 - Modelo 3D: CAD/TQS
Fonte: Autoria própria, 2021.

Após a modelagem 3D, foi realizada a compatibilização do projeto estrutural com o projeto arquitetônico utilizando o *software* REVIT 2020. Este processo tem como objetivo garantir que o projeto realizado esteja de acordo com o estudo arquitetônico apresentado. Esta compatibilização está ilustrada nas Figuras 40 e 41 a seguir.

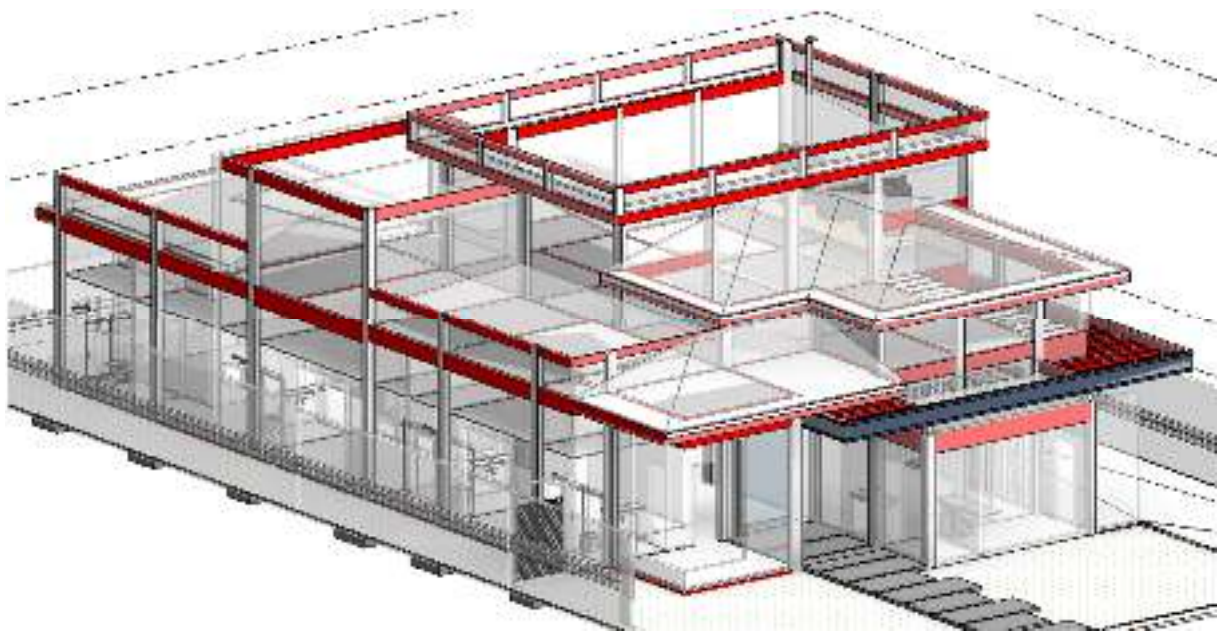


Figura 40 - Compatibilização REVIT/TQS
Fonte: Autoria própria, 2021.

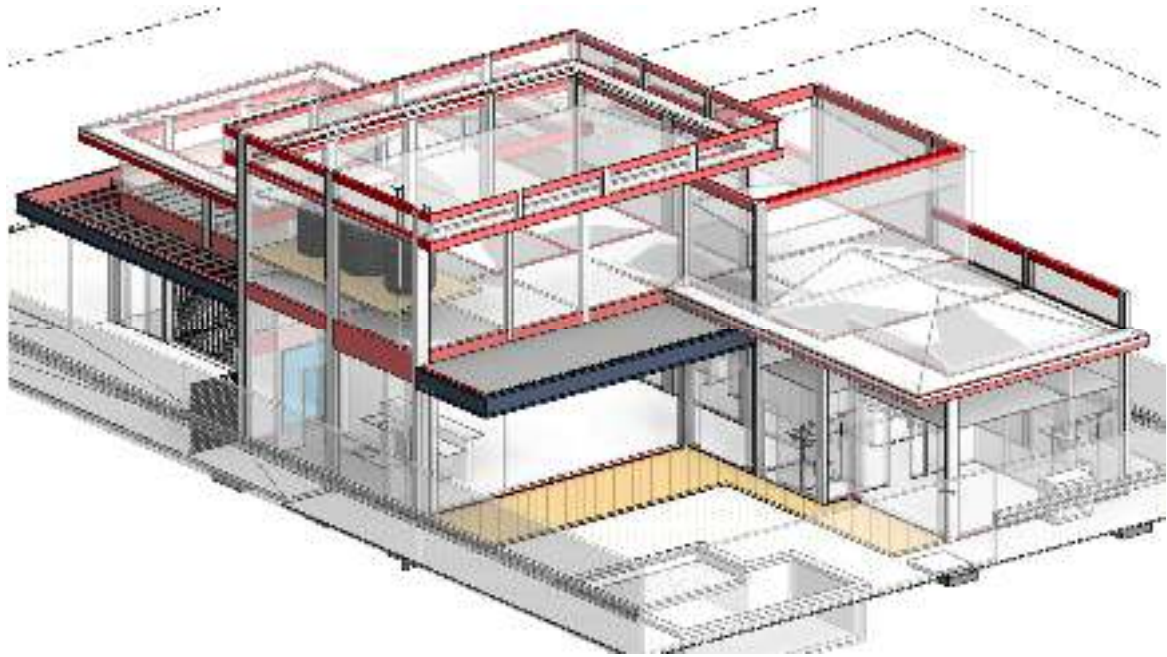


Figura 41 - Compatibilização REVIT/TQS
Fonte: Autoria própria, 2021.

4.4 DEFINIÇÃO DOS CARREGAMENTOS

Neste capítulo iremos definir os carregamentos verticais gerados nas vigas e lajes da estrutura, conforme as características definidas do projeto arquitetônico e pela variação das vedações verticais em cada modelo. Todas as cargas lançadas neste projeto foram obtidas na NBR 6120 (ABNT, 2019).

Para as lajes, foi utilizado as seguintes características de acordo com a Figura 42.

Pavto.	Ident.	Tipo	Altura	Cargas (tf/m ²)	
				Permanente	Acidental
Cobertura 01	L1	Maciça	12	0,07	0,1
Platibanda 1	L2	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L1	Maciça	12	0,07	0,1
Cobertura 02	L2	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L3	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L4	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L5	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L6	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L7	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L8	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L9	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L10	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L11	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L12	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L13	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L14	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L15	Treliçada	8+4	0,25	0,1
Cobertura 02	L16	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L17	Treliçada	8+4	0,07	0,1
Cobertura 02	L18	Maciça	12	0,07	0,1
Cobertura 02	L19	Maciça	12	0,07	0,1
Cobertura 02	L20	Maciça	12	0,07	0,1

Figura 42 - Informações: Lajes
Fonte: Autoria própria, 2021.

Para as vigas, neste projeto serão lançados 3 modelos, como citado anteriormente, e por seguinte serão analisados os resultados desta variação. De acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019) – Tabela 2, a carga de alvenaria de vedação tem os seguintes valores.

MODELO	DESCRIÇÃO	REVESTIMENTO (cm)	CARGAS	
			kN/m ²	tf/m ²
1	Bloco Concreto Vazado - 19 cm	2	2,6	0,26
2	Bloco Cerâmica Vazado - 14 cm	1	1,5	0,15
3	Drywall	0	0,5	0,05

Figura 43 - Informações: Modelos
Fonte: Autoria própria, 2021.

Para a aplicação destes carregamentos, foi necessário multiplicá-los pela altura de alvenaria de cada pavimento, tendo como resultado um valor em tf/m e deve ser inserido como a Figura 44 a seguir, sendo assim gerando valores de cargas diferentes de acordo com o pé direito e descontando a altura da viga superior de cada pavimento.



Figura 44 - Exemplo: Definição de carregamentos
Fonte: Autoria própria, 2021.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS DO PROCESSAMENTO GLOBAL

Após todos os procedimentos realizados no *software* CAD/TQS, deve-se corrigir todos os erros graves que foram gerados no modelo processado, a fim de ter um projeto estrutural correto e condizente com a realidade. Estes erros ocorrem por diversos fatores e não são corrigidos simplesmente aumentando a seção de um elemento, muitas vezes uma readequação da concepção pode ser a melhor solução a fim de redistribuir os esforços solicitantes. A Figura 45 a seguir ilustra a janela de avisos e erros do *software* CAD/TQS. Os valores apresentados neste tópico serão referentes ao Modelo 01, sendo os outros modelos análogos a este descrito a seguir.

Avisos e erros - Edifício TCC MODELO 1

Quantitativo

Classificação	Quantidade
Aviso/Leve	217
Aviso/Médio	351
Erro/Grave	0

Para maiores detalhes, entre no visualizador de erros.

Lista de erros graves
Não existem erros graves.

[Clique aqui](#) para abrir visualizador de erros

Figura 45 - Avisos e erros: CAD/TQS
Fonte: Adaptado de CAD/TQS.

Os modelos descritos não tiveram variação de seção dos elementos estruturais, a análise comparativa será realizada a partir do quantitativo de aço e dos esforços solicitantes.

Ao finalizar o processamento, o *software* gera resultados importantes para realizar uma análise estrutural do projeto, como por exemplo os pórticos espaciais tanto no Estado Limite Último (ELU) quanto no Estado Limite Serviço (ELS). Neste modelo é possível ter uma visão geral de como a estrutura está se comportando, onde estão localizados os maiores picos de momentos fletores tanto positivo quanto negativos e qual a intensidade destas forças. A Figura 46 abaixo demonstra um exemplo deste recurso.

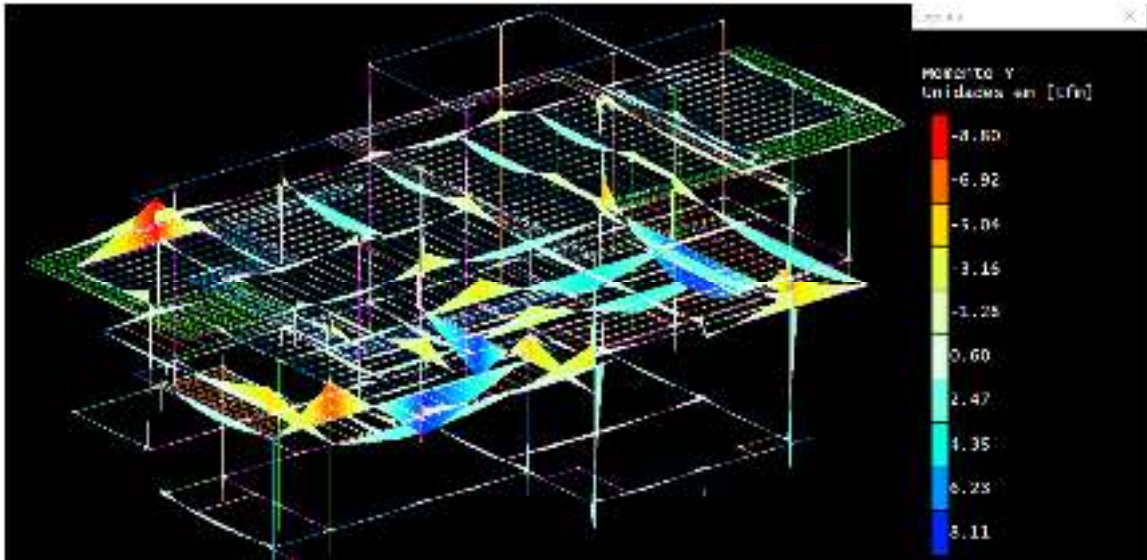


Figura 46 - Pórtico Espacial: ELU
Fonte: Adaptado de CAD/TQS.

Para o ELS, pode-se visualizar outro modelo de pórtico, onde são visualizados valores de deslocamento da estrutura. Estes valores são conhecidos como flechas e devem seguir alguns critérios para sua verificação de acordo com a NBR 6118. Estes deslocamentos podem ser minimizados aumentando a rigidez do pórtico, quando necessário. Esta rigidez está diretamente ligada as dimensões dos elementos dimensionados e na concepção dos pórticos, tendo sempre em mente a importância do travamento destes elementos, principalmente na menor inércia. Para uma melhor visualização do modelo segue a Figura 47, abaixo.

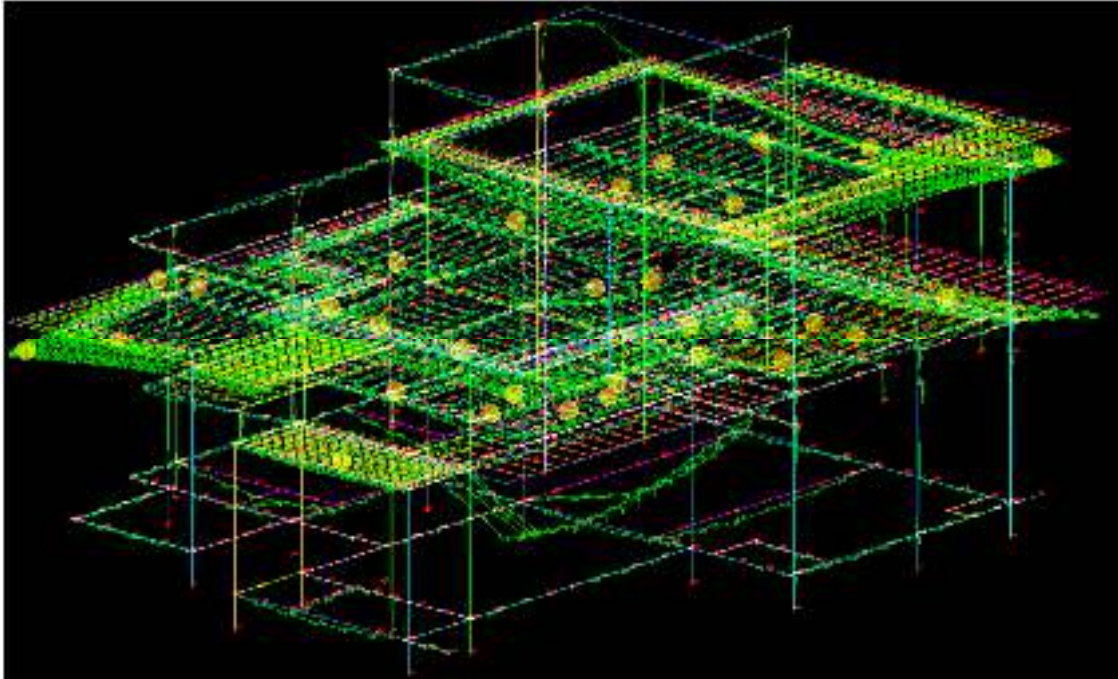


Figura 47 - Pórtico espacial: ELS
Fonte: Adaptado de CAD/TQS.

Além destes resultados, são também gerados o detalhamento de todos os elementos estruturais tais como lajes, vigas, pilares e sapatas. Estes valores só são gerados após a verificação e correção de todos os erros gerados pelo *software*, sendo então esta etapa de grande importância para o estudo. Ao variar as cargas verticais de vedação, teremos três modelos com detalhamentos distintos e, com estes valores, serão realizadas comparações e comentários a respeito de algumas análises tanto global quanto local.

5.2 PESO FINAL DA ESTRUTURA

Inicialmente analisou-se o peso final da estrutura, sendo que em cada modelo foi gerado uma planilha de planta de cargas onde é possível visualizar a carga distribuída em cada sapata/estaca. Neste projeto em questão foram utilizadas 35 sapatas e uma estaca broca manual que foi inserida com o objetivo de diminuir o deslocamento pontual gerado pelo pórtico analisado no ELS, neste caso no pavimento baldrame. Estes valores estão ilustrados na Figura 48, a seguir.

MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03	
SAPATA/ESTACA	CARGA (tf)	SAPATA/ESTACA	CARGA (tf)	SAPATA/ESTACA	CARGA (tf)
T1	3,27	T1	1,84	T1	0,88
S2	19,24	S2	16,89	S2	15,29
S3	13,44	S3	9,56	S3	6,94
S4	16,09	S4	11,52	S4	8,43
S5	14,88	S5	11,06	S5	8,46
S6	11,88	S6	8,48	S6	6,19
S7	7,31	S7	5,88	S7	4,06
S8	10,34	S8	9,18	S8	8,39
S9	18,40	S9	13,63	S9	10,35
S10	17,91	S10	13,94	S10	11,24
S11	21,02	S11	15,8	S11	12,25
S12	10,92	S12	8,89	S12	7,51
S13	8,83	S13	6,88	S13	5,56
S14	8,85	S14	7,43	S14	6,46
S15	24,14	S15	19,79	S15	16,83
S16	10,03	S16	7,98	S16	6,57
S17	7,9	S17	6,51	S17	5,57
S18	9,14	S18	7,03	S18	5,58
S19	25,64	S19	20,66	S19	17,28
S20	10,63	S20	8,53	S20	7,1
S21	9,51	S21	8,08	S21	7,09
S22	21,93	S22	19,44	S22	17,75
S23	33,02	S23	29,24	S23	26,66
S24	11,65	S24	9,45	S24	7,98
S25	21,97	S25	19,23	S25	17,37
S26	8,97	S26	6,74	S26	5,23
S27	7,86	S27	5,9	S27	4,89
S28	11,72	S28	9,96	S28	8,77
T29	5,83	T29	3,68	T29	2,21
T30	8,62	T30	4,94	T30	2,43
T31	1,75	T31	0,98	T31	0,48
T32	2,29	T32	1,31	T32	0,65
T33	4,28	T33	2,53	T33	1,34
S34	8,01	S34	4,9	S34	2,79
S35	14,23	S35	10,35	S35	7,71
S36	8,84	S36	7,14	S36	5,96

Figura 48 - Cargas atuantes nas sapatas
Fonte: Autoria própria, 2021.

Possuindo tais valores, é possível somá-los e realizar uma análise global da estrutura, onde é possível prever os resultados obtidos a fim de entender qual a importância da redução de carga vertical em cada modelo estudado. Este resultado está sendo representado pela Figura 49, abaixo.

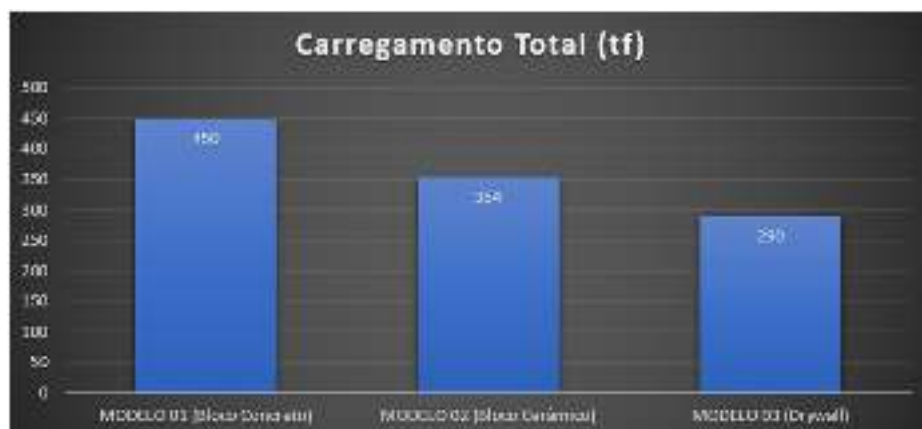


Figura 49 - Carregamento total atuante nas sapatas
Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir destes resultados, pode-se perceber uma redução expressiva dos carregamentos totais entre os modelos estudados, principalmente entre os modelos 01 e 03, onde a diferença foi de 35,5%. O modelo 02 também mostrou uma redução de carregamentos de 21,4% comparado ao modelo 01, e um acréscimo de 18,1% em relação ao modelo 03.

Estes valores representam uma coerência no estudo de caso, onde com a diminuição das cargas verticais aplicadas, houve também a diminuição dos carregamentos finais. Isto pode implicar na redução das seções das sapatas e conseqüentemente, nas armaduras utilizadas. Estes valores serão apresentados mais a frente, quando iniciarmos a análise local do projeto estrutural.

Para os modelos 01 e 02, foram dimensionadas e verificadas sapatas quadradas de 1 metro e tendo 30 centímetros de altura cada. Já para o modelo 03 com a redução do carregamento total, foi possível redimensionar estes elementos, onde o detalhamento final gerou sapatas quadradas de 80 centímetros ainda com 30 centímetros de altura. Excepcionalmente a sapata S23 continuou com sua dimensão inicial de 1 metro, pois apesar da redução das cargas serem significativas, esta ainda continua recebendo uma carga alta em relação ao resto do sistema.

É possível realizar um estudo mais avançado do pórtico onde, alterando a concepção e redistribuindo os esforços, pode-se chegar a valores menores de solicitação nesta sapata que está mais carregada, mas esta otimização e readequação não será feita neste trabalho a fim de simplificação. Para obras reais é necessário encontrar a melhor concepção possível, a fim de reduzir as armaduras do sistema, conseqüentemente, reduzindo o valor final do projeto que será executado.

5.3 QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Outro resultado gerado após o processamento de cada modelo é o resumo de materiais utilizados em cada projeto. Este resumo é baseado no dimensionamento dos elementos estruturais, e é gerado de acordo com os níveis estabelecidos na concepção. Nos anexos será apresentado detalhadamente o resumo de materiais completo, onde é possível analisar minuciosamente onde ocorreram variações de aço, concreto e forma nos elementos estruturais – lajes, vigas, pilares e fundação. Nas Figuras 50, 51 e 52 foram somados os valores dos materiais de seus respectivos

níveis e pode-se então realizar uma análise final de cada modelo estabelecido, onde é possível prever a redução, principalmente de aço, na estrutura.

RESUMO DO PROJETO - MODELO 01			
Pavimento	Aço (kg)	Concreto (m ³)	Forma (m ²)
Nível 8: Platibanda 5	633	4,84	57,46
Nível 7: Platibanda 4	72	1,51	27,81
Nível 6: Platibanda 3	382	4,58	58,8
Nível 5: Platibanda 2	291	2,02	35,58
Nível 4: Cobertura 02	1479	33,69	231,61
Nível 3: Platibanda 1	595	9,48	123,09
Nível 2: Cobertura 01	653	9,63	141,57
Nível 1: Baldrame	1131	13,61	209,14
Nível 0: Fundação	543	12	48
TOTAL:	5779	91,36	933,06

Figura 50 – Resumo: Modelo 01
Fonte: Autoria própria, 2021.

RESUMO DO PROJETO - MODELO 02			
Pavimento	Aço (kg)	Concreto (m ³)	Forma (m ²)
Nível 8: Platibanda 5	618	4,84	57,46
Nível 7: Platibanda 4	72	1,51	27,81
Nível 6: Platibanda 3	374	4,58	58,8
Nível 5: Platibanda 2	279	2,02	35,58
Nível 4: Cobertura 02	1468	33,69	231,61
Nível 3: Platibanda 1	596	9,48	123,09
Nível 2: Cobertura 01	862	9,63	141,57
Nível 1: Baldrame	887	13,61	209,17
Nível 0: Fundação	543	12	48
TOTAL:	5699	91,36	933,09

Figura 51 - Resumo: Modelo 02
Fonte Autoria própria, 2021.

RESUMO DO PROJETO - MODELO 03			
Pavimento	Aço (kg)	Concreto (m ³)	Forma (m ²)
Nível 8: Platibanda 5	616	4,84	57,46
Nível 7: Platibanda 4	72	1,51	27,81
Nível 6: Platibanda 3	371	4,58	58,8
Nível 5: Platibanda 2	283	2,02	35,58
Nível 4: Cobertura 02	1446	33,69	231,61
Nível 3: Platibanda 1	596	9,48	123,09
Nível 2: Cobertura 01	835	9,63	141,57
Nível 1: Baldrame	805	13,61	209,17
Nível 0: Fundação	427	7,82	38,74
TOTAL:	5451	87,18	923,83

Figura 52 – Resumo: Modelo 03
Fonte: Autoria própria, 2021.

Á partir destes valores representados acima, pode-se então criar uma tabela do resumo geral dos 3 modelos apresentados e que está ilustrada na Figura 55, abaixo.

RESUMO GERAL			
Modelo	Aço (kg)	Concreto (m ³)	Forma (m ²)
1	5779	91,36	933,06
2	5699	91,36	933,06
3	5451	87,18	923,83

Figura 53 - Resumo geral
Fonte: Autoria própria, 2021.

Primeiramente será analisado a quantificação de aço na estrutura, onde pode-se ver uma pequena redução entre os modelos 01 e 02, sendo somente de 80 kg, ou seja, apenas 1,4%. Entre os modelos 02 e 03 a redução foi maior que a primeira comparação, sendo de 248 kg, ou seja, 4,35%. A maior redução de armadura ocorreu entre os modelos 01 e 03, onde já era esperado pois a diferença entre as cargas aplicadas verticalmente é maior. Esta redução foi de 328 kg, ou seja, 5,7%.

Com estes valores, pode-se dizer que o peso próprio da estrutura em concreto armado tem muito mais influência no resumo de aço do que as vedações verticais utilizadas, independente do modelo.

A quantificação de concreto e forma foram iguais nos modelos 1 e 2 por não sofrerem alteração nenhuma nas dimensões dos elementos estruturais, mas no modelo 3 pode-se perceber esta pequena variação, pois foi possível reduzir a dimensão das sapatas, que passaram suas medidas de 1 metro para 80 centímetros, exceto a sapata S23 que manteve suas dimensões iniciais. A diferença de concreto e forma utilizados foi de 4,4 e 1%, respectivamente.

Apesar destas modificações feitas no modelo estrutural, esta variação pode ser considerada desprezível tendo em vista a mínima diferença entre os valores finais, onde não ocorrerá uma economia de materiais que compense a utilização das placas de *drywall* como paredes de fechamento da residência térrea em estudo.

5.4 ESFORÇOS SOLICITANTES E DETALHAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Após esta análise global da residência, será realizada uma análise local em alguns elementos estruturais que houveram uma maior variação de esforços, portanto, reduzindo a armadura utilizada. Alguns pilares tiveram a mesma distribuição de armaduras pelo fato de o modelo mais carregado (modelo 01) gerar armadura mínima de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), sendo 4 barras de 10 milímetros.

Inicialmente, analisou-se o pilar P15 nos três modelos, e o resultado destes esforços de momento fletor na base, no meio e no topo podem ser visualizados em tf.m na Figura 54, abaixo.

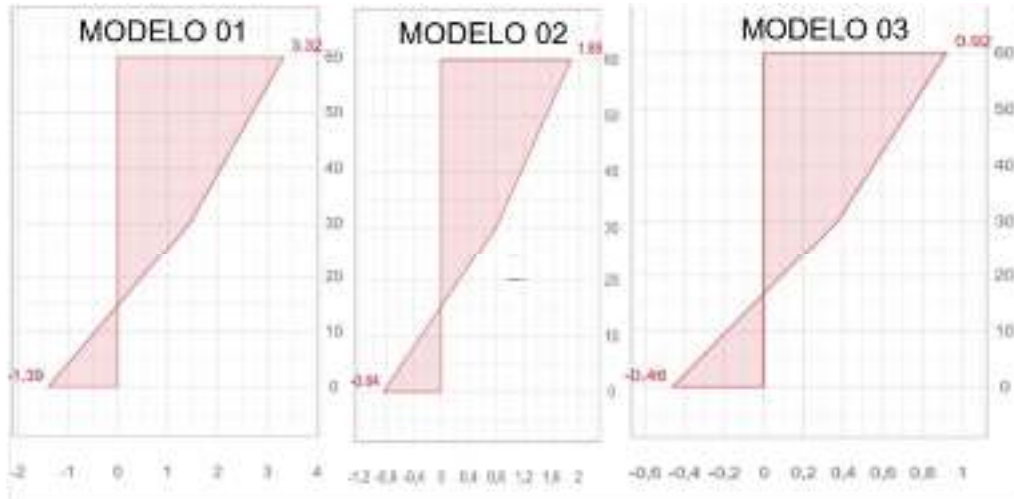


Figura 54 - Momentos fletores atuantes no pilar P15: Modelos 01, 02 e 03
Fonte: Autoria própria, 2021.

Pode-se analisar uma redução gradual de esforços entre os modelos estudados, onde sempre a maior diferença está entre os modelos 01 e 03, ocorrendo neste caso uma diminuição de 72%. Além disso, pode-se observar que os maiores valores de momento fletor se encontram no topo do pilar, onde está sendo descarregado os carregamentos provenientes das vigas.

Com estes resultados, pode-se então verificar as armaduras do pilar P15 geradas pelo *software*, onde este dimensionamento é feito utilizando o maior valor de momento fletor de cada lance de pilar e seu comprimento de flambagem. Por isso a importância do travamento, principalmente na menor inércia dos elementos, onde a redução deste comprimento implica diretamente no dimensionamento das armaduras, tanto longitudinais quanto transversais. O detalhamento dos elementos pode ser visualizado na Figura 55, a seguir.

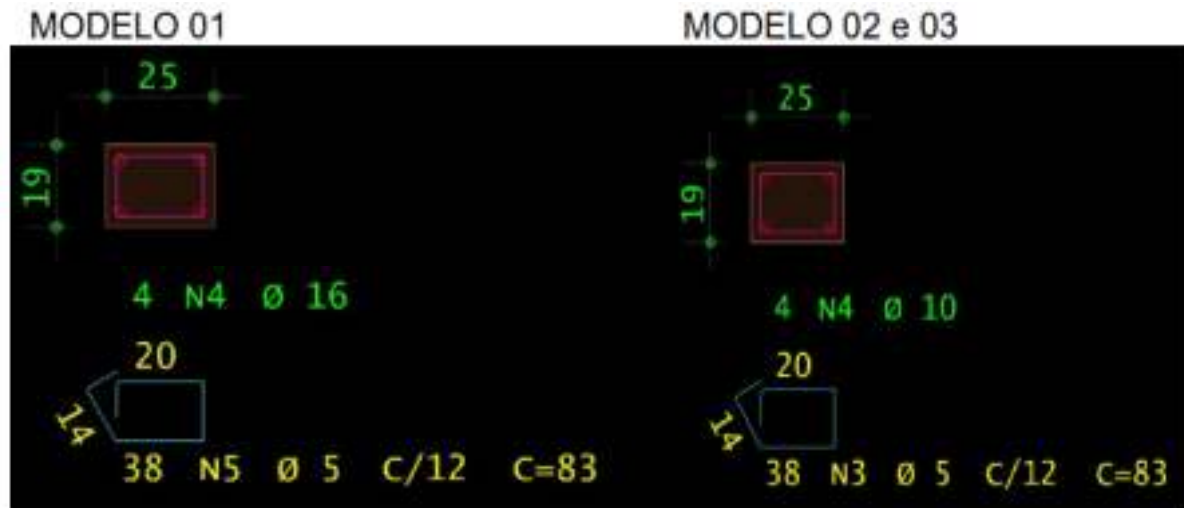


Figura 55 - Armadura pilar P15: Modelo 01, 02 e 03
Fonte: Autoria própria, 2021.

Para os modelos 02 e 03, não houve variação no detalhamento das armaduras, mas, para o modelo 01 pode-se perceber o aumento de seção, passando de 10 para 16 milímetros, tornando o elemento mais rígido e pronto para receber os esforços solicitantes necessários para o não rompimento da estrutura.

Análoga a esta análise local, foi realizado uma verificação para todos os pilares do projeto para os 3 modelos, onde é possível ver se houve ou não variação das armaduras longitudinais e pode ser visualizado na Figura 56.

PILAR	ARMADURA LONGITUDINAL		
	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
P1	4 Ø 12,5	4 Ø 10	4 Ø 10
P2	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P3	4 Ø 12,5	4 Ø 10	4 Ø 10
P4	6 Ø 10	6 Ø 10	6 Ø 10
P5	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P6	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P7	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P8	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P9	4 Ø 12,5	4 Ø 10	4 Ø 10
P10	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P11	6 Ø 10	6 Ø 10	6 Ø 10
P12	4 Ø 16	8 Ø 10	4 Ø 12,5
P13	6 Ø 10	6 Ø 10	6 Ø 10
P14	4 Ø 12,5	4 Ø 10	4 Ø 10
P15	4 Ø 16	4 Ø 10	4 Ø 10
P16	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P17	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P18	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P19	6 Ø 12,5	6 Ø 10	6 Ø 10
P20	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P21	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P22	4 Ø 12,5	4 Ø 12,5	4 Ø 12,5
P23	6 Ø 10	6 Ø 10	6 Ø 10
P24	8 Ø 10	8 Ø 10	8 Ø 10
P25	6 Ø 10	6 Ø 10	6 Ø 10
P26	8 Ø 10	8 Ø 10	6 Ø 10
P27	4 Ø 10	6 Ø 10	6 Ø 10
P28	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P29	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P30	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P31	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P32	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P33	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P34	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P35	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P36	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P37	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P38	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P39	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P40	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P41	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P42	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
P43	4 Ø 16	8 Ø 10	6 Ø 10
P44	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10

Figura 56 - Resumo armaduras: Pilares
Fonte: Autoria própria, 2021.

Após a verificação e detalhamento dos pilares, iniciou-se uma análise comparativa análoga a realizada anteriormente, sendo neste momento aplicado nas vigas de todos os pavimentos do projeto. Para a verificação destes elementos, também foram analisados os valores máximos de momento fletor positivo e negativo, onde se pode garantir o dimensionamento respeitando o ELU, além dos seus deslocamentos verticais que devem obedecer ao ELS. Como exemplo, será analisada a viga V4 localizada no pavimento térreo, onde a envoltória de momentos fletores em tf.m poderá ser visualizada na Figura 57.

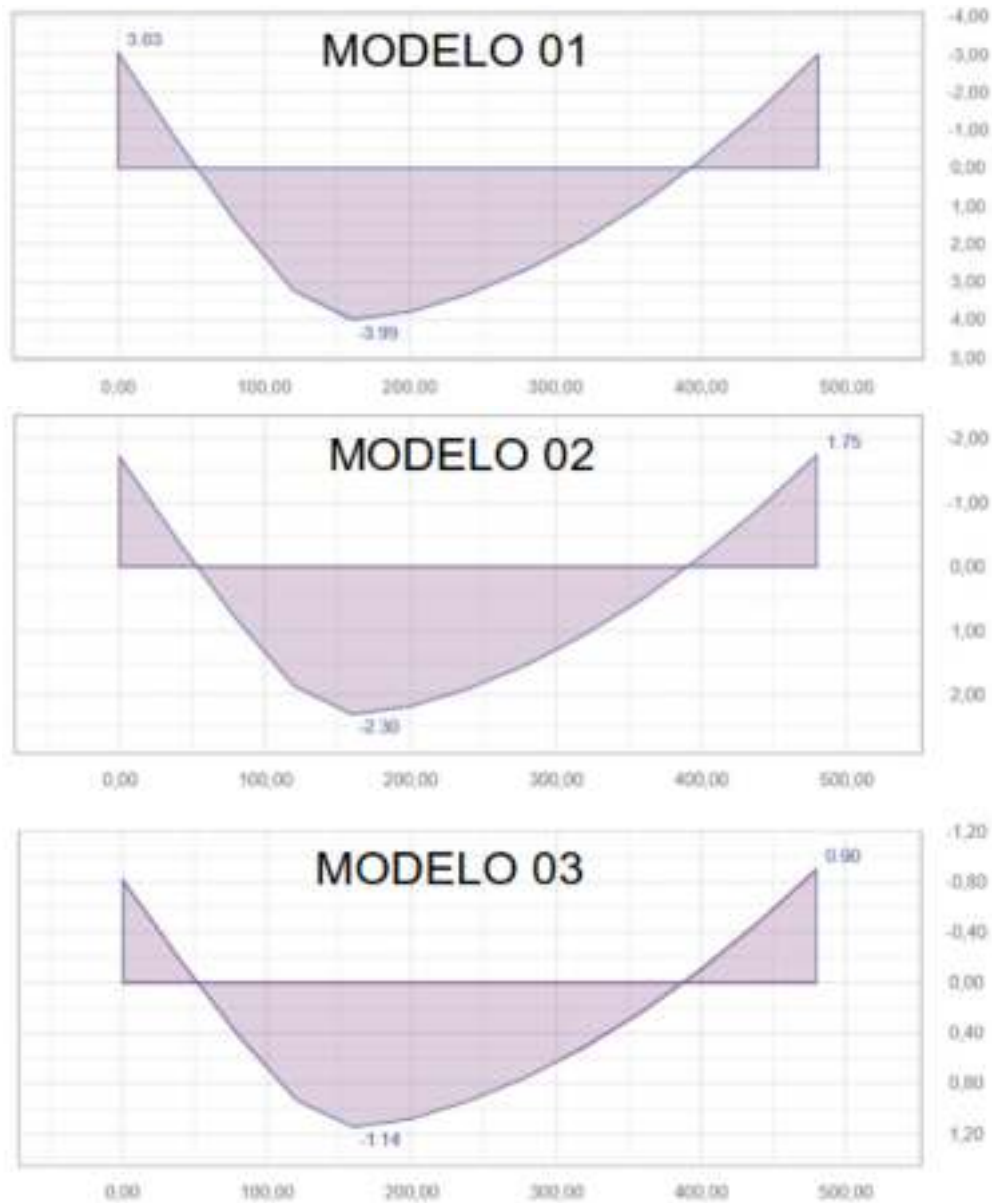


Figura 57 - Momento fletor: V4: Modelos 01, 02 e 03
Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir destes resultados, pode-se perceber uma redução gradativa em ambos os momentos fletores, como já se era esperado, sendo estes esforços diretamente ligados ao detalhamento do elemento estrutural. Ainda entre os modelos 01 e 03 os valores são os maiores, tendo uma diferença considerável de 70%.

Além disso, foram gerados os detalhamentos das armaduras longitudinais e transversais das vigas e, neste caso, ocorreram mudanças na área de aço calculada, havendo então uma variação nas bitolas exigidas em cada modelo. Esta mudança pode ser observada analisando as Figuras 58, 59 e 60.

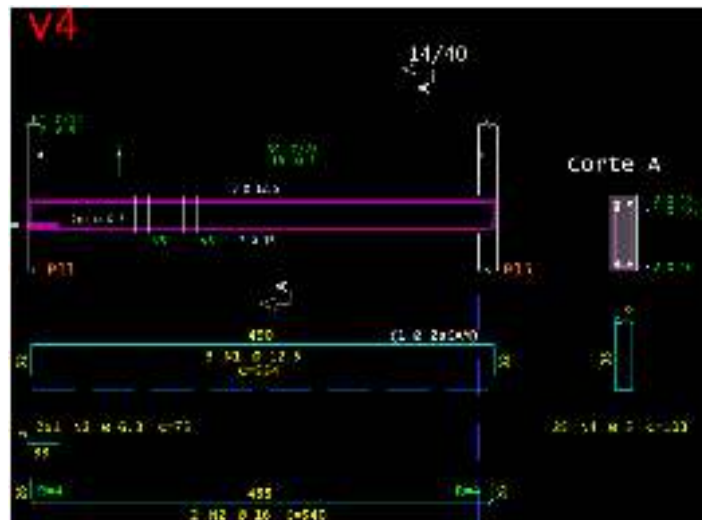


Figura 58 - Detalhamento V4: Modelo 01
Fonte: Autoria própria, 2021.



Figura 59 - Detalhamento V4: Modelo 02
Fonte: Autoria própria, 2021.

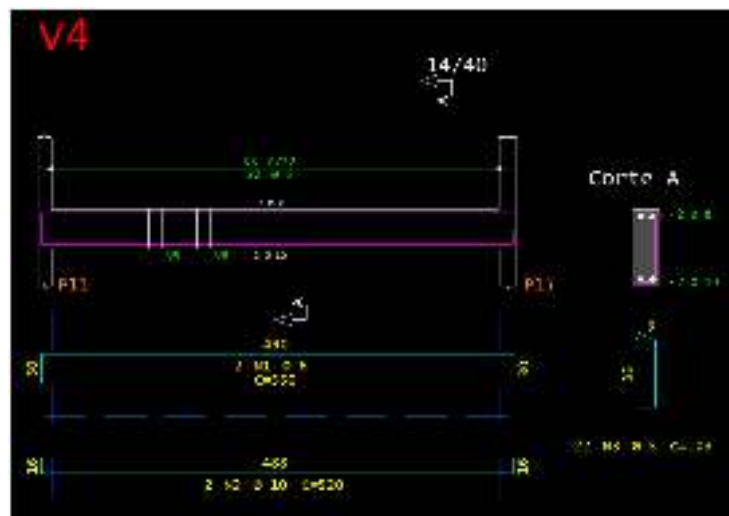


Figura 60 - Detalhamento V4: Modelo 03
Fonte: Autoria própria, 2021.

Pode-se observar que, ao variar o modelo estrutural onde as cargas verticais são aplicadas diretamente nas vigas, as bitolas de aço diminuem de acordo com a mudança dos carregamentos. Estas variações ocorreram em grande parte no pavimento baldrame e cobertura, onde o pé direito é maior em relação aos outros níveis do projeto. Este procedimento foi realizado em todas as vigas destes dois pavimentos, a fim de apresentar os principais resultados obtidos em cada modelo, sendo possível visualizar nas Figura 61 e 62, a seguir.

VIGA	ARMADURA POSITIVA			ARMADURA NEGATIVA		
	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
V1	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 20	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V2	2 Ø 16	2 Ø 12,5	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 8
V3	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8
V4	2 Ø 16	2 Ø 12,5	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10
V5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V6	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8
V7	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 8
V8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V9	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V10	2 Ø 12,5	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 8
V11	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 8
V12	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V13	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V14	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 8	2 Ø 8
V15	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V16	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V17	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V18	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10
V19	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V20	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V21	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V22	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V23	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V24	2 Ø 12,5	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V25	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V26	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V27	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V28	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V29	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10
V30	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8
V31	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 8
V32	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 8
V33	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V34	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V35	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10
V36	4 Ø 16	2 Ø 12,5	2 Ø 8	4 Ø 16	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V37	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8
V38	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8

Figura 61 - Resumo armaduras: Vigas baldrame
Fonte: Autoria própria, 2021.

VIGA	ARMADURA POSITIVA			ARMADURA NEGATIVA		
	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
V1	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	3 Ø 10	2 Ø 10
V2	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V3	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V4	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 10
V5	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V6	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 8
V7	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V8	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V9	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 16	2 Ø 16
V10	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10
V11	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V12	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V13	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	6 Ø 12,5	6 Ø 12,5	6 Ø 12,5
V14	4 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	4 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V15	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10
V16	2 Ø 8	2 Ø 8	2 Ø 8	4 Ø 10	4 Ø 10	4 Ø 10
V17	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5
V18	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	2 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V19	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V20	3 Ø 12,5	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5
V21	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5
V22	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	2 Ø 10
V23	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	3 Ø 10	4 Ø 12,5	3 Ø 10
V24	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V25	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5
V26	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10
V27	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10	3 Ø 10
V28	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 10	2 Ø 10
V29	3 Ø 12,5	3 Ø 12,5	2 Ø 12,5	3 Ø 12,5	2 Ø 12,5	2 Ø 12,5

Figura 62 - Resumo armaduras: Vigas cobertura
Fonte: Autoria própria, 2021.

Após a verificação de todas as vigas dos pavimentos baldrame e cobertura, avaliou-se as armaduras das lajes treliçadas em cada modelo, e os resultados obtidos demonstraram não haver nenhuma alteração de bitolas e nem mesmo na quantidade de armaduras. Isto quer dizer que os carregamentos verticais aplicados linearmente nas vigas não influenciam no detalhamento das lajes, pois analisando o caminho de distribuição de cargas percebe-se que são as lajes que distribuem os esforços para as vigas e conseqüentemente para os pilares e fundação, ou seja, nenhum carregamento além dos definidos como permanente e acidental são descarregados nas lajes. Para a visualização destes resultados deve-se analisar os anexos disponível no final do trabalho.

Finalizando a análise local dos elementos estruturais que compõe o projeto, realizou-se também o detalhamento e comparação de resultados provenientes das sapatas isoladas que, apesar da variação de carregamentos aplicados, manteve sua tensão admissível do solo de 4 kgf/cm². Pegando como exemplo os esforços solicitantes e o detalhamento de armaduras da sapata S11, temos os seguintes resultados.

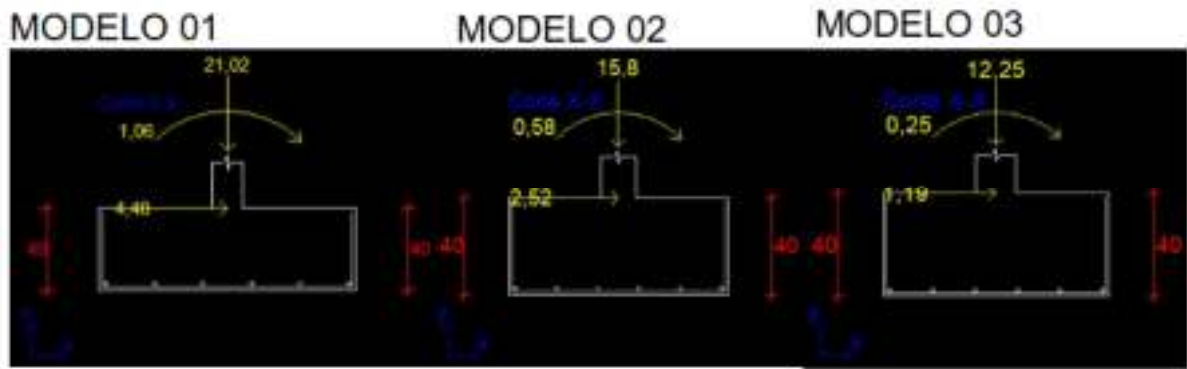


Figura 63 - Esforços solicitantes: Sapatas – Modelo 01, 02 e 03
 Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Figura 63 acima é possível observar os esforços solicitantes, sendo o carregamento proveniente dos pilares o mais alto dentre os demais. Estes valores são determinantes no dimensionamento tanto das dimensões das sapatas quanto das armaduras da primeira e segunda camada que podem ser comparadas a seguir nas Figuras 64, 65 e 66.

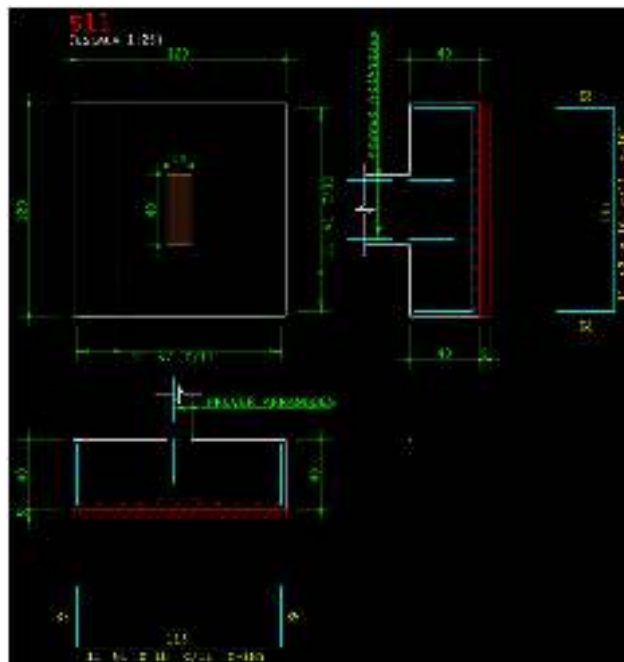


Figura 64 - Detalhamento Sapata S11: Modelo 01
 Fonte: Autoria própria, 2021.

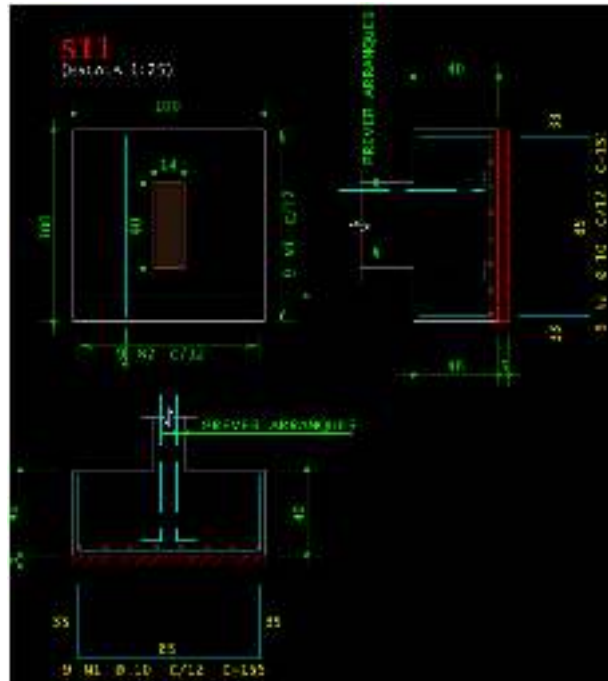


Figura 65 - Detalhamento Sapata S11: Modelo 02
Fonte: Autoria própria, 2021.

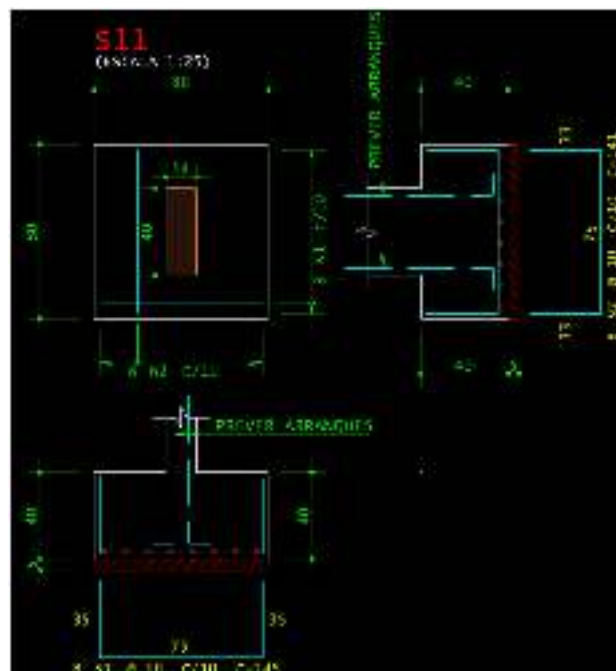


Figura 66 - Detalhamento Sapata S11: Modelo 03
Fonte: Autoria própria, 2021.

Analisando o detalhamento dos três modelos, pode-se observar que ao ocorrer a diminuição das cargas verticais atuantes, foi possível reduzir as seções e, conseqüentemente, a quantidade de armaduras em cada sapata, neste caso em específico as dimensões diminuíram sempre que o carregamento reduziu. Isto mostra que o tipo de vedação vertical utilizado pode afetar diretamente no dimensionamento

e detalhamento das fundações, sendo o único elemento que demonstrou uma variação de seção entre os modelos. Análogo a esta verificação, foi realizado uma comparação entre todos os elementos de fundação, sendo ilustrados na Figura 67, abaixo.

SAPATA	DIMENSÕES (cm)			ARMADURA TOTAL		
	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03
S2	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S3	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S4	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S5	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S6	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S7	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S8	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S9	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S10	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S11	120 x 120	100 x 100	80 x 80	22 Ø 10	20 Ø 10	14 Ø 10
S12	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S13	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S14	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S15	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S16	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S17	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S18	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S19	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S20	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S21	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S22	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S23	120 x 120	100 x 100	100 x 100	22 Ø 10	20 Ø 10	18 Ø 10
S24	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S25	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S26	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S27	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S28	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S29	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S30	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S31	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S32	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S33	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S34	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S35	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10
S36	100 x 100	90 x 90	80 x 80	18 Ø 10	16 Ø 10	14 Ø 10

Figura 67 - Resumo dimensão/armaduras: Sapatas
Fonte: Autoria própria, 2021.

6 CONCLUSÃO

O trabalho elaborado teve como objetivo realizar um projeto estrutural a partir de um modelo arquitetônico pré-definido, onde posteriormente estes elementos foram analisados e quantificados de acordo com os resultados gerados pelo *software* CAD/TQS a partir da variação das cargas distribuídas verticalmente.

Para isso, criou-se três modelos distintos a fim de demonstrar que, se reduzindo os carregamentos gerados pelas vedações verticais em uma residência seria possível também diminuir a quantidade de aço e concreto utilizado no sistema.

Os resultados obtiveram valores distintos, mas com grandezas próximas entre si. Ao analisar os modelos citados, é possível perceber uma pequena redução principalmente nas armaduras, seja reduzindo a quantidade de bitolas de aço ou utilizando barras com diâmetros menores. Os únicos elementos estruturais que reduziram de seção foram as sapatas, como apresentado nos resultados, e este resultado é coerente pois são elementos que recebem todo o carregamento do projeto estrutural.

Neste trabalho os resultados foram divididos em uma análise global e local da estrutura, podendo realizar análises e comparativos em ambas e entender melhor o funcionamento da estrutura ao se variar o carregamento. Apesar da redução de armadura em alguns elementos, esta diferença não causou um impacto efetivo para que esta variação de carregamentos seja fundamental na escolha das vedações verticais quando se tem o objetivo de reduzir o preço total do projeto estrutural.

Por fim, o uso do *software* CAD/TQS como ferramenta auxiliar foi de grande importância para a realização do projeto, onde se mostrou eficiente e apresentou resultados coerentes tanto de esforços como de detalhamento. Vale ressaltar a importância do conhecimento para manusear o programa de maneira correta para que o modelo gerado possa refletir um comportamento estrutural dentro da realidade.

ANEXO A

Nível 8: Platibanda 5										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	1	0		16				17	0,16	2,77
Vigas	68	2	13	121	265			469	2,85	39,48
Lajes	4	141	2					147	1,83	15,21
Totais	73	143	15	137	265	0	0	633	4,84	57,46

Nível 7: Platibanda 4										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	8			14				22	0,93	16,69
Vigas	24	5	21					50	0,58	11,12
Lajes								0		
Totais	32	5	21	14	0	0	0	72	1,51	27,81

Nível 6: Platibanda 3										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	6			11				17	0,6	11,21
Vigas	49	2	21	82	49	18		221	2,21	32,82
Lajes	5	135	1		3			144	1,77	14,77
Totais	60	137	22	93	52	18	0	382	4,58	58,8

Nível 5: Platibanda 2										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	59	6		132	6	23		226	1,16	21,64
Vigas	29	13	22		1			65	0,66	13,94
Lajes								0		
Totais	88	19	22	132	7	23	0	291	2,02	35,58

Figura 68 - Resumo armaduras: Modelo 01 – Parte 1
 Fonte: Autoria própria, 2021.

ANEXO B

Nível 4: Cobertura 2										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	5	2		18	12			37	0,45	8,46
Vigas	185	25	91	479	143	53		976	15,99	132,24
Lajes	58	395	5	5	3			466	17,25	30,91
Totais	248	422	96	502	158	53	0	1479	33,69	231,6
Nível 3: Platibanda 1										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	15	2		40	7			64	1,26	23,97
Vigas	165	4	83	172	72			496	6,66	99,12
Lajes	9	26						35	1,56	-
Totais	189	32	83	212	79	0	0	595	9,48	123,1
Nível 2: Cobertura 1										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	141	20		350	41	29		561	5,49	99,77
Vigas								0	2,95	31,88
Lajes	5	67						72	1,19	9,92
Totais	146	87	0	350	41	29	0	653	9,63	141,6
Nível 1: Baldrame										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	35	16		152	40	43	94	380	1,27	23,14
Vigas	183	15	121	339	35	58		751	12,34	186
Totais	218	31	121	491	75	101	94	1131	13,61	209,1
Nível 0: Fundação										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares								0		
Fundações				543				543	12	48
Totais	0	0	0	543	0	0	0	543	12	48

Figura 69 - Resumo armaduras: Modelo 01 – Parte 2
 Fonte: Autoria própria, 2021.

ANEXO C

Nível 8: Platibanda 5										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	1			1	1			3	0,16	2,77
Vigas	68	2	13	121	264			468	2,85	39,48
Lajes	4	141	2					147	1,83	15,21
Totais	73	143	15	122	265	0	0	618	4,84	57,46

Nível 7: Platibanda 4										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	8			14				22	0,93	16,69
Vigas	24	5	21					50	0,58	11,12
Lajes								0		
Totais	32	5	21	14	0	0	0	72	1,51	27,81

Nível 6: Platibanda 3										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	6			11				17	0,6	11,21
Vigas	49	2	21	82	62			216	2,21	32,82
Lajes	5	133	1	2				141	1,77	14,77
Totais	60	135	22	95	62	0	0	374	4,58	58,8

Nível 5: Platibanda 2										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	61	2		145	6			214	1,16	21,64
Vigas	29	13	22		1			65	0,86	13,94
Lajes								0		
Totais	90	15	22	145	7	0	0	279	2,02	35,58

Figura 70 - Resumo armaduras: Modelo 02 – Parte 1
 Fonte: Autoria própria, 2021.

ANEXO D

Nível 4: Cobertura 2										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	5	2		18	12			37	0,45	8,46
Vigas	185	25	98	488	135	34		965	15,99	192,24
Lajes	58	395	5	5	3			466	17,25	30,91
Totais	248	422	103	511	150	34	0	1468	33,69	231,6
Nível 3: Platibanda 1										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	15	2		40	7			64	1,26	23,97
Vigas	165	4	83	173	72			497	6,66	99,12
Lajes	9	26						35	1,56	
Totais	189	32	83	213	79	0	0	596	9,48	123,1
Nível 2: Cobertura 1										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	146	13		372	41			572	5,49	99,77
Vigas	12	37	3	58		38	70	218	2,95	31,68
Lajes	5	67						72	1,19	9,92
Totais	163	117	3	430	41	38	70	862	9,63	141,6
Nível 1: Baldrame										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	43	2	-	198	12			255	1,27	23,14
Vigas	184	15	153	268	12			632	12,34	186,03
Totais	227	17	153	466	24	0	0	887	13,61	209,2
Nível 0: Fundação										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concreto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares								0	0	0
Fundações				543				543	12	48
Totais	0	0	0	543	0	0	0	543	12	48

Figura 71 - Resumo armaduras: Modelo 02 – Parte 2
 Fonte: Autoria própria, 2021.

ANEXO E

Nível 8: Platibanda 5										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	1	0		1	1			3	0,16	2,77
Vigas	68	2	13	127	256			466	2,85	39,48
Lajes	4	141	2					147	1,83	15,21
Totais	73	143	15	128	257	0	0	616	4,84	57,46

Nível 7: Platibanda 4										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	8			14				22	0,93	16,69
Vigas	24	5	21					50	0,58	11,12
Lajes								0		
Totais	32	5	21	14	0	0	0	72	1,51	27,81

Nível 6: Platibanda 3										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	6			11				17	0,6	11,21
Vigas	50	2	20	82	60			214	2,21	32,82
Lajes	5	132	1	2				140	1,77	14,77
Totais	61	134	21	95	60	0	0	371	4,58	58,8

Nível 5: Platibanda 2										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	58	7		128	25			218	1,16	21,64
Vigas	29	13	22		1			65	0,86	13,94
Lajes								0		
Totais	87	20	22	128	26	0	0	283	2,02	35,58

Figura 72 - Resumo armaduras: Modelo 03 – Parte 1
 Fonte: Autoria própria, 2021.

ANEXO F

Nível 4: Cobertura 2										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	6	1		20	11			38	0,45	8,46
Vigas	185	26	104	470	126	31		942	15,99	192,24
Lajes	58	335	5	5	3			466	17,25	30,91
Totais	249	422	109	495	140	31	0	1446	33,69	231,6
Nível 3: Platibanda 1										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	15	2		40	7			64	1,26	23,97
Vigas	165	4	83	173	72			497	6,66	99,12
Lajes	9	26						35	1,56	-
Totais	189	32	83	213	79	0	0	596	9,48	123,1
Nível 2: Cobertura 1										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	141	19		329	56			545	5,49	99,77
Vigas	16	35	4	56		69	38	218	2,95	31,88
Lajes	5	67						72	1,19	9,92
Totais	162	121	4	385	56	69	38	835	9,63	141,6
Nível 1: Baldrame										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares	42	4		154	22			222	1,27	23,14
Vigas	184	15	198	186				583	12,34	186,03
Totais	226	19	198	340	22	0	0	805	13,61	209,2
Nível 0: Fundação										
Bitola	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	Aço	Concr eto	Forma
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m3	m2
Pilares								0		
Fundações				427				427	7,82	38,74
Totais	0	0	0	427	0	0	0	427	7,82	38,74

Figura 73 - Resumo armaduras: Modelo 03 – Parte 2
 Fonte: Autoria própria, 2021.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

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

_____. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15217**: Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para “*drywall*”: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 14715-1**: Chapas de gesso para *drywall*: Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 14715-2**: Chapas de gesso para *drywall*: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 14715**: Chapas de gesso acartonado - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15575-4:**Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15758-1:** Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* - Projeto e procedimentos executivos para montagem Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes. Rio de Janeiro, 2009.

BASTOS, P. S. S. **Notas de Aula:** Estruturas de Concreto I. São Paulo: UNESP, 2014. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm>. Acesso em: 15 nov. 2019.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado.** São Paulo: UNESP, 2006. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm>. Acesso em: 04 fev. 2021.

BASTOS, P. S. S. **Blocos de Fundação.** São Paulo: UNESP, 2020. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm>. Acesso em: 08 fev. 2021.

BARROS, M.M.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CAMPOS, João Carlos de. **Elementos de fundações em concreto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado.** 3ª ed. São Carlos: EdUFSCAR, 2010.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia.** 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FAULIM, **Manuel de cálculo.** Jumirim, Catálogo, Trelças Faulim, 2004.

FIGUEIREDO, Dalmo Lúcio Mendes et al. **Sistemas Construtivos – Aplicação de Gesso Acartonado na construção.** Belo Horizonte, 2008.

FRANCO, Luiz Sérgio – **Emprego de telas metálicas soldadas em alvenarias de vedação.** USP. 2008.

FONTES, Fernando Fernandes. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003**. 2005. 120fls. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2005.

GIAMMUSSO, S. **Manual do Concreto**. São Paulo. PINI, 1992.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GISAH, A. P.; THOMPSON, R. V. **Comparativo de Custos de Sistemas Construtivos, Alvenaria Estrutura e Estrutura em Concreto Armado no caso do Empreendimento Piazza Maggiore**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2011.

Guia Placo - **Soluções Construtivas 2014**. Disponível em: <www.placo.com.br>. Acesso em: 16 de nov. de 2019.

KALIL, S. B. **Alvenaria Estrutural**. 2010. 86f. Curso de Graduação – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LINS, Fernando de Faria Vecchio. **Comparativo entre modelos estruturais integrados na análise, formados por pórtico espacial e grelha, aplicados em estruturas de concreto armado de edifícios de múltiplos pavimentos**. 2010. 110fls. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2010. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download /Projeto_ de_ Graduacao/2010/](http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2010/)> Acessado dia 10/03/2021.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e inspeção da alvenaria racionalizada**. 3.ed São Paulo: O Nome da Rosa, 2004. 104 p.

LOSSO, Viveiros. M.E. **Gesso acartonado e isolamento acústico: teoria versus prática no Brasil**. Conferência latino-americana de construção, 2004.

LOTURGO, B. **Chapas cimentícias são alternativas rápidas para o uso interno e externo**. Revista TECHNE, São Paulo: PINI, ano 11. N° 79, pág. 62-66. Out. 2003.

MOHAMAD, G. **Construções em Alvenaria estrutural**. São Paulo/SP: Blucher, 2015, 368p.

MONCAYO, Wiston Junior Zumaeta. **Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado**. 2011. 221 p. Dissertação (Mestrado)

- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2011.

MOURA, Maria Luiza Araújo. COELHO, Mauro Frank Oguino. **Gestão de custos e Drywall**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 10, Vol. 06, pp. 29-62. Outubro de 2018.

PINHEIRO, L. M. **Notas de Aula – Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. São Carlos: USP, 2007. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. São Carlos, SP, 2007. Apostila. Universidade de São Paulo - USP.

POLOZZI TIJOLOS. Disponível em <<http://polozzi.com.br/tijolos/tijolos-2>> Acesso em: 03/02/2021.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SABBATINI, Fernando H. **Desenvolvimento de métodos construtivos para alvenaria e revestimentos: recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, EPUSP, 1988.

SABBATINI, Fernando H. **Tecnologia das construções de edifícios I**. PCC-2435, 2003.

SANTIAGO, A.K.; RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, M.S. **de Light Steel Framing como alternativa para a construção de moradias populares**. In: CONSTRUMETAL. 4ª edição, 2010, São Paulo. Congresso Latino-Americano da Construção Metálica.

THOMAZ, E. et al. **Código de práticas nº: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. Ercio Thomaz... [et al.]. – São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, 2009.

THOMAZ, Ercio. **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. 1.ed São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

VIEIRA, H. F. **Construção civil: O papel da logística no sistema construtivo**. Revista LOG&MAM, São Paulo, v. 147, p. 18-22, jan. 2003.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.