



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

GUILHERME RIBEIRO ALVES DE FREITAS PAIXÃO

**ESTUDO DE CASO – COMPARATIVO ENTRE OS QUANTITATIVOS E OS
CUSTOS DAS SOLUÇÕES ADOTADAS PARA UMA ESTRUTURA EM CONCRETO
ARMADO**

JOÃO PESSOA

2019

GUILHERME RIBEIRO ALVES DE FREITAS PAIXÃO

**ESTUDO DE CASO – COMPARATIVO ENTRE OS QUANTITATIVOS E OS
CUSTOS DAS SOLUÇÕES ADOTADAS PARA UMA ESTRUTURA EM CONCRETO
ARMADO**

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

Orientador: Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira

JOÃO PESSOA

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P149e Paixão, Guilherme Ribeiro Alves de Freitas.
ESTUDO DE CASO - COMPARATIVO ENTRE OS QUANTITATIVOS E
OS CUSTOS DAS SOLUÇÕES ADOTADAS PARA UMA ESTRUTURA EM
CONCRETO ARMADO / Guilherme Ribeiro Alves de Freitas
Paixão. - João Pessoa, 2019.
72 f.

Orientação: Enildo Ferreira.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Concreto Armado. 2. Projeto Estrutural. 3. Lajes
Maciças. 4. Lajes Trelaçadas. 5. Lajes Nervuradas. 6.
Orçamento. I. Ferreira, Enildo. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

GUILHERME RIBEIRO ALVES DE FREITAS PAIXÃO

**ESTUDO DE CASO – COMPARATIVO ENTRE OS QUANTITATIVOS E OS
CUSTOS DAS SOLUÇÕES ADOTADAS PARA UMA ESTRUTURA EM CONCRETO
ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso em 02/03/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:



ENILDO TALES FERREIRA

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



UBIRATAN HENRIQUE OLIVEIRA PIMENTEL

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

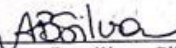
APROVADO



CARLOS ANTONIO TAURINO DE LUCENA

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

*“O êxito na vida não se mede pelo que você conquistou,
mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.”*

Abraham Lincoln

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que com sua presença, seu amor infinito e sua força me fez superar todos momentos difíceis a que me deparei ao longo da minha graduação, permitindo que tudo isso pudesse acontecer.

Aos meus pais por todo amor e apoio que sempre me deram durante toda a minha vida. A minha mãe Kilza por sempre acreditar em mim, que me deu apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Aos meus tios por sempre estarem ao meu lado para me dar conselhos e me orientar. A minha irmã por todas ajudas em momentos de dúvidas, e a minha avó Lucila que é exemplo de garra, dedicação e amor infinito, estando sempre de braços abertos para cuidar de mim.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFPB por todo o conhecimento que adquiri durante esses 5 anos. Em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira por toda a ajuda e disponibilidade durante esse semestre, o que possibilitou a execução desse trabalho de conclusão.

Além de meus queridos amigos de curso e de vida, meu grupo SPD, que juntamente comigo passaram por todas as provas e projetos, e que em momentos difíceis nunca me deixaram desistir.

RESUMO

PAIXÃO, Guilherme Ribeiro Alves de Freitas. **Estudo de caso - Comparativo entre os quantitativos e os custos das soluções adotadas para uma estrutura em concreto armado. 2019.** Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, 2019.

Para o sucesso de uma construção é de extrema importância a elaboração do orçamento e do planejamento da obra e nesse contexto, para que a estrutura esteja inserida como um dos itens mais significativos na determinação dos quantitativos dos insumos e do custo final da edificação. Desse modo, esse trabalho consiste em apresentar uma análise comparativa entre três sistemas estruturais, o modelo 1 de laje maciça, modelo 2 de laje treliçada e o modelo 3 de laje nervurada com cubetas plásticas, levando em consideração os custos totais e quantitativos de insumos para o projeto de um estudo de caso de um edifício em concreto armado, expondo assim a melhor alternativa a ser adotada. Inicialmente, a modelagem e dimensionamento da estrutura foi realizado com o auxílio do software de cálculo estrutural CYPECAD 2016, licença 2016, onde em seguida pôde se obter os índices e quantitativo dos insumos para elaboração de orçamentos que serão analisados e comparadas para observar o sistema estrutural que apresenta o melhor custo final. Deve-se citar também, que apesar de determinado sistema estrutural apresentar menor valor econômico de materiais, nem sempre será o escolhido, já que existem outros fatores que possam influenciar, como o tempo de execução, mão de obra qualificada e equipamentos apropriados.

Palavras-chaves: Concreto Armado. Projeto Estrutural. Lajes Maciças. Lajes Treliçadas. Lajes Nervuradas. Orçamento.

ABSTRACT

PAIXÃO, Guilherme Ribeiro Alves de Freitas. **Case study - Comparison between the quantitative and the cost of the solutions adopted for a reinforced concrete structure. 2019.** Final Paper of the Civil Engineering Undergraduate Course - Department of Civil and Environmental Engineering, Federal University of Paraíba - UFPB. Joao Pessoa, 2019

For the success of a construction is extremely important the preparation of the budget and planning of the work and in this context, the structure is inserted as one of the most significant items in determining the quantities of inputs and the final cost of the building. Thus, this work consists in presenting a comparative analysis between three structural systems, the solid slab model 1, lattice slab model 2 and the ribbed slab model 3 with plastic buckets, taking into consideration the total and quantitative input costs for the design of a case study of a reinforced concrete building, thus exposing the best alternative to be adopted. Initially, the modeling and sizing of the structure was carried out with the aid of the CYPECAD 2016 structural calculation software, license 2016, where it was then possible to obtain the indices and quantity of budgeting inputs that will be analyzed and compared to observe the structural system. which has the best final cost. It should also be mentioned that although a given structural system has lower economic value of materials, it will not always be the chosen one, since there are other factors that may influence, such as the execution time, skilled labor and appropriate equipment.

Keywords: Reinforced Concrete. Structural project. Massive slabs. Lattice slabs. Ribbed slabs. Budget.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classe de agressividade ambiental (CAA).....	33
Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c=10\text{mm}$	34
Tabela 3 - Valores mínimos de cargas verticais	34
Tabela 4 - Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minuto	36
Tabela 5 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação.....	37
Tabela 6 - Dimensões mínimas para lajes contínuas	38
Tabela 7 - Dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelo.....	38
Tabela 8 - Dimensões mínimas para nervuradas armadas em uma direção	39
Tabela 9 - Dimensões mínimas para nervuradas contínuas.....	39
Tabela 10 - Quantitativo de materiais da laje maciça – modelo 1	43
Tabela 11 - Quantitativo de materiais da laje treliçada – modelo 2.....	45
Tabela 12 - Quantitativo de materiais da laje nervurada – modelo 3	47
Tabela 13 - Custo do sistema de laje maciça – modelo 1.....	51
Tabela 14 - Quantitativo de materiais detalhado da laje maciça – modelo 1	52
Tabela 15 - Custo do sistema de laje treliçada – modelo 2	52
Tabela 16 - Quantitativo de materiais detalhado da laje treliçada – modelo 2.....	53
Tabela 17 - Custo do sistema de laje nervurada – modelo 3	53
Tabela 18 - Quantitativo de materiais detalhado da laje nervurada – modelo 3.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de sistema construtivo de laje maciça de concreto armado	19
Figura 2 – Ilustração de fôrmas de madeira e escoramento metálicos em laje maciça	20
Figura 3 - Esquema de vigotas	22
Figura 4 - Detalhamento da armadura das vigotas treliçadas	22
Figura 5 - Detalhamento do sistema de vigotas treliçadas	23
Figura 6 - Ilustração de laje treliçada com bloco de enchimento de EPS	24
Figura 7 - Exemplo de montagem de laje nervurada com cubetas plásticas	25
Figura 8 - Exemplo de edificação executada com laje nervurada de cubetas	25
Figura 9 - Modelagem 3D da edificação	30
Figura 10 - Vista da fachada da edificação	31
Figura 11 - Planta Baixa do pavimento tipo da edificação escolhida	32
Figura 12 - Isopletas da velocidade básica	35
Figura 13 - Gráfico para pré-dimensionamento de lajes maciças	40
Figura 14 - Gráfico para pré-dimensionamento de pilares de concreto em função do nº de andares.....	41
Figura 15 - Gráfico para pré-dimensionamento de vigas em função do vão.....	41
Figura 16 - Sistema Estrutural de Lajes Maciças – modelo 1	42
Figura 17 - Lançamento do pórtico 3D da estrutura - modelo 1.....	43
Figura 18 - Lançamento do pórtico 3D da estrutura - modelo 2.....	44
Figura 19 - Sistema Estrutural de Lajes Treliçadas – modelo 2	45
Figura 20 - Sistema Estrutural de Lajes Nervuradas – modelo 3	46
Figura 21 - Lançamento do pórtico 3D da estrutura - modelo 3.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação do consumo total de concreto entre os modelos estruturais avaliados	48
Gráfico 2 - Comparação do consumo de concreto por elemento estrutural de cada modelo ...	49
Gráfico 3 - Comparação do consumo de aço entre os modelos estruturais avaliados	50
Gráfico 4 - Comparação do consumo de aço por elemento estrutural de cada modelo	50
Gráfico 5 – Custo total de cada modelo estrutural.....	54
Gráfico 6 - Custo por elemento estrutural de cada modelo.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 PROJETO ESTRUTURAL.....	18
3.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS	19
3.2.1 Sistema de Laje Maciça.....	19
3.2.2 Sistema de Laje Treliçada.....	21
3.2.3 Sistema de Laje Nervurada com Cubetas	24
3.3 ORÇAMENTO	26
3.3.1 Levantamento dos Quantitativos dos Materiais	27
3.3.2 Composição de Custo.....	27
4 METODOLOGIA.....	29
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	29
4.2 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	30
4.3 ANÁLISE E COLETA DE DADOS.....	32
5 ESTUDO DO CASO.....	33
5.1 LAJE MACIÇA	40
5.2 LAJE TRELIÇADA	44
5.3 LAJE NERVURADA DE CUBETAS PLÁSTICAS	46
6 RESULTADOS – ESTUDO COMPARATIVO.....	48
6.1 COMPARATIVO DOS QUANTITATIVOS DE MATERIAIS ENTRE OS MODELOS ESTRUTURAIS	48
6.1.1 Consumo de Concreto.....	48
6.1.2 Consumo de Aço.....	50

6.2 COMPARATIVO DOS CUSTOS ENTRE OS MODELOS ESTRUTURAIS.....	51
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS	58
ANEXO I – Preço dos Serviços	62
ANEXO II – Composição dos Serviços.....	64

1 INTRODUÇÃO

A situação econômica instável que o Brasil vem enfrentado nos últimos anos afetou também a construção civil, que após um período de grande crescimento, resultou em um processo inverso, isto é, a oferta de imóveis tornou-se maior que a procura. Devido a essa crise as construtoras precisaram cada vez mais se aperfeiçoar na engenharia de custos, sendo algo de fundamental importância para poder analisar o custo-benefício na execução de um empreendimento.

Para Spohr (2008, p.13) “[...] a busca por soluções mais econômicas que as convencionais se tornou uma preocupação para os construtores”. Desta maneira, antes do início de uma construção, a análise do custo da estrutura e de sua execução são fatores que precisam ser levados em consideração, pois corresponde a uma parte expressiva no orçamento final. De acordo com Costa (1997, apud ALBUQUERQUE,1999), o projeto estrutural representa um valor bastante significativo no custo final da construção, podendo variar de 15% a 20%, justificando um estudo prévio do sistema estrutural que será utilizado, pois uma redução de 10% nos custos da estrutura, pode representar 2% no custo total da obra.

Para Albuquerque (1999), o conceito de uma estrutura econômica foi variando ao longo do tempo, em um primeiro momento existia um cuidado em se trabalhar com estruturas que apresentassem as menores dimensões; enquanto agora, busca-se a padronização e reaproveitamento das formas, possibilitando uma maior produtividade da mão-de-obra e reaproveitamento de materiais. A escolha por essa alternativa se mostra oportuna devido a percepção dos projetistas de que os custos da estrutura não se resumem apenas a aço e concreto, devendo ser considerados itens como fôrmas, tempo de execução e mão-de-obra utilizada.

Em sua grande maioria as construções eram executadas através de lajes maciças convencionais, devido ao maior conhecimento desse sistema, elas eram constituídas de pequenos vãos, o que se torna inviável economicamente o uso desse sistema para algumas edificações, já que para combater certos tipos de esforços externos ocasionaria um aumento significativo na altura da laje. No decorrer dos anos, o desenvolvimento de certas tecnologias e a necessidade de atender projetos arquitetônicos mais modernos, foi possível aprimorar técnicas e análises mais sofisticadas, surgindo assim, novos sistemas estruturais que atendessem de forma econômica, segura e eficiente as exigências contidas nos projetos.

Duas das principais alternativas para substituição das lajes maciças, foram as lajes nervuradas com utilização de caixotes de polipropileno (cubetas) e as lajes treliçadas. Para as

lajes nervuradas, uma das suas vantagens é sua maior altura útil, elas resistem melhor aos esforços de flexão, possibilitando também vencer maiores vãos, devido ao menor consumo de material, diminuindo seu peso, visto que, em substituição ao concreto, na parte inferior é utilizado material inerte ou um espaço vazio (CRUZ, 2015).

Além disso, ALBUQUERQUE (1999) mostra em sua análise comparativa de custos, que o pavimento com esse tipo de laje se mostrou o mais econômico dentre as outras opções analisadas, mostrando-se uma redução de 15,15% no custo total da estrutura.

“A escolha do sistema estrutural de um edifício, em geral, é influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infraestrutura da região. ” (ALBUQUERQUE, 1999). Faz-se necessário então, que o engenheiro calculista realize estudos e escolhas dentro das possíveis possibilidades que estão ao seu alcance, com um sistema estrutural que melhor se adeque ao projeto, levando em consideração fatores como o custo da obra, segurança, planejamento e o seu tempo de execução.

Neste trabalho pretende-se realizar uma análise orçamentária comparativa entre os sistemas de laje maciça, laje nervuradas com cubetas plásticas e lajes treliçadas para um projeto arquitetônico previamente escolhido, com objetivo de encontrar a melhor alternativa de execução do ponto de vista econômico. Será feita uma modelagem e dimensionamento de cada sistema estrutural com o auxílio do *software* Cypecad, para então, levantar os quantitativos de insumos e elaborar seu orçamento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho consiste em apresentar um estudo de uma edificação modelada em três sistemas estruturais distintos, sendo o modelo 1 de lajes maciças, e os modelos 2 e 3 de lajes treliçadas e nervuradas com cubetas plásticas, respectivamente, com a finalidade de realizar um levantamento orçamentário para determinar qual sistema possui o melhor custo para a sua execução.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar e dimensionar cada sistema estrutural para edificação com o auxílio do *software* Cypecad;
- Realizar a análise dos cálculos e fazer o levantamento dos quantitativos para elaboração do orçamento;
- Comparar os resultados obtidos para a determinação de qual sistema estrutural apresenta a melhor relação entre o custo para sua execução.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PROJETO ESTRUTURAL

Segundo Alva (2007), o engenheiro estrutural deve ter na fase de concepção da estrutura uma visão para atender as delimitações impostas pelo projeto arquitetônico e os demais projetos que compõem uma edificação, o que será de grande valia para tomada de diversas decisões para uma boa elaboração de projeto.

Para Nervo (2012) a etapa estrutural é uma das mais significativas na elaboração da edificação, onde é imprescindível a escolha dos elementos a serem utilizados e a locação dos elementos estruturais, obtendo assim um sistema eficiente capaz de absorver os esforços provenientes de ações que atuam na estrutura.

De acordo com Pinheiro (et al., 2003) a locação dos pilares deve ser sempre iniciada no pavimento tipo, e em seguida deve ser analisado os demais pavimentos para que não exista nenhum impedimento, caso os pilares não possam ficar na posição em que foram colocados é necessário um estudo em todos os pavimentos e no piso de garagem para que a locação desses elementos não interfira na arquitetura da edificação nem na circulação dos veículos e no estacionamento dos mesmos. Posteriormente à locação dos pilares é feita a locação das vigas, que está diretamente ligada ao tipo de laje que será utilizada na edificação.

A escolha do sistema estrutural a ser usado na execução da edificação é um dos processos mais importantes, pois é na estrutura onde inicia todo o processo de estabilidade da edificação.

“Um arranjo estrutural adequado consiste em atender, simultaneamente, os aspectos de segurança, economia (custo), durabilidade e os relativos ao projeto arquitetônico (estética e funcionalidade). Em particular, a estrutura deve garantir a segurança contra os Estados Limites, nos quais a construção deixa de cumprir suas finalidades”. (ALVA, 2007, p.1, apud SOUSA, 2018, p.15)

Para Monteiro (2017), alguns fatores auxiliam na escolha do melhor sistema estrutural, por isso, são citados os mais importantes:

- a) “características do empreendimento: Existem características (altura da edificação, uso comercial ou residencial, geometria, repetitividade, etc) que irão direcionar a escolha da melhor concepção estrutural do empreendimento [...]”;
- b) “fluxo de caixa da obra: a característica do desembolso dos investidores irá determinar o ritmo desejado para a construção e, conseqüentemente, os processos a serem utilizados. Por isso, processos industrializados, tais como, estruturas metálicas e pré-moldadas são viabilizadas em empreendimentos industriais, shoppings etc [...]”;
- c) “filosofia de trabalho da construtora: muitas construtoras possuem critérios de execução que limitam ou direcionam a concepção estrutural [...]”.

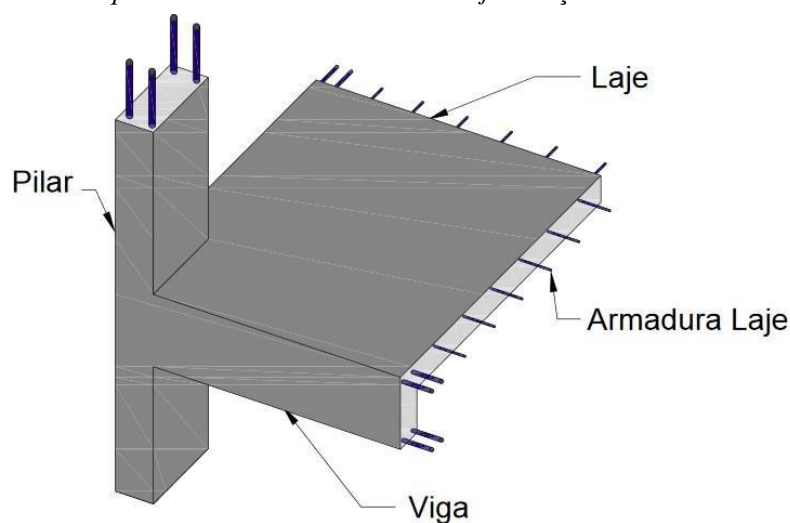
3.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS

3.2.1 Sistema de Laje Maciça

As lajes maciças de concreto são as mais utilizadas no ramo da construção civil por apresentarem uma execução e dimensionamento mais prático, além de uma maior facilidade para obtenção de mão de obra, consiste numa placa de concreto que pode apresentar variadas espessuras. De acordo com Araújo (2003) as lajes maciças podem ser definidas como placas que apresentam espessura uniforme, no qual seus apoios podem ser desenvolvidos ao longo do seu contorno por vigas ou alvenarias.

Para Barboza (2008) esse tipo de laje é utilizada normalmente em edificações onde os vãos são pequenos, geralmente de 3,5 a 5 metros, pois quando passamos para grandes vãos a espessura da laje aumenta de tal maneira que sua utilização se torna inviável economicamente devido ao alto consumo de concreto. Na Figura 1, podemos ver a ilustração do sistema estrutural de laje maciça.

Figura 1 - Esquema de sistema construtivo de laje maciça de concreto armado



Fonte: Spohr (2008)

Um sistema convencional de estrutura de concreto armado é aquele que pode ser constituído basicamente por lajes maciças, vigas e pilares, sendo que as lajes recebem os carregamentos oriundos da utilização, ou seja, das pessoas, móveis acrescidos de seu peso próprio, os quais são transmitidos às vigas, que por sua vez descarrega seus esforços aos pilares e esses às fundações. (SPOHR, 2008, p. 30)

A espessura mínima das lajes maciças é definida pela NBR 6118 (ABNT, 2014) de acordo com as suas características e suas cargas de uso, conforme discriminação abaixo:

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

O processo construtivo desse modelo estrutural baseado na NBR 6118 (ABNT,2007) é dividida basicamente em sete passos:

- a) Confecção de forma de madeira e escoras;
- b) Colocação das armaduras;
- c) Instalação de caixas, tubos e eletrodutos;
- d) Preparação e lançamento do concreto;
- e) Adensamento do concreto;
- f) Cura do concreto;
- g) Retirada das fôrmas e escoras.

Na Figura 2 observa-se uma ilustração da utilização de fôrmas de madeira e escoramento metálico em laje maciça.

Figura 2 – Ilustração de fôrmas de madeira e escoramento metálicos em laje maciça



Fonte: Forma (2019)

Com relação a suas vantagens Carvalho e Pinheiro (2009) destaca sua execução simples e rápida, apresentando também menores deformações e esforços relativamente pequenos. Além de que para vãos pequenos no estado limite último boa parte do concreto da laje maciça pouco contribui na resistência à flexão, já que a linha neutra possui pequena profundidade, tendo assim uma grande quantidade de concreto tracionado.

Outras vantagens que podemos citar são:

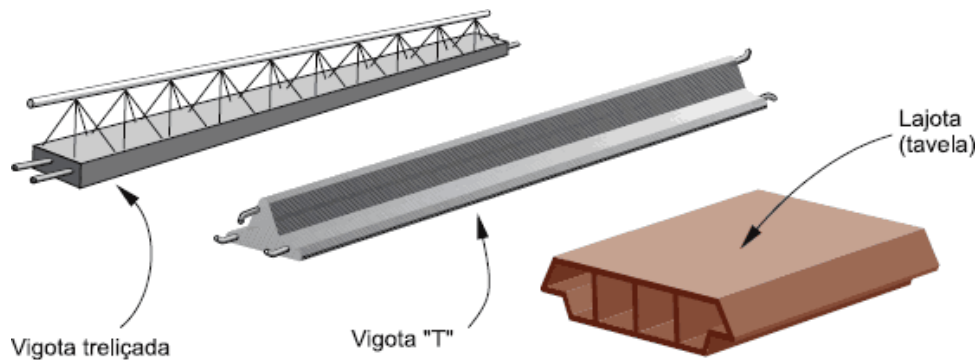
- a) A grande quantidade de vigas na formação do sistema estrutural, o que garante uma maior rigidez a estrutura (ALBUQUERQUE, 1999, p.21);
- b) Por ser um sistema antigo e muito utilizado na construção civil, a mão-de-obra mais experiente facilita a execução (SPOHR, 2008, p.21);
- c) Apresenta a possibilidade de descontinuidade na superfície (FARIA, 2010, p.20);
- d) Menos passível a aparecimento de fissuras e trincas, pois depois de seco, o concreto se torna um monobloco que dilata e contrai de maneira uniforme (LOPES, 2012, p.35, apud BRANDALISE E WESSLING, 2015).

Em contrapartida segundo Franca (1997, apud SPOHR, 2008) esse tipo de sistema apresenta um elevado consumo de concreto nessas lajes, podendo chegar a quase dois terços do volume de concreto total utilizado na estrutura, também tem como desvantagem a grande quantidade de escoramentos e fôrmas utilizadas durante a moldagem in loco, e seu processo de execução e desforma é bastante lento.

3.2.2 Sistema de Laje Treliçada

De acordo com Demertine (2013) o sistema de lajes treliçadas teve seu surgimento na Europa, chegando ao Brasil com intuito de explorar e superar certas insuficiências técnicas e econômicas das lajes até então utilizadas. Quanto ao seu processo de fabricação, apresenta uma similaridade com a laje pré-fabricada, estando a principal diferença na armação das vigotas, que deixam de ser em “T” passando a ser treliçada, além de possuir uma seção transversal de base retangular. Na Figura 3 é possível ver a representação dos dois tipos de vigotas citados anteriormente.

Figura 3 - Esquema de vigotas



Fonte: Axion (2012)

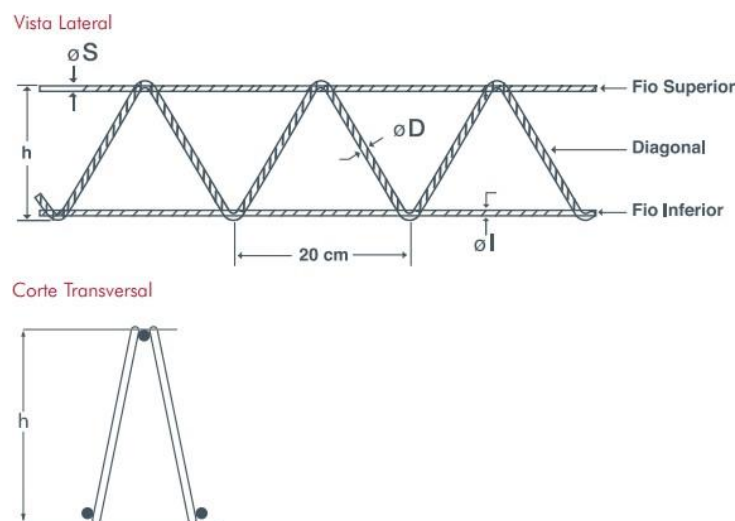
Segundo a NBR 14859-1 as vigotas pré-fabricadas são definidas da seguinte maneira:

“Constituídas por concreto estrutural, executadas industrialmente fora do local de utilização definitivo da estrutura ou mesmo em canteiros de obra, sob rigorosas condições de controle de qualidade. Englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, integrando parcialmente a seção de concreto da nervura longitudinal.”

As vigotas treliçadas são constituídas por barras de aço inferiores que possuem função de combater os momentos fletores positivos, e as superiores que facilitam a fabricação e ajudam a evitar fissuras durante a locomoção das peças. Para ligar essas duas barras é utilizada diagonais soldadas formando treliças, elas podem funcionar como armadura transversal, além de conceder uma ótima ligação entre o concreto pré-moldado das vigotas e o concreto moldado no local. (FIGUEIREDO FILHO e CARVALHO, 2004, apud BARBOZA, 2008, p.60)

Na Figura 4 visualiza-se o esquema de detalhamento da armadura das vigotas treliçadas.

Figura 4 - Detalhamento da armadura das vigotas treliçadas

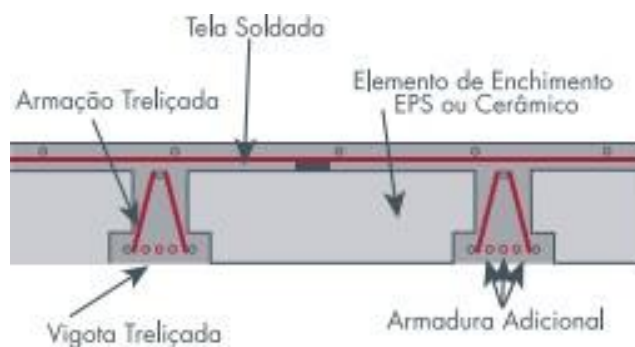


Fonte: Catalogo técnico da Rede Belgo (2019)

Segundo Nervo (2012) a quantidade de aço da armadura treliçada é definida de acordo com o projeto estrutural, sendo possível que algumas vezes seja necessário a utilização de uma armadura adicional, os espaçamentos entre as armaduras normalmente são preenchidos com lajotas de cerâmicas ou EPS (polietileno expandido) e na parte superior da laje é colocada uma malha pop, o que evita as fissuras na laje.

Na Figura 5 abaixo observa-se detalhadamente a armadura das vigotas treliçadas, da malha de combate as fissuras e os espaçamentos onde são colocadas as lajotas de cerâmica ou os blocos de EPS.

Figura 5 - Detalhamento do sistema de vigotas treliçadas



Fonte: Catálogo técnico da Rede Belgo (2019)

Assim como qualquer outro sistema estrutural, o de laje treliçada apresenta vantagens e desvantagens na sua utilização. Segundo Marçal (2014) as principais vantagens desse sistema estrutural são:

- a) Maior facilidade na montagem da laje;
- b) Conseguir suportar grandes cargas com menos espessuras de laje;
- c) Eliminação das fôrmas e diminuição na quantidade de escoramentos utilizados;
- d) Baixo peso próprio;
- e) Menor número de fissuras em decorrência da aderência entre o concreto do capeamento e o concreto da vigota pré-fabricada;
- f) Peças de EPS geram contribuição para a melhoria do desempenho térmico e acústico da edificação.

Como desvantagem para esse tipo de sistema Nervo (2012) destaca a dificuldade no transporte das peças pré-fabricadas caso a construção seja afastada e necessidade de equipamentos específicos para o içamento, já que elas podem apresentar tamanhos maiores em certas ocasiões, outro ponto é com relação a dificuldade para fixar os elementos de enchimento, existindo a possibilidade de deslocamento dos mesmos durante a concretagem.

Na Figura 6 identifica-se a representação de uma laje treliçada composta com preenchimento de blocos de EPS.

Figura 6 - Ilustração de laje treliçada com bloco de enchimento de EPS



Fonte: Pré-Mold RM (2012)

3.2.3 Sistema de Laje Nervurada com Cubetas

Segundo Cruz (2015) o sistema de laje nervurada também veio a surgir devido ao grande crescimento da construção civil, apresentando edificações inovadoras e tecnológicas, que necessitam de vãos maiores tornando-se antieconômico nos projetos de lajes convencionais, desse modo, como forma de solucionar esse problema, as lajes nervuradas utilizam da adição de material inerte ou vazios nas lajes, o que possibilita um aumento significativo da altura útil da laje, porém sem acréscimo de peso próprio ou aumento no custo.

De acordo com Spohr (2008) as lajes nervuradas são formadas por um conjunto de nervuras, que podem ser unidirecionais ou bidirecionais, além de apresentar um material de enchimento nos espaços entre elas. Tal sistema estrutural tem como uma de suas principais

características a retirada do concreto da parte tracionada, sendo substituído por um material inerte que não influencia na rigidez da mesma. Para Bastos (2015) a resistência do material utilizado no enchimento não influencia as nervuras que irão determinar a rigidez e resistência necessária para a laje.

O tipo específico de laje nervurada retratada nesse trabalho utiliza os moldes de polipropileno em seus espaçamentos, também conhecidos como cubetas plásticas, que atuam como uma fôrma, podendo posteriormente serem reaproveitadas. Para facilitar sua retirada após a concretagem, na sua colocação é utilizado um material desmoldante. Nas Figuras 7 e 8 abaixo pode se observar respectivamente dois casos, o detalhamento das cubetas na montagem da laje e seu resultado final após a concretagem.

Figura 7 - Exemplo de montagem de laje nervurada com cubetas plásticas



Fonte: Lonfer (2019)

Figura 8 - Exemplo de edificação executada com laje nervurada de cubetas



Fonte: Autor

De acordo com Araújo (2010) fazendo uma comparação entre as lajes maciças e as nervuradas, esta última exige uma altura (h) 50% superior, porém, levando-se em conta o peso próprio e o volume de concreto utilizado a laje nervurada apresenta melhores resultados em comparação aos da laje maciça, o que a torna mais econômica quando utilizada para vãos acima de 8 metros, demonstrando assim, uma grande vantagem da laje nervurada com cubetas plásticas para vencer grandes vãos.

Spohr (2008) nos diz que a utilização desse tipo de laje possibilita uma maior liberdade ao arquiteto no projeto, não sendo necessário o alinhamento dos pilares e o posicionamento das paredes não ficam condicionado as vigas, a execução se torna mais fácil, já que as vigas não apresentam grandes altura e são embutidas na laje, assim, quando utilizadas em salas de aulas ou bibliotecas por exemplo, contribuem bastante com o conforto acústico.

Algumas desvantagens que podemos perceber na utilização desse sistema estrutural está relacionada a uma quantidade maior de mão de obra, referente as atividades executadas na construção, consumo significativo de concreto e aço, e uma espessura maior na capa de concreto para manter o cobrimento das armaduras superiores e inferiores, limitação na altura das lajes devido a padronização das cubetas plásticas (VIZOTTO e SARTORTI, 2010, apud CARVALHO, 2012).

Outro ponto desse sistema é quanto a aceitação de alguns arquitetos pelo fato de não apresentar um acabamento liso e assim necessitar de um forro, o que aumenta o custo do sistema empregado, conforme mostra Silva (2002, apud NERVO, 2012). Em contrapartida a utilização desse forro possibilita a implantação de tubulações e cabeamentos entre o espaço existente entre o mesmo e a parte inferior da laje, facilitando a execução de reparos caso seja necessário futuramente, o que não seria o caso se os equipamentos estivessem embutidos na alvenaria.

3.3 ORÇAMENTO

“Independentemente de localização, recurso, prazo, cliente e tipo de projeto, uma obra é eminentemente uma atividade econômica e, como tal, o aspecto custo reveste-se de especial importância.” (MATTOS, 2006)

Segundo Dias (2011) a Engenharia de Custos é de grande importância pois além de ter como objetivos a resolução de certos problemas através de normas, critérios e experiências, sua função principal é de manter o controle do empreendimento para que não haja prejuízos e falhas.

Existe sempre uma confusão quando se fala em orçamento, sendo esse o produto final e a orçamentação o processo que leva até ele. De acordo com Mattos (2006) para a elaboração

desse processo são necessárias etapas de identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma série de itens, todos esses detalhes exigem uma habilidade técnica na sua preparação.

Sendo o orçamento uma das etapas feitas antes da execução da obra faz-se necessário um estudo preliminar mais aprofundado, para que exista uma maior certeza em todos os dados levantados, pois um orçamento que apresenta um estudo mais detalhado e com informações precisas tem maiores chances de chegar a um valor aproximado ao real. Xavier (2008, p.6) diz que “[...] um bom orçamento é uma estimativa de custo bem precisa em função da qual a empresa construtora irá atribuir o seu melhor Preço de Venda. ”

3.3.1 Levantamento dos Quantitativos dos Materiais

“O início da orçamentação de uma obra requer o conhecimento dos diversos serviços que a compõe. Não basta saber quais os serviços, é preciso saber também o quanto de cada um deve ser feito. ” (MATTOS, 2006)

O levantamento quantitativo dos materiais para execução estrutural de uma obra são o volume de concreto, a quantidade de aço utilizado na armação dos elementos estruturais e as formas utilizadas nesses elementos na hora da concretagem. Os referidos insumos são relacionados através dos projetos fornecidos para a edificação, principalmente os disponibilizados pelo engenheiro calculista.

Nem sempre os projetos condizem totalmente com a prática, pois muitas vezes podem ser gerados desperdícios inevitáveis no canteiro de obra, por isso, quando se elabora um orçamento é necessário sempre acrescentar uma porcentagem no quantitativo de materiais referente a esse desperdício.

3.3.2 Composição de Custo

Segundo Mattos (2006), a composição de custo é definida como sendo o processo para estabelecer o custo de um serviço ou atividade, sendo esses divididos em categorias de acordo com as suas características, mão-de-obra, materiais ou equipamentos.

A composição de custo deve ser realizada antes da execução da obra, tornando-se assim uma estimativa do que será gasto no futuro, sendo assim caracterizada como um controle dos custos, podendo desta forma, identificar erros e prevenir desperdícios em uma próxima obra, conforme Mattos (2006).

Uma maneira mais detalhada de se obter todo esse processo é especificando cada unidade de serviço. Nesse momento o uso da Tabela de Composição de Preço para Orçamento (TCPO) faz se necessário para ter acesso ao custo unitário de cada um dos serviços ou o detalhamento dos insumos presente no SINAPI, o Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil.

A soma dos custos unitários dos serviços necessários para a construção, mais os custos de infraestrutura para a realização do empreendimento, são os fatores que constituem os custos diretos e os custos indiretos. (TISAKA, 2011, *apud* SANTOS; SILVA; OLIVEIRA, 2012).

4 METODOLOGIA

Nesse item serão descritos os procedimentos realizados para o desenvolvimento desse trabalho.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O trabalho apresenta características quantitativas e comparativas pois tem como finalidade fazer um levantamento da quantidade de materiais utilizados na execução dos três sistemas estruturais pré-definidos para a elaboração do orçamento de cada um deles. Posteriormente comparar os resultados atingidos, obtendo assim o sistema que apresenta o melhor custo para ser empregado na edificação.

No pré-dimensionamento da estrutura foram definidas as seções dos elementos estruturais da edificação, que seguirão de acordo com o sistema estrutural adotado, fazendo os devidos ajustes necessários. Tais elementos serão lançados no software de cálculo estrutural CYPECAD, a partir daí todo dimensionamento e detalhamento é feito levando em consideração as normas de estruturas de concreto, nas quais podemos citar: normas brasileiras para projeto de estruturas de concreto armado (NBR 6118:2014), projeto e execução de fundações (NBR 6122:2010), ações para o cálculo de estruturas de edificações (NBR 6120:2017), aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - especificações (NBR 7480:2007), ações (vento) para o cálculo de estruturas de edificações (NBR 6123:2013), ações e segurança nas estruturas - procedimentos (NBR 8681:2004) e edificações habitacionais - desempenho (parte I a V) - (NBR 15.575:2013).

A análise realizada estabelece se o dimensionamento pré-definido será suficiente para resistir aos esforços externos de acordo com as normas, caso não seja suficiente a estrutura deve ser redimensionada e submetida a um novo dimensionamento das armaduras e seções de concreto pelo *software*. Chegando as dimensões finais das seções dos elementos estruturais para atender os critérios de dimensionamento do estado limite último e do estado limite de serviço, para tanto, o programa fornece os quantitativos dos materiais necessários para serem utilizados no decorrer da execução da estrutura.

Com os quantitativos determinados serão elaborados gráficos comparativos para determinar a diferença entre os quantitativos dos materiais utilizados em cada sistema

construtivo com objetivo de verificar a melhor escolha para o desenvolvimento do empreendimento com base no sistema que apresentar menores custos.

A planilha orçamentária terá como base a tabela do SINAPI de setembro de 2019, que leva em conta tanto os materiais utilizados como os serviços para implantação de cada etapa. Entretanto, os elementos que não forem encontrados nessa tabela serão procurados em tabelas similares ou com base no preço de mercado.

4.2 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

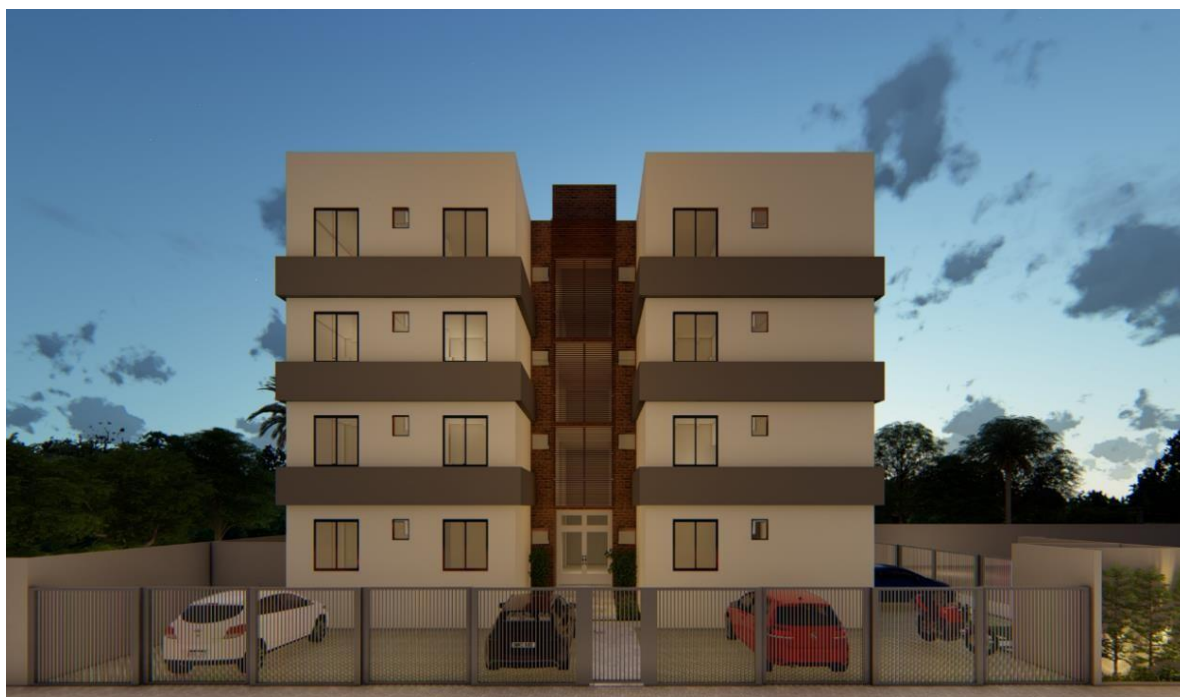
Para o desenvolvimento da pesquisa foi escolhido uma edificação vertical, multifamiliar que foi executada na cidade de Campina Grande, no bairro Cruzeiro, pela construtora F&S. A edificação consiste em uma estrutura de quatro pavimentos, sendo do tipo caixão, onde de início foi determinado que seria implantado o sistema de laje treliçada na sua execução. A comparação com os outros sistemas estruturais irá determinar se o modelo adotado foi a melhor opção ou se um dos outros seria uma melhor escolha. Na Figura 9 e 10 podemos observar edificação através da maquete 3D.

Figura 9 - Modelagem 3D da edificação



Fonte: Autor

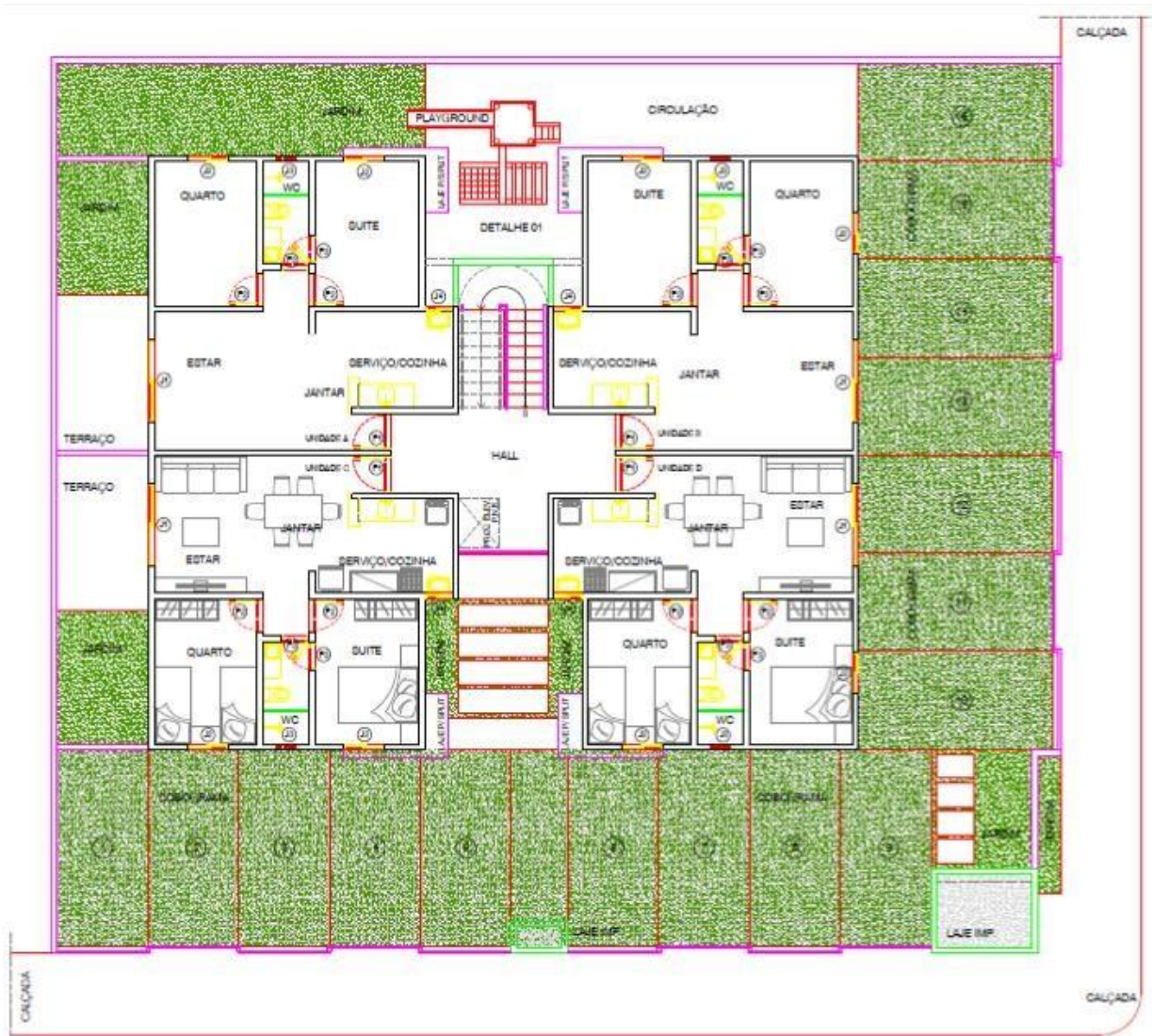
Figura 10 - Vista da fachada da edificação



Fonte: Autor

O empreendimento está localizado em um terreno de 550 m², possuindo uma área construída de 924,12 m², dispendo de um de índice de aproveitamento de 1,68 e uma taxa de ocupação de 47%. Além disso, a edificação conta com 4 apartamentos por pavimento, sendo uma vaga de garagem para cada, totalizando 16. O pavimento térreo dispõe de jardins, portaria e *playground*. Na Figura 11, através da planta baixa do pavimento tipo, podemos observar a distribuição dos espaços internos dos ambientes.

Figura 11 - Planta Baixa do pavimento tipo da edificação escolhida



Fonte: Construtora F&S

4.3 ANÁLISE E COLETA DE DADOS

Os dados obtidos a partir dos cálculos realizados com o CYPECAD 2016 serão utilizados para elaborar gráficos comparativos para estabelecer a quantidade de materiais utilizados em cada uma das estruturas avaliadas, os orçamentos serão elaborados em tabelas com ajuda do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, o SINAPI.

Levando em consideração a etapa final analisada dos quantitativos dos materiais, será feito um comparativo entre os três tipos de lajes, e assim obtêm-se qual será o sistema estrutural que possui o melhor custo para a execução do projeto.

5 ESTUDO DO CASO

Nesta seção serão definidos os critérios de projeto utilizados para o dimensionamento da estrutura dos três modelos estruturais, que foi realizado pelo *software* CYPECAD. Todas especificações adotadas seguem as prescrições normativas.

A durabilidade da estrutura é uma condição de extrema importância para garantir a segurança, estabilidade e desempenho em serviço durante sua vida útil. Desse modo, por se tratar de uma construção localizada em uma área urbana e por estar de acordo com a NBR 6118 de 2014, a classe de agressividade da estrutura e a classe de agressividade ambiental, determinadas pela Tabela 1, e são respectivamente moderada e classe II, resultando assim em um recobrimento da armadura de 2,5 cm para lajes e 3 cm para pilares e vigas, conforme os dados fornecidos na Tabela 2, que especifica o cobrimento para cada tipo de agressividade na estrutura.

Tabela 1 - Classe de agressividade ambiental (CAA)

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

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

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

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

Fonte: NBR 6118/2014

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c=10\text{mm}$

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

Fonte: NBR 6118/2014

O concreto usinado adotado para a execução da estrutura da edificação apresenta uma resistência característica de 30 Mpa ($F_{ck} = 30$). Com relação ao aço, destinado a armadura para estruturas de concreto armado utilizou-se barras de categorias CA-60 ($\varnothing 5.0\text{mm}$) e CA-50 ($\varnothing 6.3\text{mm}$, $\varnothing 8.0\text{mm}$, $\varnothing 10\text{mm}$, $\varnothing 12.5\text{mm}$, $\varnothing 16\text{mm}$, $\varnothing 20\text{mm}$ e $\varnothing 25\text{mm}$), conforme definidos na norma, NBR 7480 de 2007. Em todos os modelos, as características do concreto e do aço foram mantidas inalteradas.

De acordo com a ABNT NBR 6118, em seu item 11.2, “na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, levando-se em conta os possíveis estados-limites últimos e os de serviço”.

Desse modo, a NBR 6120, determina o cálculo das ações que atuam na estrutura, para isso deve-se considerar as cargas permanentes, sendo constituídas pelo peso próprio da estrutura e pelo peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes, como, por exemplo, para as lajes, pisos, revestimentos e paredes. Além disso, devem ser somadas as ações acidentais, que se baseiam na especificação do tipo de ocupação do espaço definida no projeto arquitetônico, a ser utilizado. Verifica-se na Tabela 3 os valores determinados pela norma.

Tabela 3 - Valores mínimos de cargas verticais

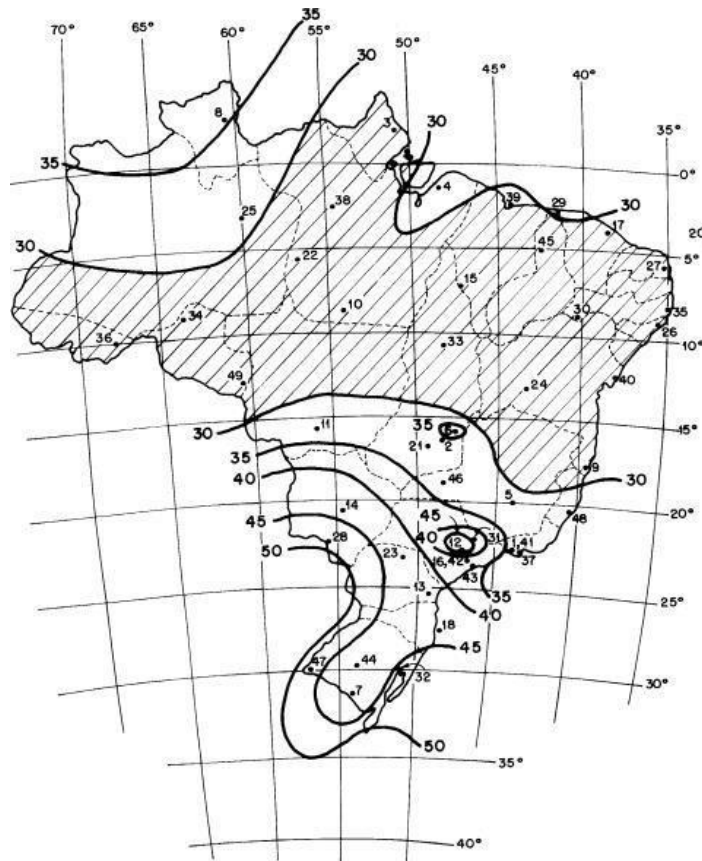
DESCRIÇÃO DO CARREGAMENTO	TIPO	UNIDADE	VALOR
Concreto armado	Permanente	Kgf/m ³	2500
Água	Permanente	Kgf/m ³	1000
Paredes de alvenaria	Permanente	Kgf/m ³	1300

Revestimento reservatório, casa de máquinas, escadas	Permanente	Kgf/m ³	70
Revestimento de piso	Permanente	Kgf/m ³	100
Locais com acesso restrito: cobertura, reservatório	Acidental	Kgf/m ³	50
Dormitórios, salas, copa, cozinha e banheiro	Acidental	Kgf/m ³	150
Despensa, área de serviço e lavanderia	Acidental	Kgf/m ³	200
Áreas comuns, escadas, terraço, corredores	Acidental	Kgf/m ³	300

Fonte: Adaptada da NBR 6120/1980

Com relação ao efeito da velocidade do vento atuando na estrutura foi considerado de acordo com o item 5.1 da norma ABNT NBR 6123:1988, um valor de 30 m/s, já que a cidade de Campina Grande – PB, no qual está localizado o edifício, encontra-se entre duas isopletas de 30 m/s, conforme verificada na Figura 12.

Figura 12 - Isopletas da velocidade básica



Fonte: NBR 6123:1998

Para as fundações da edificação, adotou-se a sapata isolada, elemento de fundação superficial dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes são resistidas por meio de armadura. Todas as sapatas foram dimensionadas em formato de tronco de pirâmide e seguindo os parâmetros do solo, obtidos através de sondagens. Dessa maneira, todas as

configurações adotadas respeitaram a norma vigente para projeto e execução de fundações, a NBR 6122.

No programa estrutural Cypecad, o dimensionamento de sapata é um processo iterativo que compreende determinadas etapas de modo a garantir que todas as verificações necessárias, como pressão admissível, deslizamento e tombamento, sejam atendidas. Caso as dimensões mínimas não sejam suficientes, o *software* fará uma nova iteração com base nas configurações de dimensões determinadas.

Com relação as exigências normativas quanto a situações de incêndio, a norma NBR 15200 determina os critérios necessários para que as estruturas de concreto controlem o fogo por um determinado período de tempo, evitando sua propagação, mantendo sua função de suporte, conservando suas funções de resistência e estabilidade diante de situações de incêndio. Um ponto importante é a necessidade de que as edificações sejam capazes de resistir ao calor por pelo menos um determinado período de tempo suficiente para evitar que a estrutura entre em colapso antes de sua desocupação completa. A norma NBR 14432 determina esse tempo através do TRRF, tempo requerido de resistência ao fogo, variando de acordo com as características estruturais do empreendimento. Verifica-se nas Tabelas 4 e 5, retiradas da norma, os tempos e classificação para o TRRF.

Tabela 4 - Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minuto

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

Fonte: NBR 14432/2001

Tabela 5 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação

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

Fonte: NBR 14432/2001

Quanto as dimensões mínimas para que os elementos estruturais atendam às situações de incêndio, no item 8.2 da norma 15200 apresenta-se o método tabular, que através de tabelas verifica-se as dimensões mínimas necessárias para que os elementos estruturais atendam aos requisitos previstos pela norma para situações de incêndio. Nas tabelas 6,7,8 e 9 observa-se esses valores para as lajes.

Tabela 6 - Dimensões mínimas para lajes contínuas

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

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

Fonte: NBR 15200/2012

Tabela 7 - Dimensões mínimas para lajes lisas ou cogumelo

TRRF min	h mm	c_1 mm
30	150	10
60	180	15
90	200	25
120	200	35
180	200	45

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

Fonte: NBR 15200/2012

Tabela 8 - Dimensões mínimas para nervuradas armadas em uma direção

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

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

Fonte: NBR 15200/2012

Tabela 9 - Dimensões mínimas para nervuradas contínuas

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

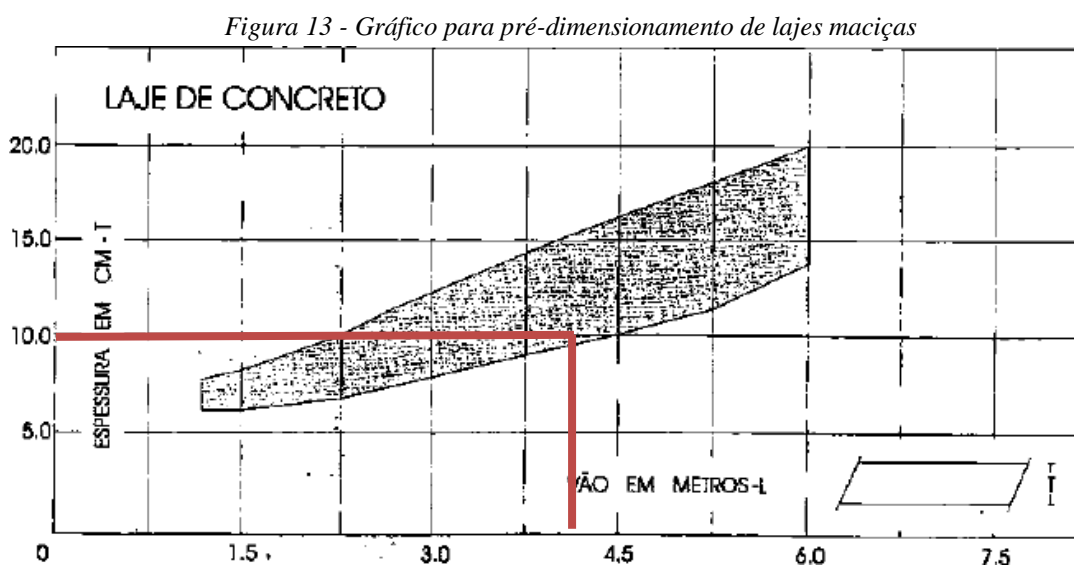
^a b_{\min} corresponde à largura mínima da nervura ao nível do centro geométrico das armaduras.
^b h é a altura mínima da laje para garantir a função corta-fogo.
^c Os valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as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

Fonte: NBR 15200/2012

Para esse estudo de caso específico, foi levado em consideração todas as normas vigentes de combate a incêndio requeridas no ano de sua execução. Vale ressaltar, que a NBR 15575 de 2013, norma de desempenho das edificações, trouxe novas determinações com relação a incêndio e acústica, o que pode sofrer alterações. Dessa forma, o TRRF adotado foi de 60 minutos.

5.1 LAJE MACIÇA

Com relação ao modelo 1, o de lajes maciças, inicialmente realizou-se um pré-dimensionamento, no qual foi utilizado o método gráfico apresentado por Rebello (2007, p.80). Com o auxílio do gráfico para o pré-dimensionamento, que pode ser visualizado na Figura 13 e verificando os valores dos vãos e de cargas, optou-se por adotar uma espessura de 10 cm para as lajes desse primeiro modelo.

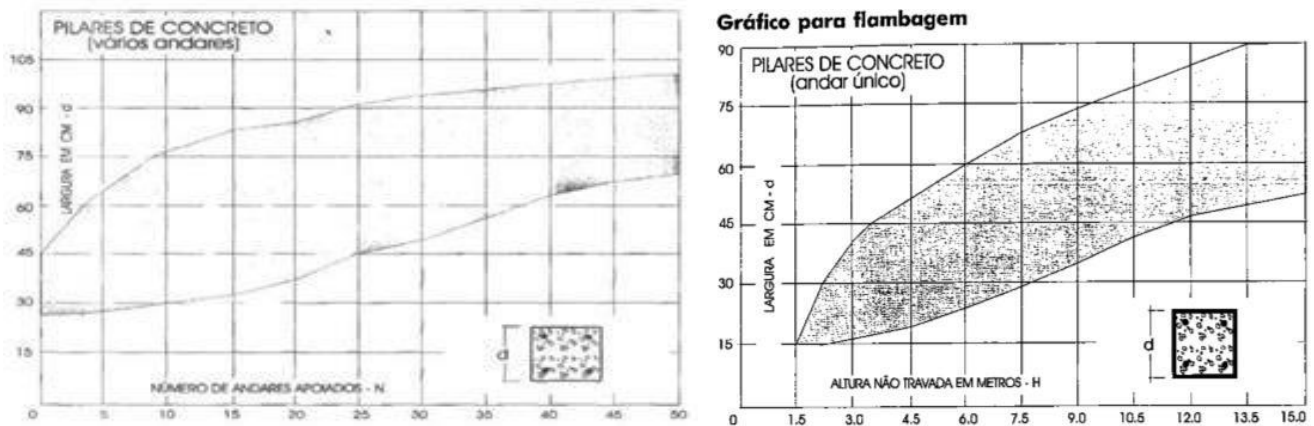


Fonte: Rebello (2007, p.80)

Após as verificações do dimensionamento, inclusive para atender ao TRRF adotado de 60 minutos, conclui-se que todas as lajes permaneceram com a mesma espessura de 10 cm. Para o pré-dimensionamento dos pilares e vigas, seguindo as considerações normativas da NBR 6118, também foi adotado o processo gráfico apresentado por Rebello (2007).

No caso dos pilares, tal processo consiste em determinar suas dimensões com base no número de pavimentos apoiados e na altura não travada do pavimento. Verifica-se na Figura 14 o gráfico de carga nos pilares. Portanto, de acordo com esse procedimento de Rebello e com as características do concreto adotado, 30 Mpa, todos os pilares ficaram com as seções pré-dimensionadas de 20x30 cm.

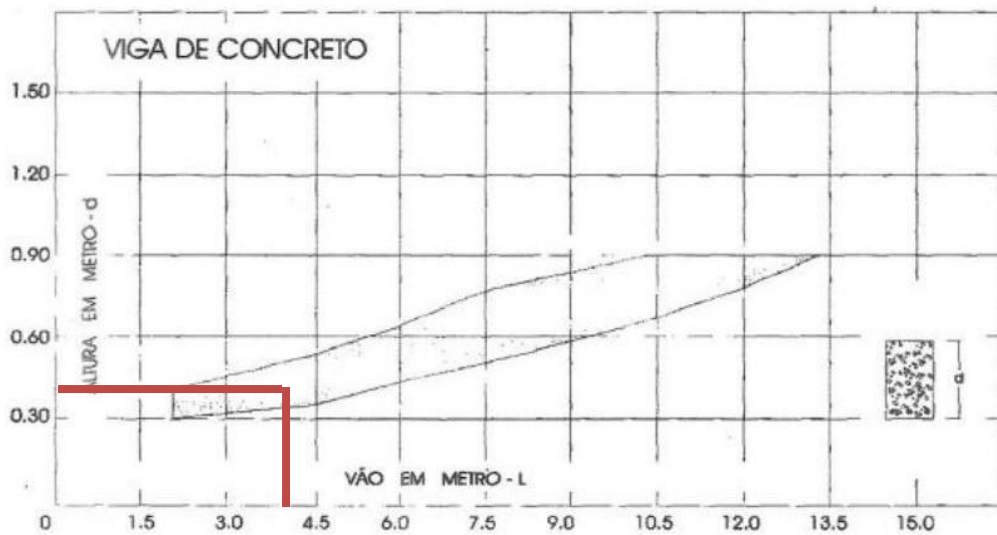
Figura 14 - Gráficos para pré-dimensionamento de pilares de concreto



Fonte: Rebello (2007)

Para vigas, a norma NBR 6118, indica que a seção transversal de vigas não pode ter largura menor que 12 cm, sendo 15 cm no caso de vigas-parede. A partir do gráfico da Figura 15 foi possível obter seu pré-dimensionamento, chegando no valor de 15x40 cm para as vigas.

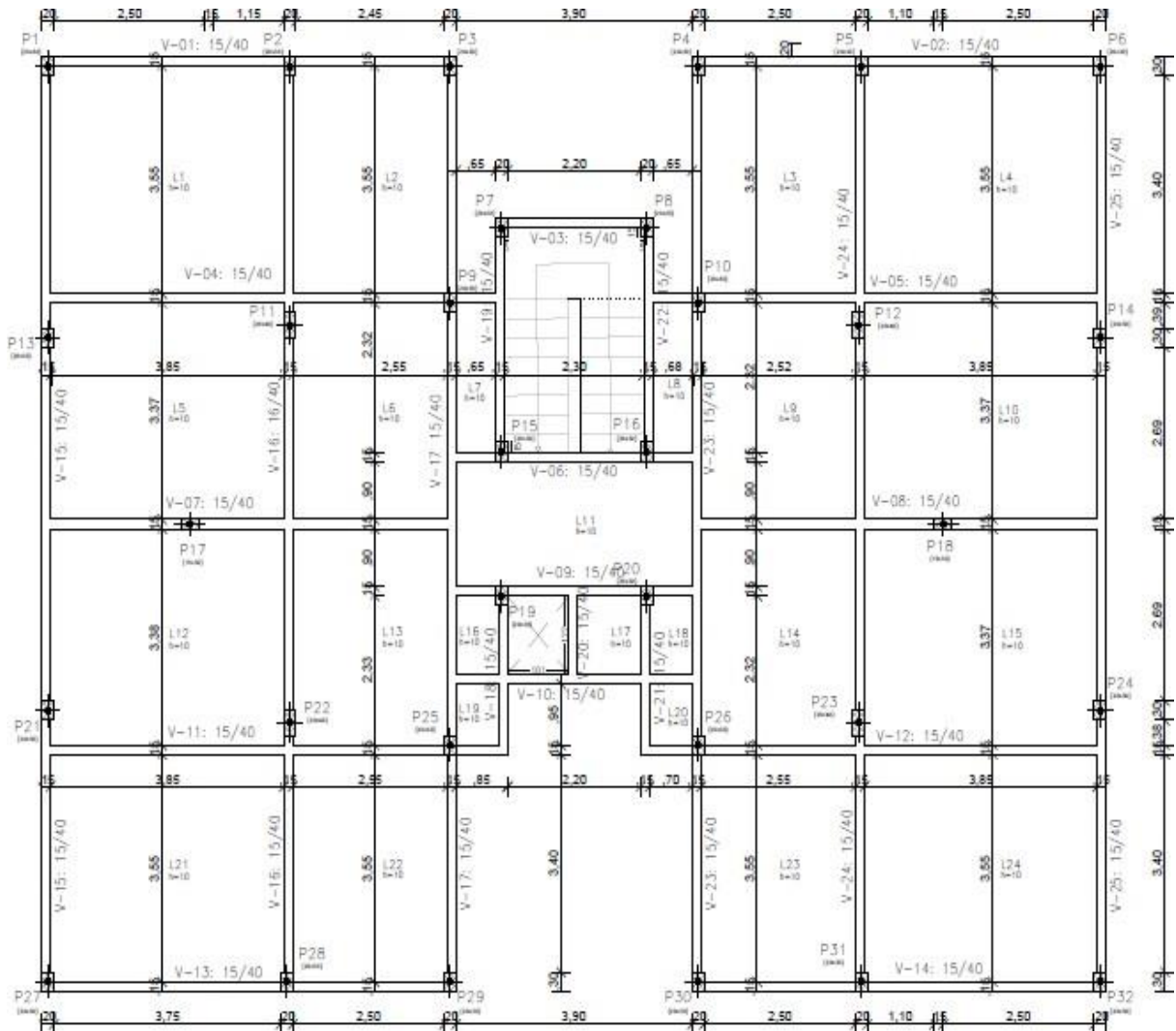
Figura 15 - Gráfico para pré-dimensionamento de vigas em função do vão



Fonte: Rebello (2007)

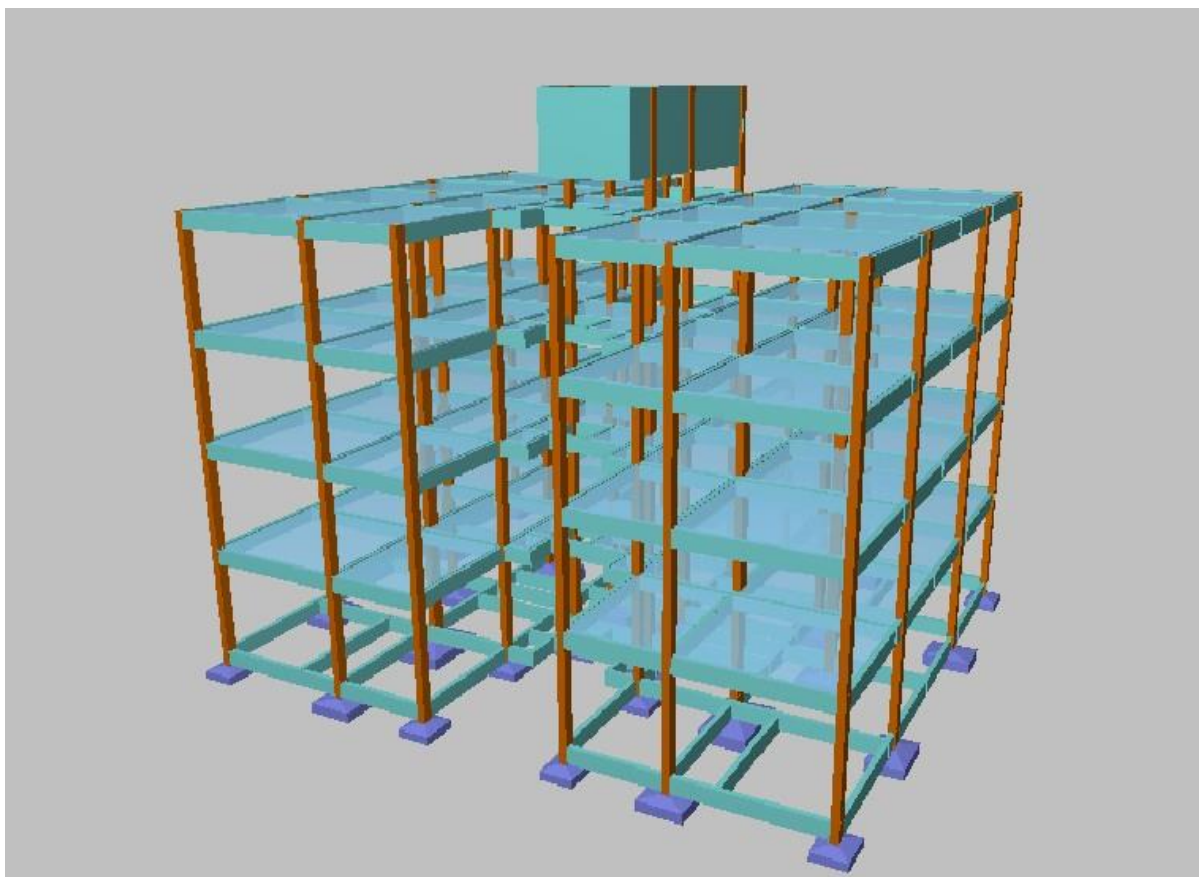
Desse modo, na Figura 16 pode-se observar a planta de forma para o sistema de lajes maciças do edifício escolhido e na Figura 17, o pórtico 3D do lançamento da estrutura do modelo 1. Os 219,43 m² de área do pavimento foram divididos em 24 lajes, que variam de 0,67 m² até 13,66m².

Figura 16 - Sistema Estrutural de Lajes Maciças – modelo 1



Fonte: Autor

Figura 17 - Lançamento do pórtico 3D da estrutura - modelo 1



Fonte: Autor

Em seguida foi possível realizar o levantamento dos quantitativos que foram fornecidos pelo *software* utilizado, estando discriminados na tabela 10, levando em consideração os elementos estruturais e os materiais.

Tabela 10 - Quantitativo de materiais da laje maciça – modelo 1

Elementos Estruturais/ Materiais	Concreto (m ³)	Aço (Kg)	Fôrmas (m ²)
Lajes	77,57	3342	775,82
Vigas	56,46	2476	725,35
Pilares	18,56	2696	303,12
Fundação	15,4	518	39,90
Escada	7,38	408,9	60,78
Reservatório	10,03	781	97,26
Total	185,4	10421,9	2002,23

Fonte: Autor

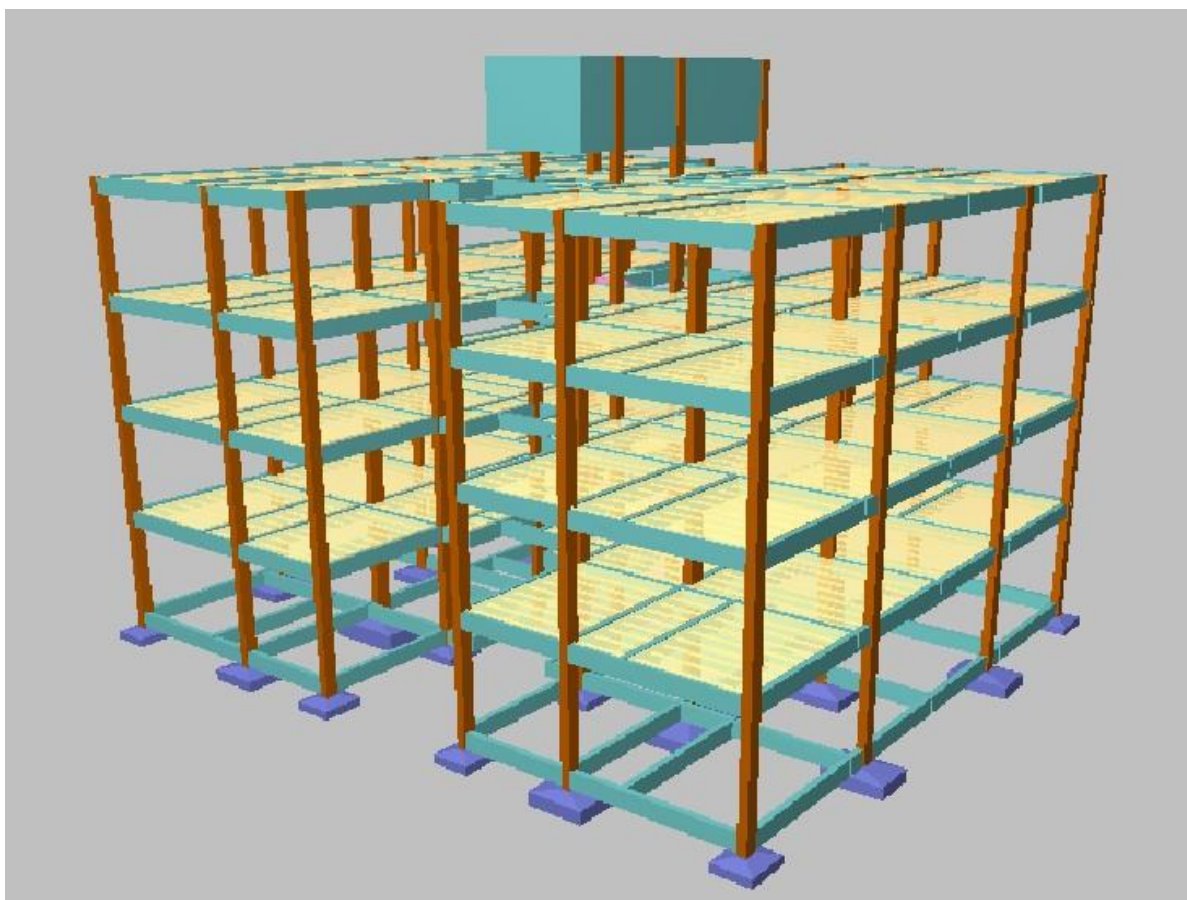
5.2 LAJE TRELIÇADA

O modelo 2 foi o escolhido para a execução da edificação do estudo de caso em questão, sendo composto por lajes unidirecionais com vigotas treliçadas e preenchimento de blocos de EPS.

Para o sistema de lajes treliçadas as dimensões das lajes de cada pavimento são um pouco semelhantes as dimensões obtidas na laje maciça, variando de 0,67m² a 13,66m², tendo como diferencial a colocação de vigas nos locais onde existem paredes no mesmo sentido dos trilhos treliçados.

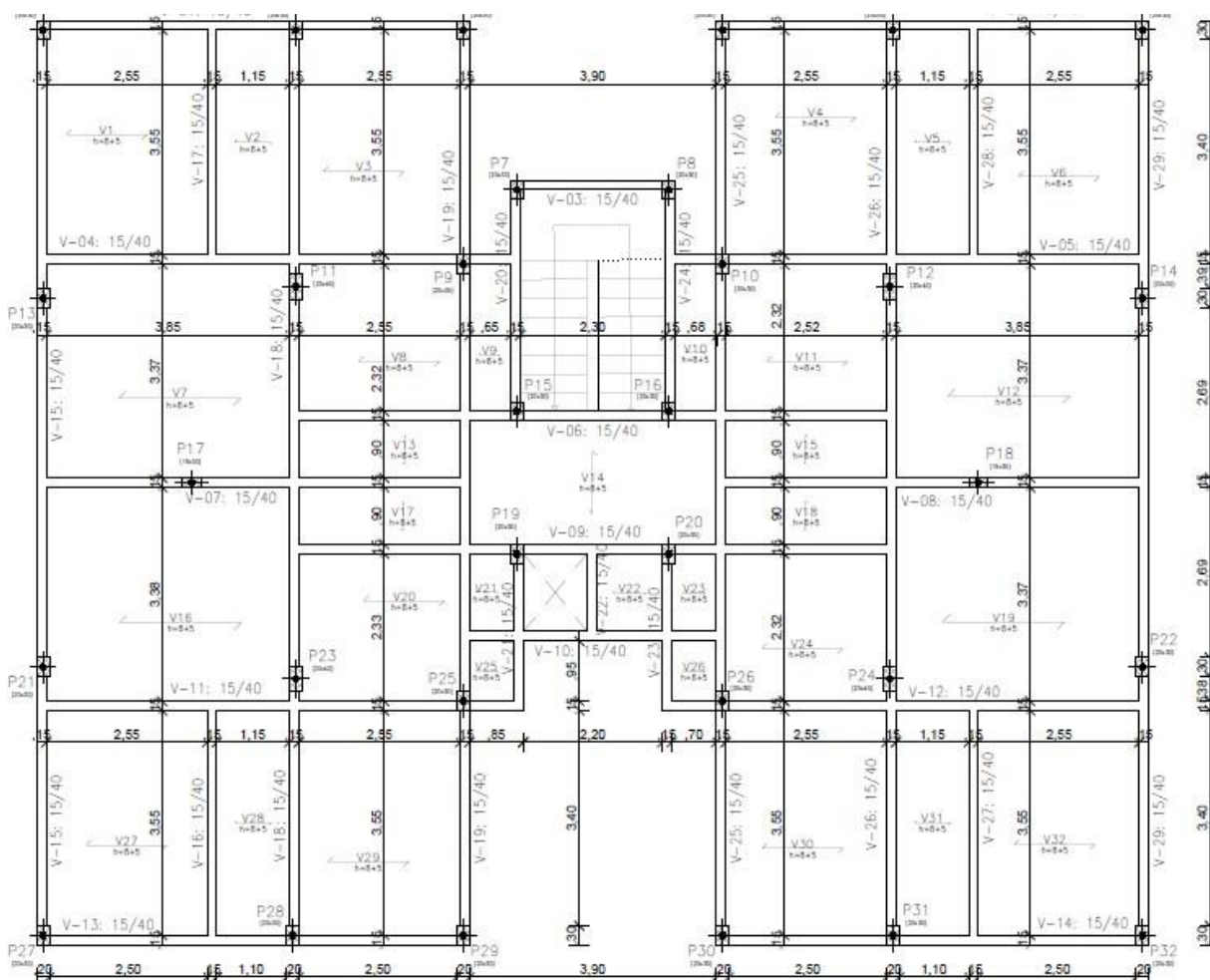
A espessura das lajes foram padrões, com capa de concreto de 5 cm e treliças de 8 cm, sendo adotado o modelo TG 8L – 6m, resultando numa espessura total de 13 cm. Na Figura 18 mostra-se o lançamento do pórtico 3D para o modelo 2 e na Figura 19 a planta de forma do pavimento com o sistema estrutural em lajes treliçadas.

Figura 18 - Lançamento do pórtico 3D da estrutura - modelo 2



Fonte: Autor

Figura 19 - Sistema Estrutural de Lajes Trelaçadas – modelo 2



Fonte: Autor

Na tabela 11 mostra-se os quantitativos para o modelo 2.

Tabela 11 - Quantitativo de materiais da laje treliçada – modelo 2

Elementos Estruturais/ Materiais	Concreto (m ³)	Aço (Kg)	Fôrmas/EPS (m ²)
Lajes	61,25	1283,6	761,18
Vigas	62,5	2856	760,49
Pilares	18,56	2604	303,12
Fundação	15,68	519	37,60
Escada	7,38	408,9	60,78
Reservatório	10,02	772	97,09
Total	175,39	8443,5	2020,26

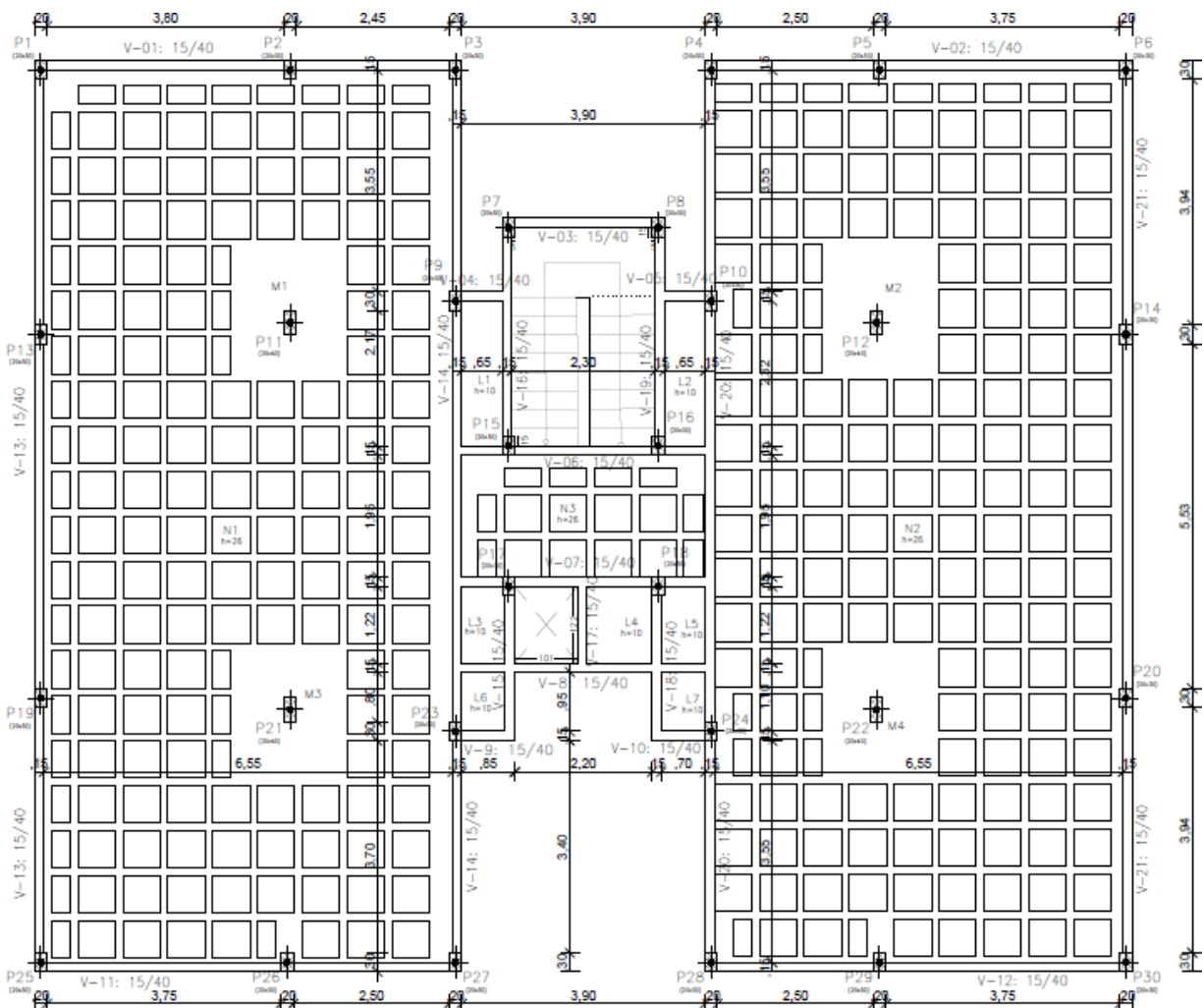
Fonte: Autor

5.3 LAJE NERVURADA DE CUBETAS PLÁSTICAS

Para o modelo 3, o de lajes nervuradas bidirecionais, foi dimensionado aumentando gradativamente a espessura das lajes para que não apresentassem erros e pudesse chegar à uma solução viável e adequada. Desse modo, adotou-se para o sistema cubetas plásticas que possuem dimensões de 18 cm na altura, 60cm entre os eixos e 6cm nas abas inferiores, resultando em uma largura de 12 cm para as nervuras, que é o mínimo especificado pela nova norma de desempenho. Nos pilares, nas vigas e onde existam estruturas maciças em concreto armado, serão utilizadas fôrmas de madeira.

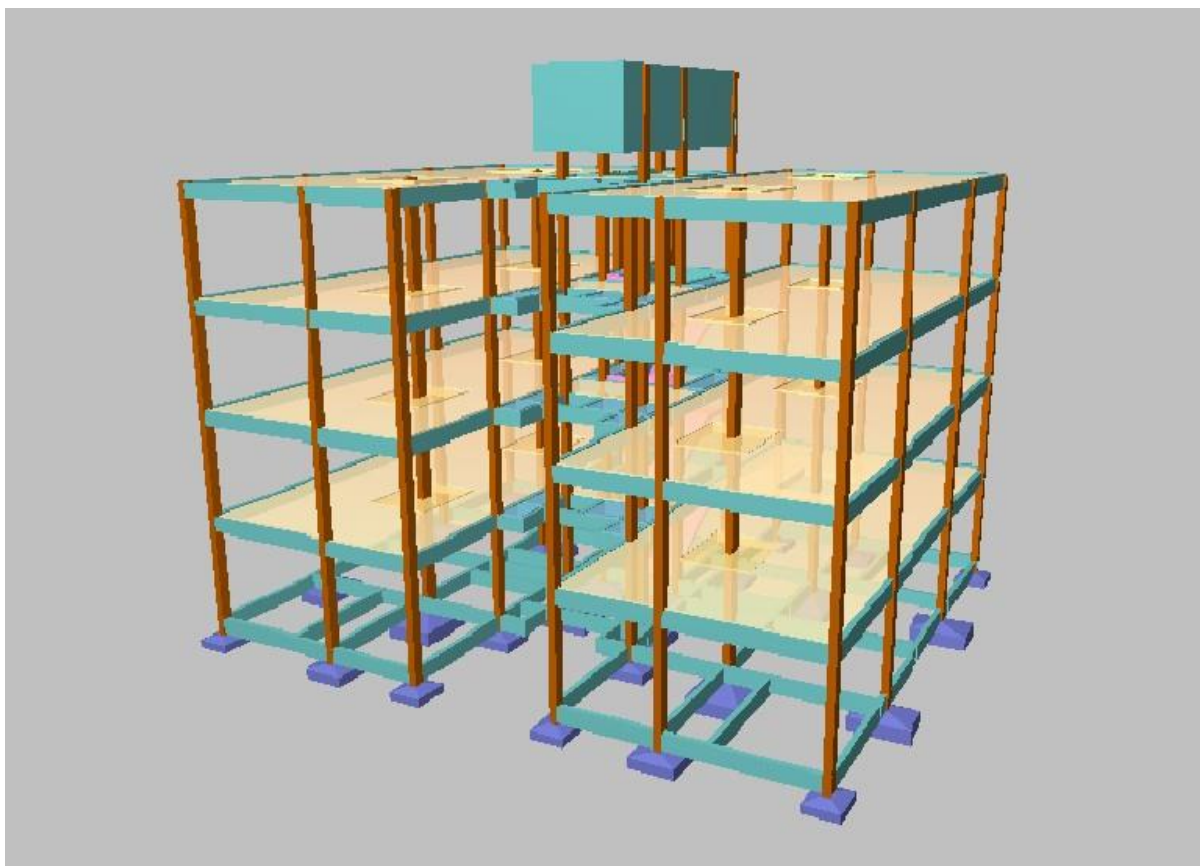
Esse sistema apresentou um menor número de vigas e lajes quando comparado aos outros dois anteriores, como por exemplo, temos laje com 83,03m². Na figura 20 e 21 verifica-se a planta de fôrma para o modelo 3 e o lançamento do pórtico 3D.

Figura 20 - Sistema Estrutural de Lajes Nervuradas – modelo 3



Fonte: Autor

Figura 21 - Lançamento do pórtico 3D da estrutura - modelo 3



Fonte: Autor

Para o sistema de laje nervurada os quantitativos obtidos estão presentes na tabela 12.

Tabela 12 - Quantitativo de materiais da laje nervurada – modelo 3

Elementos Estruturais/ Materiais	Concreto (m ³)	Aço (Kg)	Fôrmas/Cubetas (m ²)
Lajes	91,26	2566	814,54
Vigas	40,48	1683	474,86
Pilares	18,06	2294	288,6
Fundação	16,85	512	36,1
Escada	7,38	408,9	60,78
Reservatório	8,25	813	97,21
Total	182,28	8276,9	1772,09

Fonte: Autor

6 RESULTADOS – ESTUDO COMPARATIVO

Com os 3 modelos propostos, avaliados de acordo com as configurações do programa Cypecad, de tal forma que não apresentassem erros de dimensionamentos e deslocamentos, previstos nas normas, iniciou-se o processamento dos resultados comparativos dos principais insumos e custos através de gráficos e planilhas.

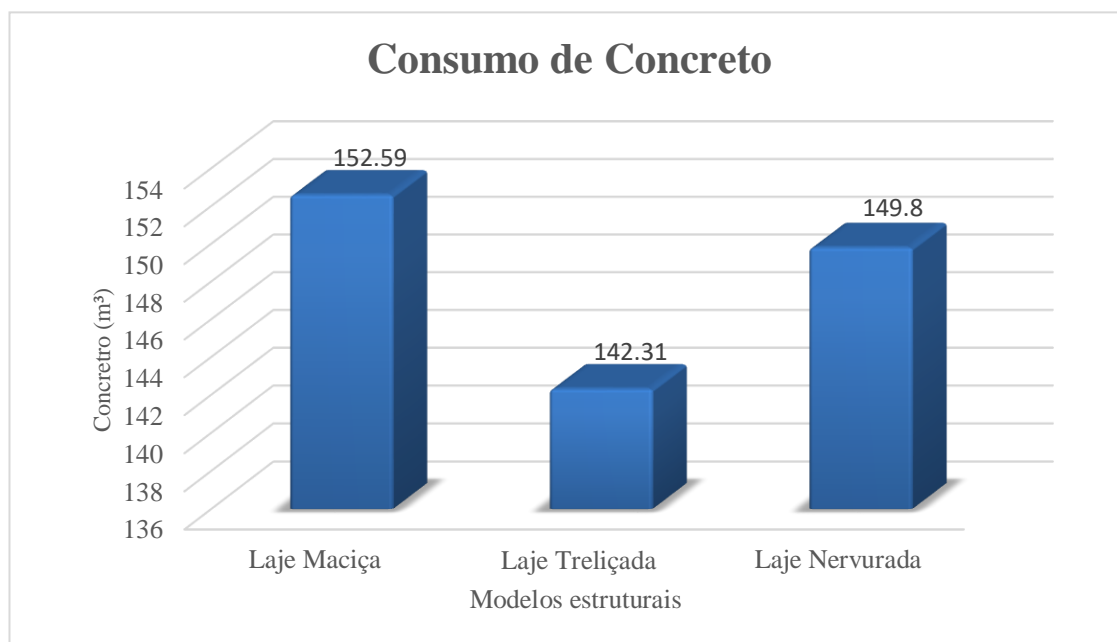
Analisando as tabelas anteriores dos quantitativos dos materiais de cada modelo percebe-se pequenas variações entre os elementos da escada, fundação e reservatório, concluindo então, que não serão itens que irão afetar no comparativo orçamentário final. Sendo assim, os resultados a seguir serão feitos para os principais elementos estruturais da estrutura, ou seja, lajes, vigas e pilares.

6.1 COMPARATIVO DOS QUANTITATIVOS DE MATERIAIS ENTRE OS MODELOS ESTRUTURAIS

6.1.1 Consumo de Concreto

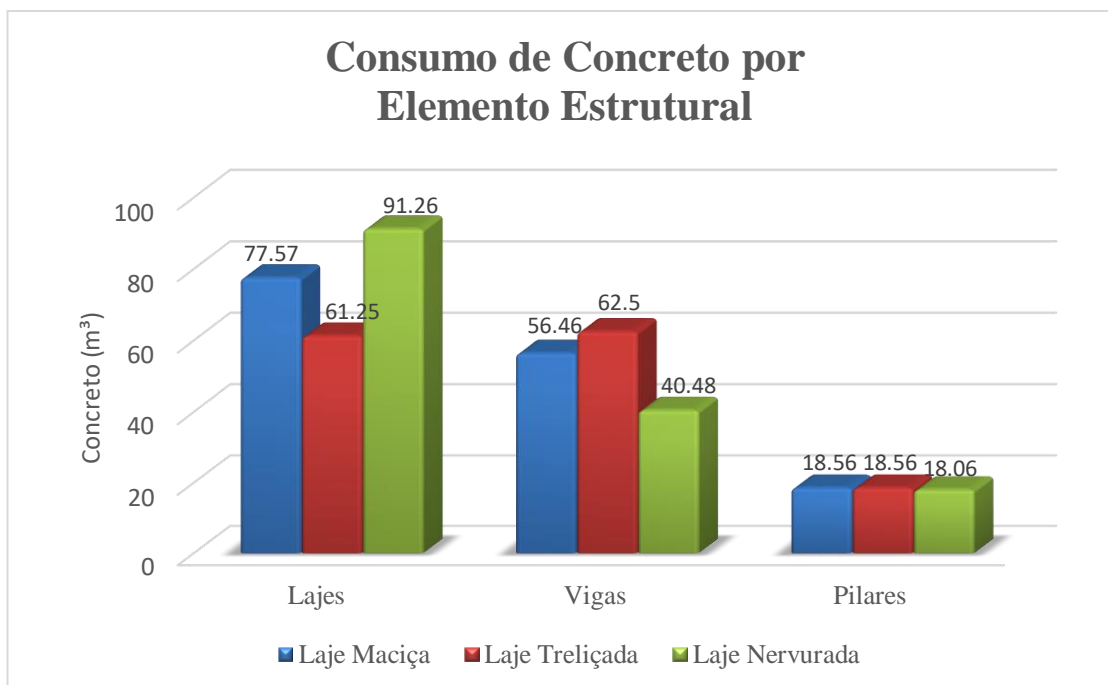
Nos Gráficos 1 e 2 a seguir apresenta-se o comparativo geral de consumo de concreto entre os modelos estruturais propostos e também por elemento estrutural.

Gráfico 1 - Comparação do consumo total de concreto entre os modelos estruturais avaliados



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2 - Comparação do consumo de concreto por elemento estrutural de cada modelo



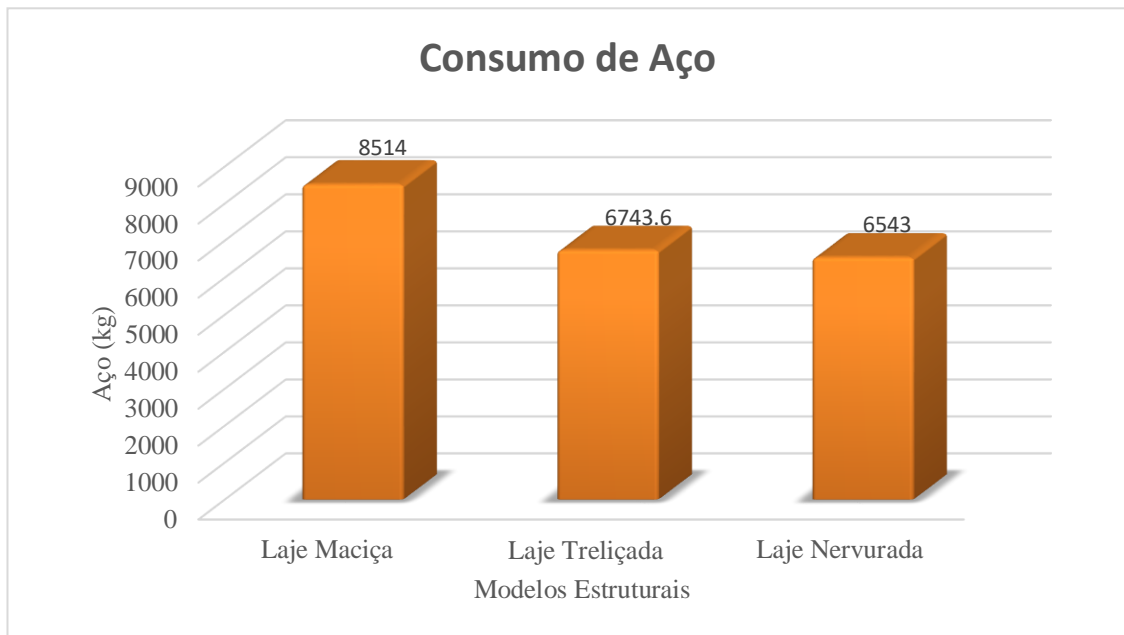
A partir dos gráficos apresentados percebe-se um maior consumo de concreto nas lajes nervuradas, principalmente devido a sua maior espessura em relação aos outros modelos. Já para as vigas, o modelo 2, laje trelaçada, apresenta o maior consumo decorrente da necessidade de maior quantidade de vigas no projeto. Por fim, os pilares apresentaram praticamente o mesmo consumo, apenas uma pequena variação no modelo 3, no qual foi possível realizar o lançamento da estrutura com dois pilares a menos, já que tal sistema possui como uma de suas principais características a capacidade de vencer grandes vãos.

De maneira geral, tomando como base os valores do Gráfico 1, no modelo de lajes maciças é possível observar que ele apresentou o maior consumo de concreto, tendo uma redução de 6,74% e 2,03% para o modelo 2 trelaçadas e 3 nervuradas, respectivamente.

6.1.2 Consumo de Aço

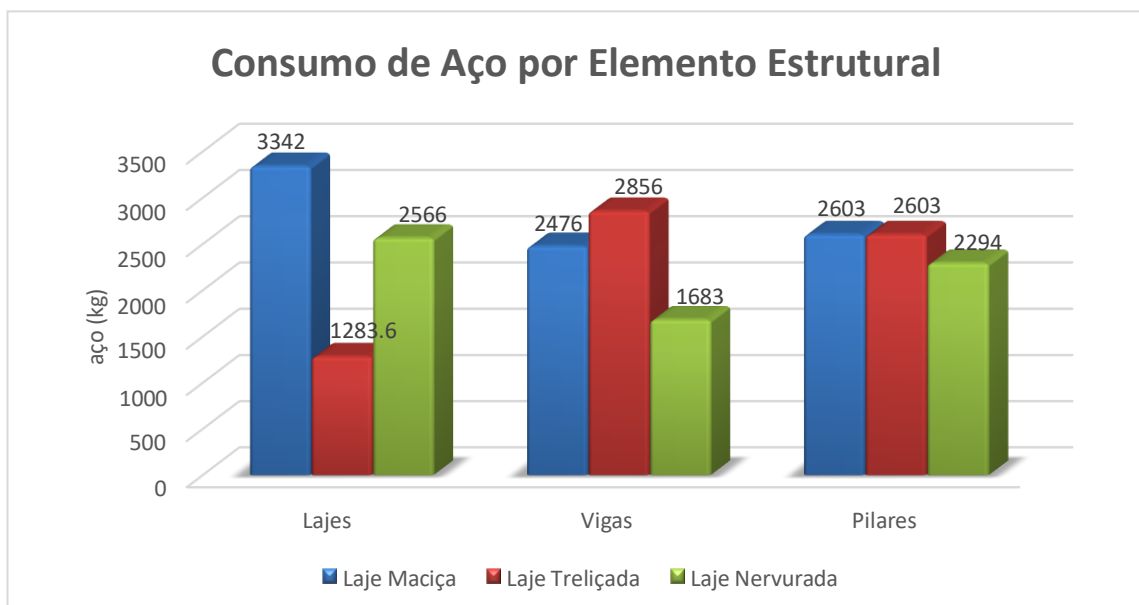
Da mesma maneira como realizado com o concreto no tópico anterior, elaborou-se gráficos para o consumo de aço na edificação, tanto de maneira geral no Gráfico 3, como detalhado por elemento estrutural no Gráfico 4.

Gráfico 3 - Comparação do consumo de aço entre os modelos estruturais avaliados



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 4 - Comparação do consumo de aço por elemento estrutural de cada modelo



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os gráficos referente ao consumo de aço observa-se no Gráfico 3 um maior consumo de aço na laje maciça em relação as demais, fazendo um comparativo foi possível verificar uma redução 20,79% no consumo em relação a laje treliçada e de 23,15% nas lajes nervuradas.

Levando em consideração os elementos estruturais separadamente, o Gráfico 4, observa-se a grande quantidade de aço utilizado na montagem da laje do modelo 1, de laje maciça, já que é um sistema armado em duas direções, possuindo ferragens tanto positiva quanto negativa, o que enfatiza esse maior consumo. Para os pilares é notório a pequena diferença existente como citado anteriormente, pois, praticamente não houveram modificações nas plantas de formas, mantendo-se o mesmo lançamento. Entretanto, na questão das vigas verifica-se o maior consumo no modelo 2 de laje treliçada devido ao maior número de vigas na estrutura, para atender as necessidades das cargas de paredes.

6.2 COMPARATIVO DOS CUSTOS ENTRE OS MODELOS ESTRUTURAIIS

Foram elaborados os orçamentos para os três modelos estruturais propostos tendo como fundamento os custos unitários dos serviços e suas composições presentes no anexo I e II, que tiveram como base o sistema do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) já citado anteriormente. Caso não seja possível a obtenção de algum insumo através dessa ferramenta, serão utilizados sistemas similares ou pesquisas de preços no mercado.

Para o modelo 1, pode-se observar na Tabela 13 de maneira resumida os custos do sistema de laje maciça.

Tabela 13 - Custo do sistema de laje maciça – modelo 1

LAJE MACIÇA						
ITEM	UNIDADE	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR	%
1	m ³	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL FCK=30MPA INCLUSIVE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO (SLUMP 10)	152,59	386,72	R\$ 59.009,60	20,89%
2	KG	ARMAÇÃO DE AÇO CA-60 E CA-50	8714,00	8,04	R\$ 70.023,38	24,79%
3	m ²	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE MADEIRA PARA OS ELEMENTOS ESTRUTURAIIS	1804,29	85,06	R\$ 153.478,88	54,33%
TOTAL					R\$ 282.511,86	

Fonte: Autor

Detalhadamente a Tabela 14 traz os materiais utilizados para a elaboração desse orçamento.

Tabela 14 - Quantitativo de materiais detalhado da laje maciça – modelo 1

ITEM	QUANTIDADE
Volume de Concreto - Laje (m ³)	77,57
Volume de Concreto - Pilares (m ³)	56,46
Volume de Concreto - Vigas (m ³)	18,56
Aço ø5.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	914,00
Aço ø6.3mm (Kg) - Pilares e Vigas	1407,00
Aço ø8.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	434,00
Aço ø10.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	322,00
Aço ø12.5mm (Kg) - Pilares e Vigas	2051,00
Aço ø16.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	44,00
Aço ø5.0mm (Kg) - Lajes	3342,00
Aço ø6.3mm (Kg) - Lajes	200,00
Fôrmas de Madeira - Lajes (m ²)	775,82
Fôrmas de Madeira - Pilares (m ²)	303,12
Fôrmas de Madeira - Vigas (m ²)	725,35

Fonte: Autor

Na Tabela 15 a seguir verifica-se a planilha orçamentária resumida do modelo 2, de laje treliçada. Nota-se que a quantidade em m³ para o item 1 de concreto usinado é inferior ao mostrado na Tabela 14 de quantitativos da laje treliçada, isso se dá devido ao fato que no item 4 das montagens das vigotas treliçadas a concretagem referente a laje já está inclusa em sua composição unitária.

Tabela 15 - Custo do sistema de laje treliçada – modelo 2

LAJE TRELIÇADA						
ITEM	UNIDADE	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR	%
1	m ³	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL FCK=30MPA INCLUSIVE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO (SLUMP 10)	81,06	386,72	R\$ 31.347,52	14,18%
2	KG	ARMAÇÃO DE AÇO CA-60 E CA-50	5.460,000	7,29	R\$ 39.828,79	18,01%
3	m ²	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE MADEIRA PARA OS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	1.063,610	77,655	R\$ 82.594,50	37,35%
4	m ²	MONTAGEM DAS VIGOTAS TRELIÇADAS + BLOCOS DE EPS	725,14	81,76	R\$ 59.287,45	26,81%
5	m ²	ARMAÇAO EM TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA Q-92, ACO CA-60, 4,2MM, MALHA 15 X 15 CM	797,65	10,1	R\$ 8.056,27	3,64%
TOTAL					R\$ 221.114,52	

Fonte: Autor

Já na Tabela 16 observa-se a distribuição detalhada de cada material para esse sistema.

Tabela 16 - Quantitativo de materiais detalhado da laje treliçada – modelo 2

ITEM	QUANTIDADE
Volume de Concreto - Laje (m ³)	61,25
Volume de Concreto - Pilares (m ³)	18,56
Volume de Concreto - Vigas (m ³)	62,50
Aço ø5.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	991,00
Aço ø6.3mm (Kg) - Pilares e Vigas	1435,00
Aço ø8.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	446,00
Aço ø10.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	428,00
Aço ø12.5mm (Kg) - Pilares e Vigas	2147,00
Aço ø16.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	13,00
Tela de Aço Soldada ø4.2mm (m ²) - Lajes	797,65
Vigotas Treliçadas e Blocos de Eps (m ²)	725,14
Fôrmas de Madeira - Pilares (m ²)	760,49
Fôrmas de Madeira - Vigas (m ²)	303,12

Fonte: Autor

Por último, para o modelo 3, na Tabela 17 e 18 verifica-se a composição de seu orçamento e detalhadamente dos insumos utilizados, respectivamente.

Tabela 17 - Custo do sistema de laje nervurada – modelo 3

LAJE NERVURADA						
ITEM	UNIDADE	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR	%
1	m ³	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL FCK=30MPA INCLUSIVE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO (SLUMP 10)	149,80	386,72	57930,66	28,80%
2	KG	ARMAÇÃO DE AÇO CA-60 E CA-50	6707,00	7,20	48279,22	24,00%
3	m ²	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE MADEIRA PARA OS ELEMENTOS ESTRUTURAIIS	792,74	76,46	60610,78	30,13%
4	m ²	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO	880,00	39,03	34346,40	17,07%
TOTAL					R\$ 201.167,06	

Fonte: Autor

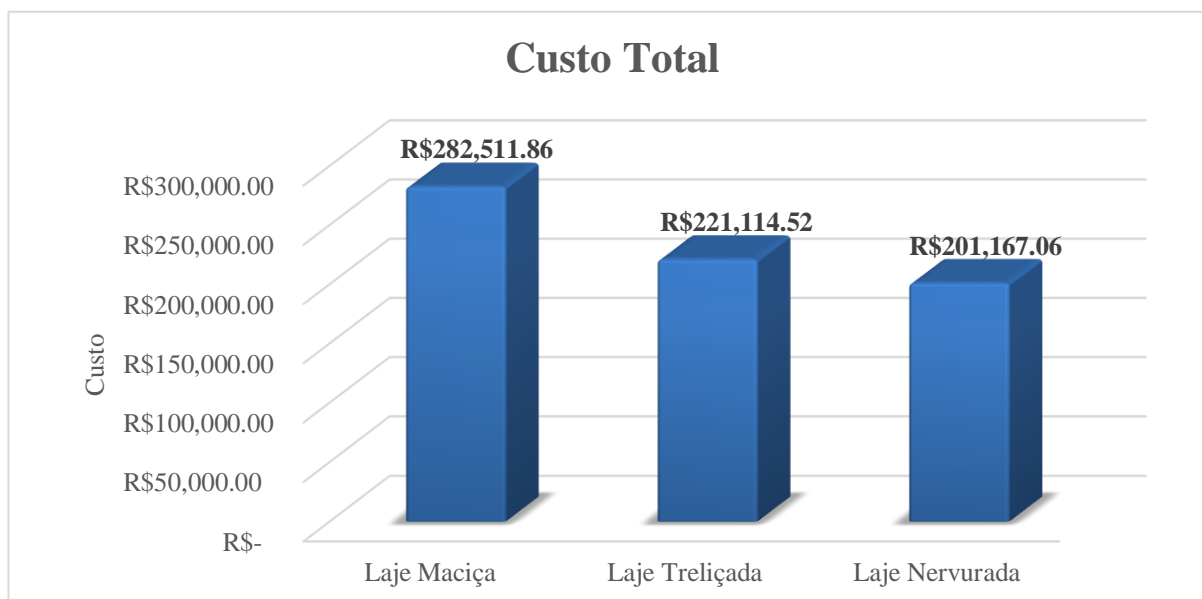
Tabela 18 - Quantitativo de materiais detalhado da laje nervurada – modelo 3

ITEM	QUANTIDADE
Volume de Concreto - Laje (m ³)	91,26
Volume de Concreto - Pilares (m ³)	18,06
Volume de Concreto - Vigas (m ³)	40,48
Aço ø5.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	640,00
Aço ø6.3mm (Kg) - Pilares e Vigas	1183,00
Aço ø8.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	318,00
Aço ø10.0mm (Kg) - Pilares e Vigas	142,00
Aço ø12.5mm (Kg) - Pilares e Vigas	1858,00
Aço ø5.0mm (Kg) - Lajes	158,00
Aço ø6.3mm (Kg) - Lajes	1283,00
Aço ø8.0mm (Kg) - Lajes	471,00
Aço ø10.0mm (Kg) - Lajes	583,00
Aço ø12.5mm (Kg) - Lajes	71,00
Fôrmas de Madeira - Lajes (m ²)	29,28
Fôrmas de Madeira - Pilares (m ²)	288,60
Fôrmas de Madeira - Vigas (m ²)	474,86
Fôrmas Plásticas - Cubetas	880

Fonte: Autor

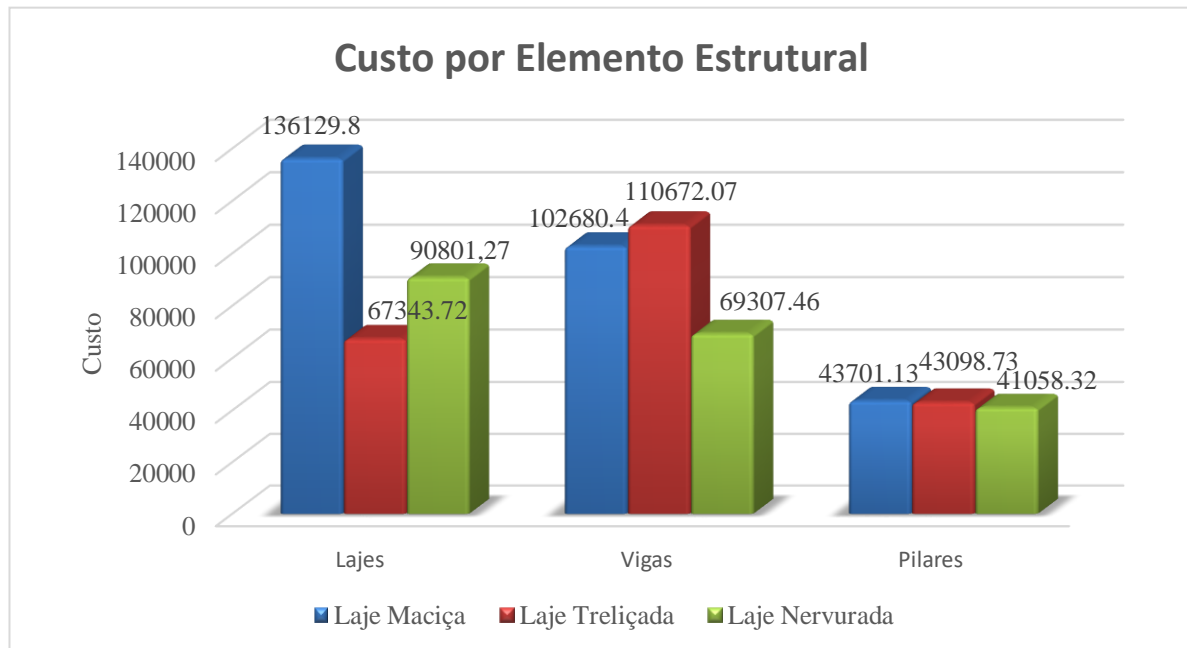
Com todos os três orçamentos elaborados pôde-se realizar as análises e comparativos, que estão demonstrados no Gráfico 5 e 6, onde se encontra o custo total de cada modelo e o custo por elemento estrutural (lajes, vigas e pilares), respectivamente.

Gráfico 5 – Custo total de cada modelo estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 6 - Custo por elemento estrutural de cada modelo



Tomando como base o sistema de lajes maciças (modelo 1), no Gráfico 5 como já foi feito anteriormente, a laje treliçada (modelo 2) apresentou uma redução de custo de 21,70% e a laje nervurada com cubetas plásticas (modelo 3) uma redução de 28,79%. Já analisando separadamente por elemento estrutural, o Gráfico 6, observa-se o custo mais elevado para a laje maciça o que influi em seu maior valor final, enquanto nas vigas a laje treliçada possui maior valor em decorrência do acréscimo de vigas nesse modelo. Para os pilares temos apenas uma pequena variação dos valores não influenciando tanto no valor final.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração orçamentária de uma obra é um dos pontos de principal importância para execução de um empreendimento na construção civil, devido ao elevado nível de competitividade do mercado atual é necessário cada vez mais um aprimoramento nos processos de planejamento, análise e controle. Desta maneira, um orçamento mais criterioso e detalhado é de fundamental importância para escolhas das melhores decisões, permitindo uma previsão correta dos custos para atender de forma coerente às expectativas do projeto.

Para o caso específico desta edificação, o modelo 1, de lajes maciças foi o que apresentou maior valor final, pelo motivo de ter apresentado um consumo maior de fôrmas e barras de aço, o que contribuiu com o elevado custo final, mesmo tendo considerado nesse projeto uma espessura relativamente pequena para as lajes. Esses valores excessivos nos indicadores dos quantitativos dos materiais no modelo 1 é o que normalmente torna a laje maciça inviável, principalmente para empreendimentos que necessitem vencer maiores vãos, acarretando um aumento na espessura da laje e conseqüentemente um maior consumo de concreto.

Já o modelo 2 de laje treliçada, no qual o projeto do edifício foi avaliado, apresentou um custo final intermediário, tal fato se deu principalmente em decorrência do maior número de vigas do sistema, já que quando os pavimentos da edificação apresentaram paredes no sentido das vigotas foi adotado a colocação de vigas extras sob as paredes no mesmo sentido, para evitar sobrecarga sobre esse tipo de laje, como conseqüência isso influenciou no custo final.

Quanto ao sistema de lajes nervurada com cubetas plásticas foi o que apresentou menor custo em seu orçamento, indicando uma redução de 28,79% em relação ao modelo 1 e 9,02% ao modelo 2.

Sendo assim, o sistema no qual foi executado o edifício não é o que apresenta melhor custo no trabalho, onde foi levado em consideração a quantidade de materiais e a mão de obra para a execução dos serviços. A escolha da laje treliçada para ser implementada na edificação pode ter sido feita levando em conta outros fatores de gestão e planejamento da obra, como por exemplo o tempo para sua execução, o que pode ter influenciado no custo final da obra, tornando o sistema de laje treliçada mais econômico, o que justificaria a sua escolha.

Outro ponto que pode influenciar na escolha de um modelo estrutural é a utilização de apenas um sistema de preço, no caso desse trabalho a tabela do SINAPI, pois os custos unitários dos insumos podem ser afetados por fatores como disponibilidade local, especialização da mão-de-obra e técnicas construtivas. Portanto, para uma análise comparativa é de grande valor

pesquisas de preços tanto em outros sistemas de custos, como também no preço de mercado e em índices de construtoras locais.

Pode-se concluir que a área da engenharia de custos na construção civil é algo imprescindível para uma boa gestão e planejamento das obras, sendo essencial uma correlação entre todos os segmentos necessários para a elaboração de uma planilha orçamentária. Desse modo, como visto nesse trabalho a concepção do modelo estrutural adotado exerce grande influência nos custos finais de um edifício em concreto armado, evidenciando a importância dos estudos preliminares de uma edificação, para que assim possa ser possível obter uma estrutura econômica, segura e viável.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A.T. **Análise de alternativa estruturais para edifícios em concreto armado**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em:

<http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1999ME_AugustoTeixeiradeAlbuquerque.pdf>.

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Apostila – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/2211195-Concepcao-estrutural-de-edificios-em-concreto-armado.html>>.

ARAÚJO, José Milton. **Curso de Concreto Armado**. 2. ed. Vol. 1. Rio Grande, RS: Dunas, 2003.

ARAÚJO, José Milton. **Curso de Concreto Armado**. 2. ed. Vol. 2. Rio Grande, RS: Dunas 2003.

ARAÚJO, José Milton. **Curso de Concreto Armado**. 2. ed. Vol. 4. Rio Grande, RS: Dunas 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120/2017 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, RJ: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, RJ: 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123/2013 – Forças devido ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, RJ: 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480/2007 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificações**. Rio de Janeiro, RJ: 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681/2004 – Ações e Segurança nas Estruturas**. Rio de Janeiro, RJ: 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432/2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos**. Rio de Janeiro, RJ: 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15200/2012 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ: 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575/2013 – Edificações habitacionais — Desempenho**. Rio de Janeiro, RJ: 2013.

BARBOZA, Marcos Robiati. **Concepção e análise de estruturas de edifícios em concreto armado**. 2008. 161 p. Relatório Final de Iniciação Científica (Graduação em Engenharia Civil), UNESP, Baurú, 2008. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14280/material/2008IC_Marcos.pdf> . Acesso em: 24 ago. 2018.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de concreto**. Bauru - SP: UNESP, 2015. Disponível em <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2019.

BELGO. **Catálogo técnico: construção civil, indústria, agropecuária**. 2012. Disponível em: <<http://www.ciadoaco.net.br/arquivos/13753740420.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2019.

BRANDALISE, Guilherme Meurer; WESSLING, Luan Ives. **Estudo comparativo de custo entre laje maciça simples e laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas em edifícios de até quatro pavimentos no município de Pato Branco, Paraná, Brasil**. 2015. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5565>>.

BOTELHO, M. H.C. MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. v. 2, 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

CARVALHO, Mailson Castelão. **Análise comparativa estrutural e econômica entre as lajes maciça, nervurada treliçada e nervurada com cubas plásticas em uma edificação de 10 pavimento**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012. Disponível em: <<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/MAILSON%20CATEL%20C3%83O%20DE%20CARVALHO.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2019.

CRUZ, Marcus Vinicius Abreu. **Estudo comparativo estrutural e econômico entre lajes nervuradas e laje maciça para um edifício residencial**. 2015. 87p. Trabalho de conclusão de

curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2015. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/8009>>.

DEMERTINE, Matheus Leandro Bonato. **Comparação entre lajes pré-fabricadas, treliçadas, maciça e painéis na construção civil**. Lages: Universidade do Planalto Catarinense, 2013. Disponível em: <<http://revista.uniplac.net/ojs/index.php/engcivil/article/view/996>>.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: Uma Metodologia de Orçamentação para Obras Civis**. 6. ed. Rio de Janeiro: Hoffmann, 2006.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custos de Obras e Serviços de Engenharia**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.

FARIA, Marcel Poeta. **Estruturas para edifícios em concreto armado: análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas**. 2010, 94f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/26057>>.

MARÇAL, Ana Russowsky. **Estudo de lajes de concreto armado: comparativo de cálculo entre lajes treliçadas e maciças, utilizando método elástico**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_ANA%20RUSSOWSKY%20MARCAL.pdf>.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MONTEIRO, M. **Concepção estrutural: qual a melhor para o meu empreendimento?** 2017. Disponível em: <<https://www.buildin.com.br/concepcao-estrutural-empreendimento/>>. Acesso em: 2 set. 2019.

NERVO, Ricardo. **Análise comparativa dos sistemas estruturais de lajes convencionais e lajes nervuradas**. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1131/1/Ricardo%20Nervo.pdf>>.

PINHEIRO, Libânio Miranda et al. **Estruturas de concreto**. 2003. Disponível em: <www.ebah.com.br/content/ABAAAAG-YAH/concepcao-estrutural>.

REBELLO, Y. C. P. **Bases para projeto estrutural na arquitetura.** São Paulo:

Zigurate Editora, 2007. 287 p.

SPOHR, V. H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/20/TDE-2008-09-02T112928Z-1707/Publico/VALDIHENRIQUESPOHR.pdf>.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

XAVIER, I. **Orçamento, Planejamento e Custos Industriais.** Apostila – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/orcamento-planejamento-e-custos-industriais/4818143/>>. Acesso em: 2 set. 2019.

ANEXO I – Preço dos Serviços

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	PREÇO UNITÁRIO
1	92413	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 M ² , PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES.	m ²	R\$ 62,94
2	92448	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGAS, ESCORAMENTO COM PONTALETE, PÉ DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES	m ²	R\$ 83,52
3	92485	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MENOR OU IGUAL A 20 M ² , PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES.	m ²	R\$ 95,15
4	CAGEPA	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL FCK=30MPA INCLUSIVE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO (SLUMP 10)	m ³	R\$ 386,72
5	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$ 9,06
6	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6.3 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$ 8,06
7	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$ 8,04
8	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$ 6,61
9	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12.5 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$ 5,96
10	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$ 5,63

11	92765	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$	5,23
12	92766	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 25.0 MM - MONTAGEM.	kg	R\$	5,77
13	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$	9,23
14	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6.3 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$	7,33
15	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$	7,48
16	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$	6,16
17	92772	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12.5 MM - MONTAGEM.	Kg	R\$	5,63
18	85662	ARMACAO EM TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA Q-92, ACO CA-60, 4,2MM, MALHA 15 X 15 CM	m ²	R\$	10,10
19	92493	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M ² , PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m ²	R\$	27,67
20	74141/002	LAJE PRE-MOLD BETA 12 P/3,5KN/M2 VAOS 4,10M/INCL VIGOTAS E EPS ARMADURA NEGATIVA CAPEAMENTO 5CM CONCRETO 30MPA ESCORAMENTO MATERIAL E MAO DE OBRA.	m ²	R\$	81,16

ANEXO II – Composição dos Serviços

92413	FUES	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M2			62,94
88239	COMPOSICAO	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3760	14,1400	5,31
88262	COMPOSICAO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,0520	17,0500	34,98
92269	COMPOSICAO	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_12/2015	M2	0,2750	80,3800	22,10
2692	INSUMO	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0170	7,1700	0,12
40304	INSUMO	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,0270	16,2600	0,43

92448	FUES	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M2			83,52
88239	COMPOSICAO	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3090	14,1400	4,36
88262	COMPOSICAO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,6860	17,0500	28,74
92270	COMPOSICAO	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	M2	0,4190	64,4400	27,00
92273	COMPOSICAO	FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA. AF_12/2015	M	1,8790	10,3800	19,50
2692	INSUMO	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0170	7,1700	0,12

40304	INSUMO	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,0660	16,2600	1,07
-------	--------	---	----	--------	---------	------

92485	FUES	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MENOR OU IGUAL A 20 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M2			95,19
88239	COMPOSICAO	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,5540	14,14	7,83
88262	COMPOSICAO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,0180	17,05	51,45
92271	COMPOSICAO	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_12/2015	M2	0,3660	44,9700	16,45
92273	COMPOSICAO	FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA. AF_12/2015	M	1,0900	10,3800	11,31
2692	INSUMO	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0170	7,1700	0,12
6193	INSUMO	TABUA MADEIRA 2A QUALIDADE 2,5 X 20,0CM (1 X 8") NAO APARELHADA	M	0,8390	8,3300	6,98
40304	INSUMO	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,0650	16,26	1,05

92759	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			9,06
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0203	12,9000	0,26
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1241	17,0900	2,12
92791	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5.0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	6,2200	6,22
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30

40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	1,1900	0,1400	0,16
-------	--------	---	----	--------	--------	------

92760	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6.3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			8,06
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0155	12,9000	0,19
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0947	17,0900	1,61
92792	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6.3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	5,8300	5,83
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,9700	0,14000	0,13

92761	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			8,04
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0115	12,9000	0,14
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0707	17,09	1,20
92793	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8.0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	6,3000	6,30
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,7430	0,14000	0,10

92762	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			6,61
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0086	12,9000	0,11
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0529	17,0900	0,90
92794	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10.0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	5,2300	5,23
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,5430	0,1400	0,07

92763	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12.5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			5,96
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0063	12,9000	0,08
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0386	17,0900	0,65
92795	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12.5 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	4,8800	4,88
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,3670	0,1400	0,05

92764	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			5,6300
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0043	12,9000	0,05
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0261	17,09	0,44
92796	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 16.0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	4,8200	4,82
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,2120	0,1400	0,02

92765	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			5,23
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0028	12,9000	0,03
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0172	17,0900	0,29
92797	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 20.0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	4,6000	4,60
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,1130	0,1400	0,01
92766	FUES	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 25.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG			5,77

88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0016	12,9000	0,02
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0101	17,0900	0,17
92798	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 25.0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000	5,2800	5,28
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,0520	0,1400	0,01

92768	FUES	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015_P	KG			8,10
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0140	12,9000	0,18
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0855	17,0900	1,46
92800	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5.0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	5,8700	5,87
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	2,1180	0,1400	0,29

92769	FUES	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6.3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015_P	KG			7,33
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0105	12,9000	0,13
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0646	17,0900	1,10
92801	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6.3 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	5,6200	5,62
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30

40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	1,3330	0,1400	0,18
-------	--------	---	----	--------	--------	------

92770	FUES	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015_P	KG			7,48
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0078	12,9000	0,10
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0475	17,0900	0,81
92802	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8.0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	6,1700	6,17
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,7280	0,1400	0,10

92771	FUES	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015_P	KG			6,16
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0057	12,9000	0,07
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0348	17,09	0,59
92803	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10.0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	5,1600	5,16
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,3570	0,1400	0,04

92772	FUES	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12.5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015_P	KG			5,63
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0040	12,9000	0,05
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0247	17,0900	0,42
92804	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12.5 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	4,8400	4,84
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30
40215	INSUMO	ESPACADOR / DISTANCIADOR EM PLASTICO (COLETADO CAIXA)	UN	0,1470	0,1400	0,02

92773	FUES	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16.0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015_P	KG			5,40
88238	COMPOSICAO	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0026	12,90	0,03
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0158	17,0900	0,27
92805	COMPOSICAO	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 16.0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000	4,8000	4,80
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250	12,0000	0,30

74141/001	FUES	LAJE PRE-MOLD BETA 12 P/3,5KN/M2 VAOS 4,10M/INCL VIGOTAS E EPS ARMADURA NEGATIVA CAPEAMENTO 5CM CONCRETO 30MPA ESCORAMENTO MATERIAL E MAO DE OBRA.	M2			81,16
88262	COMPOSICAO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1900	17,0500	3,23
88309	COMPOSICAO	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3500	17,2000	6,02
88316	COMPOSICAO	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8500	13,8300	11,75
92874	COMPOSICAO	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE	M3	0,0450	23,4100	1,05

		CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015				
94970	COMPOSICAO	CONCRETO FCK = 30MPA,(CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	M3	0,045	345,6200	15,55
3741	INSUMO	LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL (EPS + VIGOTAS) PARA FORRO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 100 KG/M2, VAO ATE 4,50 M (SEM COLOCACAO)	M2	1,0000	33,1500	33,15
4491	INSUMO	PECA DE MADEIRA NATIVA / REGIONAL 7,5 X 7,5CM (3X3) NAO APARELHADA (P/FORMA)	M	1,1000	5,9100	6,50
5075	INSUMO	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	KG	0,0200	13,1700	0,26
6189	INSUMO	TABUA MADEIRA 2A QUALIDADE 2,5 X 30,0CM (1 X 12") NAO APARELHADA	M	0,3000	12,1800	3,65

C08308	CAGEPA	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=30MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO	M			386,72
1525	INSUMO	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMO=100 +/- MM, INCLUSIVE SERVIÇO DE BOMBEAMENTO [8953]	M ³	1,0500	345,6200	362,90
88262	COMPOSICAO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1600	17,0500	2,72
88309	COMPOSICAO	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,6410	17,2000	11,02
88316	COMPOSICAO	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7220	13,8300	9,98
90586	COMPOSICAO	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	0,0590	1,4100	0,08
90587	COMPOSICAO	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA 2CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	CHI	0,1010	0,2900	0,02

85662	FUES	ARMACAO EM TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA Q-92, ACO CA-60, 4,2MM, MALHA 15 X 15 CM	M ²			10,10
88245	COMPOSICAO	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0300	17,0900	0,51
88245	COMPOSICAO	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0600	13,8300	0,82
21141	INSUMO	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA CA-60, Q-92, (1,48 KG/M ²), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 60 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	M ²	1,0300	8,3400	8,59
337	INSUMO	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0150	12,0000	0,18

92485	FUES	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 8 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M ²			39,03
88239	COMPOSICAO	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1580	14,1400	2,23
88262	COMPOSICAO	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8610	17,0500	14,68
92267	COMPOSICAO	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM. AF_12/2015	M ²	0,1830	29,1500	5,33
2692	INSUMO	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0080	7,1700	0,05
10749	INSUMO	LOCACAO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A * 3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TRIPE E FORCADO	MES	0,3970	2,1700	0,86
40270	INSUMO	VIGA DE ESCORAMAENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREMIDADES PLASTICAS	M	0,0300	43,5000	1,30
	INSUMO	LOCACAO DE FORMA PLASTICA PARA LAJE NERVURADA, DIMENSOES *60* X *60* X *18 * CM	MÊS	1,03	13,8888	14,58

