

LIGA DE ENSINO DO RIOGRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RANGEL SANTOS CUNHA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO NUMA RESIDÊNCIA DE 1º
ANDAR ENTRE O USO DE LAJE MACIÇA E LAJE PRÉ-FABRICADA
VOLERRANA E TRELIÇADA.**

NATAL/RN

2020

RANGEL SANTOS CUNHA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO NUMA RESIDÊNCIA DE 1º
ANDAR ENTRE O USO DE LAJE MACIÇA E LAJE PRÉ-FABRICADA
VOLERRANA E TRELIÇADA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Msc. Cristiano Araújo
Maciel Alves

NATAL/RN

2020

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Cunha, Rangel Santos.

Estudo comparativo de custo numa residência de 1º andar entre o uso de laje maciça e laje pré-fabricada volterrana e treliçada / Rangel Santos Cunha. – Natal, 2020.

55 f.

Orientador: Prof. M.Sc. Cristiano Araújo Maciel Alves.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Laje – Monografia. 2. Maciça – Monografia. 3. Volterrana – Monografia. 4. Treliçada – Monografia. 5. Custo – Monografia. I. Alves, Cristiano Araújo Maciel. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

RANGEL SANTOS CUNHA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO NUMA RESIDÊNCIA DE 1º
ANDAR ENTRE O USO DE LAJE MACIÇA E LAJE PRÉ-FABRICADA
VOLERRANA E TRELIÇADA.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário do Rio Grande do
Norte, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Cristiano Araújo Maciel Alves
Prof. Orientador

Prof. Phd. Fábio Sérgio da Costa Pereira
Avaliador Interno

Prof. Esp. Flávio César da Costa Pereira
Avaliador Externo

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão por todo ensinamento e exemplo passados ao longo de minha vida.

A Deus.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por me permitir ter essa oportunidade, por me capacitar e dar forças.

Aos meus pais, Renato Andrade da Cunha e Rita de Cássia dos Santos Cunha, e ao meu irmão, Rainier Santos Cunha, sabendo eu que não estaria aqui sem vocês, pelo amor incondicional. A minha namorada, Maria Carolina Nascimento Silva Santos, pela ajuda e apoio incondicional.

Ao meu orientador Prof. Msc. Cristiano Araújo Maciel Alves, pela grande sabedoria e paciência, obrigado.

Aos meus colegas de turma, pela ajuda e apoio.

Aos demais amigos de sangue ou não, que contribuíram para essa minha conquista obrigado.

RESUMO

Atualmente, a construção civil exige uma busca constante por novos materiais e técnicas construtivas visando o melhor desempenho das edificações. Com as atuais exigências arquitetônicas e a busca constante por menores custos, as lajes vêm sendo cada vez mais estudadas, porém, ainda se nota a existência de poucos dados consistentes que auxiliem na escolha do sistema estrutural a ser empregado nas obras. Na busca de contribuir com a evolução da construção civil, foi realizado um comparativo de custo para lajes maciças e pré-fabricadas para uma residência de 1º andar, tendo em vista que são os dois métodos mais utilizados na atualidade neste padrão de obra. As lajes maciças apresentam como vantagens uma melhor distribuição dos esforços nas vigas de contorno e maior facilidade de instalação das tubulações, enquanto as lajes pré-fabricadas conseguem vencer vãos maiores com um menor peso próprio, devido ao menor consumo de concreto, e necessitam da utilização de um menor número de fôrmas e de mão-de-obra. Os dimensionamentos e detalhamentos foram realizados através de *softwares* estruturais e tabelas. Para as lajes maciças foi utilizado um *software* estrutural e obteve-se as alturas de cada laje, bem como as armaduras e suas disposições. Para as lajes pré-fabricadas foram adotadas lajotas cerâmicas e divididas entre lajes de forro e lajes de piso, adotando-se lajes volterranas e treliçadas para cada tipo de utilização, respectivamente. Para o dimensionamento das lajes volterranas utilizou-se de tabelas disponíveis em Cunha e Souza (1998), enquanto para as lajes treliçadas usou-se do auxílio do *Software* de Treliças GERDAU, onde foram obtidas as alturas totais, das vigotas, das lajotas cerâmicas e do capeamento, assim como os intereixos. Terminado os dimensionamentos, realizou-se os orçamentos com auxílio de ferramentas que definem os valores dos insumos e serviços necessários às obras e serviços de engenharia, onde foram adotados os valores sem desoneração. Para as lajes maciças e volterranas utilizou-se a Tabela de Custos da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), edição 026, enquanto para as lajes treliçadas foi utilizado a tabela da Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), edição de março de 2018. O resultado obtido foi um valor 38,08% menor para as lajes pré-fabricadas em relação

as lajes maciças, muito devido a utilização de um menor volume de concreto, de menos mão-de-obra e de reduzido número de formas.

Palavras-chave: Laje. Maciça. Volterrana. Treliçada. Custo.

ABSTRACT

Currently, civil construction requires a constant search for new materials and construction techniques in order to improve the performance of buildings. With the current architectural requirements and the constant search for lower costs, the slabs are being increasingly studied, however, there is still little consistent data to assist in the choice of the structural system to be used in the building works. In order to contribute to the evolution of civil construction, a cost comparison was made for flat plates and precast slabs for a 1st floor residence, considering that they are the two most used methods today in this work pattern. The flat plates have the advantages of a better distribution of efforts in the contour beams and easier installation of the pipes, while the precast slabs are able to overcome larger spans with a lower weight of their own, due to the lower consumption of concrete, and require the use of a smaller number of forms and manpower. The sizing and detailing were performed using structural software and tables. For flat plates, structural software was used and the heights of each slab were obtained, as well as the reinforcement and its dispositions. For precast slabs, ceramic tiles were adopted and divided between ceiling slabs and floor slabs, using one way ribbed slabs and lattice slabs for each type of use, respectively. For the dimensioning of one way ribbed slabs, tables available in Cunha and Souza (1998) were used, while for the lattice slabs it was used the aid of GERDAU Trusses Software, where the total heights, joists, ceramic bricks and capping heights were obtained, as well as the inter-axes. After the sizing was completed, budgets were made with the help of tools that define the values of the inputs and services required for engineering works and services, where the values were adopted without tax relief. For flat plates and one way ribbed slabs, the Secretaria de Infraestrutura's (SEINFRA) Table of Costs was used, 026 edition, while for the lattice slabs, the table of Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), March 2018 edition, was used. The result obtained was a 38.08% lower value for precast slabs compared to flat plates, largely due to the use of a smaller volume of concrete, less manpower and a reduced number of shapes.

Keywords: Slab. Flat. One way ribbed. Lattice. Cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Laje maciça armada em duas direções.....	16
Figura 2 – Laje pré-fabricada com poliestireno.....	16
Figura 3 – Representação da variação do custo dos serviços de uma obra.....	17
Figura 4 – Características dos carregamentos nas placas, a esquerda, e nas chapas, a direita.....	20
Figura 5 – Representação de lajes maciças apoiada em vigas e com bordo livre.....	21
Figura 6 – Tubulações instalados previamente a concretagem.....	22
Figura 7 – Laje pré-fabricada tradicional com preenchimento de tijolo cerâmico.....	25
Figura 8 – Laje pré-fabricada unidirecional do tipo treliçada com preenchimento de tijolo cerâmico e armadura de distribuição.....	25
Figura 9 – Planta de forma das lajes maciças do primeiro pavimento.....	30
Figura 10 – Disposição das armaduras superiores das lajes maciças do primeiro pavimento.....	32
Figura 11 – Disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do primeiro pavimento.....	34
Figura 12 – Planta de forma das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	36
Figura 13 – Disposição das armaduras superiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	38
Figura 14 – Disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	40
Figura 15 – Planta de forma das lajes pré-fabricadas do primeiro pavimento.....	44

Figura 16 – Planta de forma das lajes pré-fabricadas do pavimento teto- cobertura.....	45
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Altura total (cm).....	26
Tabela 2 – Tabela de quantitativos das lajes maciças do primeiro pavimento.....	31
Tabela 3 – Tabela da disposição das armaduras superiores das lajes maciças do primeiro pavimento.....	33
Tabela 4 – Tabela de resumo de aço das armaduras superiores das lajes maciças do primeiro pavimento.....	33
Tabela 5 – Tabela da disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do primeiro pavimento.....	35
Tabela 6 – Tabela de resumo de aço das armaduras inferiores das lajes maciças do primeiro pavimento.....	35
Tabela 7 – Tabela de quantitativos das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	37
Tabela 8 – Tabela da disposição das armaduras superiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	39
Tabela 9 – Tabela de resumo de aço das armaduras superiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	39
Tabela 10 – Tabela da disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	41
Tabela 11 – Tabela de resumo de aço das armaduras inferiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.....	41
Tabela 12 – Vãos livres máximos para intereixo de 33cm.....	42
Tabela 13 – Dimensões da laje.....	43
Tabela 14 – Composição orçamentária de laje maciça de 8,0 cm e F_{ck} 25.....	46
Tabela 15 – Composição orçamentária de laje maciça de 10,0 cm e F_{ck} 25.....	47

Tabela 16 – Composição orçamentária de laje pré-moldada de 12,0 cm (8+4) para vãos de até 3,50 m e F_{ck} 25.....	48
Tabela 17 – Composição orçamentária de laje pré-moldada de 12,0 cm (8+4) para vãos de até 4,50 m e F_{ck} 25.....	49
Tabela 18 – Composição orçamentária de laje treliçada de 20,0 cm (16+4) e F_{ck} 25 MPa.....	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	18
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. METODOLOGIA	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1. ELEMENTOS DE SUPERFÍCIE	20
3.2. LAJES	21
3.2.1. LAJES MACIÇAS	21
3.2.2. LAJES PRÉ-FABRICADAS	24
4. DIMENSIONAMENTO	29
4.1 LAJES MACIÇAS	29
4.2 LAJES PRÉ-FABRICADAS	42
5. ORÇAMENTO	46
5.1. LAJES MACIÇAS	46
5.2. LAJES PRÉ-FABRICADAS	47
6. CONCLUSÃO	52
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a construção civil emprega 6,7 milhões de pessoas, correspondendo a 7,3% de toda mão de obra brasileira. O que revela, cada vez mais, a importância da realização de mais pesquisas relacionadas a construção civil.

Com as atuais exigências arquitetônicas, dentre elas grandes vãos, e a busca constante por menores custos, as lajes vêm sendo cada vez mais estudadas. Ainda assim, nota-se a existência de poucos dados consistentes que auxiliem na escolha do sistema estrutural a ser empregado nas obras com variáveis situações:

(...) há cerca de trinta anos atrás o engenheiro que buscava desenvolver projeto com lajes pré-moldada treliçada não contaria com literatura para se orientar. O que existia na época eram catálogos de fabricantes, a maioria deles com pouco conteúdo técnico. Embora esses catálogos tentassem informar os procedimentos que deveriam ser usados durante a execução havia, em geral, muito empirismo. (BRANDALISE e WESSLING, 2007 apud PINHEIRO, 2015, p. 14).

De acordo com Bastos (2015), as lajes podem ser classificadas como elementos planos bidimensionais, onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura. Elas recebem a maior parte das cargas exercidas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir.

Existem vários tipos de lajes, abordar-se-á laje pré-fabricada treliçada com lajota cerâmica e volterrana e laje maciça, que era mais usual num passado recente devido a simplicidade, mas que caiu em desuso em construções de médio e pequeno porte.

Ainda segundo Bastos (2015), a laje maciça tem toda sua espessura composta por concreto, possuindo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas, já a laje pré-fabricada é “a laje que tem suas partes constituintes fabricadas em escala industrial no canteiro de uma fábrica. Pode ser de concreto armado ou de concreto

protendido. São aplicadas tanto nas construções de pequeno porte como também nas de grande porte. “.

Figura 1 – Laje maciça armada em duas direções.



Fonte: Disponível em <<http://www.suaobra.com.br/dicas/planejamento/qual-melhor-opcao-em-lajes-de-piracicaba>>.

Figura 2 – Laje pré-fabricada com poliestireno.



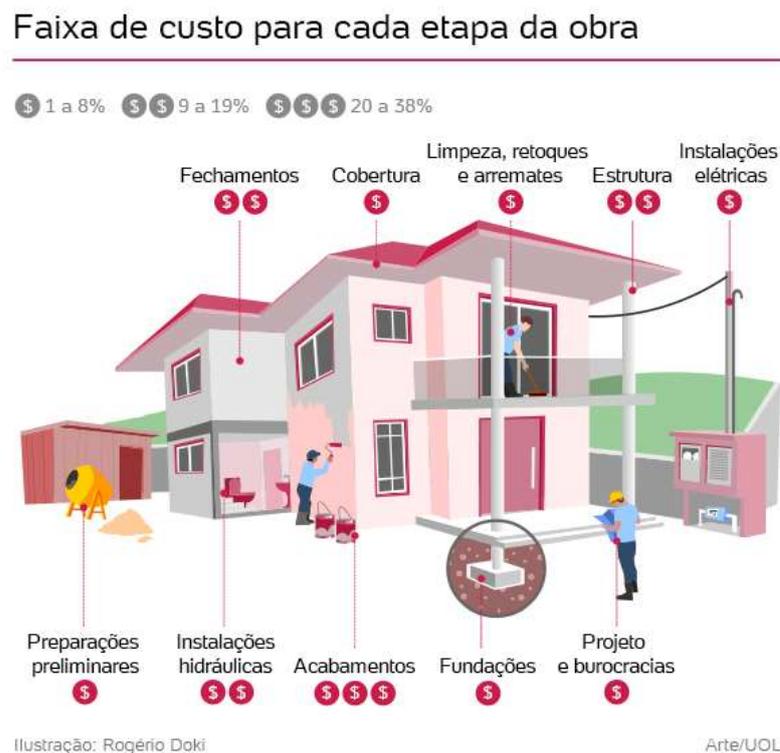
Fonte: Disponível em <<http://www.suaobra.com.br/dicas/planejamento/qual-melhor-opcao-em-lajes-de-piracicaba>>.

Diante disto e em busca de contribuir na tomada de decisão entre laje maciça e laje pré-fabricada, far-se-á uma análise comparativa de custos das respectivas lajes com o auxílio de um *software* estrutural.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Gerolla (2016), a superestrutura, composta por lajes, pilares e vigas, representa de 12% a 20% do custo de uma obra, e de acordo com a Atex Brasil (2017), as lajes representam 50% do consumo de concreto de uma obra.

Figura 3 – Representação da variação do custo dos serviços de uma obra.



Fonte: Disponível em <<https://www.uol.com.br/universa/listas/qual-percentual-medio-do-orcamento-corresponde-a-cada-etapa-da-obra.htm>>.

As lajes maciças eram as mais utilizadas em obras residenciais no Brasil, segundo Siqueira (2017), enquanto as lajes pré-fabricadas é o sistema pré-moldado mais usado atualmente em pequenas residências.

Deste modo, fica evidente a importância da realização de trabalhos acerca deste assunto, com a intenção de auxiliar futuros responsáveis por obras, através de uma análise estrutural e econômica, a realizar uma escolha do sistema mais econômico para uma residência de 1º andar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão bibliográfica sobre lajes, aprofundando nos tipos adotados, maciças e pré-fabricadas voltterranas e treliçadas;

Analisar o quantitativo de materiais para os dois tipos de laje em estudo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estabelecer uma comparação funcional e de custos, baseado no consumo de concreto e aço, entre as lajes maciças e as lajes pré-fabricadas, para construções de médio e pequeno porte;

Utilizar *softwares* estruturais e tabelas para dimensionamento e detalhamento dos dois tipos de laje com relação a uma residência de 1º andar.

2. METODOLOGIA

A revisão bibliográfica trouxe as vantagens funcionais e de custos, para diferentes vãos e esforços aplicados em residências de até um pavimento, particularmente para cada um dos dois tipos de laje, maciça e pré-fabricada.

O dimensionamento se deu através de um *software* estrutural. Enquanto para os resultados, apresentou-se tabelas para análise dos custos, realizando o comparativo entre os dois tipos de lajes.

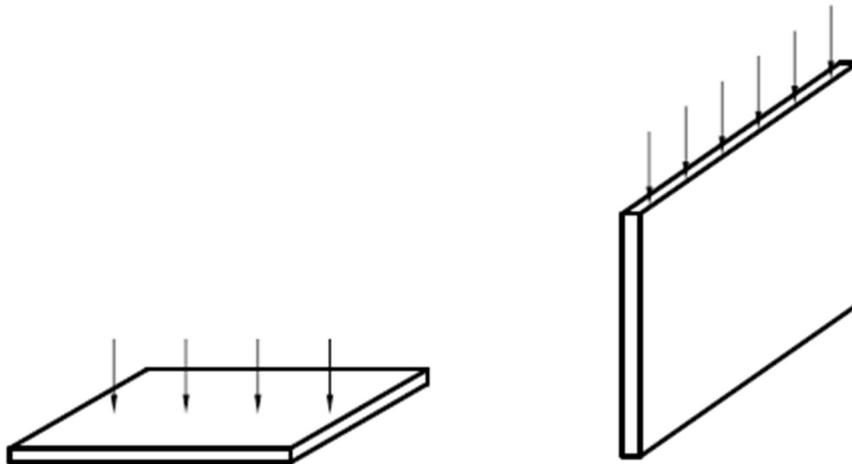
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ELEMENTOS DE SUPERFÍCIE

De acordo com a NBR 6118/2014 (item 14.4.2), os elementos que possuem uma dimensão, usualmente chamada de espessura, de uma ordem de grandeza relativamente pequena em face das demais, são chamados elementos de superfície. Dentre eles, as chapas são elementos de superfície plana, que recebem, principalmente, ações contidas no seu plano. Já as cascas são elementos de superfície não plana. Os elementos de superfície plana ou casca cilíndrica, sob ações, preponderantemente, de compressão, são chamados de pilares-parede.

Ainda segundo a NBR 6118/2014 (item 14.4.2.1), as placas são “Elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas lajes. ”. E são nas lajes que iremos aprofundar nossos estudos neste trabalho.

Figura 4 – Características dos carregamentos nas placas, a esquerda, e nas chapas, a direita.



Fonte: Fundamentos do Concreto Armado. Apostila da Disciplina Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, 2006.

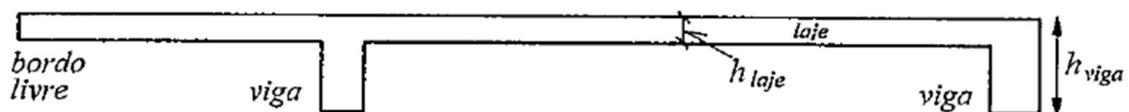
3.2. LAJES

Como visto, as lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura.

3.2.1. LAJES MACIÇAS

As lajes maciças, segundo Climaco (2008), são classificadas como lajes apoiadas em vigas, ou seja, são sustentadas por vigas nos bordos, ou, eventualmente, podem não possuir apoio, conhecido como bordo livre (Figura 5). Deste modo, distribuem suas reações em todas as vigas de contorno, diferentemente das pré-moldadas, como afirma Carvalho e Figueiredo (2014), existindo assim um melhor aproveitamento das vigas do pavimento podendo ter cargas da mesma ordem de grandeza em todas elas.

Figura 5 – Representação de lajes maciças apoiada em vigas e com bordo livre.



Fonte: Estruturas de Concreto Armado. 2. ed, Brasília: UNB, 2008.

Outra vantagem em relação às pré-fabricadas é a facilidade de instalação das tubulações, elétricas ou de outros tipos, podendo ser realizada antes da concretagem. Porém os dutos vêm sendo instalados abaixo da laje para facilitar futuras manutenções, e cobertos por forro.

Figura 6 – Tubulações instalados previamente a concretagem.



Fonte: Disponível em <<http://www.premoldrm.com.br/laje-trelicada-ou-macica>>.

Ainda segundo Carvalho e Figueiredo (2014), como desvantagem das lajes maciças, sabendo que as pré-fabricadas utilizam uma quantidade reduzida de fôrmas:

É oportuno destacar que as fôrmas representam uma grande parcela do custo final da estrutura, e em particular da laje; entretanto, o custo de pavimentos com lajes maciças diminui consideravelmente quando o pavimento se repete, pois pode ser utilizado o mesmo jogo de fôrmas e escoramentos várias vezes. (CARVALHO E FIGUEIREDO, 2014, p. 319).

De acordo com a NBR 6118/2014 (item 13.2.4.1), nas lajes maciças devem ser respeitados os seguintes limites mínimos para a espessura:

- a) 7 cm para cobertura 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 30 kN;
- e) 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;

- f) 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de $\frac{\ell}{42}$ para lajes de piso biapoiadas e $\frac{\ell}{50}$ para lajes de piso contínuas;
- g) 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

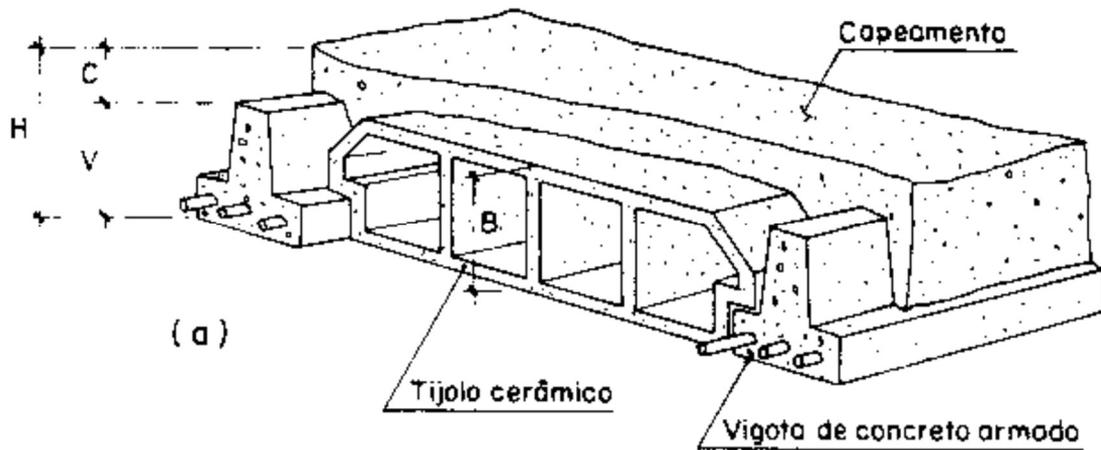
3.2.2. LAJES PRÉ-FABRICADAS

A laje pré-fabricada é regida pelas normas brasileiras NBR 14859-1, NBR 14859-2, NBR 14860-1, NBR 14860-2 e NBR 14861, porém abordaremos apenas as duas primeiras relacionadas a lajes unidirecionais e bidirecionais. São muito comuns tanto para laje de piso como para laje de forro.

De acordo com a NBR 14859-1/2002, a laje pré-fabricada unidirecional é uma laje constituída por vigotas principais longitudinais dispostas em uma única direção, e nela podem ser empregadas nervuras transversais às nervuras principais. Ela é composta por vigotas pré-fabricadas, constituídas por concreto estrutural que englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, podendo ser de concreto armado, a tradicional, onde a seção de concreto usualmente forma um "T" invertido, com armadura passiva totalmente englobada pelo concreto da vigota (Figura 7), treliçadas, onde a seção de concreto forma uma placa, com armadura treliçada parcialmente englobada pelo concreto da vigota (Figura 8), ou até de concreto protendido. Atualmente, após o surgimento das lajes treliçadas, as lajes convencionais têm sido utilizadas quase que exclusivamente como lajes de forro.

A laje pré-fabricada unidirecional é composta também por elementos de enchimento, que consistem em componentes pré-fabricados com materiais inertes diversos, sendo maciços ou vazados, intercalados entre as vigotas, reduzindo o volume de concreto e, conseqüentemente, o peso próprio da laje, e servem como fôrma para o concreto complementar, por armadura complementar, adicionada na obra, quando dimensionada e disposta de acordo com o projeto da laje, podendo ser longitudinal, transversal, de distribuição ou superior de tração e por uma capa formada por concreto complementar.

Figura 7 – Laje pré-fabricada tradicional com preenchimento de tijolo cerâmico.



Fonte: Lajes de Concreto. Apostila da Disciplina Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, 2015.

Figura 8 – Laje pré-fabricada unidirecional do tipo treliçada com preenchimento de tijolo cerâmico e armadura de distribuição.



Fonte: Lajes de Concreto. Apostila da Disciplina Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, 2015.

As alturas totais das lajes pré-fabricadas estão prescritas na tabela 1, em função das alturas padronizadas dos elementos de enchimento.

Tabela 1- Altura total (cm).

Altura do elemento de enchimento (h_e)	Altura total da laje (h)
7,0	10,0 ; 11,0 ; 12,0
8,0	11,0 ; 12,0 ; 13,0
10,0	14,0 ; 15,0
12,0	16,0 ; 17,0
16,0	20,0 ; 21,0
20,0	24,0 ; 25,0
24,0	29,0 ; 30,0
29,0	34,0 ; 35,0

Fonte: Tabela 1 da NBR 14859-1/2002.

Outras alturas podem ser utilizadas, mediante acordo prévio e expresso entre fornecedor e comprador, desde que atendidas todas as demais disposições da NBR 14859-1/2002.

Os intereixos, distância entre eixos de vigotas pré-fabricadas, entre as quais serão montados os elementos de enchimento, têm seus valores mínimos variando em função do tipo da vigota e das dimensões do elemento de enchimento, sendo 33,0 cm para vigotas de concreto armado e 42,0 cm para vigotas treliçadas, segundo a NBR 14859-1/2002 (tabela 3). No caso da utilização de vigotas treliçadas e $h \leq 13,0$ cm, permite-se adotar intereixo mínimo de 40,0 cm.

Os elementos de enchimento podem ser maciços ou vazados e compostos por materiais leves que não produzam danos ao concreto e às armaduras. De acordo com a NBR 14859-1/2002 (item 4.3.4.1) “Devem ainda ter resistência característica à carga mínima de ruptura de 1,0 kN, suficiente para suportar esforços de trabalho durante a montagem e concretagem da laje.”.

A sua face inferior deve ser plana e as laterais devem apresentar abas de encaixe para apoio nas vigotas, bem como estar isentas de partes quebradas e trincas que comprometam o seu desempenho, mantendo íntegras as suas características durante sua utilização, ou que permitam a fuga do concreto complementar.

A montagem dos elementos pré-fabricados deve obedecer ao disposto no projeto de execução da laje e no manual de colocação e montagem da laje quanto ao arranjo físico e às especificações das vigotas pré-fabricadas e dos elementos de enchimento. Segundo a NBR 14859-1/2002 (item 4.4.4), devem ser executados:

- a) o nivelamento dos apoios, dentro das tolerâncias de montagem especificadas;
- b) a colocação das armaduras previstas no projeto;
- c) a instalação de passadiços, quando necessários, para o trânsito de pessoal e transporte de concreto;
- d) lançamento, adensamento e cura do concreto complementar.

Já a laje pré-fabricada bidirecional, de acordo com a NBR 14859-2/2002, além das definições da NBR 14859-1/2002, apresentam outras aplicações. É uma laje constituída por vigotas principais nas duas direções. Podem apresentar armaduras complementares longitudinais, admissíveis apenas quando da impossibilidade de integrar na vigota treliçada toda armadura inferior de tração necessária, e transversais, dispostas ao longo das nervuras transversais da laje, formando a armadura inferior de tração na direção perpendicular às vigotas treliçadas. As vigotas transversais às vigotas somente podem ser executadas quando se empregam vigotas treliçadas, sendo impossibilitadas em lajes pré-fabricadas de concreto armado.

Conforme cita Bastos (2015), este tipo de laje possibilita vencer grandes vãos com menor peso próprio, ou seja, apresenta também como vantagens quanto as maciças um menor consumo de cimento, além da redução de fôrmas e de mão-de-obra durante a execução, conseqüentemente, reduzindo gastos.

Ainda segundo Bastos (2015), para a escolha das dimensões da laje, os principais parâmetros iniciais são os vãos efetivos, as ações, abrangendo os

carregamentos permanentes e variáveis, a vinculação nos apoios e para que será utilizada a laje.

Com o auxílio de tabelas ou programas computacionais, normalmente fornecidas pelo fabricante da laje, pode-se determinar as características da laje para diversas finalidades, como as especificações da armadura em treliça, a lajota cerâmica, as armaduras complementares, nervuras transversais, etc. (BASTOS, 2015, p. 80).

4. DIMENSIONAMENTO

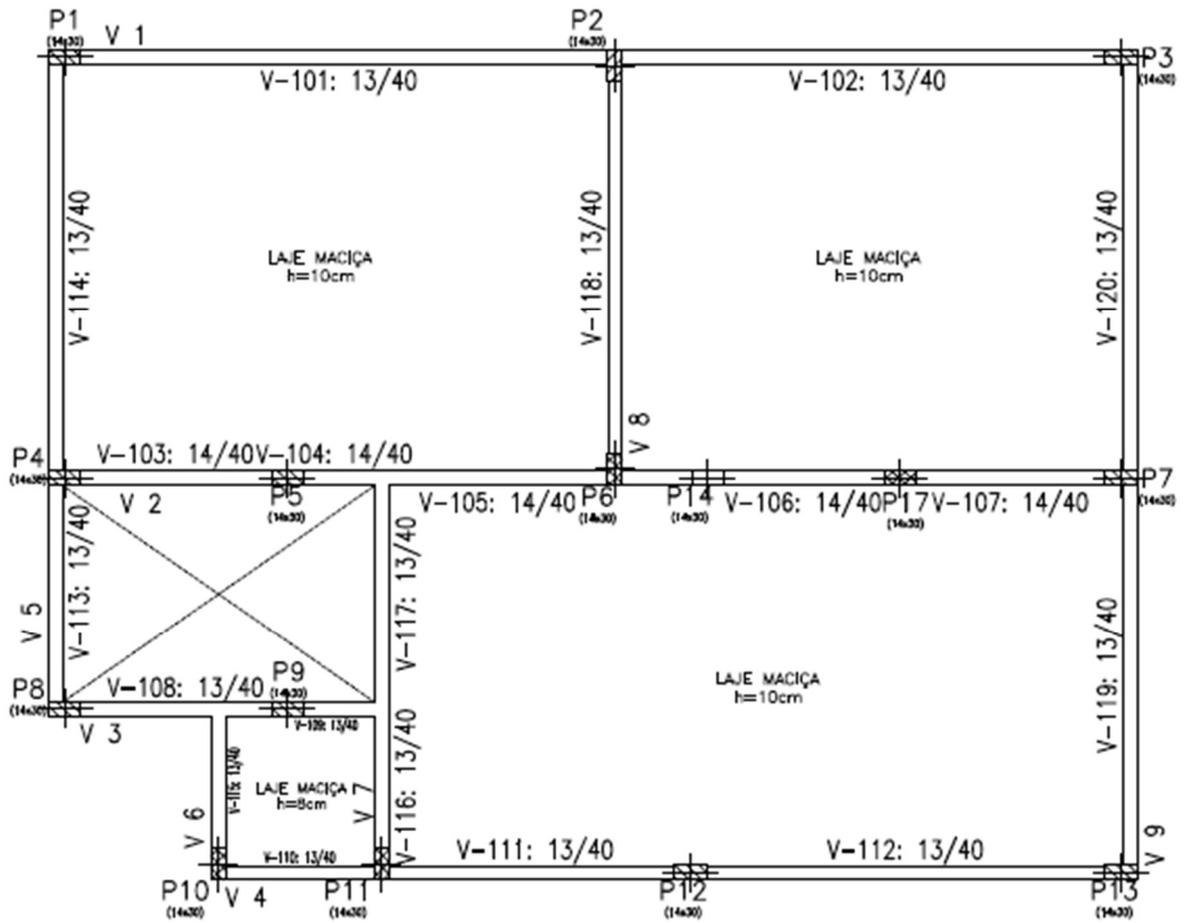
O caso em estudo consiste em uma residência unifamiliar de porte médio, que apresenta quatro lajes no primeiro pavimento, sendo três delas lajes de piso e uma delas laje de forro, e apresenta, também, quatro lajes no pavimento teto-cobertura, sendo todas lajes de forro, totalizando uma área de 140 m². Deste modo, para as lajes de piso foi adotada uma sobrecarga de 1,5 kN/m² e de revestimento de 0,5 kN/m² devido a circulação de pessoas e a utilização para dormitórios e banheiros. Já para as lajes de forro foi adotada um carregamento de 1,3 kN/m², composta por um revestimento de 0,5 kN/m² e uma carga permanente de 0,8 kN/m² devido ao acesso de pessoas apenas para serviços e a servir de apoio para a telha ondulada em fibrocimento. A Resistência Característica do Concreto à Compressão (F_{ck}) adotado foi de 25 MPa.

4.1 LAJES MACIÇAS

Para o dimensionamento das lajes maciças foi utilizado um *software* estrutural onde foram inseridos pilares, vigas, escada reservatório elevado, adicionando todos os padrões necessários como revestimento, sobrecargas, dimensões, F_{ck} , para a realização de um correto dimensionamento. Feito isso, foram inseridas as lajes com alturas mínimas necessárias especuladas, adicionando as cargas das paredes como cargas lineares nas lajes de piso, de acordo com a altura do vão ocupado, assim como com a localização detalhada no projeto arquitetônico. Finalizado, rodou-se o projeto no programa para verificar se todas as lajes apresentaram altura satisfatória em relação a resistência e a flecha máxima. Caso não, alterou-se a altura, aumentando ou reduzindo, até que o resultado fosse satisfatório.

Deste modo, obteve-se as seguintes alturas mostradas na planta de forma do primeiro pavimento.

Figura 9 – Planta de forma das lajes maciças do primeiro pavimento.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Assim como a seguinte tabela de quantitativos:

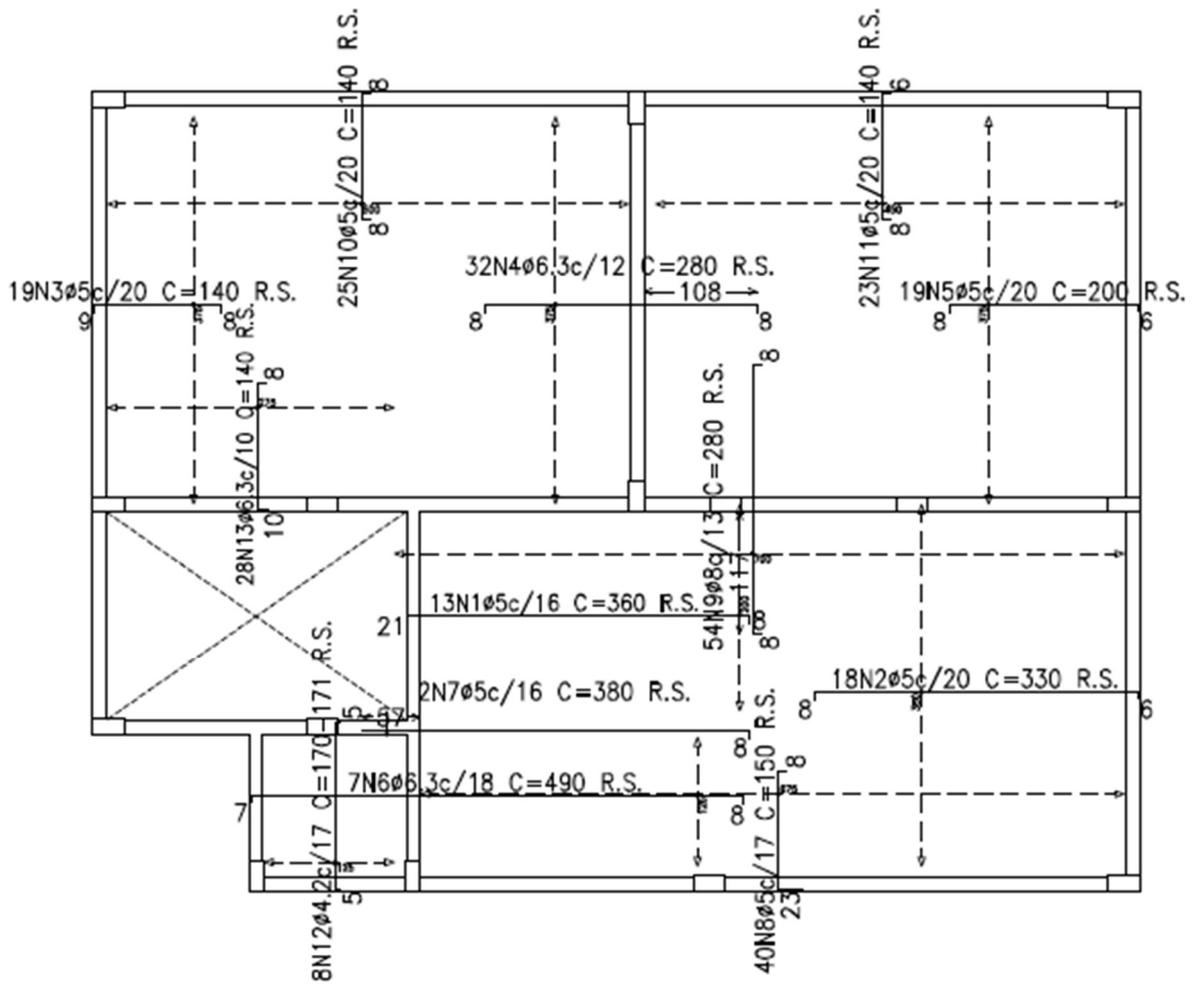
Tabela 2 – Tabela de quantitativos das lajes maciças do primeiro pavimento.

1ª PAVIMENTO – Superfície total: 69.41 m ²			
Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	62.34	6.20	320
Vigas: fundo	6.44	2.88	144
Forma lateral	33.44		
Pilares (Sup. Formas)	28.98	1.40	223
Total	131.20	10.48	687
Índices (por m ²)	1.890	0.151	9.90

Fonte: Autoria própria, 2020.

Obteve-se também as seguintes disposições das armaduras longitudinais e transversais superiores.

Figura 10 – Disposição das armaduras superiores das lajes maciças do primeiro pavimento.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Assim como as seguintes tabelas:

Tabela 3 – Tabela da disposição das armaduras superiores das lajes maciças do primeiro pavimento.

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)	
Armadura long. e trans. superior	1	∅5	13	21	331	8	360	4680		7.3	
	2	∅5	18	8	316	6	330	5940		9.3	
	3	∅5	19	9	123	8	140	2660		4.2	
	4	∅6.3	32	8	264	8	280	8960	21.9		
	5	∅5	19	8	186	6	200	3800		6.0	
	6	∅6.3	7	7	475	8	490	3430	8.4		
	7	∅5	2	8	372		380	760		1.2	
	8	∅5	40	23	119	8	150	6000		9.4	
	9	∅8	54	8	264	8	280	15120	59.7		
	10	∅5	25	8	124	8	140	3500		5.5	
	11	∅5	23	8	126	6	140	3220		5.1	
	12	∅4.2	8	5	161	5	171	1368		1.5	
	13	∅6.3	28	10	122	8	140	3920	9.6		
Total:									99.6	49.5	
									∅4.2:	0.0	1.5
									∅5:	0.0	48.0
									∅6.3:	39.9	0.0
									∅8:	59.7	0.0
									Total:	99.6	49.5

Fonte: Autoria própria, 2020.

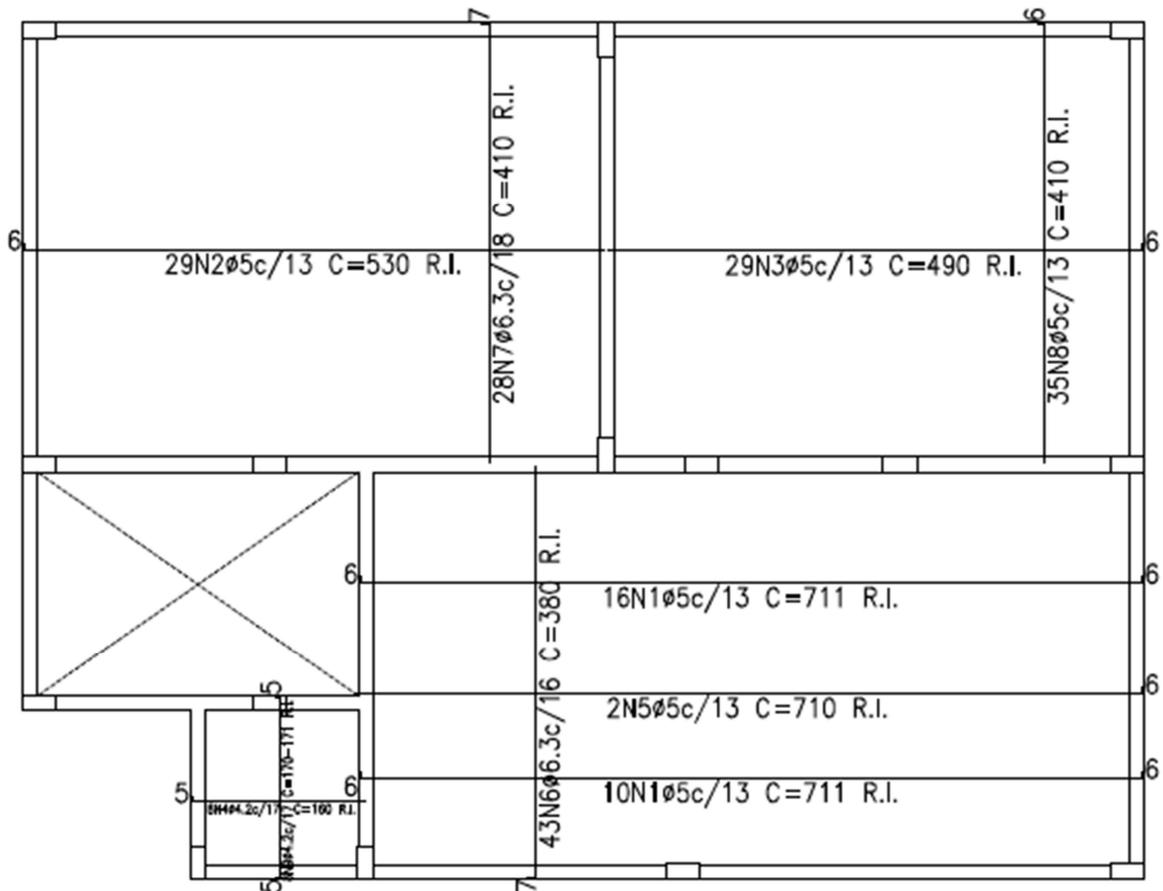
Tabela 4 – Tabela de resumo de aço das armaduras superiores das lajes maciças do primeiro pavimento.

Resumo Aço 1º PAVIMENTO		Comp. total (m)	Peso (kg)	Total
CA-50	∅6.3	163.1	40	100
	∅8	151.2	60	
CA-60	∅4.2	13.7	1	49
	∅5	305.6	48	
Total				149

Fonte: Autoria própria, 2020.

E as seguintes disposições das armaduras longitudinais e transversais inferiores.

Figura 11 – Disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do primeiro pavimento.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Assim como as seguintes tabelas:

Tabela 5 – Tabela da disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do primeiro pavimento.

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)
Armadura long. e trans. inferior	1	∅5	26	6	699	6	711	18486		29.0
	2	∅5	29	6	524		530	15370		24.1
	3	∅5	29	6	484		490	14210		22.3
	4	∅4.2	8	5	155		160	1280		1.4
	5	∅5	2	6	704		710	1420		2.2
	6	∅6.3	43	7	373		380	16340	40.0	
	7	∅6.3	28	7	403		410	11480	28.1	
	8	∅5	35	6	404		410	14350		22.5
	9	∅4.2	8	5	161	5	171	1368		1.5
Total:									68.1	103.0
								∅4.2:	0.0	2.9
								∅5:	0.0	100.1
								∅6.3:	68.1	0.0
								Total:	68.1	103.0

Fonte: Autoria própria, 2020.

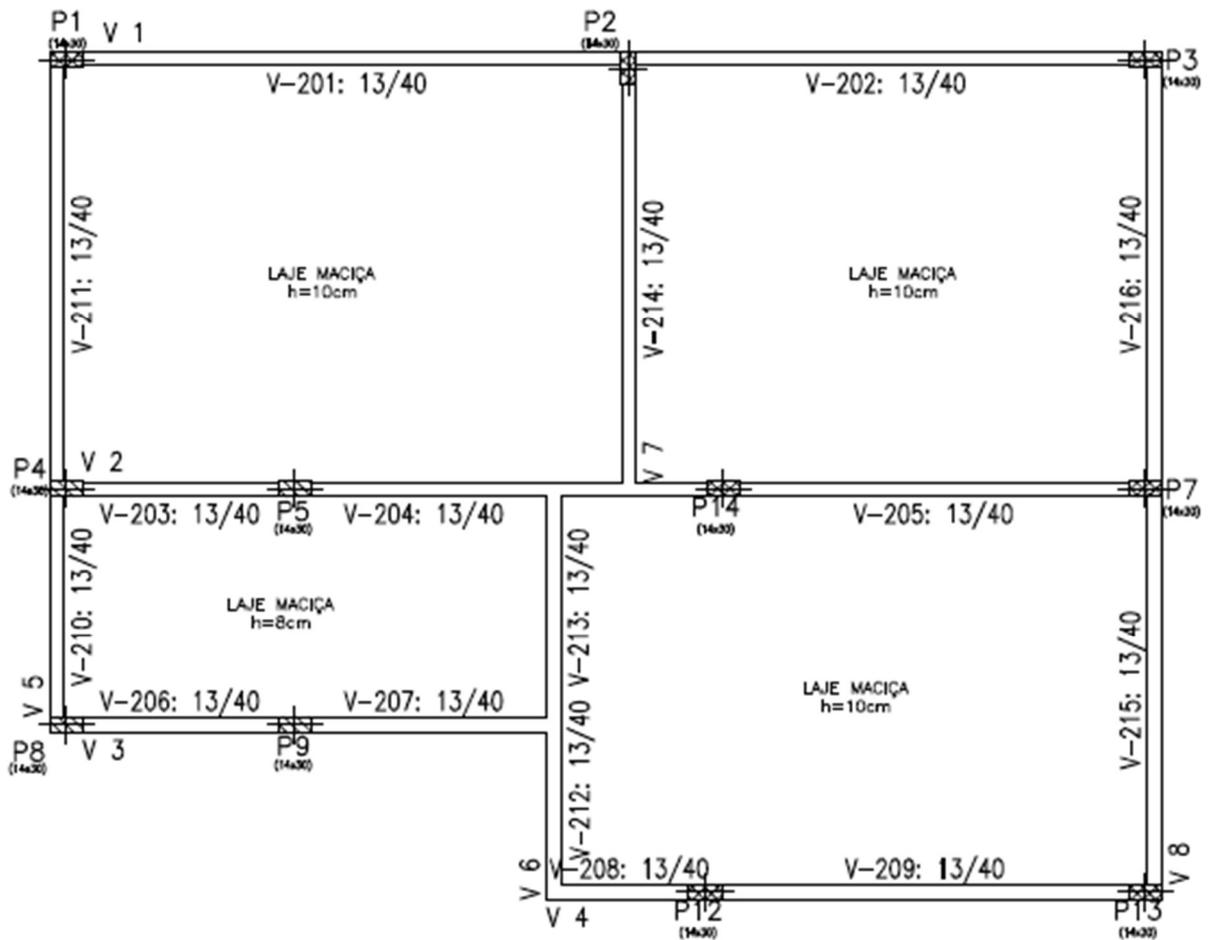
Tabela 6 – Tabela de resumo de aço das armaduras inferiores das lajes maciças do primeiro pavimento.

Resumo Aço 1ª PAVIMENTO		Comp. total (m)	Peso (kg)	Total
Armadura long. e trans. inferior				
CA-50	∅6.3	278.2	68	68
CA-60	∅4.2	26.5	3	
	∅5	638.4	100	103
Total				171

Fonte: Autoria própria, 2020.

Para o pavimento teto-cobertura obteve-se as seguintes alturas mostradas na planta de forma.

Figura 12 – Planta de forma das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Assim como a seguinte tabela:

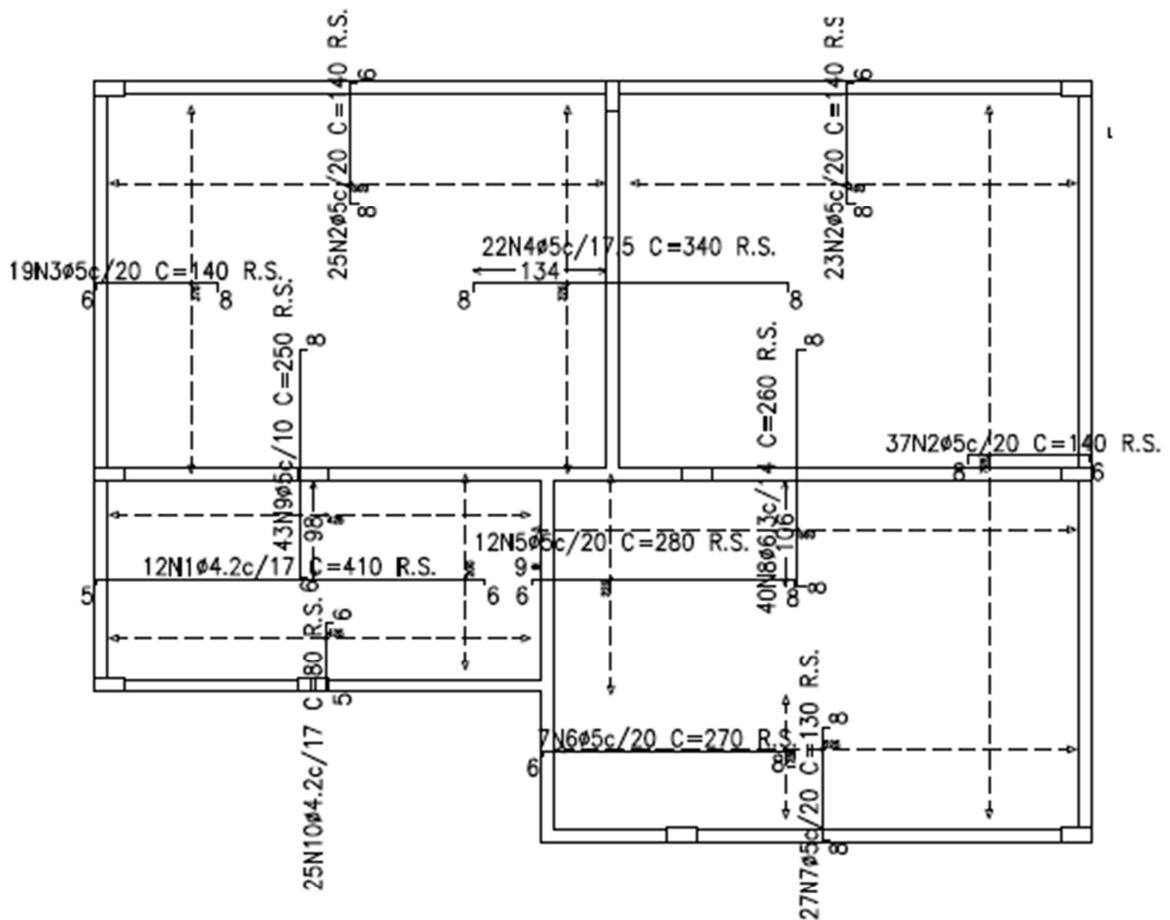
Tabela 7 – Tabela de quantitativos das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.

TETO-COBERTURA - Superfície total: 70.70 m2			
Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barras (kg)
LAJES	64.10	6.23	262
Vigas: fundo	6.14	2.66	112
Forma lateral	31.73		
Pilares (Sup. Formas)	22.77	1.10	188
Total	124.74	9.99	562
Índices (por m2)	1.764	0.141	7.95

Fonte: Autoria própria, 2020.

Obteve-se também as seguintes disposições das armaduras longitudinais e transversais superiores.

Figura 13 – Disposição das armaduras superiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Assim como as seguintes tabelas:

Tabela 8 – Tabela da disposição das armaduras superiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)
Armadura long. e trans. superior	1	Ø4.2	12	5	399	6	410	4920	25.5	5.4
	2	Ø5	85	8	126	6	140	11900		18.7
	3	Ø5	19	6	126	8	140	2660		4.2
	4	Ø5	22	8	324	8	340	7480		11.7
	5	Ø5	12	6	266	8	280	3360		5.3
	6	Ø5	7	6	256	8	270	1890		3.0
	7	Ø5	27	8	114	8	130	3510		5.5
	8	Ø6.3	40	8	244	8	260	10400		
	9	Ø5	43	6	236	8	250	10750		16.9
	10	Ø4.2	25	5	69	6	80	2000		2.2
Total:									25.5	72.9
Ø4.2:									0.0	7.6
Ø5:									0.0	65.3
Ø6.3:									25.5	0.0
Total:									25.5	72.9

Fonte: Autoria própria, 2020.

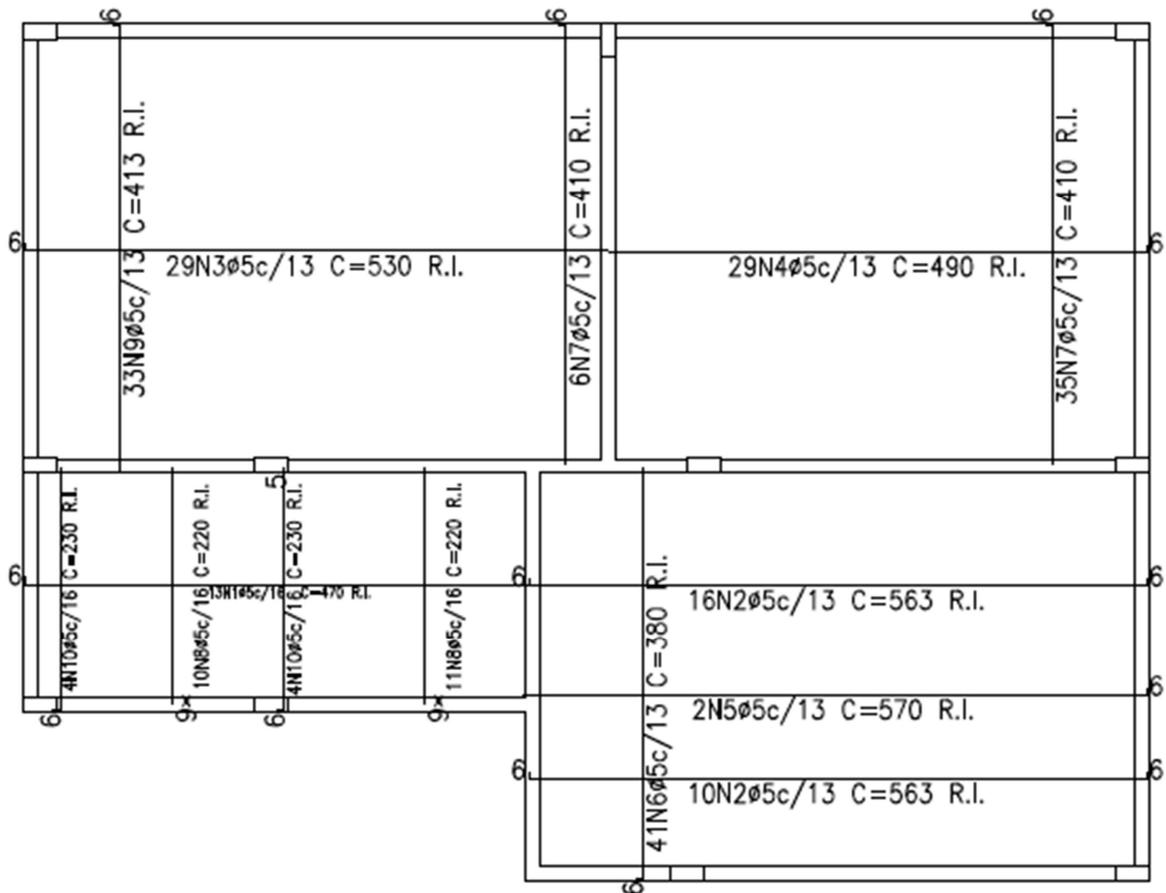
Tabela 9 – Tabela de resumo de aço das armaduras superiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.

Resumo Aço TETO-COBERTURA		Comp. total (m)	Peso (kg)	Total
Armadura long. e trans. superior				
CA-50	Ø6.3	104.0	25	25
CA-60	Ø4.2	69.2	8	
	Ø5	415.5	65	73
Total				98

Fonte: Autoria própria, 2020.

E as seguintes disposições das armaduras longitudinais e transversais inferiores.

Figura 14 – Disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Assim como as seguintes tabelas:

Tabela 10 – Tabela da disposição das armaduras inferiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)	CA-60 (kg)
Armadura long. e trans. Inferior	1	Ø5	13	6	464		470	6110		9.6
	2	Ø5	26	6	551	6	563	14638		23.0
	3	Ø5	29	6	524		530	15370		24.1
	4	Ø5	29	6	484		490	14210		22.3
	5	Ø5	2	6	564		570	1140		1.8
	6	Ø5	41	6	374		380	15580		24.5
	7	Ø5	41	6	404		410	16810		26.4
	8	Ø5	21		220		220	4620		7.3
	9	Ø5	33	5	402	6	413	13629		21.4
	10	Ø5	8	6	224		230	1840		2.9
Total:										163.3
Ø5:								0.0	163.3	
Total:								0.0	163.3	

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 11 – Tabela de resumo de aço das armaduras inferiores das lajes maciças do pavimento teto-cobertura.

Resumo Aço TETO-COBERTURA Armadura long. e trans. inferior	Comp. total (m)	Peso (kg)
CA-60 Ø5	1039.5	163

Fonte: Autoria própria, 2020.

4.2 LAJES PRÉ-FABRICADAS

As lajes pré-fabricadas foram dimensionadas de modos distintos para lajes de forro, sendo utilizadas lajes volterranas, e lajes de piso, sendo utilizadas lajes treliçadas, devido a presença de paredes no sentido longitudinal e transversal as vigotas, utilizando-se enchimento cerâmico para ambos os casos.

Para as lajes volterranas utilizou-se das seguintes tabelas apresentadas em Cunha e Souza (1998):

Tabela 12 – Vãos livres máximos para intereixo de 33cm.

Laje	Laje Isolada Sobrecarga (kN/m ²)							Laje Contínua Sobrecarga (kN/m ²)						
	0,50	1,0	2,0	3,5	5,0	8,0	10,0	0,50	1,0	2,0	3,5	5,0	8,0	10,0
	Vão Livre Máximo (m)													
B10	4,80	4,40	-	-	-	-	-	5,60	5,20	-	-	-	-	-
B11	5,20	4,90	-	-	-	-	-	6,10	5,70	-	-	-	-	-
B12	5,40	5,10	4,60	4,10	3,70	3,00	2,40	6,40	6,00	5,50	4,90	4,50	3,30	2,60
B15	6,50	6,10	-	-	-	-	-	7,60	7,30	-	-	-	-	-
B16	6,70	6,30	5,80	5,20	4,80	4,30	4,00	8,00	7,50	6,90	6,20	5,70	4,80	4,50
B20	7,90	7,50	6,90	6,20	5,70	5,10	4,70	8,50	8,50	8,30	7,50	6,90	6,10	5,40
B25	8,50	8,50	8,00	7,30	6,30	5,70	5,00	8,50	8,50	8,50	8,50	8,20	7,00	5,90
B30	8,50	8,50	8,50	7,70	7,20	6,20	5,70	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	7,40	6,30
B35	8,50	8,50	8,50	8,30	7,80	6,60	6,00	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	7,80	6,40

Fonte: Tabela 13.2 de Lajes em Concreto Armado e Protendido, 1998.

Adotando-se o intereixo de 33,0 cm e sabendo-se que são lajes isoladas com valor da sobrecarga (carga permanente e carga acidental) é de 1,3 kN/m² e que os menores vãos das lajes em questão são menores que 4,60 m, as lajes serão do tipo B12. Com isso, obteve-se a altura total de 12,0 cm, altura dos tijolos e vigotas de 8,0 cm e altura de capeamento de 4,0 cm através da seguinte tabela:

Tabela 13 – Dimensões da laje.

Tipo laje	Altura total (cm)	Altura tijolos (cm)	Capeamento (cm)	Peso próprio (kN/m ²) intereixo		
				33cm	40cm	50cm
B10	10,0	8,0	2,0	1,35	1,45	1,15
B11	11,0	8,0	3,0	1,60	1,70	1,40
B12	12,0	8,0	4,0	1,85	1,95	-
B15	15,0	12,0	3,0	1,95	2,05	-
B16	16,0	12,0	4,0	2,20	2,30	-
B20	20,0	16,0	4,0	2,75	2,60	-
B25	25,0	20,0	5,0	3,50	-	-
B30	30,0	25,0	5,0	4,00	-	-
B35	35,0	30,0	5,0	4,30	-	-

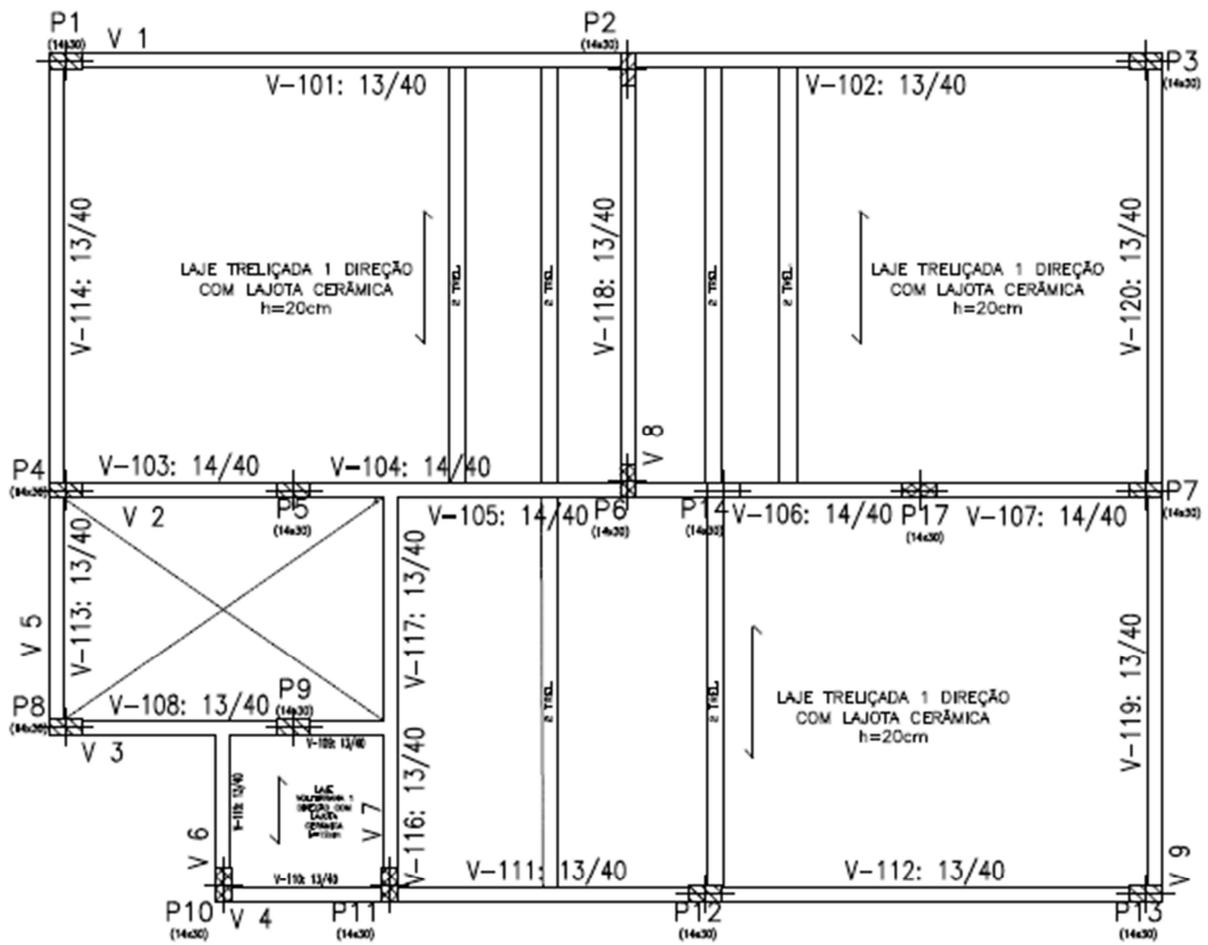
Fonte: Tabela 13.1 de Lajes em Concreto Armado e Protendido, 1998.

Para as lajes treliçadas utilizou-se do auxílio do *Software* de Treliças GERDAU, adicionando todos os padrões necessários como revestimento, sobrecargas, dimensões, F_{ck} , para a realização de um correto dimensionamento. Neste programa as cargas das paredes foram lançadas também de acordo com a altura do vão ocupado, especificando o sentido de cada uma, se longitudinal ou transversal as vigotas. Para cada vão de parede longitudinal foram alocadas duas vigotas para sustentação das mesmas como reforço.

Assim, obteve-se a altura total de 20,0 cm, altura dos blocos de 16,0 cm e altura de capeamento de 4,0 cm, assim como um intereixo de 58,0 cm.

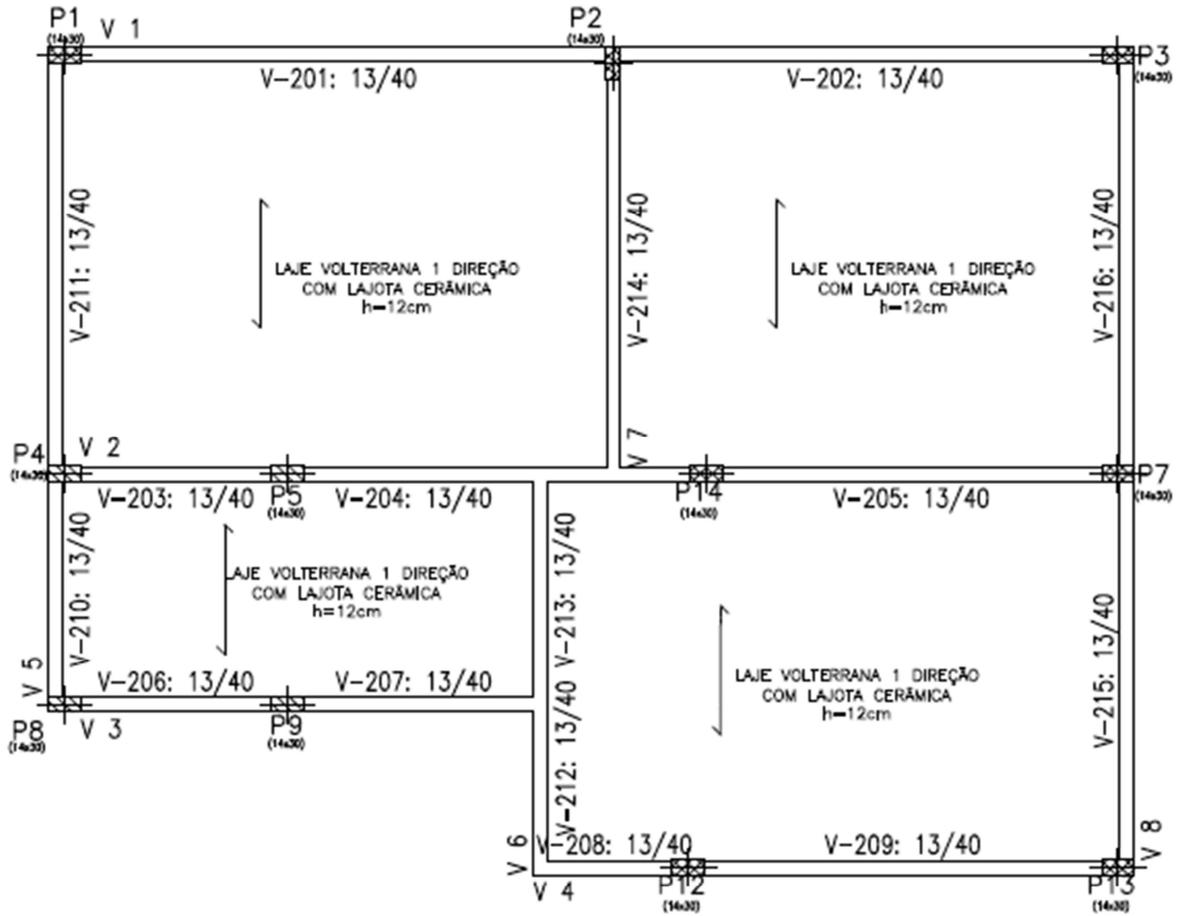
Deste modo, finalizando o dimensionamento das lajes pré-fabricadas com as seguintes plantas de forma:

Figura 15 – Planta de forma das lajes pré-fabricadas do primeiro pavimento.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 16 – Planta de forma das lajes pré-fabricadas do pavimento teto-cobertura.



Fonte: Autoria própria, 2020.

5. ORÇAMENTO

Para a realização do orçamento utilizou-se ferramentas que definem os valores dos insumos e serviços necessários às obras e serviços de engenharia, fornecendo um valor aproximado total a ser gasto para realização das lajes por m², somando o custo dos insumos com o custo da mão-de-obra. Adotou-se os valores sem desoneração, ou seja, considerando a contribuição previdenciária de 20% sobre a folha de pagamento da mão de obra.

5.1. LAJES MACIÇAS

Para as lajes maciças, de 8,0 cm e 10,0 cm, os orçamentos encontrados que mais se aproximaram das composições das lajes em questão estão presentes na Tabela de Custo da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), edição 026.

Tabela 14 – Composição orçamentária de laje maciça de 8,0 cm e F_{ck} 25.

LAJE 8 CM MACIÇA DE CONCRETO 25MPA, COM ARMAÇÃO, FORMA RESINADA, ESCORAMENTO E DESFORMA						
Rio Grande do Norte		Valor Não Desonerado R\$ 145,00	Valor Desonerado R\$ 136,05			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR UNITARIO NÃO DESONERADO	VALOR UNITÁRIO DESONERADO	COEFICIENTE	VALOR NÃO DESONERADO	VALOR DESONERADO
ARMAÇO-020	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE AÇO CA-50/60	7,85	7,47	6.0	47,1	44,82
EST-COM-035	FORNECIMENTO E LANÇAMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL VIRADO EM OBRA FCK \geq 25 MPA, BRITA 1 E 2	423,81	404,66	0.1	42,38	40,47
EST-FOR-015	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO RESINADO ESPESSURA 12MM, EXCLUSIVE ESCORAMENTO (3X)	67	61,97	1.0	67	61,97
LAJ-ESC-005	ESCORAMENTO PARA LAJE PRÉ-MOLDADAS EM TÁBUAS DE PINHO, INCLUSIVE RETIRADA	6,42	5,85	1.0	6,42	5,85

Fonte: Tabela de Custos SEINFRA ed. 026.

Tabela 15 – Composição orçamentária de laje maciça de 10,0 cm e F_{ck} 25.

LAJE 10 CM MACIÇA DE CONCRETO 25MPA, COM ARMAÇÃO, FORMA RESINADA, ESCORAMENTO E DESFORMA						
Rio Grande do Norte		Valor Não Desonerado R\$ 162,90	Valor Desonerado R\$ 153,11			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR UNITARIO NÃO DESONERADO	VALOR UNITÁRIO DESONERADO	COEFICIENTE	VALOR NÃO DESONERADO	VALOR DESONERADO
ARMAÇO-020	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE AÇO CA-50/60	7,85	7,47	6.0	47,1	44,82
EST-COM-035	FORNECIMENTO E LANÇAMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL VIRADO EM OBRA $F_{ck} \geq 25$ MPA, BRITA 1 E 2	423,81	404,66	0.1	42,38	40,47
EST-FOR-015	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO RESINADO ESPESSURA 12MM, EXCLUSIVE ESCORAMENTO (3X)	67	61,97	1.0	67	61,97
LAJ-ESC-005	ESCORAMENTO PARA LAJE PRÉ-MOLDADAS EM TÁBUAS DE PINHO, INCLUSIVE RETIRADA	6,42	5,85	1.0	6,42	5,85

Fonte: Tabela de Custos SEINFRA ed. 026.

De acordo com o valor do m^2 retirado das tabelas, e sabendo que as lajes com 8,0 cm e 10,0 cm ocupam $10,70 m^2$ e $115,79 m^2$, respectivamente, tem-se:

$$\text{Preço total} = (\text{preço lajes 8cm}) + (\text{preço lajes 10cm})$$

$$\text{Preço total} = (10,70 m^2 \times R\$145,00 / m^2) + (115,79 m^2 \times R\$162,90 / m^2)$$

$$\text{Preço total} = R\$1.551,50 + R\$18.862,19$$

$$\text{Preço total} = R\$ 20.413,69$$

Portanto, o valor, caso seja adotado lajes maciças, seria de R\$ 20.413,69.

5.2. LAJES PRÉ-FABRICADAS

Para as lajes pré-fabricadas voltterranas, os orçamentos encontrados que mais se aproximaram foram de lajes pré-moldadas com intoreixo de 38,0 cm presentes na Tabela de Custo da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), edição 026.

Tabela 16 – Composição orçamentária de laje pré-moldada de 12,0 cm (8+4) para vãos de até 3,50 m e F_{ck} 25.

LAJE PRE-MOLDADA PISO, SOBRECARGA 200KGM2, VAOS ATE 3,50ME=8CM, CLAJOTAS E CAP.CCONC FCK=25MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, CESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA						
Rio Grande do Norte		Valor Não Desonerado R\$ 78,53	Valor Desonerado R\$76,27			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR UNITARIO NÃO	VALOR UNITÁRIO	COEFICIENTE	VALOR NÃO	VALOR DESONERADO
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	15,14	13,67	0.16	2,42	2,19
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	18,05	16,18	0.16	2,89	2,59
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	18,18	16,3	0.4	7,27	6,52
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	14,67	13,25	0.44	6,45	5,83
92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS	24,81	22,37	0.043	1,07	0,96
94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2, 3:2, 7 (CIMENTO/ AREIA MEDIA/ BRITA 1 - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L AF_07/2016	356,08	350,34	0.043	15,31	15,06
3743	LAJE PRÉ-MOLDADA CONVENCIONAL (LAJOSTAS + VIGOTAS) PARA PISO, INIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 200 KG/M2, VAO ATÉ 3,50 M (SEM COLOCACAO)	36,25	36,25	1.0	36,25	36,25
4491	PONTALETE DE MADEIRA NÃO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3*) PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO	8,34	8,34	0.29	2,42	2,42
5061	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA 18 X 27 (21/2 X 10)	12,9	12,9	0.03	0,39	0,39
6189	TABUA DE MADEIRA NÃO APARELHADA *2,5 X 30* CM, CEDRINHO OU EQUIVALENTE DA REGIÃO	9,14	9,14	0.17	1,55	1,55
43059	ACO CA-60, 4,2MM, OU 5,0MM, OU 6,0MM, OU 7,0MM, VERGALHAO	5,33	5,33	0.471	2,51	2,51

Fonte: Tabela de Custos SEINFRA ed. 026.

Tabela 17 – Composição orçamentária de laje pré-moldada de 12,0 cm (8+4) para vãos de até 4,50 m e F_{ck} 25.

LAJE PRÉ-MOLDADA PISO, SOBRECARGA 200KGM2, VAOS ATE 4,50ME=8CM, CLAJOTAS E CAP.CCONC FCK=25MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, CESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA						
Rio Grande do Norte		Valor Não Desonerado R\$ 82,18	Valor Desonerado R\$ 79,92			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR UNITARIO NÃO DESONERADO	VALOR UNITÁRIO DESONERADO	COEFICIENTE	VALOR NÃO DESONERADO	VALOR DESONERADO
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	15,14	13,67	0.16	2,42	2,19
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	18,05	16,18	0.16	2,89	2,59
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	18,18	16,3	0.4	7,27	6,52
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	14,67	13,25	0.44	6,45	5,83
92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS AF_12/2015	24,81	22,37	0.043	1,07	0,96
94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2, 3:2, 7 (CIMENTO/ AREIA MEDIA/ BRITA 1 - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L.A.F. 07/2016	356,08	350,34	0.043	15,31	15,06
4491	PONTALETE DE MADEIRA NÃO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3*) PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO	8,34	8,34	0.29	2,42	2,42
5061	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA 18 X 27 (21/2 X 10)	12,9	12,9	0.03	0,39	0,39
6189	TABUA DE MADEIRA NÃO APARELHADA *2,5 X 30* CM, CEDRINHO OU EQUIVALENTE DA REGIÃO	9,14	9,14	0.17	1,55	1,55
43059	ACO CA-60, 4,2MM, OU 5,0MM, OU 6,0MM, OU 7,0MM, VERGALHAO	5,33	5,33	0,471	2,51	2,51
3743	LAJE PRÉ-MOLDADA CONVENCIONAL (LAJOSTAS + VIGOTAS) PARA PISO, INIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 200 KG/M2, VAO ATÉ 3,50 M (SEM COLOCACAO)	39,9	39,9	1	39,9	39,9

Fonte: Tabela de Custos SEINFRA ed. 026.

De acordo com o valor do m^2 retirado das tabelas, e sabendo que as lajes com vãos de até 3,5 m e 4,5 m ocupam 10,70 m^2 e 55,32 m^2 , respectivamente, tem-se:

Preço total lajes volterranas = (preço lajes até 3,5 m) + (preço lajes até 4,5 m)

Preço total lajes volterranas = (10,70 m^2 x R\$78,53 / m^2) + (55,32 m^2 x R\$82,18 / m^2)

Preço total lajes volterranas = R\$ 840,27 + R\$ 4.546,20

Preço total lajes voltarranas = R\$ 5.386,47

Deste modo, o valor das lajes voltarranas seria de R\$ 5.386,47.

Para as lajes pré-fabricadas treliçadas, o orçamento encontrado que mais se aproximou foi da Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), edição de março de 2018.

Tabela 18 – Composição orçamentária de laje treliçada de 20,0 cm (16+4) e F_{ck} 25 MPa.

LAJE PRÉ-FABRICADA MISTA VIGOTA TRELIÇADA/LAJOTA CERÂMICA - LT 20 (16+4) E CAPA COM CONCRETO DE 25 Mpa						
São Paulo		Valor Não Desonerado R\$ 120,04	Valor Desonerado R\$ 115,67			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR UNITARIO NÃO DESONERADO	VALOR UNITÁRIO DESONERADO	COEFICIENTE	VALOR NÃO DESONERADO	VALOR DESONERADO
B.01.000.01 0111	CARPINTEIRO	17,42	15,07	0.22	3,83	3,32
B.01.000.01 0112	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	14,3	12,37	0.22	3,15	2,72
B.01.000.01 0121	FERREIRO/ARMADOR	17,83	15,43	0.1	1,78	1,54
B.01.000.01 0139	PEDREIRO	17,88	15,47	0.5	8,94	7,74
B.01.000.01 0146	SERVENTE	14,76	12,77	1	14,76	12,77
C.04.000.02 0536	CONCRETO USINADO FCK=25MPa, SLUMP 5 ± 1CM, SLUMP 1 E 2	259,56	259,56	0,044	11,42	11,42
D.02.000.02 1009	PONTALETE DE CEDRINHO DE 75 mm X 75 mm - 3ª CONSTRUÇÃO	9,41	9,41	1.01	9,5	9,5
D.02.000.02 1017	SAFARRO DE CEDRINHO 2,5 X 10 CM	3,85	3,85	0.74	2,85	2,85
D.02.000.02 1011	TABUA DE CEDRINHO 25 mm X 300 mm DE 3ª	43,05	43,05	0.18	7,75	7,75
B.06.000.02 1525	ACO CA-50-A \$MD BITOLAS	3,56	3,56	1.24	4,41	4,41
C.06.000.02 2052	LAJE PRÉ-FABRICADA MISTA VIGOTA PROTENDIDA/LAJOTA CERÂMICA - LP 20 (16+4); SOBRECARGA 200kgf/m ²	51,52	51,52	1.0	51,52	51,52
E.02.000.02 6760	PREGO DIVERSAS BITOLAS (REFERÊNCIA 18 X 27)	6,52	6,52	0,02	0,13	0,13

Fonte: Tabela de Custos CPOS ed. 03/2018.

De acordo com o valor do m² retirado da tabela, e sabendo que as lajes ocupam 60,43 m², tem-se:

Preço total lajes treliçadas = (60,43 m² x R\$120,04 / m²)

Preço total lajes treliçadas = R\$7.254,02

Deste modo, o valor das lajes treliçadas seria de R\$ 7.254,02.

Portanto, o valor, caso seja adotado lajes pré-fabricadas, seria a soma dos valores das lajes volterradas e treliçadas.

Preço total lajes pré-fabricadas = R\$5.386,47 + R\$7.254,02

Preço total lajes pré-fabricadas = R\$ 12.640,49

Totalizando R\$ 12.640,49.

6. CONCLUSÃO

Tendo realizados os estudos à cerca de lajes maciças, sabe-se que as lajes maciças apresentam como vantagens a sua simplicidade e uma melhor distribuição dos esforços nas vigas de contorno, tendo assim um melhor aproveitamento das mesmas recebendo cargas da mesma ordem de grandeza. Enquanto as pré-fabricadas apresentam como vantagens vencer grandes vãos com um peso próprio reduzido, reduzindo o consumo de concreto, da utilização de fôrmas e de mão-de-obra, além da redução de tempo, sendo isto perceptível após finalizado os orçamentos e através dos detalhamentos das composições de custo de cada tipo de laje, apresentando um custo unitário mais elevado para o consumo de concreto e utilização de fôrmas nas lajes maciças. Estes fatores foram responsáveis por o preço das lajes pré-fabricadas ser 38,08% inferior ao das lajes maciças.

Deste modo, fica claro a vantagem econômica das lajes pré-fabricadas para uma residência de porte médio com 1° andar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14859-1**: Laje pré-fabricada – Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14859-2**: Laje pré-fabricada – Requisitos Parte 1: Lajes bidirecionais. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

Na construção civil, trabalho com carteira despenca 34%. Disponível em: <<http://www.conversaafiada.com.br>>. Acesso em: 03 set. 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**. 102 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de Concreto**. Apostila da Disciplina Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, 2015.

MARÇAL, Ana Russowsky. **Estudo de lajes de concreto armado**: comparativo de cálculo entre lajes treliçadas e maciças, utilizando método elástico. 55 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

Conheça os principais tipos de laje. Disponível em: <<http://www.atex.com.br>>. Acesso em: 03 set. 2019.

SIQUEIRA, Antônio Augusto Sousa. Tipos de lajes mais usadas em residências. **Blog Engenharia Moderna**, 19 de abr. 2017. Disponível em <<https://www.engenhariamoderna.net/single-post/2017/04/19/Tipos-de-lajes-mais-usadas-em-residências>>. Acesso em: 03 set. 2019.

GEROLLA, Giovanni. Qual o percentual médio do orçamento corresponde a cada etapa da obra. **Universa**, 28 de nov. 2016. Disponível em <<https://www.uol.com.br/universa/listas/qual-percentual-medio-do-orcamento-corresponde-a-cada-etapa-da-obra.htm>>. Acesso em: 03 set. 2019.

Qual a melhor opção em lajes de Piracicaba. Disponível em: <<http://www.suaobra.com.br/dicas/planejamento/qual-melhor-opcao-em-lajes-de-piracicaba>>. Acesso em: 30 set. 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. Apostila da Disciplina Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, 2006.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Paulo: EDUFSCar, 2014.

CLIMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de Concreto Armado**. 2. ed, Brasília: UNB, 2008.

Sistemas estruturais para lajes de concreto armado. Disponível em: <<https://arquitetapage.com.br/sistemas-estruturais-para-laje-de-concreto-armado/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

Laje treliçada ou maciça. Disponível em <<http://www.premoldrm.com.br/laje-trelicada-ou-macica>>. Acesso em: 07 dez. 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Flexão Normal Simples - Vigas**. Apostila da Disciplina Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista, 2015.

CUNHA, Albino Joaquim Pimenta da, SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. **Lajes em Concreto Armado e Protendido**. 2. Ed. Niterói: EDUFF; Rio de Janeiro Ed. UERJ, 1998.