



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

TIAGO MESQUITA DE ARAÚJO

**ELABORAÇÃO DE PLANILHAS PARA AUXILIAR O PRÉ-DIMENSIONAMENTO
DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM CONCEPÇÕES DE PROJETOS
ARQUITETÔNICOS.**

FORTALEZA
2018

TIAGO MESQUITA DE ARAÚJO

ELABORAÇÃO DE PLANILHAS PARA AUXILIAR O PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO EM CONCEPÇÕES DE PROJETOS
ARQUITETÔNICOS.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Magnólia Maria Campêlo Mota.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A692e Araújo, Tiago Mesquita de.

Elaboração de planilhas para auxiliar o pré-dimensionamento de estruturas de concreto em concepções de projetos arquitetônicos / Tiago Mesquita de Araújo. – 2018.
111 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Magnólia Maria Campêlo Mota.

1. Pré-dimensionamento. 2. Estruturas de concreto. 3. Arranjo estrutural. 4. Projeto arquitetônico. 5. Projeto Estrutural. I. Título.

CDD 620

TIAGO MESQUITA DE ARAÚJO

ELABORAÇÃO DE PLANILHAS PARA AUXILIAR O PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO EM CONCEPÇÕES DE PROJETOS
ARQUITETÔNICOS.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a. Magnólia Maria Campêlo Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Hugo Campelo Mota
Universidade de Fortaleza (Unifor)

Eng. Ícaro Manfrinni Rodrigues Sousa

Aos meus pais, Josegil e Fátima e a minha irmã
Isabelle, pessoas essenciais em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Josegil e Fátima, apesar da distância, e à minha irmã Isabelle que sempre estiveram presentes ao longo desta jornada me mostrando a importância da educação e me apoiando sempre quando necessário.

Aos amigos que estiveram presentes durante a minha graduação, seja apoiando, ou participando efetivamente a superar diferentes dificuldades. Um agradecimento especial à Julia Sanford, Ana Clara Leal, Leticia Vieira, Melissa Scotti, Eduarda Ferreira, Mirella Fontenele, Hicaro Sindeaux, Suzy Marinho. Meus amigos de curso Flavia Karoline, Luis Marcelo, Ammanda Aragão, Eubert Paixão, Rafaela Bitu, Elisa Sousa, Zaqueu Linhares, Lidia Fernandes e todos os demais que pude conhecer por meio da UFC.

À Prof. Dra. Magnólia, pela orientação, por sua paciência, pela dedicação ao longo deste projeto e pelas conversas nas reuniões.

À Universidade Federal do Ceará, em especial, a todos os professores e funcionários do Curso de Engenharia Civil, pelos conhecimentos repassados que permitem meu desenvolvimento até hoje.

RESUMO

O pré-dimensionamento consiste em uma estimativa inicial da dimensão das seções dos elementos estruturais. O arquiteto é responsável em realizar a concepção arquitetônica de maneira que proporcione ao usuário um ambiente que atenda suas necessidades em termos de conforto e funcionalidade. Além disso, ele também auxilia e correlaciona essas necessidades com o comportamento da estrutura. O engenheiro é quem desenvolve o cálculo estrutural, avalia essas concepções iniciais fornecidas pelo pré-dimensionamento e determina, de forma definitiva, a seção dos elementos estruturais. No entanto, o pré-dimensionamento, em muitos casos, não é realizado de forma a atender tanto as necessidades propostas pela arquitetura quanto pela engenharia. Tal fato ocasiona em investimentos de recursos para corrigir as interferências entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural. Este trabalho buscou coletar informações sobre formas assertivas de realizar um pré-dimensionamento de estruturas e sobre a relação entre as concepções arquitetônicas e estruturais para elaborar planilhas eletrônicas didáticas e eficazes que auxiliem os profissionais da área a realizarem suas compatibilizações por meio de um pré-dimensionamento efetivo. Desse modo, foi possível realizar estudos de caso com plantas de arquitetura de diferentes funcionalidades para testar a utilização das planilhas em diferentes ocasiões.

Palavras-chave: Pré-dimensionamento. Estruturas de concreto. Arranjo estrutural. Projeto arquitetônico. Projeto Estrutural

ABSTRACT

The pre-dimensioning consists an initial estimate of the dimension of the structural elements sections. The architect is responsible for accomplish architectural design in a way that provides the user an environment that meets their needs in terms of comfort and functionality. In addition, it also assists and correlates these needs with the behavior of the structure. The engineer is the one who develops the structural calculation, evaluates these initial conceptions provided by the pre-dimensioning and determines, in a definitive way, the section of the structural elements. However, pre-dimensioning in many cases is not performed to meet both the architectural and engineering needs. This fact results in investments of resources to correct the interferences between the architectural project and the structural project. This work sought to collect information on assertive ways of performing a pre-dimensioning of structures and on the relationship between architectural and structural conceptions to elaborate didactic and effective electronic worksheets that help the professionals of the area to perform their compatibilizations through a pre-dimensioning effective. In this way, it was possible to do case studies with architecture plants of different functionalities to test the use of the worksheets in different occasions.

Keywords: Pre-dimensioning. Concrete structures. Structural arrangement. Architectural project. Structural project

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da concepção do projeto arquitetônico, interação com o projeto estrutural e o seu pré-dimensionamento	20
Figura 2 – Fluxo de cargas em uma estrutura.....	22
Figura 3 – Etapas do projeto estrutural, interação com a concepção arquitetônica e o seu pré-dimensionamento.....	23
Figura 4 – Alocação de vigas com lajes de diferentes vãos.	27
Figura 5 – Viga Normal, semi-invertida, invertida.	28
Figura 6 – Alocação de vigas com lajes de diferentes vãos.	29
Figura 7 – Relações econômicas de vãos de viga em balanço.	29
Figura 8 – Exemplo de pilares no mesmo eixo.	30
Figura 9 – Laje maciça de concreto armada em duas direções.	31
Figura 10 – Laje maciça de concreto e suas direções.....	32
Figura 11 – Laje nervurada bidirecional.....	32
Figura 12 – Cubetas de laje nervurada bidirecional.	33
Figura 13 – Laje nervurada unidirecional.....	33
Figura 14 – Seção de uma laje nervurada.....	34
Figura 15 – Seção Transversal da Laje.....	37
Figura 16 – Dimensões de uma viga.	38
Figura 17 – Forma de viga de concreto armado	38
Figura 18 – Exemplo de viga contínua com 3 tramos.	39
Figura 19 – Exemplo de comprimento maior na extremidade e na região central.....	41
Figura 20 – Áreas de influência de pilares.	45
Figura 21 – Metodologia.	46
Figura 22 – Planta do pavimento tipo do Edifício 1.....	50
Figura 23 – Planta do pavimento tipo do Edifício 2.....	51
Figura 24 – Planta do pavimento tipo do Edifício 3.....	52
Figura 25 – Abas da planilha.....	53
Figura 26 – Legenda das planilhas	53
Figura 27 – Tutorial de como inserir dados da planilha de pilares (Exemplo).	53
Figura 28 – Planilha de pré-dimensionamento de lajes maciças.	54
Figura 29 – Exemplo de dimensão Lx e Ly.	55

Figura 30 – Lista de opções para tipo de lajes maciças.....	55
Figura 31 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de lajes maciças.....	56
Figura 32 – Planilha de pré-dimensionamento de lajes nervuradas.....	56
Figura 33 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de lajes nervuradas.....	57
Figura 34 – Planilha de pré-dimensionamento de vigas.....	58
Figura 35 – Exemplo de forma para inserir dados na planilha.....	59
Figura 36 – Enumeração de tramos da viga V1.....	59
Figura 37 – Quantidade de tramos.....	60
Figura 38 – Comprimento dos tramos.....	60
Figura 39 – Apoiar outras vigas.....	60
Figura 40 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de vigas (1).....	61
Figura 41 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de vigas (2).....	61
Figura 42 – Planilha de pré-dimensionamento de pilares.....	62
Figura 43 – Quadro de informações gerais para pilares.....	62
Figura 44 – Especificação da laje.....	63
Figura 45 – Material da telha.....	63
Figura 46 – Formato da seção do pilar.....	63
Figura 47 – Tipo do pilar quanto a sua localização.....	64
Figura 48 – Fck.....	64
Figura 49 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de pilares (1).....	64
Figura 50 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de pilares (2).....	65
Figura 51 – Planilha resumo do pré-dimensionamento.....	65
Figura 52 – Quadro com opções de padronização de seções e tipo de laje.....	66
Figura 53 – Padronização de lajes.....	66
Figura 54 – Padronização de vigas.....	66
Figura 55 – Padronização de pilares.....	67
Figura 56 – Arranjo estrutural do Edifício 1.....	67
Figura 57 – Quadro de informações gerais dos pilares do Edifício 1.....	68
Figura 58 – Padronização de seções Edifício 1.....	69
Figura 59 – Planta de forma do Edifício 1.....	70
Figura 60 – Arranjo estrutural do Edifício 2.....	71
Figura 61 – Quadro de informações gerais dos pilares do Edifício 2.....	73
Figura 62 – Padronização de seções Edifício 2.....	73
Figura 63 – Planta de forma do Edifício 2.....	74

Figura 64 – Arranjo estrutural do Edifício 3.	75
Figura 65 – Quadro de informações gerais dos pilares do Edifício 3.....	77
Figura 66 – Padronização de seções Edifício 1	78
Figura 67 – Planta de forma do Edifício 3.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre os tipos de carga e o ambiente a ser construído.....	36
Tabela 2 – Classificação para as condições de apoio.	36
Tabela 3 – Fórmulas de pré-dimensionamento usando Método do Vão Ponderado.	40
Tabela 4 – Coeficiente adicional para pilares menos que 19 cm.....	42
Tabela 5 – Valores para coeficientes e correção.	42
Tabela 6 – Tensão ideal de cálculo.....	43
Tabela 7 – Resultados do pré-dimensionamento de lajes do Edifício 1	68
Tabela 8 – Resultados do pré-dimensionamento de vigas do Edifício 1.....	68
Tabela 9 – Resultados do pré-dimensionamento de pilares do Edifício 1.....	69
Tabela 10 – Seções dos elementos estruturais do Edifício 1.....	70
Tabela 11 – Resultados do pré-dimensionamento de lajes do Edifício 2.....	72
Tabela 12 – Resultados do pré-dimensionamento de vigas do Edifício 2.....	72
Tabela 13 – Resultados do pré-dimensionamento de pilares do Edifício 2.....	73
Tabela 14 – Seções dos elementos estruturais do Edifício 2.....	74
Tabela 15 – Resultados do pré-dimensionamento de lajes do Edifício 3.....	76
Tabela 16 – Resultados do pré-dimensionamento de vigas do Edifício 3.....	77
Tabela 17 – Resultados do pré-dimensionamento de pilares do Edifício 3.....	78
Tabela 18 – Seções dos elementos estruturais do Edifício 3.....	79

SUMÁRIO

1 INTRUDUÇÃO.....	13
2 PROBLEMA DE PESQUISA E QUESTÕES MOTIVADORAS	15
2.1 Problema de Pesquisa	15
2.2 Questões Motivadoras.....	15
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
4.1 Estruturas e suas concepções	17
4.2 Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura no Brasil	18
4.3 Pré-dimensionamento de estruturas de concreto	20
4.3.1 Concepções iniciais.....	20
4.3.2 Arranjo estrutural	24
4.3.3 Pré-dimensionamento de lajes.....	31
4.3.3 Pré-dimensionamento de vigas	38
4.3.4 Pré-dimensionamento de Pilares	41
5 METODOLOGIA.....	46
5.1 Considerações utilizadas nas planilhas de pré-dimensionamento	47
5.1.1 Considerações Gerais	47
5.1.2 Lajes	47
5.1.3 Vigas	48
5.1.4 Pilares.....	48
5.2 Estudos de caso.....	49
5.2.1 Edifício 1	50
5.2.2 Edifício 2.....	51
5.2.3 Edifício 3.....	52

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
6.1 Planilhas de pré-dimensionamento de estruturas de concreto	53
6.1.1 Planilha de pré-dimensionamento de lajes maciças	54
6.1.2 Planilha de pré-dimensionamento de lajes nervuradas	56
6.1.3 Planilha de pré-dimensionamento de vigas.....	58
6.1.4 Planilha de pré-dimensionamento de pilares.....	62
6.1.5 Planilha resumo do pré-dimensionamento	65
6.2 Estudos de Caso	67
6.2.1 Edifício 1	67
6.2.2 Edifício 2.....	71
6.2.3 Edifício 3.....	75
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
8 REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – RESUMO DAS FÓRMULAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO UTILIZADAS NAS PLANILHAS	84
ANEXO A – CATÁLOGOS DE FORMAS DE LAJES NERVURADAS (IMPACTO PROTENSÃO E ATEX)	86

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da construção civil, para que uma edificação seja construída com eficiência, são necessárias adequadas compatibilizações entre os diversos projetos que são frequentemente elaborados por profissionais de diferentes especialidades. Uma delas ocorre entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural. O arquiteto, ao projetar, aloca e pré-dimensiona a estrutura no *layout* da edificação proporcionando ao engenheiro civil um ponto de partida para verificar e dimensionar aspectos mais técnicos sobre a estrutura do edifício. Para Rebello (2001), é um dogma a ideia de que o engenheiro é quem concebe a estrutura. Apesar deste profissional estudar todas as fórmulas capazes de resolver os sistemas estruturais, a concepção da estrutura é anterior à sua quantificação, ou seja, ao seu dimensionamento.

A estrutura limita as possibilidades de uma concepção arquitetônica, pois ela influencia diretamente no tamanho dos vãos, na divisão dos cômodos, como no tamanho de um quarto ou de uma sala. Segundo Sousa Junior (2014), o projeto arquitetônico e o projeto estrutural devem ser realizados sobrepostos para ser possível observar se a estética e a sustentação do edifício serão interferidas pelos demais elementos do projeto. Ao receber o projeto arquitetônico, o engenheiro civil avalia o que foi feito pelo arquiteto e, caso existam interferências, juntos buscam definir alterações no arranjo estrutural que busquem readequação entre os dois projetos. Esse processo, dependendo da assertividade inicial, pode ocasionar retrabalho, podendo permear em dificuldades na elaboração de outros projetos como sanitário, hidráulico, elétrico e ar condicionado, sendo necessário investir bastante tempo para a ocorrência de uma adequação mais assertiva.

Apesar de, durante a graduação, existirem disciplinas que abordem o pré-dimensionamento estrutural na Arquitetura, esse assunto envolve métodos e definições mais comuns na Engenharia Civil, os quais, em muitos casos, não assimilados pelos estudantes de Arquitetura por não serem abordados de forma adequada. Desse modo, é comum a utilização de métodos que envolvam ábacos e facilitem a obtenção dos dados referentes ao pré-dimensionamento. Segundo Saramago (2011), existem carências na graduação sobre o desenvolvimento do raciocínio estrutural do arquiteto por meio de lacunas de sua formação que podem comprometer o seu adequado desempenho profissional. Ainda se percebe a necessidade de maneiras alternativas que facilitem e otimizem esse processo, servindo como suporte para o trabalho do arquiteto.

O material utilizado para construir a edificação pode mudar completamente a distribuição dos elementos estruturais. O uso de algum material específico pode ser viabilizado dependendo dos seus custos que são influenciados principalmente pela facilidade de obtenção no local em que a edificação será construída. Este estudo abrange a elaboração de planilhas de pré-dimensionamento de estruturas de concreto, um dos materiais mais tradicionais na construção civil, apresentando estudos de casos que exemplifiquem o método.

2 PROBLEMA DE PESQUISA E QUESTÕES MOTIVADORAS

2.1 Problema de Pesquisa

O problema consiste no fato de a compatibilização entre os projetos arquitetônicos e estruturais ainda ser uma dificuldade bastante comum na construção civil, além de ser responsável por um retrabalho que demanda bastante tempo.

Ademais, o ensino de estruturas nas escolas de arquitetura ainda se demonstra bastante carente. Os estudantes não conseguem correlacionar, de forma tão clara, as concepções qualitativas do pré-dimensionamento da estrutura e sua integração com a elaboração do projeto, sendo fatores relevantes para uma compatibilização assertiva.

2.2 Questões Motivadoras

A seguir serão citadas algumas questões que motivaram a realização deste estudo:

- a) Como tornar o pré-dimensionamento de estruturas na concepção arquitetônica um processo simples, porém assertivo?
- b) Como tornar esse procedimento mais didático e otimizado para facilitar o entendimento de arquitetos e estudantes de arquitetura?

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O trabalho teve como objetivo geral desenvolver uma metodologia de pré-dimensionamento de estruturas de concreto que facilite o uso por estudantes, arquitetos e engenheiros.

3.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, deve-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar fórmulas de pré-dimensionamento de estruturas revisando a bibliografia existente;
- b) Elaborar uma planilha que facilite o cálculo de pré-dimensionamento;
- c) Elaborar um guia que facilite a utilização da planilha elaborada neste trabalho;
- d) Validar a metodologia elaborada com estudos de caso;
- e) Disponibilizar o material elaborado para estudantes, arquitetos e engenheiros.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Estruturas e suas concepções

As estruturas estão completamente ligadas a componentes responsáveis pela sustentação. Elas podem ser associadas a diversas formas, como na estrutura de uma cidade, de um texto ou até mesmo de uma música. Na construção civil, as estruturas são os pilares, as vigas e as lajes, os quais são responsáveis por sustentar um edifício.

De acordo com a necessidade de uma estrutura, vê-se comumente profissionais indagando-se sobre qual é a melhor solução estrutural e como os elementos estruturais devem se interligar para garantir essa solução perfeita. Segundo Rebello (2001), a melhor estrutura na verdade não existe, a solução depende da necessidade da construção da edificação, seja ela estética, econômica ou por velocidade de construção. Ele afirma também que a pior solução é aquela que apresenta o maior desencontro entre os objetivos do projeto de arquitetura e o projeto de estrutura. Isso é bastante condizente com o fato de que esses projetos são elaborados por diferentes profissionais que normalmente buscam diferentes focos. O Arquiteto visa mais a estética, a funcionalidade e a comodidade do ambiente, enquanto o Engenheiro Civil busca garantir que essa edificação esteja dimensionada em conformidade com normas de segurança e não cause riscos para o usuário.

De acordo com Corrêa (2001), a integração geométrica entre os dois projetos ocorre na concordância do estudo de viabilidade de estrutura e do estudo preliminar da arquitetura. Nesse momento é quando a estrutura de pavimentos é lançada e ocorre a busca de uma solução que correlacione o fator econômico com as necessidades de forma e estética da edificação. Como é o Arquiteto quem concebe a estrutura, enquanto o Engenheiro Civil a dimensiona, é fundamental que os profissionais envolvidos nos projetos estejam em contato desde a elaboração do projeto arquitetônico, para evitar possíveis problemas de compatibilização.

4.2 Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura no Brasil

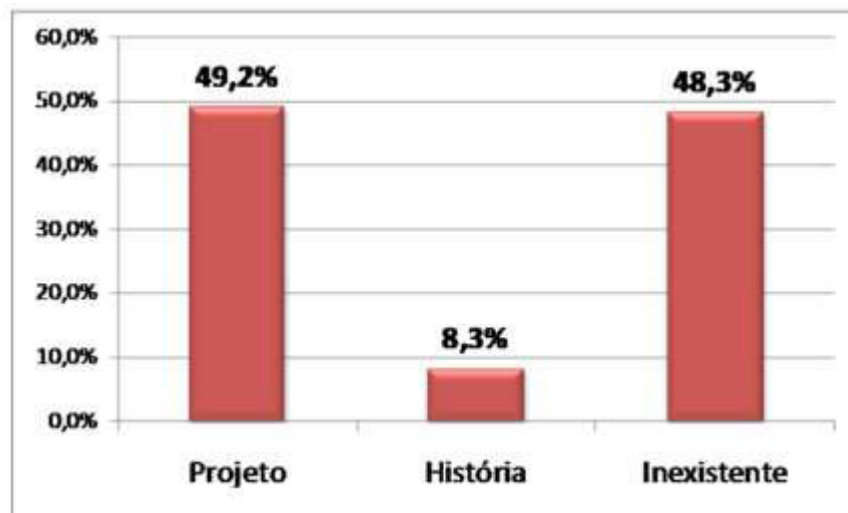
O pré-dimensionamento feito pelo arquiteto é o ponto de partida para o projeto estrutural. No entanto, o ensino desse assunto associado a elaboração de um projeto estrutural, não é um tópico abordado na maioria das escolas de arquitetura do Brasil.

Saramago (2011) cita em seu relatório um questionário em que 154 instituições nacionais responderam algumas perguntas sobre o ensino de estruturas na arquitetura, duas dessas perguntas estão apresentadas a seguir:

1. Há integração entre as disciplinas de Estruturas e as cadeiras de Projeto e História? Se a resposta for positiva, como ocorre tal integração?
2. Existe alguma disciplina que enfoque o Comportamento Estrutural de um ponto de vista qualitativo? De que forma isso é feito?

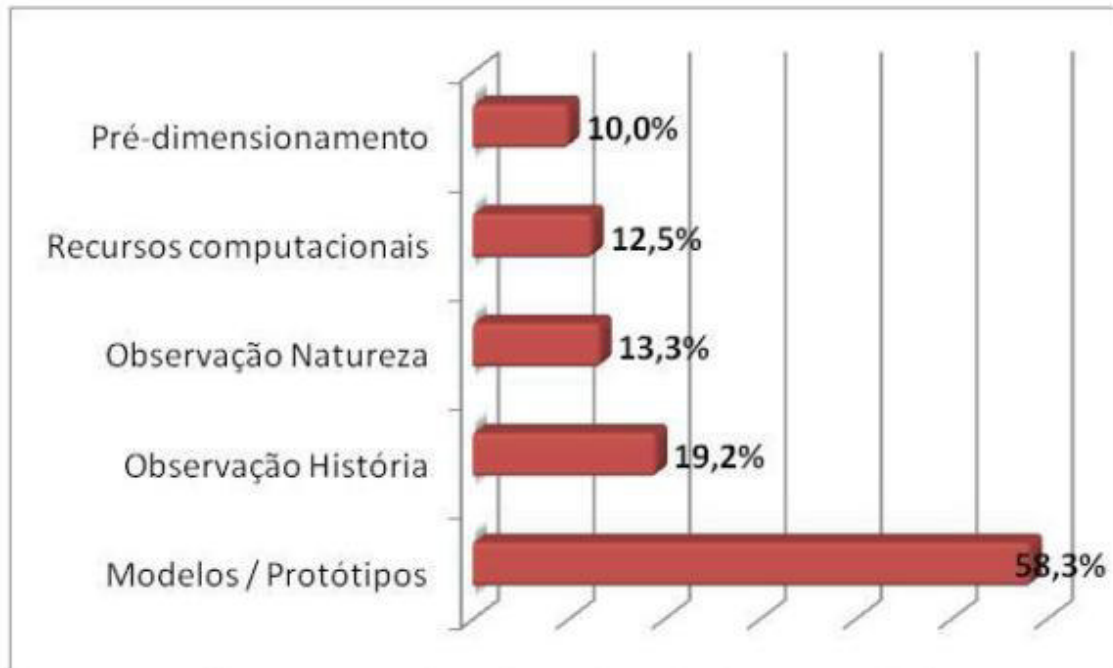
As respostas dessa pergunta, estão apresentadas respectivamente no Gráfico 1 e no Gráfico 2.

Gráfico 1 – Integração entre disciplinas de Estruturas, Projeto e História.



Fonte: Saramago (2011).

Gráfico 2 – Forma de enfoque do conhecimento qualitativo.



Fonte: Saramago (2011).

A partir dos gráficos, verifica-se que o percentual de universidades que associam a concepção estrutural com o projeto arquitetônico é um pouco menos que a metade. Também se pode verificar que apenas 10% das universidades estudam o pré-dimensionamento com enfoque qualitativo.

Nessa perspectiva, pode-se perceber o déficit que ocorre na formação de arquitetos em relação ao embasamento teórico necessário para realizar um pré-dimensionamento assertivo.

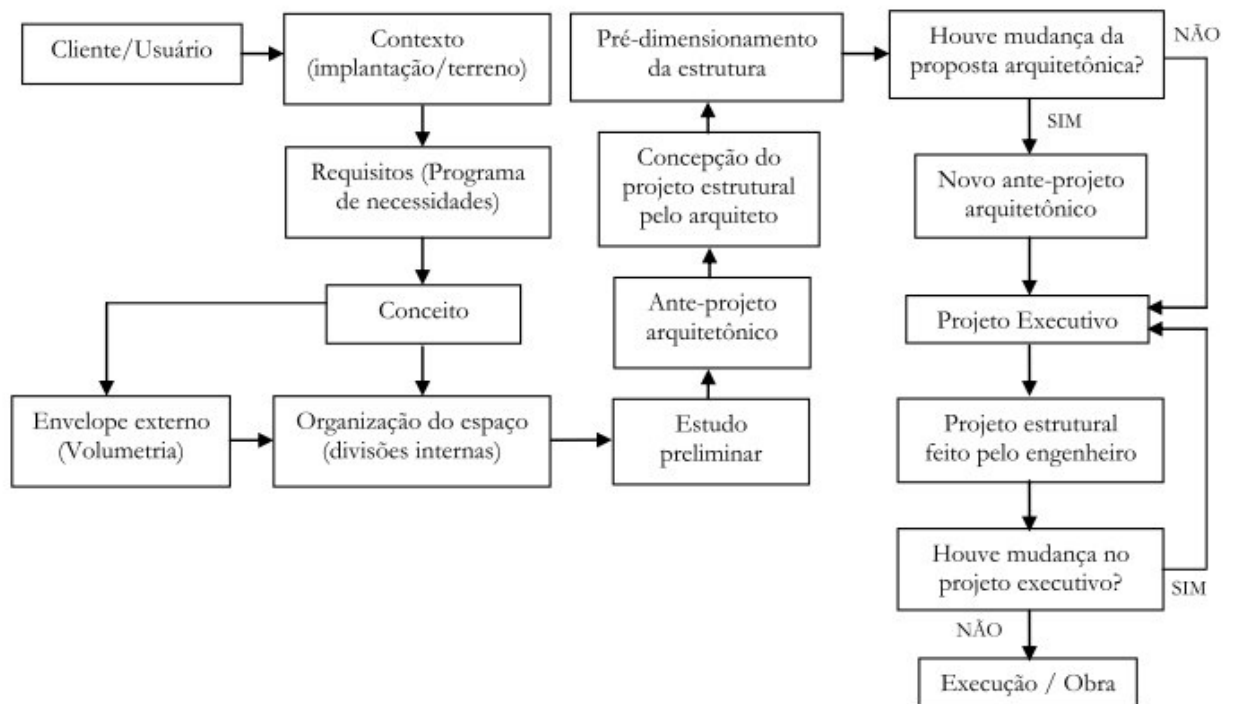
Segundo pesquisa de Saramago (2011), existem carências na graduação sobre o desenvolvimento do raciocínio estrutural do arquiteto por meio de lacunas de sua formação que podem comprometer o seu adequado desempenho profissional.

4.3 Pré-dimensionamento de estruturas de concreto

4.3.1 Concepções iniciais

O procedimento de pré-dimensionamento de estrutura e a interação com o projeto estrutural ocorre por meio de algumas etapas, as quais foram apresentadas por Melo (2013), presentes na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da concepção do projeto arquitetônico, interação com o projeto estrutural e o seu pré-dimensionamento



Fonte: Melo (2013).

Estas etapas são guiadas pela NBR 05679 – Elaboração de projetos de obras de Engenharia e Arquitetura (ABNT, 1995a). Na etapa de estudo preliminar são apresentadas ao cliente previamente algumas das decisões estipuladas pelo arquiteto para o ambiente em questão, o qual caso aprove irá para a fase de anteprojeto. Nessa etapa são realizadas as plantas baixas, de situação, de cobertura e de fachada, sendo a fase de início para pensar na concepção do projeto estrutural pelo o arquiteto, a qual precede o pré-dimensionamento. Nessa concepção

é fundamental a atuação em conjunto com o Engenheiro Civil que irá realizar o projeto estrutural.

No pré-dimensionamento, a obtenção da seção dos componentes que compõem a estrutura é feita a partir do arranjo estrutural concebido, do comportamento estrutural de cada peça e das exigências normativas. Neste contexto, diversos parâmetros influenciam o resultado: material utilizado, vãos das peças, carregamento, condições de apoio, atendimento às condições de resistência, de estabilidade e de deformação/deslocamentos (MELO, 2013).

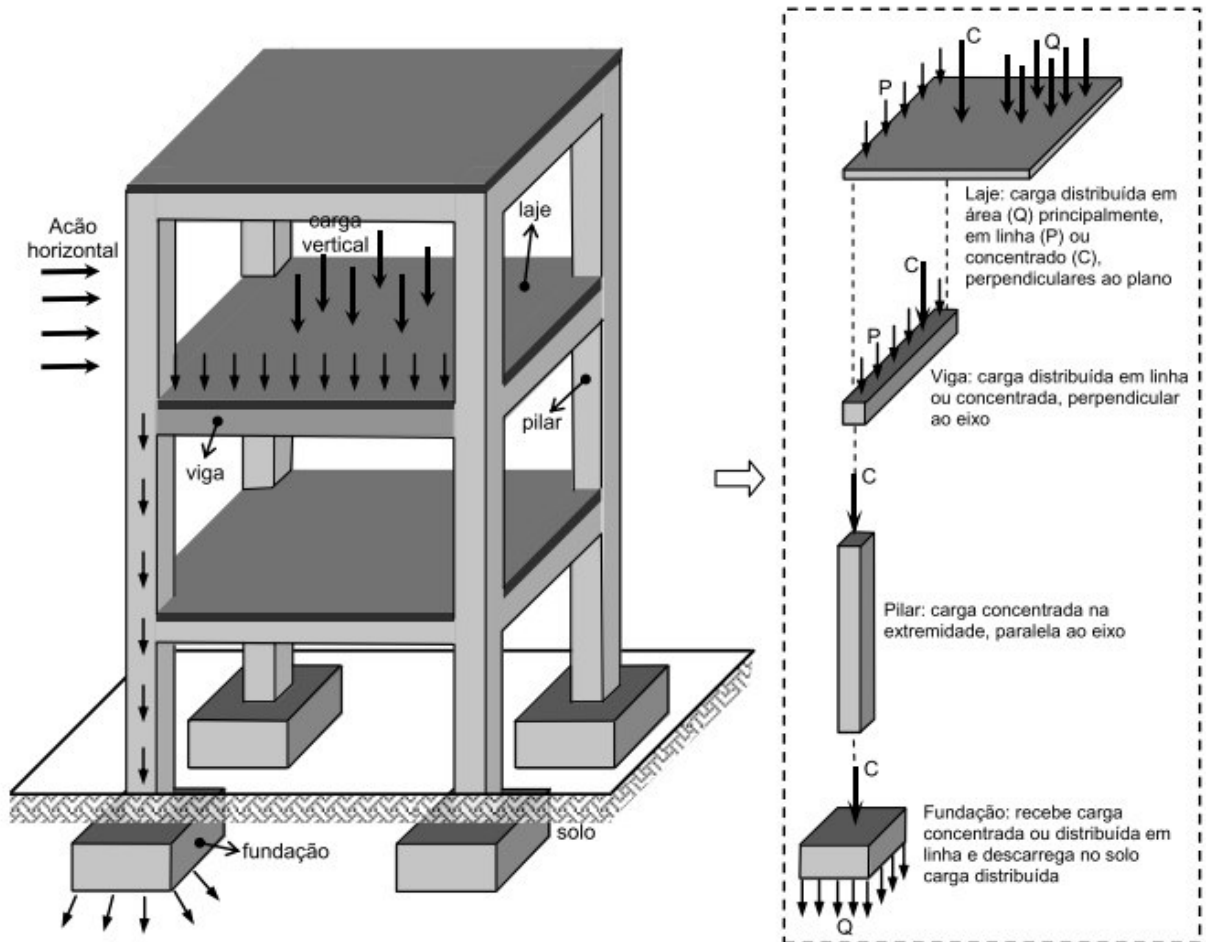
O pré-dimensionamento de estruturas na literatura é apresentado por simplificações a partir de ábacos em que o profissional pode mensurar um valor para a dimensão dos elementos estruturais básicos (lajes, vigas e pilares) dentro de uma faixa admissível de pré-dimensionamento, mas sem tanta precisão. Segundo Melo (2013), é possível apresentar fórmulas que garantam uma maior precisão por parte de estudantes de arquitetura e profissionais de arquitetura, sendo fundamentais para o objeto de estudo deste trabalho.

Segundo Fusco (1976), a superestrutura de uma edificação divide-se em três categorias, conforme a responsabilidade e finalidade na segurança global:

- Estrutura terciária: Composta pelas lajes, as quais resistem diretamente aos esforços distribuídos na superfície.
- Estrutura secundária: Composta pelas vigas, as quais recebem cargas diretas ou somente cargas provenientes da estrutura terciária.
- Estrutura primária: Composta por pilares, responsáveis pela resistência global da construção. Recebem cargas provenientes da estrutura secundária e as transferem para as fundações da edificação.

Deste modo, pode-se verificar o fluxo das ações do carregamento sobre os elementos estruturais como sendo: laje → viga → pilar → fundação (Figura 2)

Figura 2 – Fluxo de cargas em uma estrutura.



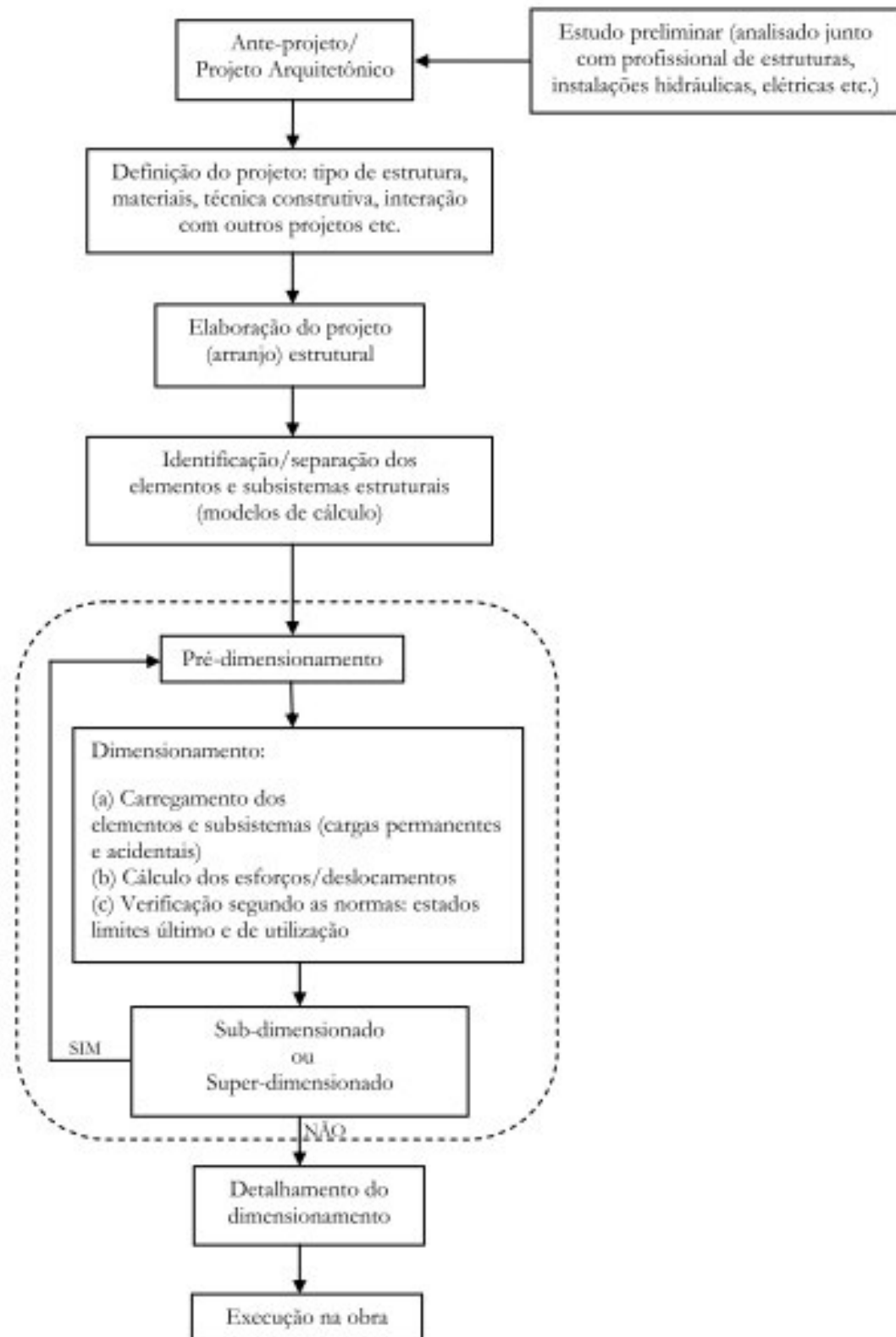
Fonte: Melo (2013).

Atualmente, por meio da ABNT NBR 6118 2014, pode-se verificar as seguintes etapas na sequência de cálculo estrutural:

- (1) Separação de elementos estruturais (pilares, lajes, vigas etc.);
- (2) Carregamentos atuantes na peça (permanentes e acidentais);
- (3) Cálculo dos esforços (por meio da Teoria das Estruturas);
- (4) Dimensionamento (dimensões das seções transversais);
- (5) Detalhamento (desenho de cada peça para execução);

De acordo com essas etapas, pode-se perceber na Figura 3, como o pré-dimensionamento ocorre e interage entre o projeto estrutural e as concepções arquitetônicas.

Figura 3 – Etapas do projeto estrutural, interação com a concepção arquitetônica e o seu pré-dimensionamento.



Um pré-dimensionamento assertivo torna a possibilidade de um dimensionamento subdimensionado ou superdimensionado um evento mais raro.

A partir da literatura, alguns fatores que correlacionam estrutura e construção devem ser analisados (FUSCO, 1976):

- Tipo da construção: Qual o uso será dado para a edificação (hospitalar, residencial, comercial) e qual o padrão da construção (luxo, popular, etc);
- Meio externo: Quais são os agentes agressivos e atmosféricos que podem atuar na edificação. Isso influi no tipo da estrutura;
- Materiais a serem utilizados: Os materiais que serão utilizados na estrutura, como os elementos de vedação e estéticos da edificação;
- Elementos estruturais: é necessário definir quais são os elementos participantes da estrutura portante, ou seja, quais são as partes resistentes e as partes não resistentes da construção;
- Método construtivo e custo: a técnica construtiva a ser utilizada tem relação com a mão-de-obra disponível na região, com o tempo de construção etc. O custo da estrutura tem relação com a padronização e reaproveitamento das fôrmas, por exemplo. A estrutura convencional pode representar mais de 20% do custo total da construção;
- Aspectos arquitetônicos e estéticos: o projeto arquitetônico é determinante na escolha da geometria da estrutura. Existem, por exemplo, peças estruturais revestidas e aparentes; peças que não podem ultrapassar determinadas dimensões etc.

Esses aspectos são determinantes no dimensionamento da estrutura e devem ser considerados no pré-dimensionamento e no dimensionamento das estruturas. Eles influenciam diretamente na resistência e conseqüentemente no cálculo da seção transversal dos elementos estruturais.

4.3.2 Arranjo estrutural

O arranjo estrutural é elaborado após a escolha do material que será utilizada na estrutura, uma decisão que deve considerar os métodos construtivos e as interações com os outros projetos (elétrico, hidrossanitário, ar condicionado, etc). O arranjo estrutural é o passo que antecede a etapa de pré-dimensionamento e é quando se define onde ficarão as lajes, os

pilares e as vigas. Para isso, existe uma série de recomendações tanto pela ABNT NBR 6118: 2014, quanto por autores de livros e estudos que auxiliam neste processo. Vale ressaltar que algumas dessas recomendações são validas apenas pra concreto armado, objeto de estudo deste trabalho.

Segundo Rebello (2001), não existem regras definitivas e precisas para “lançamento” de estruturas, mas se pode definir critérios que funcionam como ponto de partida para a materialização dos componentes estruturais. Uma melhor solução não existe e nem sempre a primeira proposta é a melhor, mas é possível escolher aquela que melhor atenda a hierarquia de pré-requisitos proposta para o lançamento.

A partir de Rebello (2001) e Clímaco (2016) podem-se extrair algumas recomendações gerais para elaboração de arranjos estruturais:

- 1) Evitar que a resistência da estrutura dependa de um número reduzido de elementos estruturais, para que algumas dessas peças ou conjuntos não sejam excessivamente solicitadas. Além disso, a quantidade de pilares pode influenciar psicologicamente alguns usuários. São apresentados alguns estudos que indicam que pessoas tendem a se agrupar próximas a pilares, quando estão em saguões de espera de grandes espaços abertos, podendo sua escassez gerar desconforto.
- 2) Evitar o uso de peças delgadas, pois podem dificultar na disposição das armaduras e no adensamento (vibração) do concreto dentro das formas.
- 3) Evitar interligar peças delgadas com peças espessas, para evitar zonas de transição com tensões internas elevadas por causa da retração e efeitos de temperatura.
- 4) Evitar peças muito espessas, com dimensões maiores que 80 cm nas três direções, pois pode provocar o aparecimento de fissuras, precisando de maiores cuidados na concretagem.
- 5) Deve-se levar em consideração a facilidade de execução na obra, assim como as atividades de manutenção.
- 6) Deve-se buscar o menor trajeto possível dos pontos e aplicação das cargas até os apoios externos (fundações). Desse modo, o eixo dos pilares deve, sempre que possível, coincidir com o eixo das vigas para menor trajeto de cargas e evitar excentricidades iniciais da força normal (vertical) nos pilares.

No caso do arranjo estrutural, após definir uma hierarquia de pré-requisitos baseado nas necessidades do usuário, da arquitetura e de outros projetos, é natural que alguns profissionais

comecem pela alocação dos pilares enquanto outros pela alocação das vigas. No entanto, segundo Clímaco (2016), é necessário que os arranjos de vigas e pilares sejam tratados simultaneamente, pois são interdependentes. A disposição dos pilares condiciona as vigas e vice-versa.

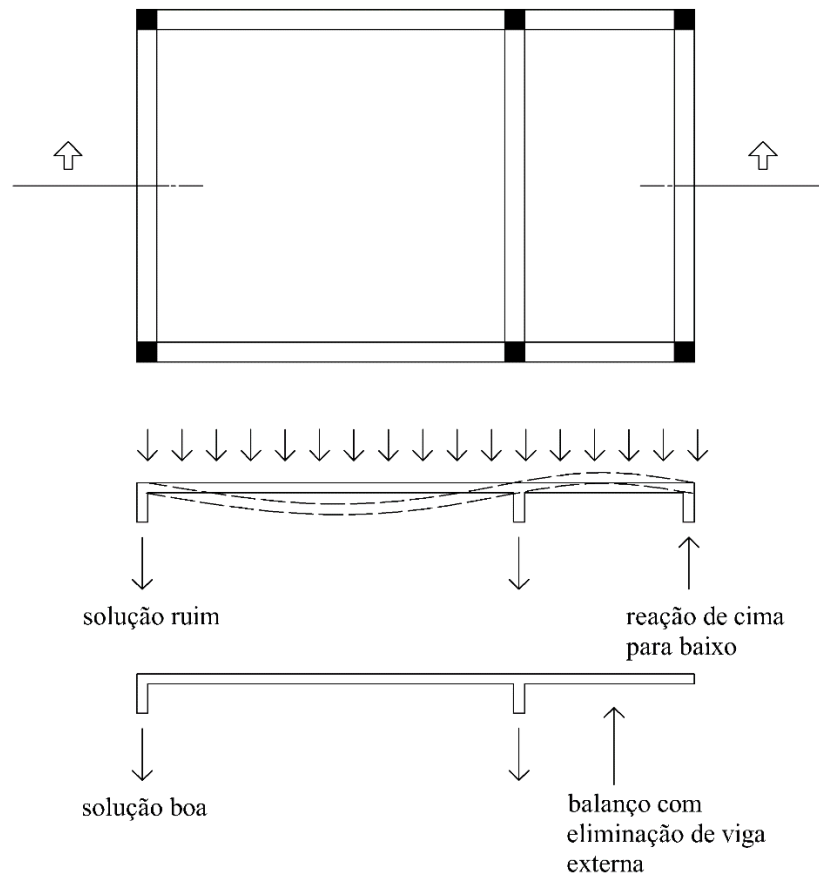
Sugere-se que a escolha da estrutura do edifício comece pelo pavimento-tipo, o qual é repetido várias vezes em um projeto de múltiplos andares. Isso ocorre porque facilita a visualização da estrutura de pilares tanto nos andares inferiores quanto nos andares superiores. A partir disso, devem ser considerados os possíveis locais para pilares que satisfaçam todos os pavimentos (estacionamentos, pilotis, lojas, pavimentos-tipo, subsolos, etc) para que não dificultem as disposições de vagas para carro e não interfiram nas arquiteturas de outros pavimentos.

No entanto, caso não exista solução considerando a posição dos pilares mantida em todos pavimentos, é possível mudar a posição dos pilares com vigamentos que ofereçam suporte conveniente aos pilares situados acima, funcionando como uma estrutura de transição. Essa solução não é muito recomendada, pois ela pode encarecer a estrutura, mas é considerada opção viável em alguns empreendimentos.

Algumas recomendações no lançamento de pilares e vigas podem ser apresentadas a partir de Rebello (2001) e Clímaco (2016):

- **Vigas**
 - a) As vigas devem ser lançadas de forma que as lajes resultem em dimensões da mesma ordem de grandeza. Lajes de diferentes vãos podem ocasionar dois inconvenientes. O primeiro é ocasionar em lajes de espessuras diferentes, dificultando o processo construtivo. O outro inconveniente pode ser verificado na Figura 4.

Figura 4 – Alocação de vigas com lajes de diferentes vãos.



Fonte: Adaptado de Rebello (2001).

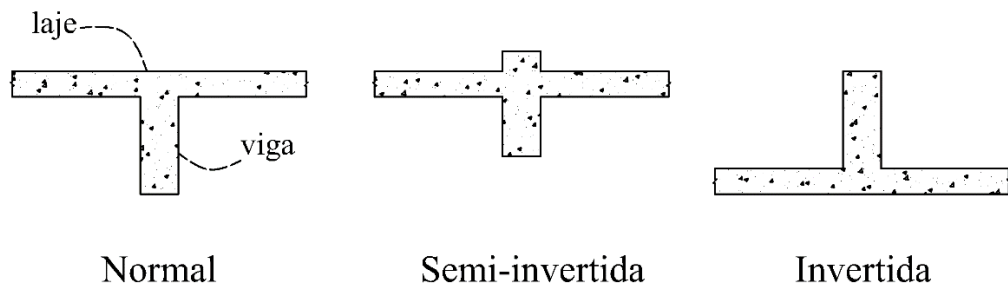
Como pode ser visto na Figura 4, no caso de lajes com vãos diferentes, por influência do vão maior, o vão menor fica submetido apenas a momentos fletores negativos, causando um apoio com reação de força para cima. Desse modo, a eliminação da viga extrema, deixando a viga menor em balanço, se torna uma solução mais eficiente. No entanto, só deve ser uma opção quando não for possível formação de lajes com vãos de mesma ordem de grandeza. Consideram-se vãos de lajes econômicas em valores menores e próximos a 6 m.

- b) Recomenda-se que as vigas sejam colocadas sob as alvenarias, pois as vigas possuem mais rigidez que a laje, devido a sua maior espessura, sofrendo deformações menores pela carga da alvenaria, evitando trincas. Quando não for possível atender esse critério, ou em casos que os cômodos têm dimensões muito pequenas, pode-se considerar a

alocação da alvenaria diretamente na laje, em uma distância até o bordo da laje de até $\frac{1}{4}$ do seu vão.

- c) Sempre que a viga interferir esteticamente no espaço onde está inserida, pode-se invertê-la, ou seja, colocar a laje na face inferior da viga. A viga invertida apresenta o mesmo comportamento da viga normal, não necessitando de tratamento especial. A Figura 5 apresenta visualmente essa ligação entre a viga e a laje:

Figura 5 – Viga Normal, semi-invertida, invertida.

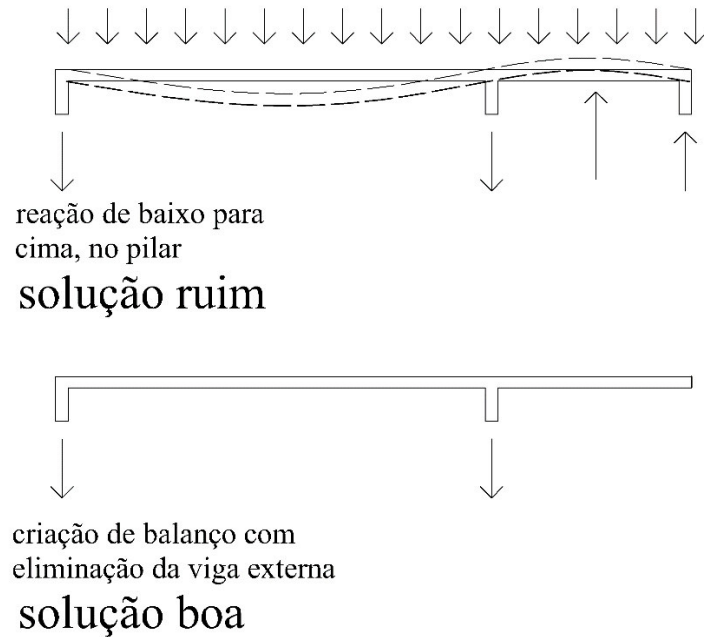


Fonte: <https://www.meiacolher.com/2017/05/viga-invertida-o-que-e-funcao-como.html>.

• Pilares

- a) Indica-se apropriado que as vigas tenham vãos entre 3 e 8 metros, sendo que se mostra que os espaçamentos econômicos se encontram entre 4 e 6 metros para obras de médio e pequeno porte, inclusive edifícios altos.
- b) Os pilares devem ser locados para que os vãos das vigas sejam da mesma ordem de grandeza. Diferenças de até 20% entre os comprimentos dos vãos das vigas ainda são econômicas
- c) Quando os vãos das vigas entre os pilares são muito diferentes, pode ocorrer uma situação semelhante a apresentada na Figura 4, sendo preferível o trecho de vão menor em balanço (Figura 6).

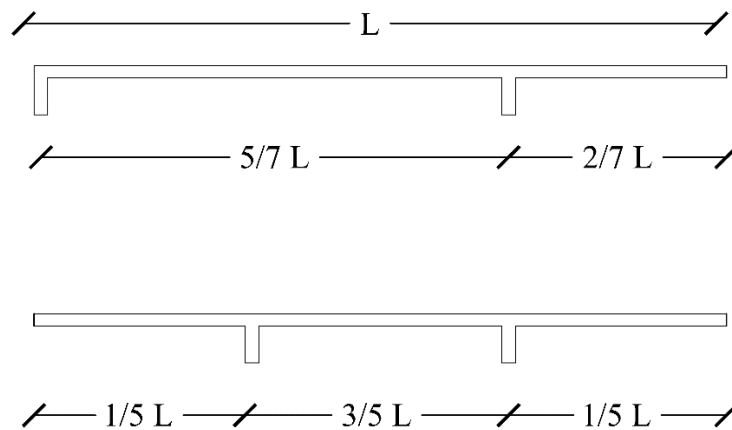
Figura 6 – Alocação de vigas com lajes de diferentes vãos.



Fonte: Adaptado de Rebello (2001).

- d) Sempre que houver balanços, os pilares devem ser locados de forma que sejam criados balanços que aliviem a região central. Na Figura 7, apresenta relações econômicas para quando carregadas por cargas uniformes.

Figura 7 – Relações econômicas de vãos de viga em balanço.



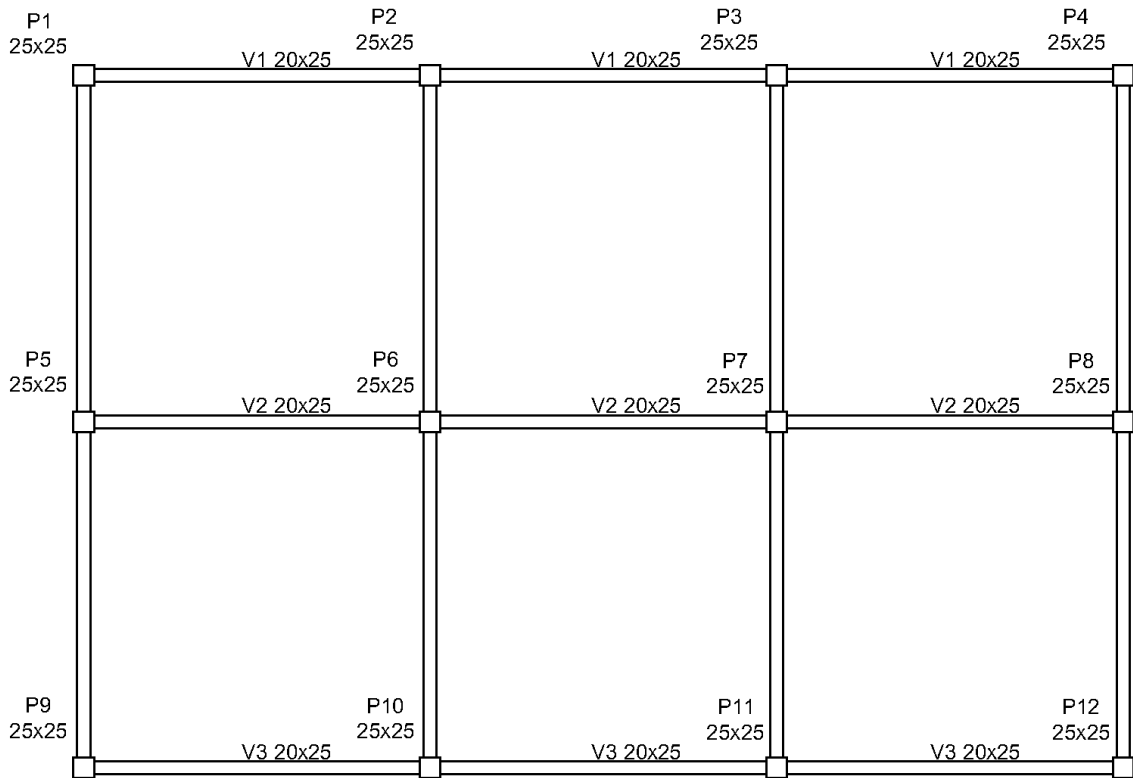
Fonte: Adaptado de Rebello (2001).

- e) Sempre que for possível, devem ser alocados pilares no encontro das vigas, evitando que existam vigas apoiadas em vigas. Nessa última situação há um aumento na

solicitação das vigas que funcionam como apoio devido ao aumento do momento fletor causado pela carga pontual.

- f) Os pilares devem ao máximo serem alocados nos mesmos eixos para facilitar a locação em obra. (Figura 8)

Figura 8 – Exemplo de pilares no mesmo eixo.



Fonte: Autor.

Após elaborado o arranjo estrutural, é feito o pré-dimensionamento da estrutura, o qual é fundamental para ter uma noção das dimensões dos elementos estruturais e qual é o seu relacionamento com os espaços arquitetônicos. A padronização das dimensões das seções transversais tanto de vigas como pilares, bem como repetição de vãos de vigas e lajes simplifica o cálculo estrutural, geram economia nas formas/escoramentos e maior rapidez na execução.

Pelo motivo exposto, recomenda-se evitar grande variedade nas dimensões dos elementos estruturais. Considerar até três diferentes dimensões para vigas e pilares é um número bem razoável. Isso torna conveniente que vigas internas tenham a mesma espessura que vigas externas.

4.3.3 Pré-dimensionamento de lajes

Antes de ser feito o pré-dimensionamento de uma laje de concreto, é importante realizar a escolha de qual tipo de laje será utilizada. Os principais tipos de lajes existentes são:

- Laje maciça
- Laje nervurada
- Laje lisa
- Laje cogumelo
- Laje treliçada
- Laje protendida

Neste estudo, será abordado apenas a laje maciça e a laje nervurada.

▪ Laje maciça

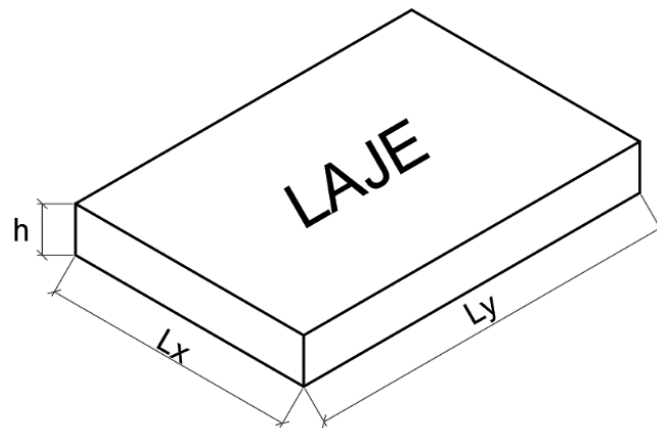
É uma laje em que todo seu volume é preenchido por concreto, podendo ser armada com aço em uma direção ou duas direções (Figura 9). Geralmente é a solução mais utilizada para projetos de vãos menores, como casas e alguns edifícios. Normalmente são concretadas em formas de madeira ou de plasterits (placa plástica lisa para executar lajes maciças).

Figura 9 – Laje maciça de concreto armada em duas direções.



Fonte: <https://www.meiacolher.com/2018/06/espessura-minima-de-lajes-macica.html>, acesso Agosto, 2018.

Figura 10 – Laje maciça de concreto e suas direções.



Fonte: Autor.

Na Figura 10 são apresentadas as dimensões de uma laje maciça. Sendo h : espessura; L_x : comprimento do menor vão; L_y : comprimento do maior vão.

▪ Laje nervurada

Buscando uma economia de concreto, devido a sua alta resistência a compressão, comparada a sua resistência a tração, esta solução busca utilizar menos concreto no fundo da laje, apresentando nervuras quando vista por baixo (Figura 11). Esta laje é comumente utilizada em prédios e é uma técnica difundida no mercado nacional nos últimos anos.

Figura 11 – Laje nervurada bidirecional.



Fonte: <http://impactoprotensao.com.br/>, acesso em setembro/2018.

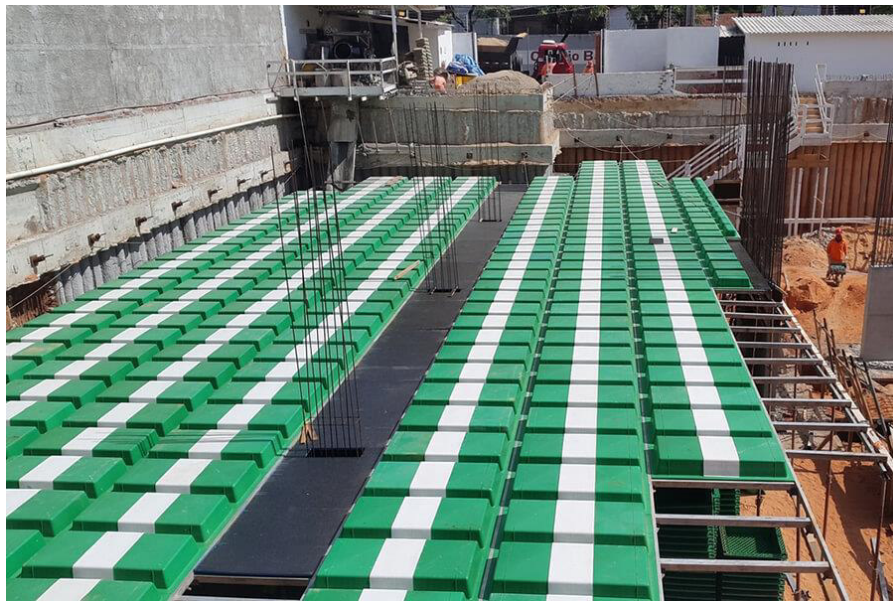
Para sua execução, são utilizadas caixas plásticas como formas (Figura 12). No caso das lajes nervuradas unidirecionais, é colocada uma peça chamada Tapa Nervura, podendo garantir mais economia no aço e no concreto. (Figura 13).

Figura 12 – Cubetas de laje nervurada bidirecional.



Fonte: <http://impactoprotensao.com.br/>, acesso em agosto/2018.

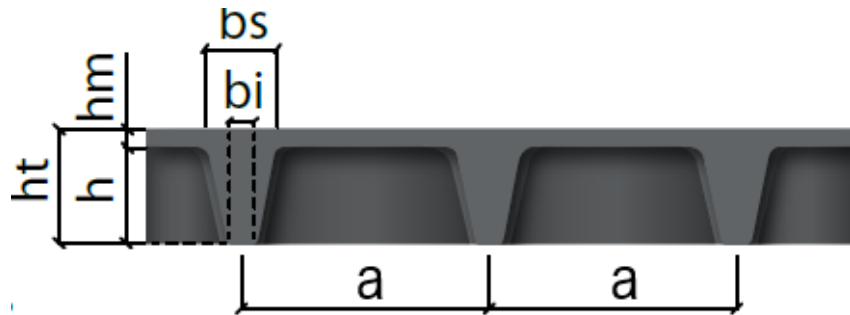
Figura 13 – Laje nervurada unidirecional.



Fonte: <http://impactoprotensao.com.br/>, acesso em agosto/2018.

Além das dimensões apresentadas na Figura 10, outras dimensões são importantes para o pré-dimensionamento de lajes nervuradas quais sejam: espaçamento entre nervuras (a); largura inferior da nervura (b_i); largura superior de nervura (b_s), altura do molde (h), altura da lâmina (h_m) e altura total (h_t). (Figura 14)

Figura 14 – Seção de uma laje nervurada.



Fonte: Adaptado do catálogo da Impacto.

▪ Pré-dimensionamento de lajes

No caso das lajes, é buscada no pré-dimensionamento uma estimativa da espessura. De acordo com a NBR 6118:2014, algumas espessuras mínimas devem ser consideradas.

Para lajes maciças os limites de espessura mínima devem ser respeitados:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;

No caso das lajes nervuradas, exige-se que a mesa tenha uma espessura mínima de 5 cm, enquanto a nervura também não pode ter espessura inferior a 5 cm. Assim, uma laje nervurada não pode ter altura total menor que 10 cm.

Di Pietro (2000) determina a espessura utilizando o comprimento do vão (L) como parâmetro de pré-dimensionamento:

- Laje maciça: $h \geq L/45$, onde L é o maior dos menores vãos (em todas as lajes do pavimento escolhem-se os menores vãos e dentre esses, adota-se o maior);
- Laje mista: $h \geq L/35$;
- Laje nervurada: $h \geq L/40$;
- Laje cogumelo: $h \geq L/35$ com capitel e $h \geq L/30$ sem capitel;

(1)

DIAS (2004) utiliza o mesmo parâmetro, mas ele também determina um limite superior para a espessura da laje:

- Laje maciça armada em duas direções: $L/50 \leq h \leq L/40$;
- Laje maciça armada em uma direção: $L/45 \leq h \leq L/30$;
- Laje nervurada em concreto armado e protendido: $L/30 \leq h \leq L/25$; (2)
- Laje lisa: $L/40 \leq h \leq L/30$;
- Laje cogumelo: $L/45 \leq h \leq L/35$.

Rabello (2007) utiliza valores diferentes baseados no vão maior (L) e no vão menor (l):

- Lajes armadas em duas direções: $h = 2\% * \frac{L+l}{2}$
- Lajes armadas em uma só direção: $h = 2\% * l$
- Lajes em balanço: $h = 4\%$ do balanço

Rabello (2007) sugere para lajes nervuradas:

- Espaçamento entre nervuras em torno de 50cm: $h = 4\%$ do vão das nervuras
- Espaçamento entre nervuras em torno de 100cm: $h = 3\%$ do vão das nervuras (3)

Sendo considerado o vão como o vão médio entre a largura e o comprimento da laje.

Para os métodos apresentados que possuem intervalo, são utilizadas tabelas para considerar diferentes espessuras para lajes com diferentes tipos carga (Tabela 1) e condições de apoio (Tabela 2), sugeridos por Rabello (2007).

Tabela 1 – Relação entre os tipos de carga e o ambiente a ser construído.

Cargas	Local	Valores de carga (kN/m²)
Pequenas	Sala de leitura; Corredores sem ao acesso público; Depósitos; Edifícios residenciais; Escada sem acesso ao público; Escolas; Escritórios; Dormitórios, sala de cirurgia, raio X, banheiros e enfermarias de hospitais.	1,5 a 2,5
Médias	Escada com acesso ao público; Garagens e estacionamentos; Corredores de hospitais; Lojas; Restaurantes; Sala para depósito de livros; Corredores com ao acesso público; Depósitos.	3 a 4
Grandes	Casa de máquinas; Sala com estantes de livros; Depósitos.	4,5 a 7,5

Fonte: Melo (2013).

Sugere-se considerar valores de espessura extremos para cargas pequenas e grandes e valores médios para cargas médias.

Tabela 2 – Classificação para as condições de apoio.

Condição de apoio	Descrição
Favorável	Três ou quatro bordas engastadas; Duas bordas engastadas e duas apoiadas.
Regular	Três ou quatro bordas apoiadas; Uma borda engastada e duas ou três apoiadas.
Desfavorável	Laje em balanço; Laje com dois bordos livres.

Fonte: Melo (2013).

Sugere-se que a condição de apoio mais favorável tenha menor espessura de laje.

Pinheiro, Muzardo e Santos (2003) consideram a seguinte expressão para a altura útil de lajes maciças:

$$d = (2,5 - 0,1n) \cdot L/100 \quad (4)$$

Onde:

L é o menor valor entre Lx e 0,7Ly;

n é o número de bordas engastadas;

Lx é o menor vão e Ly é o maior vão

A espessura da laje maciça é obtida pela expressão:

$$h = d + \frac{\phi}{2} + c \quad (5)$$

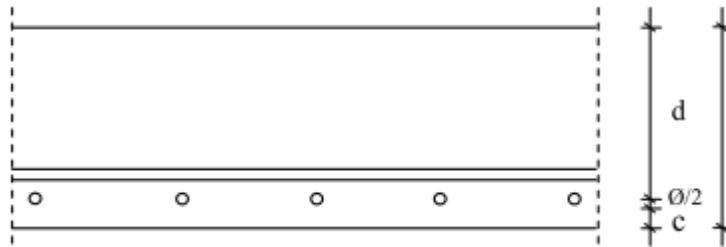
Onde:

d é área útil da laje

ϕ o diâmetro das barras

c o cobrimento nominal da armadura

Figura 15 – Seção Transversal da Laje.



Fonte: Melo (2013).

Relacionando a equação (4) e a equação (5), com auxílio da ABNT NBR 6118:2014 e o cobrimento e 2,5 cm proposto por Melo (2013), a espessura resulta:

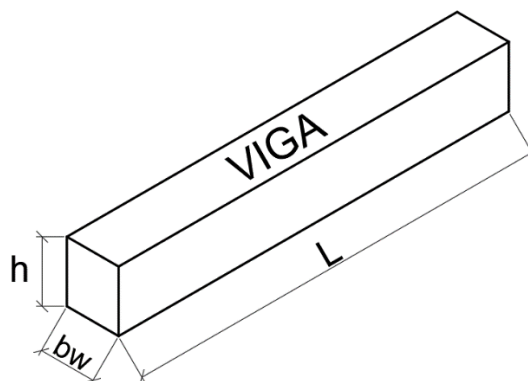
$$h = d + 3,0 \text{ cm} \quad (6)$$

Melo (2013) testou, em lajes maciças, os métodos apresentados por meio do comparativo dos valores apresentados pelo pré-dimensionamento com o dimensionamento obtido pelo *software* TQS, programa de cálculo estrutural. Foi concluído que o método de apresentado por Pinheiro, Muzardo e Santos (2003) foi o mais assertivo. A partir disso, esse foi o método adotado para elaborar as planilhas de pré-dimensionamento de lajes maciças. No caso das lajes nervuradas, foram adotadas as fórmulas propostas por Rebello (Equação 3)

4.3.3 Pré-dimensionamento de vigas

A vigas são elementos que recebem cargas ao longo do seu comprimento, sendo esta dimensão consideravelmente superior a sua espessura e largura (Figura 16). Em que L é o comprimento, h é a altura b_w é a largura.

Figura 16 – Dimensões de uma viga.



Fonte: Autor.

Para sua execução são elaboradas formas das dimensões da viga, onde é colocada a armadura e concretada *in loco* (Figura 17).

Figura 17 – Forma de viga de concreto armado



Fonte: <https://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/predio-f-unidade-educacional>, acesso setembro/2018

No pré-dimensionamento de vigas de concreto, busca-se estimar a altura e a espessura. De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, a seção transversal de uma viga não pode

apresentar uma largura (bw) menor que 12cm e das vigas-parede menor que 15cm. Em casos excepcionais, os limites podem ser reduzidos a 10cm, mas respeitando as seguintes condições:

- Lançamento e vibração do concreto de acordo com a ABNT NBR 14931:2004;
- Alojamento das armaduras e suas interferências com armaduras e outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos estabelecidos na norma ABNT NBR 6118:2014.

Para pré-dimensionamento, segundo Cunha (2014), pode-se adotar os seguintes valores para larguras das vigas:

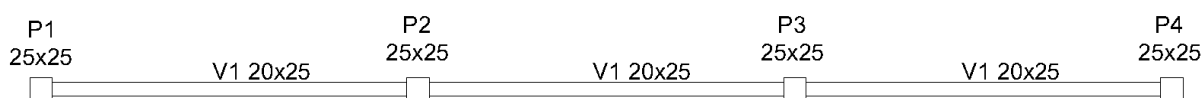
$$bw = 12\text{cm} \text{ (vão } \leq 4\text{m)}$$

$$bw = 20\text{ cm} \text{ (4m } < \text{vão } \leq 8\text{m)}$$

$$bw = 25 \text{ a } 30\text{ cm} \text{ (vão } > 8\text{ m)}$$

Tais considerações foram adotadas para a elaboração das planilhas, sendo considerado 25 cm para vãos maiores que 8 m. No caso da altura (h) sugere-se que as dimensões sejam padronizadas a múltiplos de 5 cm para facilitar a execução, assim como vigas contínuas devem manter a mesma seção horizontal de vários tramos, isto é trechos que uma viga contínua é separada por pilares, sempre que possível. A Figura 18 apresenta uma exemplo viga contínua que possui 3 tramos.

Figura 18 – Exemplo de viga contínua com 3 tramos.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O método estudado é o “Método do Vão Ponderado” proposto por Cunha (2014) que recebeu alterações desenvolvidas primeiramente por Melo (2013), por meio de comparativos com dimensionamentos elaborados no *software* TQS, e posteriormente por Pelizaro (2017), através de comparativos com dimensionamentos elaborados no *software* CYPECAD, resultando nos dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Fórmulas de pré-dimensionamento usando Método do Vão Ponderado.

Caso	Posição da viga	Dá apoio a outra(s) viga(s)?	Fórmula
1	Central	Sim	$h=13,5\% L$
2	Central	Não	$h=11,5\% L$
3	Periférica	Sim	$h=11,5\% L$
4	Periférica	Não	$h=10,5\% L$

Fonte: Pelizaro (2017).

Para encontrar o vão (L) utilizado na tabela, utiliza-se a fórmula proposta por Pelizaro (2017) que é calculada a partir de relações entre o tramo de maior vão (L_{maior}) e seu maior vão adjacente ($L_{\text{adjacente maior}}$). Essas relações variam de acordo com a diferença entre esses dois vãos, as quais estão apresentadas a seguir. Na Figura 19, apresentam-se dois exemplos, um como vão maior na extremidade e outro com o vão maior na região central.

Se $L_{\text{maior}} - L_{\text{adjacente maior}} \leq 3 \text{ m}$, então:

$$L = \frac{(L_{\text{maior}} + L_{\text{adjacente maior}})}{2}$$

Se $L_{\text{maior}} - L_{\text{adjacente maior}} > 3 \text{ m}$, então:

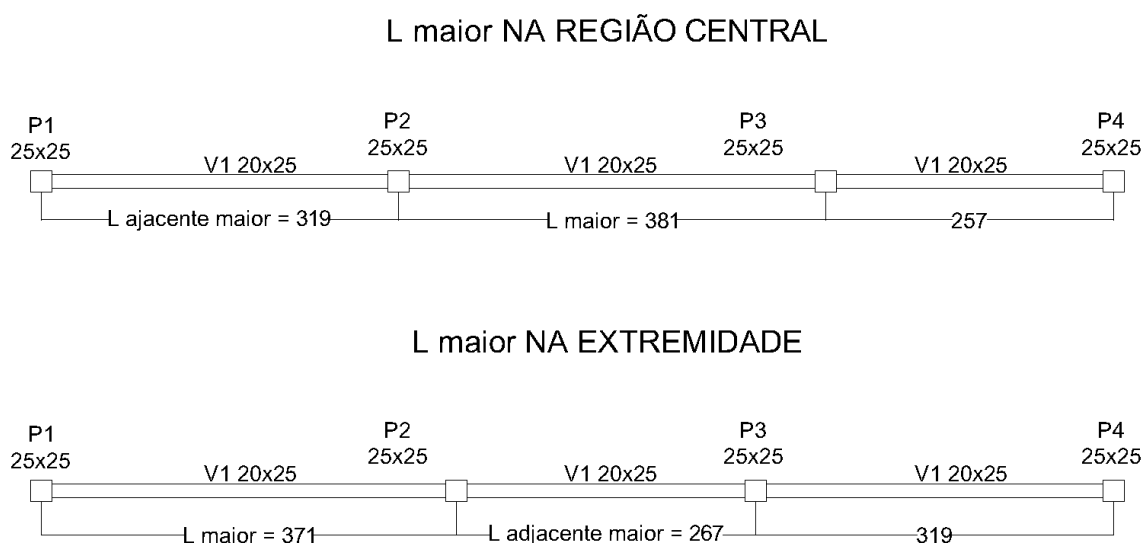
(a) Para vão maior na extremidade da viga:

$$L = \frac{(L_{\text{maior}} + L_{\text{adjacente maior}})}{2}$$

(b) Para vão maior na região central da viga:

$$L = \frac{(L_{\text{maior}} + L_{\text{adjacente maior}})}{2} \times 1,25$$

Figura 19 – Exemplo de comprimento maior na extremidade e na região central.



Fonte: Elaborada pelo autor

4.3.4 Pré-dimensionamento de Pilares

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que forças axiais de compressão são preponderantes. Além de transmitir os carregamentos das estruturas da fundação, os pilares são solicitados por esforços de flexão, ocasionados pelas ações dos ventos, por exemplo, as quais não serão abordadas nesse estudo.

No pré-dimensionamento de pilares se estima as dimensões da seção do pilar. Segundo a ABNT NBR 6118:2014, a dimensão mínima da seção de um pilar deve ser 19 cm. Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo por um coeficiente adicional γ_n (Tabela 4). No entanto, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm².

Tabela 4 – Coeficiente adicional para pilares menos que 19 cm

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14	13	12
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35

Onde:
 $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$;
 b é a menor dimensão da seção transversal do pilar.
 NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo nos pilares, quando de seu dimensionamento.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Segundo Pelizaro (2017), para o dimensionamento dos pilares consideram-se os esforços solicitantes de cálculo, que incluem os esforços cortantes e axiais e momentos fletores. Para o pré-dimensionamento, o cálculo se baseia em funções simplificadas.

A estimativa da seção transversal dos pilares pode ser feita de acordo com a Equação 7 (Cunha, 2014):

$$A_c = \frac{N_d}{\sigma_{id}} \times \gamma_{corr} \quad (7)$$

Onde:

A_c : área da seção transversal do pilar (cm²).

N_d : carregamento do cálculo do pilar.

σ_{id} : tensão ideal

γ_{corr} : coeficiente de correção (Tabela 1).

Os valores de γ_{corr} foram definidos por Pelizaro (2017), por meio de comparativos de projetos dimensionados pelo *software* CYPECAD e estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores para coeficientes e correção.

Pilar de canto	3,4
Pilar de extremidade	2,2
Pilar intermediário	1,4

Fonte: Pelizaro (2017).

A tensão ideal (σ_{id}) está apresentada na Equação 8 e foi formulada em função da taxa e armadura, resistência de cálculo do concreto e resistência de aço para deformação de 0,2%. Também foi considerado aço CA-50 e taxa de armadura de 2%. (PELIZARO, 2017).

$$\sigma_{id} = 0,85f_{cd} + \rho(f_{sd} - 0,85f_{cd}) \quad (8)$$

Onde:

$\rho = A_s/A_d$: taxa de armadura.

f_{cd} : resistência de cálculo do concreto.

$f_{sd} = 420 \text{ MPa}$.

Substituindo os valores na expressão (2), obtém-se os resultados da Tabela 6 relacionando a tensão ideal (σ_{id}) com a tensão característica do concreto (f_{ck}).

Tabela 6 – Tensão ideal de cálculo.

f_{ck} (MPa)	20	25	30	35	40	45	50
σ_{id} (kgf/cm ²)	203	233	263	293	322	352	382

Fonte: Cunha (2014).

Para estimar o esforço axial de cálculo no pilar (N_d), é utilizada a Equação 9.

$$N_d = 1,4 \times A_i \times [q_T \times (n_p + 0,7) + q_c] \quad (9)$$

Onde:

1,4: coeficiente e majoração da ação.

A_i : área de influência do pilar do pavimento tipo.

q_T : carregamento do pavimento tipo por unidade de área.

n_p : número de pavimentos tipo acima da seção a ser pré-dimensionada.

0,7 : percentual da carga da laje do forro em relação a laje do piso.

q_c : carregamento do telhado por unidade de área.

Para o pré-dimensionamento, Cunha (2014) sugere valores aproximados para o carregamento do pavimento tipo por unidade de área (q_T):

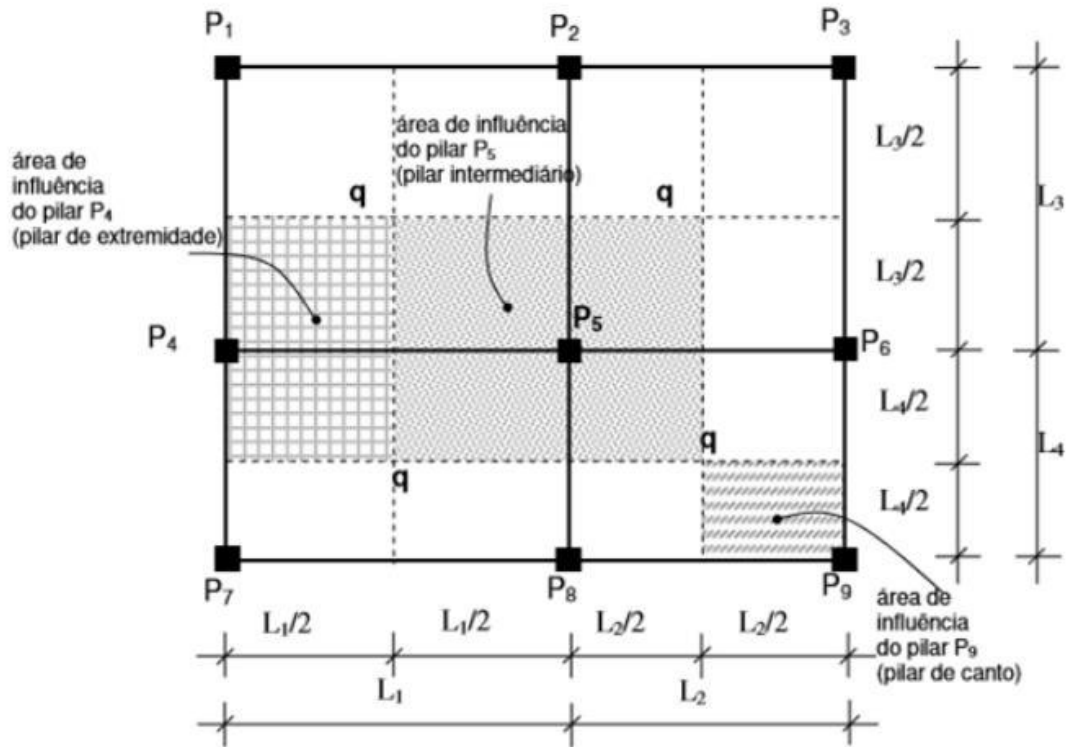
- Laje maciça ou nervurada, com paredes em blocos de concreto: 1500 kgf/m²;
- Laje maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos: 1200 kgf/m²;
- Laje nervurada com blocos leves (EPS): 1000 kgf/m²;
- Laje não maciça com pares de gesso acartonado: 800 kgf/m².

Para o carregamento do telhado por unidade de área (q_c), Cunha (2014) sugere os seguintes valores (incluindo carregamento de vento):

- Telhas de concreto, com madeiramento: 150 kgf/m²;
- Telhas cerâmicas, com madeiramento: 120 kgf/m²;
- Telhas de fibrocimento, com madeiramento: 50 kgf/m²;
- Telhas de aço e estrutura de aço: 50 kgf/m²;
- Telhas de alumínio e estrutura de aço: 40/kgf/m²;
- Telhas de alumínio e estrutura de alumínio: 30 kgf/m².

O cálculo da área de influência varia de acordo com a disposição do pilar, sendo determinante se ele é um pilar de canto, extremidade ou intermediário. (Figura 20).

Figura 20 – Áreas de influência de pilares.



Fonte: Melo (2013).

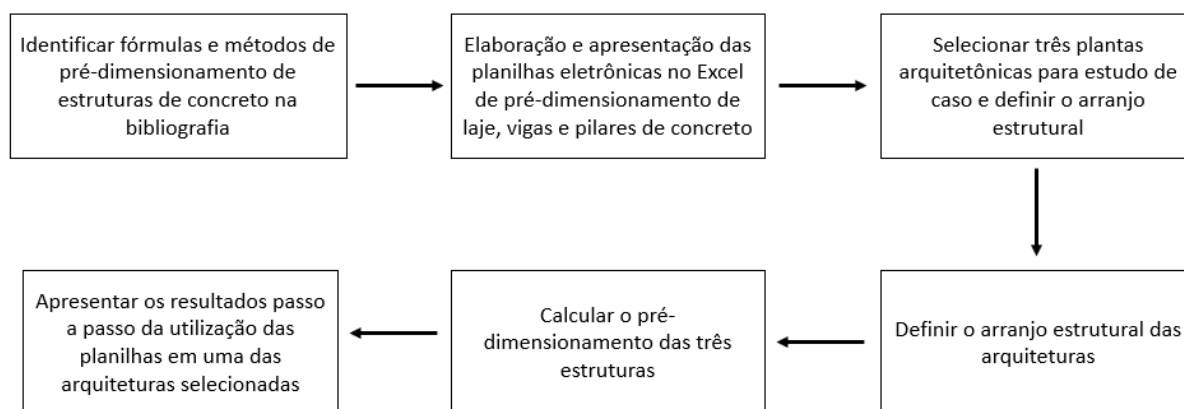
No presente trabalho, os conceitos apresentados de pré-dimensionamento de pilares foram utilizados para a elaboração das planilhas eletrônicas e cálculo.

5 METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica em busca de identificar fórmulas e métodos de pré-dimensionamento existentes na literatura. A partir disso, foi possível entender como ele é realizado e pensar em formas de automatizar esse procedimento em planilhas eletrônicas do Excel, apresentando ilustrações didáticas de como utilizá-las.

Logo em seguida, buscando validar o modelo elaborado, foram feitos três estudos de caso que se permeiam desde a obtenção da planta de arquitetura, desenvolvimento do arranjo e pré-dimensionamento nas planilhas eletrônicas. As planilhas também foram testadas por estudantes de arquitetura que cursavam o terceiro semestre da Universidade Federal do Ceará (UFC), assim, foram verificados pontos de melhoria para serem incrementados. Além disso, um dos estudos de caso foi apresentado passo a passo, de maneira mais detalhada, com intuito de facilitar o entendimento e explicar as funcionalidades e restrições da planilha elaborada. A Figura 21, apresenta um fluxograma sobre a metodologia.

Figura 21 – Metodologia.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.1 Considerações utilizadas nas planilhas de pré-dimensionamento

5.1.1 Considerações Gerais

- a) Foi utilizado o software Excel para elaborar as planilhas;
- b) As dimensões mínimas propostas pela ABNT NBR 6018:2014 foram consideradas;
- c) Quando a escolha para cada campo de preenchimento é limitada, foi utilizada a função lista para facilitar a seleção;
- d) As dimensões calculadas das lajes, vigas e pilares podem ser padronizadas de acordo com as seguintes opções:
 - Lajes: nenhuma, maior espessura, média das espessuras;
 - Vigas: nenhuma, maior seção;
 - Pilares: nenhuma, maior área de seção, tipo de pilar (maior de dimensão de cada).

No caso da opção “nenhuma”, as dimensões de cada elemento não são padronizadas. Essas padronizações são apenas sugestões para simplificar para o usuário da planilha, mas é fundamental que ele analise outras formas de padronizar que sejam mais convenientes para a sua arquitetura.

5.1.2 Lajes

- a) A planilha foi elaborada apenas para laje maciça e laje nervurada, seguindo os métodos propostos respectivamente pela Equação 6 e a Equação 3;
- b) Existe a opção de padronizar a espessura adotada baseado na média de espessura das lajes;
- c) Para pré-dimensionar as lajes nervuradas, aconselha-se a utilização dos catálogos da Atex e da Impacto Protensão presentes em Anexo.

5.1.3 Vigas

- a) A planilha foi elaborada de acordo com o método proposto por Cunha (2014) adaptado por Pelizaro (2017);
- b) Limite de 30 Vigas, sendo cada uma com no máximo 10 tramos;
- c) A largura das vigas varia entre os valores de 12, 20 e 25 cm, enquanto a altura é gerada por valores a cada 5 cm;
- d) As dimensões das seções dos diferentes tramos de uma mesma viga foram consideradas iguais.

5.1.4 Pilares

- a) A planilha foi elaborada de acordo com o “Método dos vãos ponderados” de Cunha (2014) adaptado por Pelizaro (2017) apresentado na Equação 7;
- b) Planilha tem limite de 30 pilares;
- c) É possível dimensionar com F_{ck} de 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 Mpa;
- d) É possível fixar uma das dimensões do pilar, tornando sua seção retangular, ou considerar os pilares como seção quadrada;
- e) Foi considerado que cada pilar está presente em todos os pavimentos e com a mesma dimensão de seção.

5.2 Estudos de caso

Nos estudos de caso foram utilizadas plantas de arquitetura de três edifícios diferentes. O primeiro foi um edifício comercial de quatro pavimentos (Edifício 1), o segundo foi um edifício residencial de quatro pavimentos (Edifício 2) e o terceiro foi um edifício residencial de nove pavimentos (Edifício 3). O passo a passo da utilização da planilha foi apresentado detalhadamente antes da apresentação do resultado dos estudos de caso com intuito de facilitar o entendimento.

Foram utilizadas as plantas de pavimento tipo para o cálculo de pré-dimensionamento pelas planilhas elaboradas. Vale ressaltar que nesses estudos de caso não foi analisada a influência dos elementos estruturais dos pavimentos tipo em outros pavimentos, como os que apresentam o estacionamento e a coberta.

De modo geral, para a elaboração do arranjo estrutural, os seguintes aspectos gerais foram considerados:

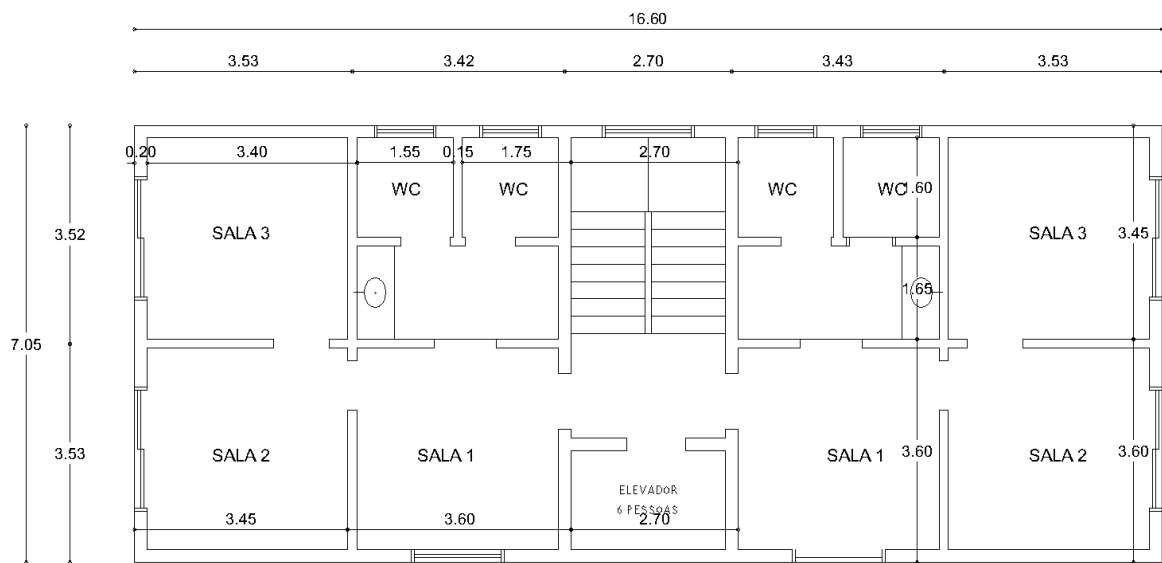
- a) As vigas foram colocadas, na medida do possível, sob paredes de alvenaria, sendo necessárias vigas no perímetro da área da escada, da área do elevador e de vazios;
- b) Os pilares com seção retangular, sendo 20 cm uma das dimensões para facilitar a execução e estar ao máximo inserida dentro da alvenaria. A outra seção do pilar foi considerada como sendo múltipla de 5 cm. Além disso, os pilares foram alinhados de modo a facilitar a execução;
- c) Foram realizadas padronizações de seções após o cálculo das dimensões de cada elemento estrutural;
- d) Foi utilizado $F_{ck} = 25 \text{ MPa}$ para os três edifícios;
- e) No cálculo das lajes nervuradas, a escolha das nervuras foi baseada na disponibilidade do mercado com auxílio de catálogos presentes em Anexo.

5.2.1 Edifício 1

Para a elaboração do arranjo e do cálculo das seções dos elementos estruturais do Edifício 1 (Figura 22) foram feitas as seguintes considerações:

- Laje maciça com paredes em tijolos cerâmicos;
- Telha de alumínio e estrutura de alumínio.

Figura 22 – Planta do pavimento tipo do Edifício 1.



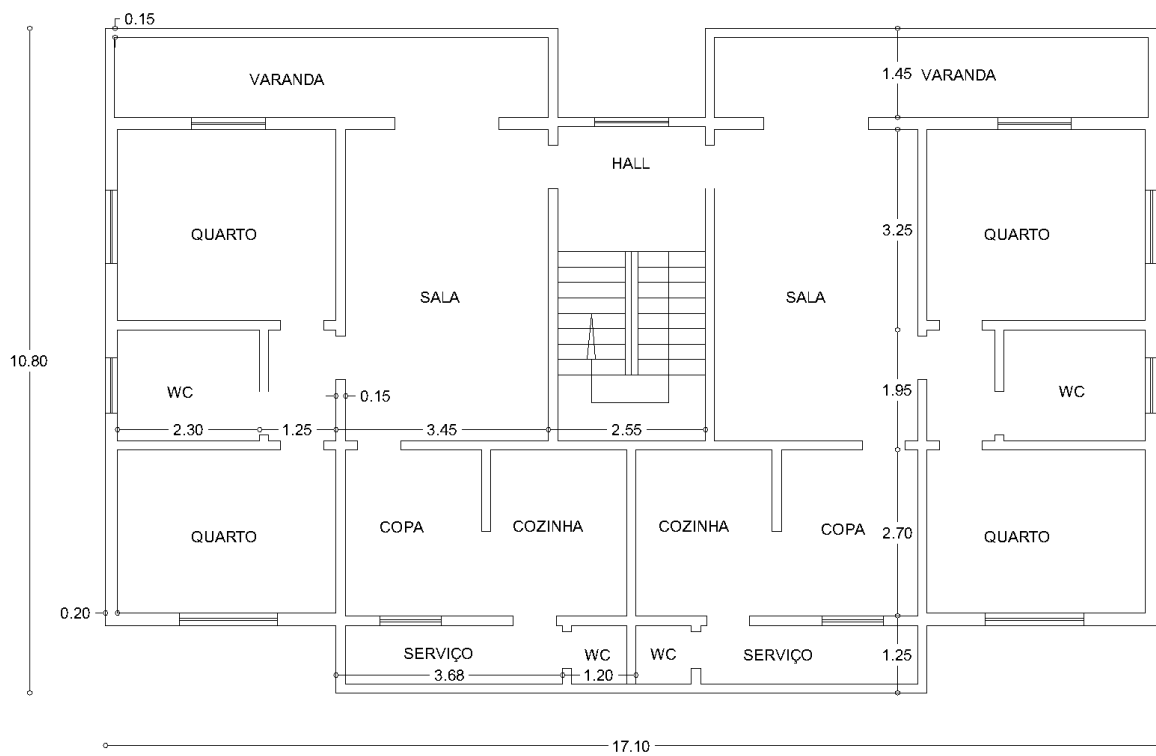
Fonte: adaptado de Rocha (1987)

5.2.2 Edifício 2

Para a elaboração do arranjo e do cálculo das seções dos elementos estruturais do Edifício 2 (Figura 23) foram feitas as seguintes considerações:

- Laje maciça com paredes em tijolos cerâmicos;
- Telha de alumínio e estrutura de alumínio.

Figura 23 – Planta do pavimento tipo do Edifício 2.



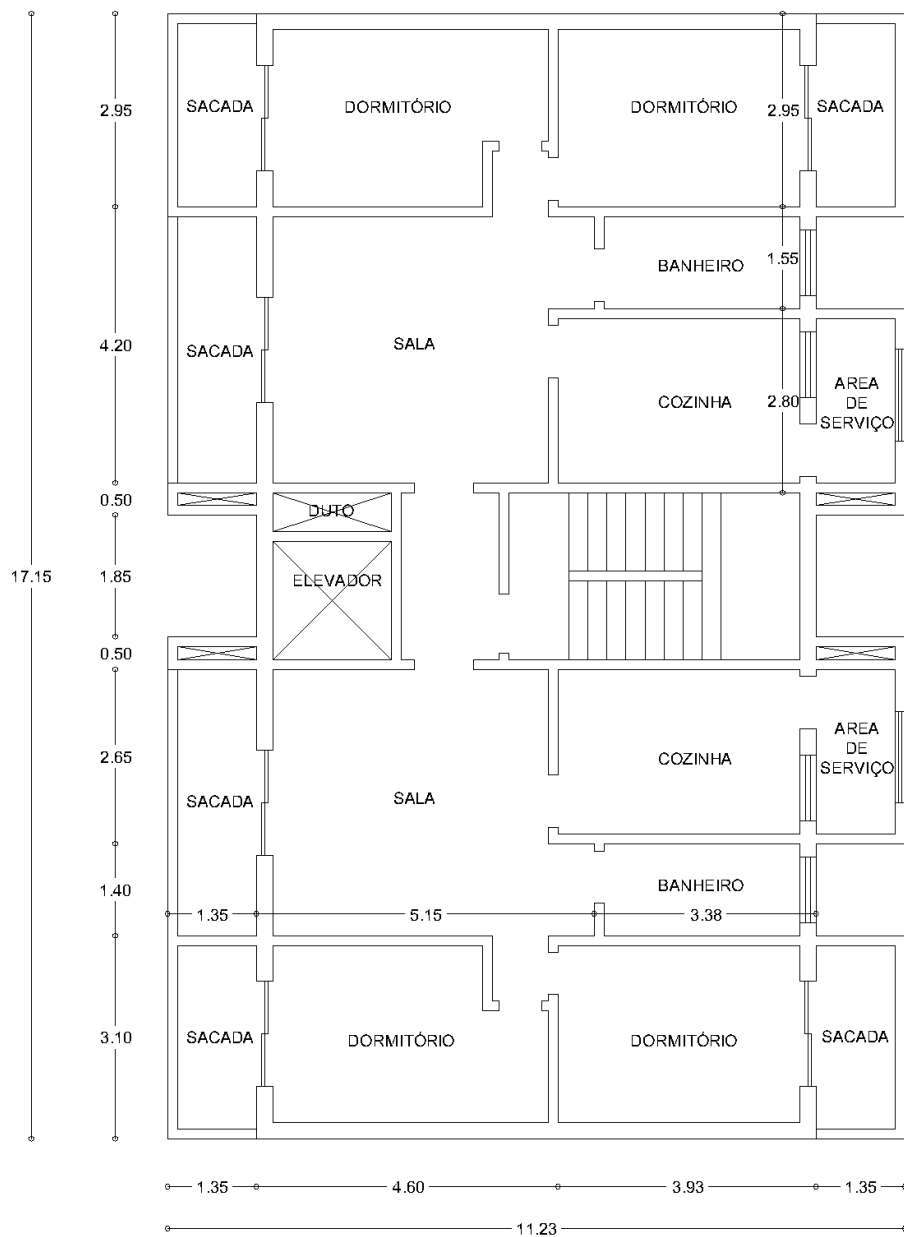
Fonte: adaptado de http://www.aditivocad.com/projetos-autocad.php?dwg=arquitetura_edificio_8_pavimentos.

5.2.3 Edifício 3

Para a elaboração do arranjo e o cálculo das seções dos elementos estruturais do Edifício 3 (Figura 24) foram feitas as seguintes considerações:

- Laje nervurada com paredes em tijolos cerâmicos;
- Telha de aço com estrutura de aço.

Figura 24 – Planta do pavimento tipo do Edifício 3.



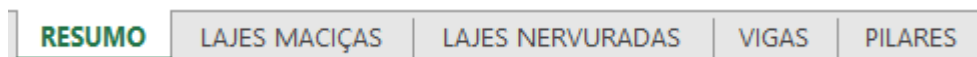
Fonte: adaptado de Araújo (2014).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Planilhas de pré-dimensionamento de estruturas de concreto

As planilhas elaboradas possuem no total cinco abas, sendo estas referentes a lajes maciças, lajes nervuradas, vigas, pilares e resumo dos valores obtidos. (Figura 25)

Figura 25 – Abas da planilha.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada planilha apresenta uma legenda explicando, por meio de cores, quais células devem ser modificadas e quais células representam os resultados. (Figura 26).

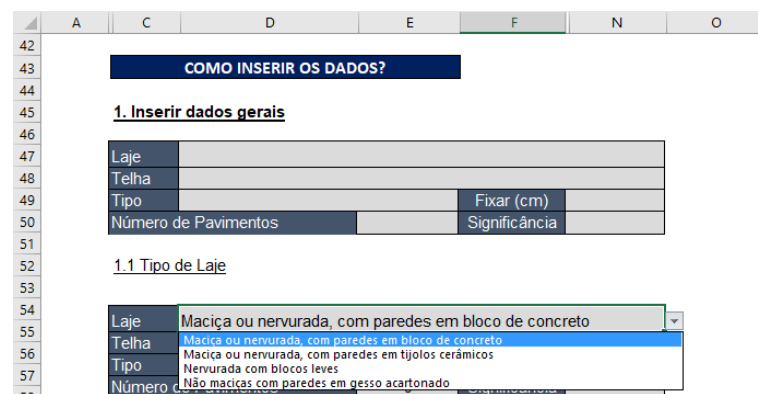
Figura 26 – Legenda das planilhas

LEGENDA	
	Célula a ser preenchida
	Célula que não deve ser modificada
	Resultado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Além disso, cada aba dispõe de um pequeno tutorial, incluindo figuras ilustrativas, de como inserir os dados necessários para utilização das planilhas. Na Figura 27 é apresentado, como exemplo, um trecho desse tutorial presente na planilha de pré-dimensionamento de pilares.

Figura 27 – Tutorial de como inserir dados da planilha de pilares (Exemplo).



Fonte: Elaborada pelo autor.

6.1.1 Planilha de pré-dimensionamento de lajes maciças

Figura 28 – Planilha de pré-dimensionamento de lajes maciças.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following components:

- Title:** PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS
- Table: LAJE MACIÇA**

	Lx (cm)	Ly (cm)	Tipo	n (unid)	h (cm)
Laje 1					
Laje 2					
Laje 3					
Laje 4					
Laje 5					
Laje 6					
Laje 7					
Laje 8					
Laje 9					
Laje 10					
Laje 11					
Laje 12					
Laje 13					
Laje 14					
Laje 15					
Laje 16					
Laje 17					
Laje 18					
Laje 19					
Laje 20					
- LEGENDA**

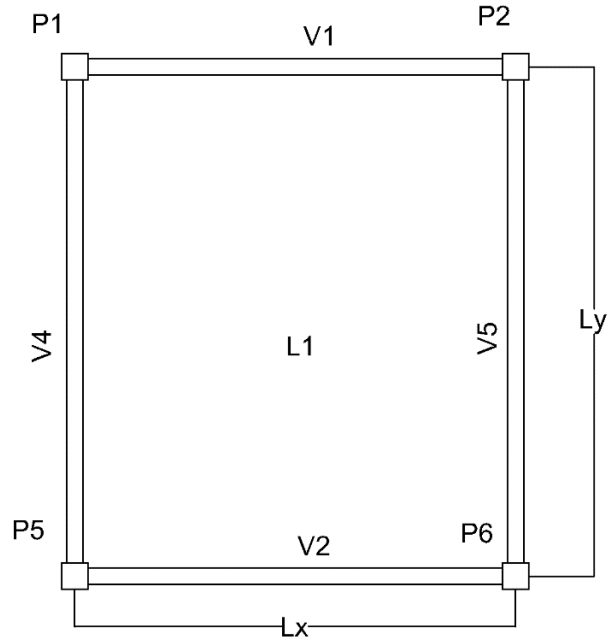
Célula a ser preenchida
Célula que não deve ser modificada
Resultado
- ESQUEMA DE UMA LAJE**

Lx = Menor vão da laje

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 28 é apresentado o *layout* inicial da planilha de pré-dimensionamento de lajes maciças. Para sua utilização é necessário apenas a inserção de Lx (menor vão da laje) e Ly (maior vão da laje), exemplo na Figura 29. Também é necessário determinar o tipo da laje maciça quanto aos seus apoios e ao peso total suportado. As opções estão de acordo com os tipos determinados pela ABNT NBR 6118:2014, as quais podem ser escolhidas selecionando uma das opções presentes na lista (Figura 30). Além disso, deve-se inserir o valor de n (número de bordas engastadas).

Figura 29 – Exemplo de dimensão Lx e Ly.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 – Lista de opções para tipo de lajes maciças.

Tipo	n
	▼
Cobertura não em balanço	
Laje de piso não em balanço	
Laje em balanço	
Laje que suporta veículos (peso total < 30kN)	
Laje que suporta veículos (peso total > 30kN)	

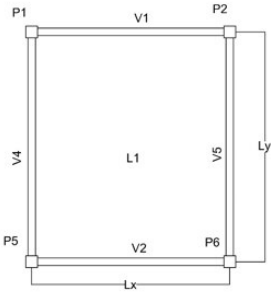
Fonte: Elaborada pelo autor.

No fim da planilha existe um espaço com um resumo sobre “Como inserir os dados?” para facilitar sua utilização (Figura 31). Após inserir os dados necessários, a planilha calcula automaticamente a espessura de pré-dimensionamento a ser utilizada por cada laje.

Figura 31 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de lajes maciças.

COMO INSERIR OS DADOS?

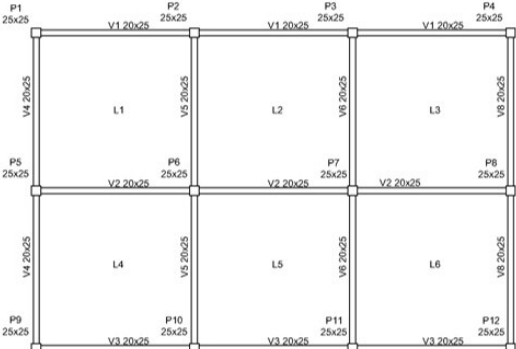
1. Inserir dimensões de vãos da laje



2. Tipo de laje

Tipo	n
Cobertura não em balanço	
Laje de piso não em balanço	
Laje em balanço	
Laje que suporta veículos (peso total <30kN)	
Laje que suporta veículos (peso total >30kN)	

3. Número de engastes

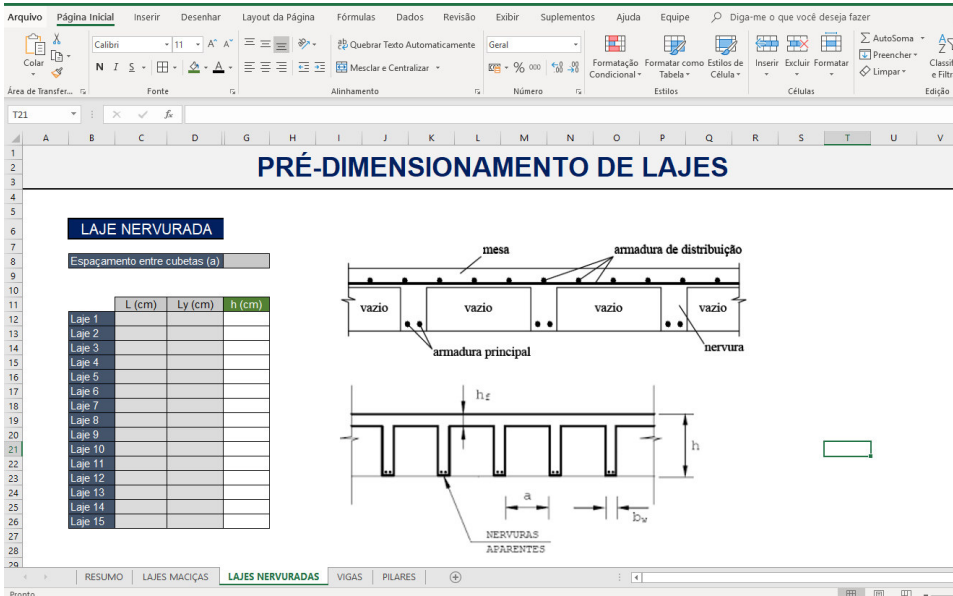


Nessa planta, L1 está engastada em L2 e L4, possuindo 2 bordas engastadas
 No caso de L2, está engastada em L1, L3 e L5, possuindo 3 bordas engastadas
 Desse modo, nesse exemplo L1, L3, L4 e L6 tem 2 bordas engastadas, enquanto L2 e L5 tem 3

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.1.2 Planilha de pré-dimensionamento de lajes nervuradas

Figura 32 – Planilha de pré-dimensionamento de lajes nervuradas.



LAJE NERVURADA

Espaçamento entre cubetas (a)

L (cm)	Ly (cm)	h (cm)
Laje 1		
Laje 2		
Laje 3		
Laje 4		
Laje 5		
Laje 6		
Laje 7		
Laje 8		
Laje 9		
Laje 10		
Laje 11		
Laje 12		
Laje 13		
Laje 14		
Laje 15		

Diagrama de uma laje nervurada com rótulos: mesa, armadura de distribuição, armadura principal, nervura, vazio, h_f , h , a , d_v , NERVURAS APARENTES.

Fonte: Elaborada pelo autor.

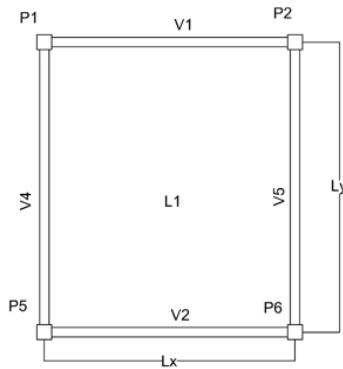
Na Figura 32 é apresentado o *layout* inicial da planilha de pré-dimensionamento de lajes nervuradas. Para sua utilização é necessário apenas a inserção de L_x (menor vão da laje) e L_y (maior vão da laje), exemplo na Figura 29. Também é necessária a determinação do espaçamento entre as cubetas (a) (Figura 14), a qual deve ser escolhida com auxílio do catálogo de formas de nervura da Atex e da Impacto presentes em Anexo.

No fim da planilha existe um espaço com um resumo sobre “Como inserir os dados?” para facilitar a utilização da planilha (Figura 33). Após inserir os dados necessários, a planilha calcula automaticamente a espessura de pré-dimensionamento a ser utilizada por cada laje.

Figura 33 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de lajes nervuradas.

COMO INSERIR OS DADOS?

1. Inserir dimensões de vãos da laje



2. Inserir espaçamento entre cubetas

Sugere-se a utilização de catálogos da Impacto Proteção e Atex para inserir esse valor (É importante especificar a cubeta utilizada)

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.1.3 Planilha de pré-dimensionamento de vigas

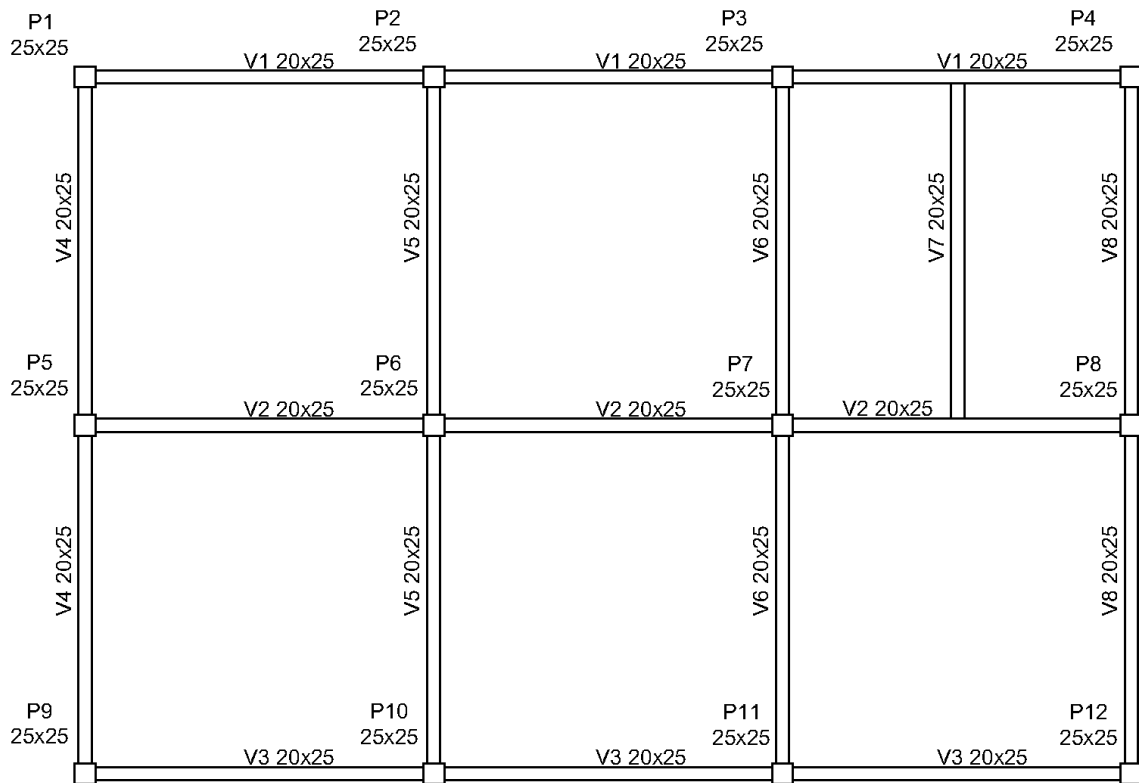
Figura 34 – Planilha de pré-dimensionamento de vigas.

	Tem quantos tramos?	Comprimento Tramo 1 (cm)	Comprimento Tramo 2 (cm)	Comprimento Tramo 3 (cm)	Comprimento Tramo 4 (cm)	Comprimento Tramo 5 (cm)	Comprimento Tramo 6 (cm)	Comprimento Tramo 7 (cm)	Comprimento Tramo 8 (cm)	Apoia outras vigas?	bw (cm)	h (cm)
Viga 1												
Viga 2												
Viga 3												
Viga 4												
Viga 5												
Viga 6												
Viga 7												
Viga 8												
Viga 9												
Viga 10												
Viga 11												
Viga 12												
Viga 13												
Viga 14												
Viga 15												
Viga 16												
Viga 17												
Viga 18												
Viga 19												
Viga 20												

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 34 é apresentado o *layout* inicial da planilha de pré-dimensionamento de vigas. Para sua utilização é necessário primeiramente enumerar os tramos das vigas e inserir nas planilhas quantos tramos existem em cada viga e seus comprimentos em centímetros. Na Figura 35 será apresentado um exemplo de planta de forma com 7 vigas com dimensões de seção já calculadas para explicar como inserir os dados na planilha.

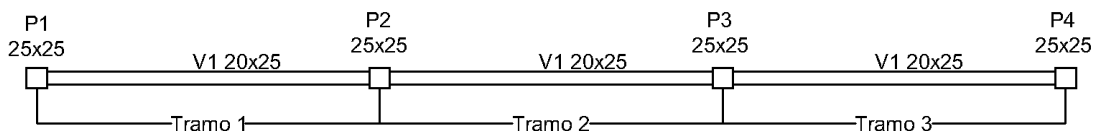
Figura 35 – Exemplo de forma para inserir dados na planilha.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Foi escolhida a viga V1 para ter seus tramos enumerados (Figura 36). Em seguida, é necessário preencher os campos da planilha respectivos ao número de tramos (Figura 37) e ao comprimento de cada tramo da viga V1 (Figura 38)

Figura 36 – Enumeração de tramos da viga V1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 37 – Quantidade de tramos.

	Tem quantos tramos?	Co Tr
Viga 1		▼
Viga 2		▲
Viga 3	1	
Viga 4	2	
Viga 5	3	
Viga 6	4	
Viga 7	5	
Viga 8	6	
Viga 9	7	▼

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 – Comprimento dos tramos.

	Tem quantos tramos?	Comprimento Tramo 1 (cm)	Comprimento Tramo 2 (cm)	Comprimento Tramo 3 (cm)	Comprimento Tramo 4 (cm)	Comprimento Tramo 5 (cm)
Viga 1	3					

Fonte: Elaborada pelo autor.

No exemplo apresentado na Figura 35, pode-se verificar que a viga V7 está apoiada na viga V1 e na viga V2, por causa da ausência de pilar em sua interseção com as vigas citadas. Desse modo, deve-se inserir o dado na planilha afirmando que a viga V1 apoia outras vigas (Figura 39).

Figura 39 – Apoiar outras vigas.

Apoia outras vigas?	L (
Não	▼
Sim	
Não	

Fonte: Elaborada pelo autor.

No fim da planilha existe um espaço com um resumo sobre “Como inserir os dados?” para facilitar a utilização da planilha, presentes na Figura 40 e Figura 41. Após inserir os dados necessários, a planilha calcula automaticamente a espessura de pré-dimensionamento a ser utilizada por cada viga.

Figura 40 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de vigas (1).

ESQUEMA DE UMA VIGA

LEGENDA

- Célula a ser preenchida
- Célula que não deve ser modificada
- Resultado

L = Comprimento da viga
bw = Largura da viga
h = Espessura da viga

COMO INSERIR OS DADOS

1. Enumeração dos tramos e inserir a quantidade

Tem quantos tramos?		Ct	Tr
Viga 1	3		
Viga 2			
Viga 3	1		
Viga 4	2		
Viga 5	3		
Viga 6	4		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 41 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de vigas (2).

2. Preencher o comprimento de cada tramo em centímetros (Distância de centro a centro do pilar)

	Tem quantos tramos?	Comprimento Tramo 1 (cm)	Comprimento Tramo 2 (cm)	Comprimento Tramo 3 (cm)	Comprimento Tramo 4 (cm)	Comprimento Tramo 5 (cm)
Viga 1	3					

3. Apoia outras vigas?

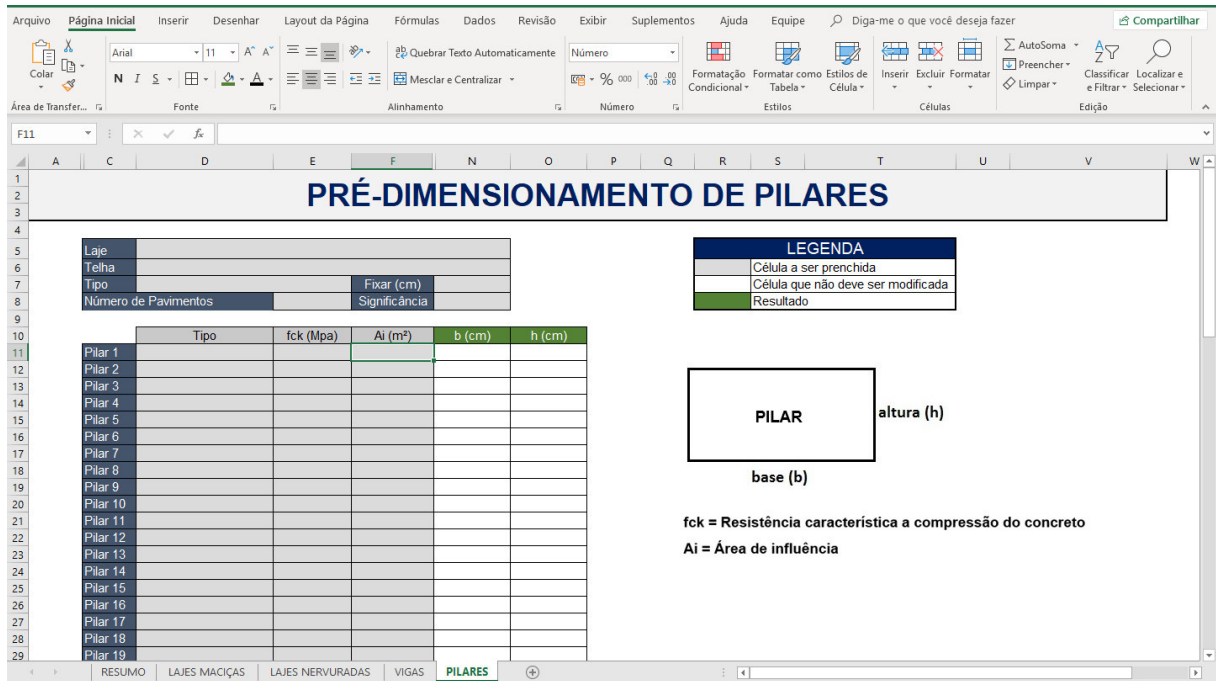
No exemplo acima, apenas a Viga 1 e a Viga 2 apoiam, outras vigas, no caso ambas apoiam a Viga 7, pois não existe pilar em sua interseção

Apoia outras vigas?
Não

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.1.4 Planilha de pré-dimensionamento de pilares

Figura 42 – Planilha de pré-dimensionamento de pilares.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 42 é apresentado o *layout* inicial da planilha de pré-dimensionamento de pilares. Primeiramente, devem-se preencher os dados gerais necessários para determinar as seções dos pilares (Figura 43).

Figura 43 – Quadro de informações gerais para pilares.

Laje			
Telha			
Seção		Fixar (cm)	
Número de Pavimentos		Significância	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 43 existem 6 campos que devem ser preenchidos e que determinam a escolha do material da laje (Figura 44), do material da telha (Figura 45), do número de pavimentos e do formato da seção (Figura 46).

Figura 44 – Especificação da laje.

Laje	Maciça ou nervurada, com paredes em bloco de concreto
Telha	Maciça ou nervurada, com paredes em bloco de concreto
Tipo	Maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos
Número de elementos	Nervurada com blocos leves
	Não maciças com paredes em gesso acartonado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 45 – Material da telha.

Laje	
Telha	
Tipo	Concreto cerâmico, com madeiramento
Número de elementos	Cerâmicas, com madeiramento
	Fibrocimento, com madeiramento
	Aço e estrutura de aço
	Alumínio e estrutura de aço
Pilar 1	Alumínio e estrutura de alumínio

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 46 – Formato da seção do pilar.

Tipo	Fixar (cm)
Número de elementos	Significância
	Pilar Quadrado
	Pilar Retângulo fixando uma dimensão

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a escolha do formato da seção do pilar (quadrado ou retangular), caso tenha-se escolhido a opção “Pilar retângulo fixando uma dimensão”, é necessário fixar uma das dimensões do pilar, fazendo com que a outra dimensão varie de acordo com a necessidade de aumento da área do pilar. Essa opção é importante para quando se busca deixar o pilar com sua largura próxima a espessura da alvenaria.

A significância determina que as dimensões do pilar serão múltiplas de determinado número. Por exemplo, caso seja usada a significância de 5, indica-se que os pilares terão dimensões múltiplas de 5. Normalmente isso é utilizado para os pilares ficarem com dimensões similares e facilitar na alocação dos pilares em obra.

Para utilização da planilha, é necessário definir o tipo de cada pilar quanto a sua localização, determinando se é de canto, intermediário ou extremidade, para calcular a área de influência. A Figura 47 apresenta os campos para inserir esse dado, enquanto na Figura 20 é apresentado como determinar o tipo de pilar e calcular a área de influência.

Figura 47 – Tipo do pilar quanto a sua localização.

Pilar 1	Extremidade
Pilar 2	Intermediário
Pilar 3	Extremidade
Pilar 4	Canto

Fonte: Elaborada pelo autor.

Além disso deve-se inserir o valor de f_{ck} (resistência característica a compressão do concreto). Na planilha estão dispostos os valores de 20 a 50 MPa (Figura 48).

Figura 48 – Fck

fck (Mpa)	25.00
	20
	25
	30
	35
	40
	45
	50

Fonte: Elaborada pelo autor.

No fim da planilha existe um espaço com um resumo sobre “Como inserir os dados?” para facilitar a utilização da planilha, presentes na Figura 49 e Figura 50. Após inserir os dados necessários, a planilha calcula automaticamente a espessura de pré-dimensionamento a ser utilizada por cada pilar.

Figura 49 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de pilares (1).

The image shows a spreadsheet interface with two main sections: '1. Inserir dados gerais' and '2. Tipo do pilar e Área de influência'. Section 1 includes dropdown menus for 'Laje' (Maciça ou nervurada, com paredes em bloco de concreto), 'Telha' (Maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos), and 'Número de Pavimentos' (Significância). Section 2 includes dropdowns for 'Laje', 'Telha', and 'Número'. To the right, a diagram illustrates the influence areas for pillars P1 through P8, showing dimensions $L_1/2$, $L_2/2$, and $L_3/2$ for horizontal and vertical spans, and L_3 and L_4 for total spans. The diagram also labels 'área de influência do pilar P1 (pilar de extremidade)', 'área de influência do pilar P2 (pilar intermediário)', and 'área de influência do pilar P8 (pilar de canto)'. A note above the diagram states: 'Usar função de Área no AutoCad ou Archcad para facilitar o cálculo'.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 50 – Espaço sobre como inserir os dados na planilha de pilares (2).

1.2 Tipo de Telha

Laje

Telha

Tipo

Número c

1.3 Inserir formato do pilar, número de pavimentos, significância (retangular com uma dimensão fixa ou quadrado)

Sugere-se seção retangular com dimensão fixa da mesma espessura da alvenaria
Lembre-se o mínimo que um pilar pode ter é 19 cm
Informe o número total de pavimentos
Significância determina que a dimensão do pilar será múltiplo de um valor X (Normalmente usa-se 5)

Tipo

Número c

3. Fck (Resistência característica a compressão do concreto)

Se não souber, utilize 25 Mpa

fck (Mpa)
25.00
20
25
30
35
40
45
50

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.1.5 Planilha resumo do pré-dimensionamento

Figura 51 – Planilha resumo do pré-dimensionamento.

RESUMO DO PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Tipo de Laje	Maciça
Padronização das seções	Lajes: Nenhuma Vigas: Nenhuma Pilares: Nenhuma

LAJES	
Laje	h (cm)
Laje 1	
Laje 2	
Laje 3	
Laje 4	
Laje 5	
Laje 6	
Laje 7	
Laje 8	
Laje 9	
Laje 10	
Laje 11	
Laje 12	
Laje 13	
Laje 14	
Laje 15	
Laje 16	
Laje 17	

VIGAS		
Viga	bw (cm)	h (cm)
Viga 1		
Viga 2		
Viga 3		
Viga 4		
Viga 5		
Viga 6		
Viga 7		
Viga 8		
Viga 9		
Viga 10		
Viga 11		
Viga 12		
Viga 13		
Viga 14		
Viga 15		
Viga 16		
Viga 17		

LEGENDA		
	Célula a ser preenchida	
	Célula que não deve ser modificada	
	Resultado	

PILARES		
Pilar	b (cm)	h (cm)
Pilar 1		
Pilar 2		
Pilar 3		
Pilar 4		
Pilar 5		
Pilar 6		
Pilar 7		
Pilar 8		
Pilar 9		
Pilar 10		
Pilar 11		
Pilar 12		
Pilar 13		
Pilar 14		
Pilar 15		
Pilar 16		
Pilar 17		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 51 é apresentado o *layout* inicial da planilha resumo do pré-dimensionamento. Nela são apresentadas das lajes, vigas e pilares, as dimensões calculadas em cada outra aba da planilha. Na Figura 52 é apresentado o quadro de opções de padronização de seções e de seleção do tipo de laje (maciça ou nervurada).

Figura 52 – Quadro com opções de padronização de seções e tipo de laje.

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Nenhuma
	Vigas	Nenhuma
	Pilares	Nenhuma

Fonte: Elaborada pelo autor.

As dimensões calculadas das lajes, vigas e pilares podem ser padronizadas de acordo com as seguintes opções:

- Lajes: nenhuma, maior espessura, média das espessuras (Figura 53);
- Vigas: nenhuma, maior seção (Figura 54);
- Pilares: nenhuma, maior área de seção, tipo de pilar (maior de dimensão de cada tipo de pilar, sendo eles: extremidade, canto e intermediário, totalizando no máximo 3 tamanhos diferentes de seções) (Figura 55).

Figura 53 – Padronização de lajes.

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Nenhuma
	Vigas	Nenhuma
	Pilares	Maior Espessura Média das Espessuras

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 54 – Padronização de vigas.

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Nenhuma
	Vigas	Nenhuma
	Pilares	Nenhuma Maior Seção

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 55 – Padronização de pilares.

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Nenhuma
	Vigas	Nenhuma
	Pilares	Nenhuma
LAJES		Nenhuma Maior Área de Seção Tipo de Pilar (Maior dimensão)

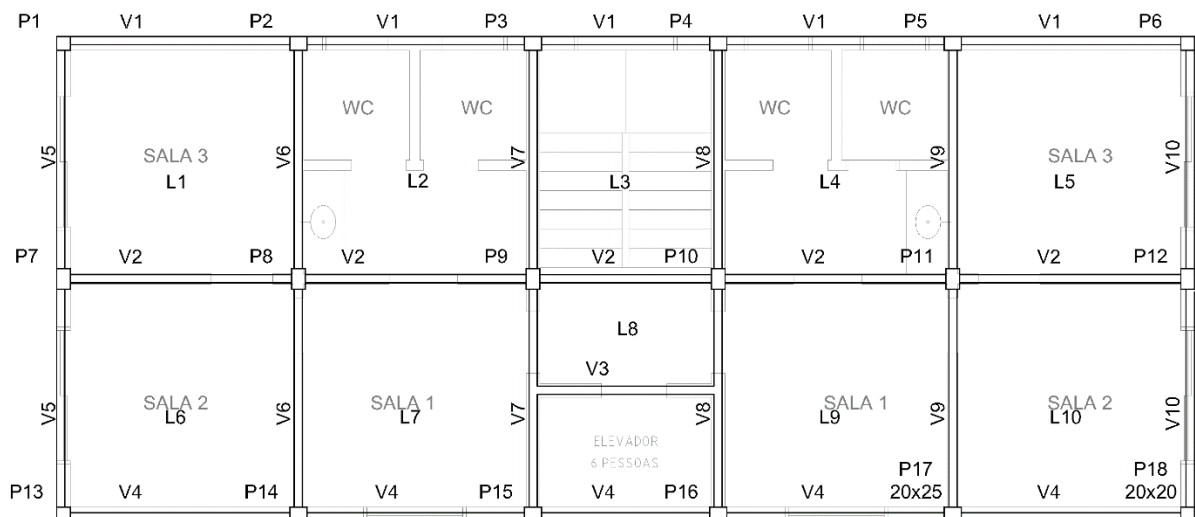
Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2 Estudos de Caso

6.2.1 Edifício 1

De acordo com a metodologia, os conceitos apresentados e a planta do pavimento tipo (Figura 22), foram realizados o arranjo estrutural e a enumeração dos elementos estruturais do Edifício 1 (Figura 56).

Figura 56 – Arranjo estrutural do Edifício 1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir disso, foram inseridas primeiramente as informações de cálculo de pré-dimensionamento na planilha de lajes maciças para obter a espessura de cada laje (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultados do pré-dimensionamento de lajes do Edifício 1

	Lx (cm)	Ly (cm)	Tipo	n (unid)	h (cm)
Laje 1	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	2	9
Laje 2	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	3	9
Laje 3	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	3	9
Laje 4	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	2	9
Laje 5	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	2	9
Laje 6	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	3	9
Laje 7	176.25	270.00	Laje de piso não em balanço	4	8
Laje 8	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	3	9
Laje 9	352.50	352.50	Laje de piso não em balanço	2	9

Fonte: Elaborada pelo autor.

Logo em seguida foram enumerados os tramos das vigas, de acordo com o exemplo apresentado na Figura 36, para inserir os dados na planilha de pré-dimensionamento de vigas. Desse modo foi possível fazer o cálculo da seção de cada viga (Tabela 8).

Tabela 8 – Resultados do pré-dimensionamento de vigas do Edifício 1.

	Tem quantos tramos?	Comprimento Tramo 1 (cm)	Comprimento Tramo 2 (cm)	Comprimento Tramo 3 (cm)	Comprimento Tramo 4 (cm)	Comprimento Tramo 5 (cm)	Apoia outras vigas?	bw (cm)	h (cm)
Viga 1	5	352.5	352.5	270.0	352.5	352.5	Não	12	35
Viga 2	5	352.5	352.5	270.0	352.5	352.5	Não	12	35
Viga 3	1	270.0					Não	12	25
Viga 4	5	352.5	352.5	270.0	352.5	352.5	Não	12	35
Viga 5	2	352.5	352.5				Não	12	35
Viga 6	2	352.5	352.5				Não	12	35
Viga 7	2	352.5	352.5				Sim	12	40
Viga 8	2	352.5	352.5				Sim	12	40
Viga 9	2	352.5	352.5				Não	12	35
Viga 10	2	352.5	352.5				Não	12	35

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o cálculo das dimensões das seções dos pilares, é necessário inserir os dados referentes a laje, a telha, a seção e ao número de pavimentos (Figura 57).

Figura 57 – Quadro de informações gerais dos pilares do Edifício 1.

Laje	Maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos		
Telha	Alumínio e estrutura de alumínio		
Seção	Pilar Retângulo fixando uma dimensão	Fixar (cm)	20
Número de Pavimentos	4	Significância	5

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram inseridos os dados referentes ao tipo de pilar, fck e área de influência do Edifício 1 para obter os valores das dimensões dos pilares (Tabela 9).

Tabela 9 – Resultados do pré-dimensionamento de pilares do Edifício 1.

	Tipo	fck (Mpa)	Ai (m ²)	b (cm)	h (cm)
Pilar 1	Canto	25	3.11	20	20
Pilar 2	Extremidade	25	6.21	20	25
Pilar 3	Extremidade	25	5.49	20	25
Pilar 4	Extremidade	25	5.49	20	25
Pilar 5	Extremidade	25	6.21	20	25
Pilar 6	Canto	25	3.11	20	20
Pilar 7	Extremidade	25	6.21	20	25
Pilar 8	Intermediário	25	12.43	20	30
Pilar 9	Intermediário	25	10.97	20	30
Pilar 10	Intermediário	25	10.97	20	30
Pilar 11	Intermediário	25	12.43	20	30
Pilar 12	Extremidade	25	6.21	20	25
Pilar 13	Canto	25	3.11	20	20
Pilar 14	Extremidade	25	6.21	20	25
Pilar 15	Extremidade	25	5.49	20	25
Pilar 16	Extremidade	25	5.49	20	25
Pilar 17	Extremidade	25	6.21	20	25
Pilar 18	Canto	25	3.11	20	20

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com as recomendações observadas na bibliografia, foram escolhidas na aba de resumo as opções sobre padronizações de seções (Figura 58).

Figura 58 – Padronização de seções Edifício 1

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Maior Espessura
	Vigas	Maior Seção
	Pilares	Tipo de Pilar (Maior dimensão)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Desse modo, foram definidas as dimensões para os elementos estruturais do Edifício 1 (Tabela 10).

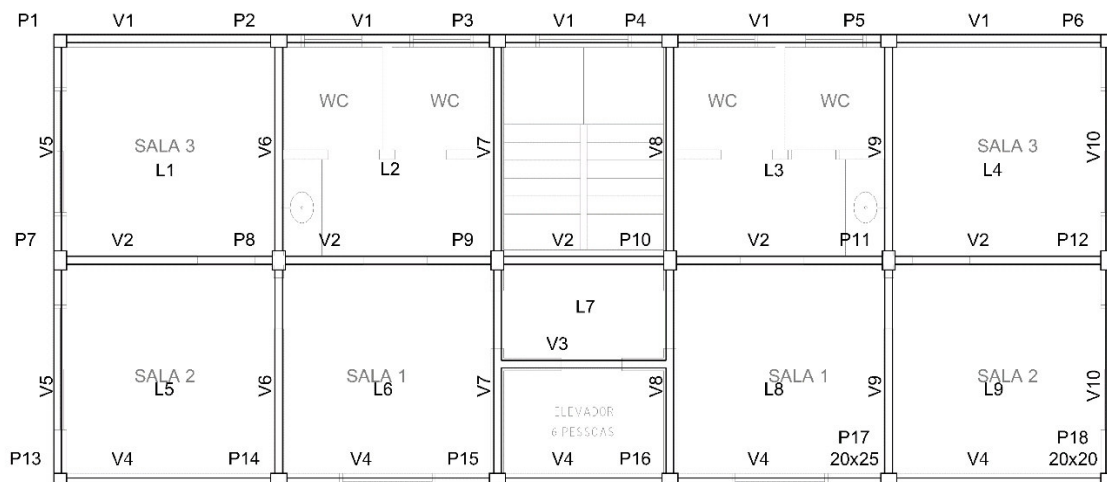
Tabela 10 – Seções dos elementos estruturais do Edifício 1.

Laje	h (cm)	Viga	bw (cm)	h (cm)	Pilar	Tipo	b (cm)	h (cm)
Laje 1	9	Viga 1	12	40	Pilar 1	Canto	20	20
Laje 2	9	Viga 2	12	40	Pilar 2	Extremidade	20	25
Laje 3	9	Viga 3	12	40	Pilar 3	Extremidade	20	25
Laje 4	9	Viga 4	12	40	Pilar 4	Extremidade	20	25
Laje 5	9	Viga 5	12	40	Pilar 5	Extremidade	20	25
Laje 6	9	Viga 6	12	40	Pilar 6	Canto	20	20
Laje 7	9	Viga 7	12	40	Pilar 7	Extremidade	20	25
Laje 8	9	Viga 8	12	40	Pilar 8	Intermediário	20	30
Laje 9	9	Viga 9	12	40	Pilar 9	Intermediário	20	30
		Viga 10	12	40	Pilar 10	Intermediário	20	30
					Pilar 11	Intermediário	20	30
					Pilar 12	Extremidade	20	25
					Pilar 13	Canto	20	20
					Pilar 14	Extremidade	20	25
					Pilar 15	Extremidade	20	25
					Pilar 16	Extremidade	20	25
					Pilar 17	Extremidade	20	25
					Pilar 18	Canto	20	20

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir das informações obtidas, a Figura 59 apresenta a planta de forma para o pavimento tipo do Edifício 1.

Figura 59 – Planta de forma do Edifício 1

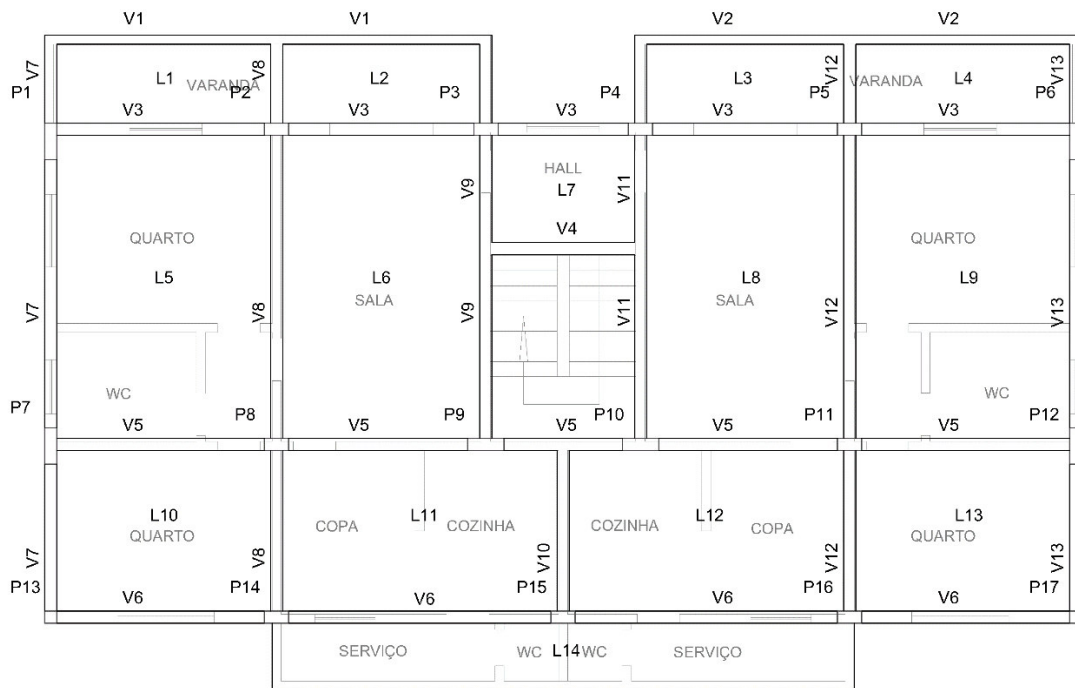


Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.2 Edifício 2

De acordo com a metodologia, os conceitos apresentados e a planta do pavimento tipo (Figura 23), foram realizados o arranjo estrutural e a enumeração dos elementos estruturais do Edifício 2 (Figura 60).

Figura 60 – Arranjo estrutural do Edifício 2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Foi realizada a continuação das vigas V7, V8, V9, V11, V12 e V13 até o fim das varandas com a colocação das vigas V1 e V2 para que as lajes L1, L2, L3 e L4 não ficassem em balanço, mas apoiadas nas vigas. No caso da Laje L14, foi considerada laje em balanço. A partir disso, foram inseridas primeiramente as informações de cálculo de pré-dimensionamento na planilha de lajes de maciças para obter a espessura de cada laje (Tabela 11).

Tabela 11 – Resultados do pré-dimensionamento de lajes do Edifício 2

	Lx (cm)	Ly (cm)	Tipo	n (unid)	h (cm)
Laje 1	147.50	372.50	Laje de piso não em balanço	2	8
Laje 2	147.50	372.50	Laje de piso não em balanço	2	8
Laje 3	147.50	372.50	Laje de piso não em balanço	2	8
Laje 4	147.50	372.50	Laje de piso não em balanço	2	8
Laje 5	372.50	522.50	Laje de piso não em balanço	3	12
Laje 6	372.50	522.50	Laje de piso não em balanço	4	11
Laje 7	255.00	200.00	Laje de piso não em balanço	3	8
Laje 8	372.50	522.50	Laje de piso não em balanço	4	11
Laje 9	372.50	522.50	Laje de piso não em balanço	3	12
Laje 10	282.50	372.50	Laje de piso não em balanço	2	9
Laje 11	282.50	472.50	Laje de piso não em balanço	4	9
Laje 12	282.50	472.50	Laje de piso não em balanço	4	9
Laje 13	282.50	372.50	Laje de piso não em balanço	2	9
Laje 14	110.00	945.00	Laje em balanço	1	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Logo em seguida foram enumerados os tramos das vigas, de acordo com o exemplo apresentado na Figura 37, para inserir os dados na planilha de pré-dimensionamento de vigas. Desse modo foi possível fazer o cálculo da seção de cada viga (Tabela 12).

Tabela 12 – Resultados do pré-dimensionamento de vigas do Edifício 2

	Tem quantos tramos?	Comprimento Tramo 1 (cm)	Comprimento Tramo 2 (cm)	Comprimento Tramo 3 (cm)	Comprimento Tramo 4 (cm)	Comprimento Tramo 5 (cm)	Apoia outras vigas?	bw (cm)	h (cm)
Viga 1	2	372.5	372.5				Não	12	35
Viga 2	2	372.5	372.5				Não	12	35
Viga 3	5	372.5	372.5	255.0	372.5	372.5	Não	12	35
Viga 4	1	255.0					Não	12	25
Viga 5	5	372.5	372.5	255.0	372.5	372.5	Não	12	35
Viga 6	4	372.5	472.5	372.5	372.5		Não	20	45
Viga 7	3	282.5	522.5	147.5			Sim	20	50
Viga 8	3	282.5	522.5	147.5			Sim	20	50
Viga 9	2	522.5	147.5				Sim	12	35
Viga 10	1	282.5					Não	12	25
Viga 11	2	522.5	147.5				Sim	12	35
Viga 12	3	282.5	522.5	147.5			Sim	20	50
Viga 13	3	282.5	522.5	147.5			Sim	20	50

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o cálculo das dimensões das seções dos pilares, é necessário inserir os dados referentes a laje, a telha, a seção e ao número de pavimentos (Figura 61).

Figura 61 – Quadro de informações gerais dos pilares do Edifício 2

Laje	Maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos		
Telha	Alumínio e estrutura de alumínio		
Seção	Pilar Retângulo fixando uma dimensão	Fixar (cm)	20
Número de Pavimentos	4	Significância	5

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram inseridos os dados referentes ao tipo de pilar, fck e área de influência do Edifício 2 para obter os valores das dimensões dos pilares (Tabela 13).

Tabela 13 – Resultados do pré-dimensionamento de pilares do Edifício 2.

	Tipo	fck (Mpa)	Ai (m ²)	b (cm)	h (cm)
Pilar 1	Extremidade	25	8.30	20	35
Pilar 2	Intermediário	25	14.73	20	40
Pilar 3	Intermediário	25	10.71	20	30
Pilar 4	Intermediário	25	10.71	20	30
Pilar 5	Intermediário	25	14.73	20	40
Pilar 6	Extremidade	25	8.30	20	35
Pilar 7	Extremidade	25	8.05	20	35
Pilar 8	Intermediário	25	15.18	20	40
Pilar 9	Extremidade	25	11.19	20	45
Pilar 10	Extremidade	25	11.19	20	45
Pilar 11	Intermediário	25	15.18	20	40
Pilar 12	Extremidade	25	8.05	20	35
Pilar 13	Canto	25	3.05	20	20
Pilar 14	Extremidade	25	14.93	20	60
Pilar 15	Extremidade	25	12.40	20	50
Pilar 16	Extremidade	25	14.93	20	60
Pilar 17	Canto	25	3.05	20	20

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com as recomendações observadas na bibliografia, foram escolhidas na aba resumo as opções sobre padronizações de seções (Figura 62).

Figura 62 – Padronização de seções Edifício 2

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Maior Espessura
	Vigas	Maior Seção
	Pilares	Tipo de Pilar (Maior dimensão)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Desse modo, foram definidas as dimensões para os elementos estruturais do Edifício 1 (Tabela 14).

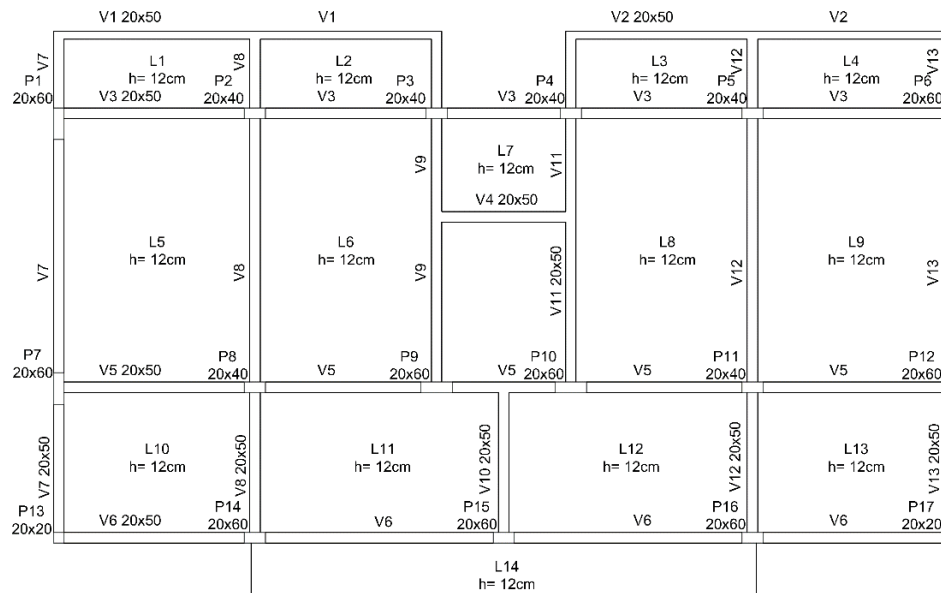
Tabela 14 – Seções dos elementos estruturais do Edifício 2

Laje	h (cm)	Viga	bw (cm)	h (cm)	Pilar	b (cm)	h (cm)
Laje 1	12	Viga 1	20	50	Pilar 1	20	60
Laje 2	12	Viga 2	20	50	Pilar 2	20	40
Laje 3	12	Viga 3	20	50	Pilar 3	20	40
Laje 4	12	Viga 4	20	50	Pilar 4	20	40
Laje 5	12	Viga 5	20	50	Pilar 5	20	40
Laje 6	12	Viga 6	20	50	Pilar 6	20	60
Laje 7	12	Viga 7	20	50	Pilar 7	20	60
Laje 8	12	Viga 8	20	50	Pilar 8	20	40
Laje 9	12	Viga 9	20	50	Pilar 9	20	60
Laje 10	12	Viga 10	20	50	Pilar 10	20	60
Laje 11	12	Viga 11	20	50	Pilar 11	20	40
Laje 12	12	Viga 12	20	50	Pilar 12	20	60
Laje 13	12	Viga 13	20	50	Pilar 13	20	20
Laje 14	12				Pilar 14	20	60
					Pilar 15	20	60
					Pilar 16	20	60
					Pilar 17	20	20

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir das informações obtidas, a Figura 63 apresenta a planta de forma para o pavimento tipo do Edifício 2.

Figura 63 – Planta de forma do Edifício 2.

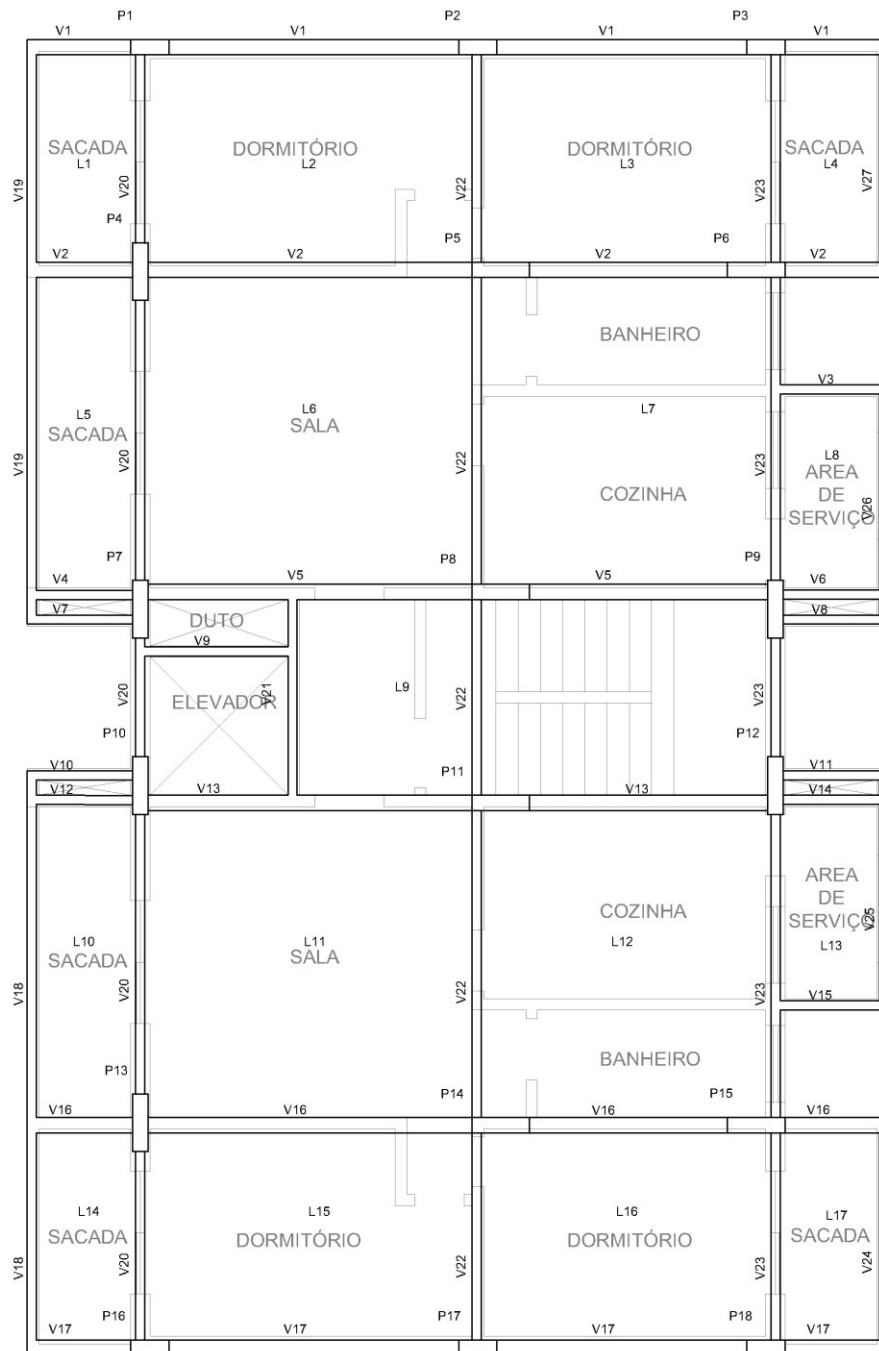


Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.3 Edifício 3

De acordo com a metodologia, os conceitos apresentados e a planta do pavimento tipo (Figura 24), foram realizados o arranjo estrutural e a enumeração dos elementos estruturais do Edifício 3 (Figura 64).

Figura 64 – Arranjo estrutural do Edifício 3.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Foi realizada a continuação das vigas V1, V2, V16, V17 até o fim das sacadas com a colocação das vigas V18, V19, V24, V27 para que as lajes L1, L4, L5, L14 e L17 não ficassem em balanço, mas apoiadas nas vigas. Para formação dos vazios, foi preferido a colocação de novas vigas V4, V6, V10, V11, V12, V14 para que elas ficassem dentro da alvenaria e não interferissem nas dimensões dos vazios. A partir disso, foram inseridas primeiramente as informações de cálculo de pré-dimensionamento na planilha de lajes de nervuradas para obter a espessura de cada laje (Tabela 15). O espaçamento entre as cubetas foi considerado de 61 cm, baseado no catálogo da Impacto apresentado em Anexo.

Tabela 15 – Resultados do pré-dimensionamento de lajes do Edifício 3.

	Lx (cm)	Ly (cm)	h (cm)
Laje 1	147.50	302.50	10
Laje 2	302.50	440.00	13
Laje 3	302.50	388.00	11
Laje 4	147.50	302.50	10
Laje 5	147.50	427.50	10
Laje 6	420.00	440.00	13
Laje 7	388.00	420.00	12
Laje 8	147.50	280.00	10
Laje 9	240.00	270.00	10
Laje 10	147.50	427.50	10
Laje 11	420.00	440.00	13
Laje 12	388.00	420.00	12
Laje 13	147.50	280.00	10
Laje 14	147.50	302.50	10
Laje 15	302.50	440.00	13
Laje 16	302.50	388.00	11
Laje 17	147.50	302.50	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Logo em seguida foram enumerados os tramos das vigas, de acordo com o exemplo apresentado na Figura 37, para inserir os dados na planilha de pré-dimensionamento de vigas. Desse modo foi possível fazer o cálculo da seção de cada viga (Tabela 16).

Tabela 16 – Resultados do pré-dimensionamento de vigas do Edifício 3.

	Tem quantos tramos?	Comprimento Tramo 1 (cm)	Comprimento Tramo 2 (cm)	Comprimento Tramo 3 (cm)	Comprimento Tramo 4 (cm)	Comprimento Tramo 5 (cm)	Apoia outras vigas?	bw (cm)	h (cm)
Viga 1	4	147.5	440.0	388.0	147.5		Sim	20	55
Viga 2	4	147.5	440.0	388.0	147.5		Sim	20	55
Viga 3	1	147.5					Sim	12	15
Viga 4	1	147.5					Sim	12	15
Viga 5	2	440.0	388.0				Sim	20	45
Viga 6	1	147.5					Sim	12	15
Viga 7	1	147.5					Sim	12	15
Viga 8	1	147.5					Sim	12	15
Viga 9	1	200.0					Não	12	20
Viga 10	1	147.5					Sim	12	15
Viga 11	1	147.5					Sim	12	15
Viga 12	1	147.5					Sim	12	15
Viga 13	2	440.0	388.0				Sim	20	45
Viga 14	1	147.5					Sim	12	15
Viga 15	1	147.5					Sim	12	15
Viga 16	4	147.5	440.0	388.0	147.5		Sim	20	55
Viga 17	4	147.5	440.0	388.0	147.5		Sim	20	55
Viga 18	3	302.5	420.0	42.5			Não	12	40
Viga 19	3	42.5	420.0	302.5			Não	12	40
Viga 20	5	302.5	420.0	270.0	420.0	302.5	Não	12	40
Viga 21	2	192.5	72.5				Sim	12	15
Viga 22	5	302.5	420.0	270.0	420.0	302.5	Não	12	40
Viga 23	5	302.5	420.0	270.0	420.0	302.5	Sim	12	45
Viga 24	1	302.5					Não	12	30
Viga 25	2	272.5	42.5				Não	12	15
Viga 26	2	42.5	272.5				Não	12	15
Viga 27	1	302.5					Não	12	30

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o cálculo das dimensões das seções dos pilares, é necessário inserir os dados referentes a laje, a telha, a seção e ao número de pavimentos (Figura 65).

Figura 65 – Quadro de informações gerais dos pilares do Edifício 3.

Laje	Maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos		
Telha	Aço e estrutura de aço		
Seção	Pilar Retângulo fixando uma dimensão	Fixar (cm)	20
Número de Pavimentos	9	Significância	5

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram inseridos os dados referentes ao tipo de pilar, fck e área de influência do Edifício 3 para obter os valores das dimensões dos pilares (Tabela 17).

Tabela 17 – Resultados do pré-dimensionamento de pilares do Edifício 3.

	Tipo	fck (Mpa)	Ai (m ²)	b (cm)	h (cm)
Pilar 1	Extremidade	25	5.74	20	45
Pilar 2	Extremidade	25	6.34	20	50
Pilar 3	Extremidade	25	5.74	20	45
Pilar 4	Intermediário	25	13.23	20	70
Pilar 5	Intermediário	25	14.62	20	75
Pilar 6	Intermediário	25	10.39	20	55
Pilar 7	Intermediário	25	11.52	20	60
Pilar 8	Intermediário	25	14.12	20	70
Pilar 9	Intermediário	25	10.64	20	55
Pilar 10	Intermediário	25	11.52	20	60
Pilar 11	Intermediário	25	14.12	20	70
Pilar 12	Intermediário	25	10.64	20	55
Pilar 13	Intermediário	25	13.23	20	70
Pilar 14	Intermediário	25	14.62	20	75
Pilar 15	Intermediário	25	10.39	20	55
Pilar 16	Extremidade	25	5.74	20	45
Pilar 17	Extremidade	25	6.34	20	50
Pilar 18	Extremidade	25	5.74	20	45

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com as recomendações observadas na bibliografia, foram escolhidas na aba resumo as opções sobre padronizações de seções (Figura 66).

Figura 66 – Padronização de seções Edifício 1

Tipo de Laje	Maciça	
Padronização das seções	Lajes	Maior Espessura
	Vigas	Maior Seção
	Pilares	Tipo de Pilar (Maior dimensão)

Fonte: Elaborada pelo autor.

No caso das vigas, foi realizada uma padronização manual das seções. Todas as seções que tiveram largura (b) de 20cm, foram padronizadas para a maior altura (h). As vigas que tiveram largura (b) de 12 cm foram padronizadas para maior altura (h). Desse modo, foram definidas as dimensões para os elementos estruturais do Edifício 3 (Tabela F).

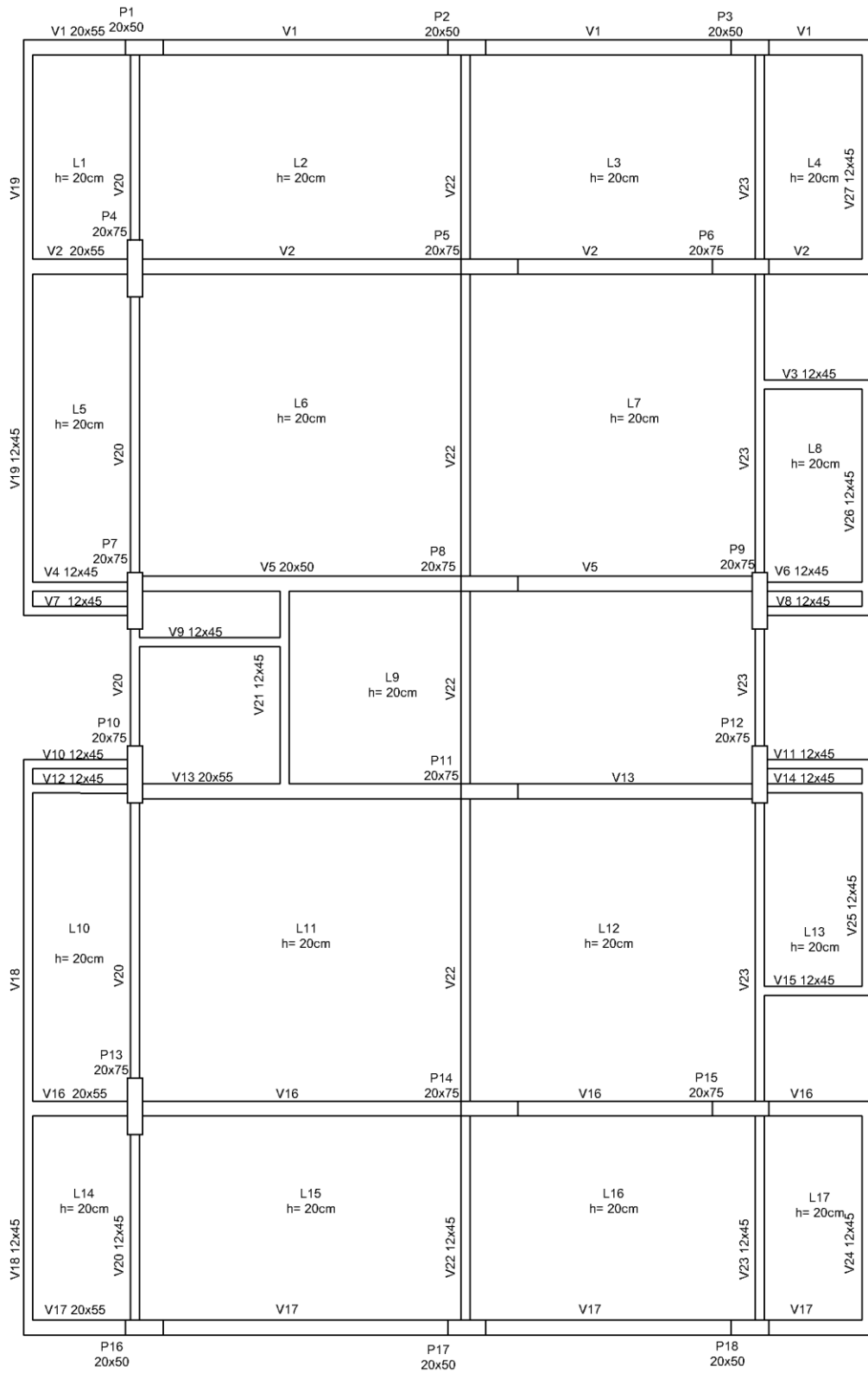
Tabela 18 – Seções dos elementos estruturais do Edifício 3.

Laje	h (cm)	Viga	bw (cm)	h (cm)	Pilar	b (cm)	h (cm)
Laje 1	20x55	Viga 1	20	55	Pilar 1	20	50
Laje 2	13	Viga 2	20	55	Pilar 2	20	50
Laje 3	13	Viga 3	12	45	Pilar 3	20	50
Laje 4	13	Viga 4	12	45	Pilar 4	20	75
Laje 5	13	Viga 5	20	55	Pilar 5	20	75
Laje 6	13	Viga 6	12	45	Pilar 6	20	75
Laje 7	13	Viga 7	12	45	Pilar 7	20	75
Laje 8	13	Viga 8	12	45	Pilar 8	20	75
Laje 9	13	Viga 9	12	45	Pilar 9	20	75
Laje 10	13	Viga 10	12	45	Pilar 10	20	75
Laje 11	13	Viga 11	12	45	Pilar 11	20	75
Laje 12	13	Viga 12	12	45	Pilar 12	20	75
Laje 13	13	Viga 13	20	55	Pilar 13	20	75
Laje 14	13	Viga 14	12	45	Pilar 14	20	75
Laje 15	13	Viga 15	12	45	Pilar 15	20	75
Laje 16	13	Viga 16	20	55	Pilar 16	20	50
Laje 17	13	Viga 17	20	55	Pilar 17	20	50
		Viga 18	12	45	Pilar 18	20	50
		Viga 19	12	45			
		Viga 20	12	45			
		Viga 21	12	15			
		Viga 22	12	45			
		Viga 23	12	45			
		Viga 24	12	45			
		Viga 25	12	45			
		Viga 26	12	45			
		Viga 27	12	45			

Fonte: Elaborada pelo autor.

Vale ressaltar que segundo o catálogo da Impacto, apresentado em Anexo, a menor altura de laje nervurada com cubetas de espaçamento de 61 cm são lajes de 20 cm, assim, foram escolhidas para o Edifício 3 lajes nervuradas com altura total de 20 cm. A partir das informações obtidas, a Figura 67 apresenta a planta de forma para o pavimento tipo do Edifício 3.

Figura 67 – Planta de forma do Edifício 3.



Fonte: Elaborada pelo autor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que o presente trabalho identificou fórmulas de pré-dimensionamento de estruturas de concreto na literatura que passaram previamente por testes que buscavam verificar sua eficácia e assertividade. Desse modo, foi possível elaborar planilhas que procuraram facilitar o trabalho do arquiteto de maneira didática e eficaz, inclusive testadas por estudantes de arquitetura, gerando maior segurança na elaboração do projeto arquitetônico em relação a interação com o projeto estrutural. Dessa forma, teve como objetivo minimizar o tempo gasto tanto pelo arquiteto quanto pelo engenheiro a partir de um projeto arquitetônico consistente com reduzidas interferências entre o projeto arquitetônico e o estrutural.

A utilização das planilhas proporcionou fácil inserção de dados e de simples compreensão que ofereceu aos usuários uma ferramenta que pode ser essencial para a agilidade e eficácia no desenvolvimento de seus projetos. Além disso, foram apresentados ensinamentos fundamentais que seguem desde sobre como calcular parâmetros necessários para obter a dimensão das seções de elementos estruturais, como áreas de influência, comprimento de vãos, engates, entre outros, até sobre o entendimento da interferência entre os elementos estruturais e a arquitetura.

A partir das análises das planilhas em plantas de arquitetura existentes, foi possível verificar suas funcionalidades e como elas podem ser utilizadas, sendo relacionadas com as necessidades do usuário e o programa de necessidades da edificação.

Como sugestão para trabalhos futuros, é importante a elaboração de planilhas de pré-dimensionamento para outras estruturas, como de madeira e aço, que possam proporcionar ao usuário a possibilidade de escolha entre diferentes materiais. Ademais, em trabalhos futuros, pode-se abordar a relação, em concepções arquitetônicas, desses elementos com as fundações.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto e execução de concreto armado. Rio de Janeiro, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2009.

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

REBELLO, Y.C.P. **Base para projeto estrutural**. São Paulo Zigurate Editora, 2007

ALVA, G. M. S. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MELO, P. R. **Dissertação pré-dimensionamento, de Estruturas de madeira, de aço e de concreto para auxílio à concepção de projetos arquitetônicos**. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

PELIZARO, T. V. G. **Estudo do pré-dimensionamento de lajes, vigas e pilares de concreto**. Horizonte Científico, V. 11, N. 2, 2017.

CUNHA, J. Estruturas de concreto armado. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil, 198p. Apostila, 2014

SARAMAGO, R. C. P. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil**. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2011.

FUSCO, P.B. **Estruturas de concreto: fundamentos do projeto estrutural**. São Paulo. McGraw-Hill/Editora da Universidade de São Paulo, 1976.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. Elsevier Editora Ltda., 2016

DI PIETRO, J. E. **O conhecimento qualitativo das estruturas das edificações na formação do arquiteto e do engenheiro**. Tese de doutorado – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SOUSA JUNIOR, A. M. **Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – Universidade Federal de Santa Maria, V.14, N.2, 2014.

CORRÊA, R. M. **Importância do ensino da integração dos projetos de arquitetura e estrutura de edifícios: fase de lançamento das estruturas**. Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, I., São Carlos, 2001.

DIAS, R.H. Sistemas estruturais para grandes vãos em pisos e a influência na concepção arquitetônica. **Vitruvius architextos**. São Paulo, 044.05 ano 04. Janeiro 2004. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/architextos/04.044/622>>. Acesso em: 12 de abril. 2018.

NEUMANN, João Henrique. **Estudo do Pré-Dimensionamento de Pilares em Edifícios de Concreto Armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ESO. **Laje Nervurada – Processo Construtivo**. Rio grande do Sul, 2011. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?paged=6>>. Acesso em: 11 de agosto de 2018.

PROPLAN. **Forma de viga**. Minas Gerais, 2013. Disponível em: <<https://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/predio-f-unidade-educacional>>. Acesso em: 11 de agosto de 2018.

IMPACTO PROTENSÃO. **Catálogos de fôrmas impacto**. Disponível em: <<http://impactoprotensao.com.br/catalogo-de-formas/>>. Acesso em: 13 maio, 2018

ATEX. **Catálogo de dados técnicos**. Disponível em: <https://www.atex.com.br/upload/PDFCalculista/folder-dados-tecnicos-site_636481789564006068.pdf>. Acesso em: 13 de maio, 2018.

APÊNDICE A – RESUMO DAS FÓRMULAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO UTILIZADAS NAS PLANILHAS

1 Lajes maciças

Altura útil:

$$d = (2,5 - 0,1n) \times \frac{L}{100}$$

Espessura final:

$$h = d + 3,0 \text{ cm}$$

2 Lajes nervuradas

- Espaçamento entre nervuras em torno de 50cm: $h = 4\%$ do vão das nervuras
- Espaçamento entre nervuras em torno de 100cm: $h = 3\%$ do vão das nervuras

3 Vigas

Caso	Posição da viga	Dá apoio a outra(s) viga(s)?	Fórmula
1	Central	Sim	$h=13,5\% L$
2	Central	Não	$h=11,5\% L$
3	Periférica	Sim	$h=11,5\% L$
4	Periférica	Não	$h=10,5\% L$

O vão L deve ser calculado para o maior tramo da viga, através das seguintes fórmulas:

- Se $L_{maior} - L_{adjacente maior} \leq 3 \text{ m}$, então:

$$L = \frac{(L_{maior} + L_{adjacente maior})}{2}$$

- Se $L_{maior} - L_{adjacente maior} > 3 \text{ m}$, então:

- Para vão maior na extremidade da viga:

$$L = \frac{(L_{maior} + L_{adjacente maior})}{2}$$

- Para vão maior na região central da viga:

$$L = \frac{(L_{maior} + L_{adjacente maior})}{2} \times 1,25$$

4 Pilares

Área da seção:

$$A_c = \frac{N_d}{\sigma_{id}} \times \gamma_{corr}$$

Valores de σ_{id} para aços CA-50 e $p = 2\%$

f_{ck} (MPa)	20	25	30	35	40	45	50
σ_{id} (kgf/cm ²)	203	233	263	293	322	352	382

Coeficientes de correção segundo a posição de pilares

Pilar de canto	3,4
Pilar de extremidade	2,2
Pilar intermediário	1,4

Carregamento de cálculo do pilar:

$$N_d = 1,4 \times A_i \times [q_T \times (n_p + 0,7) + q_c]$$

Valores de q_T :

- Laje maciça ou nervurada, com paredes em blocos de concreto: 1500 kgf/m²;
- Laje maciça ou nervurada, com paredes em tijolos cerâmicos: 1200 kgf/m²;
- Laje nervurada com blocos leves (EPS): 1000 kgf/m²;
- Laje não maciça com pares de gesso acartonado: 800 kgf/m².

Valores de q_c :

- Telhas de concreto, com madeiramento: 150 kgf/m²;
- Telhas cerâmicas, com madeiramento: 120 kgf/m²;
- Telhas de fibrocimento, com madeiramento: 50 kgf/m²;
- Telhas de aço e estrutura de aço: 50 kgf/m²;
- Telhas de alumínio e estrutura de aço: 40/kgf/m²;
- Telhas de alumínio e estrutura de alumínio: 30 kgf/m².

**ANEXO A – CATÁLOGOS DE FORMAS DE LAJES NERVURADAS (IMPACTO
PROTENSÃO E ATEX)**

]] IMPACTO

Catálogo
de Datos
TÉCNICOS

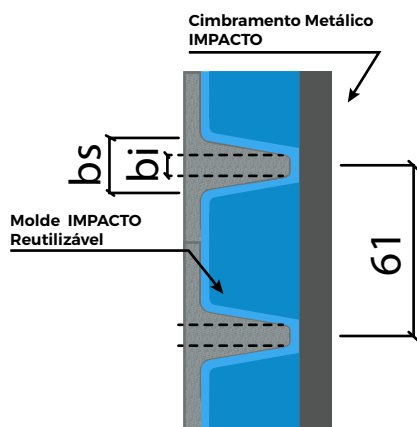
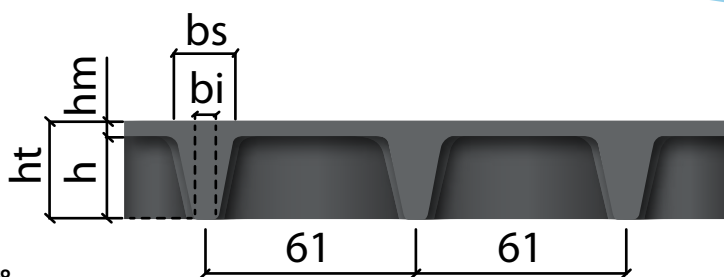
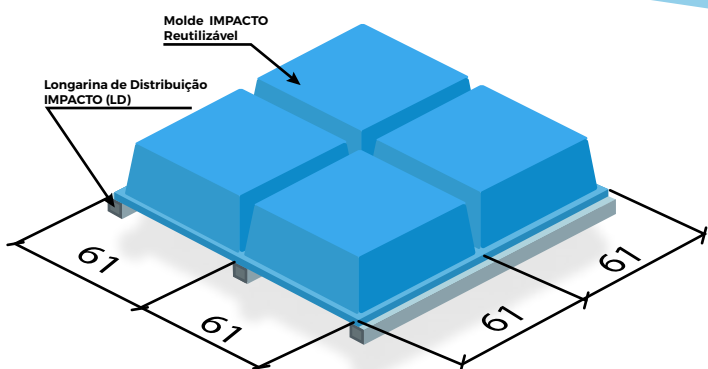
impactoeng.com

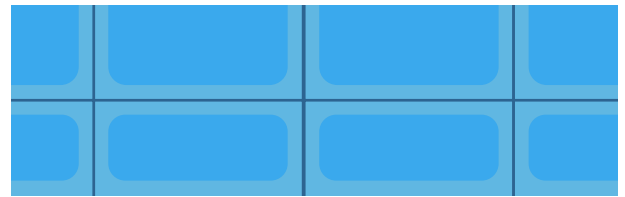
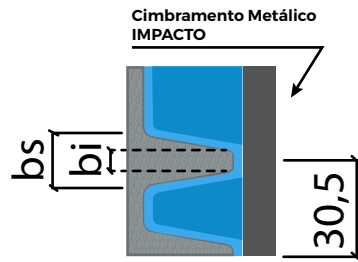
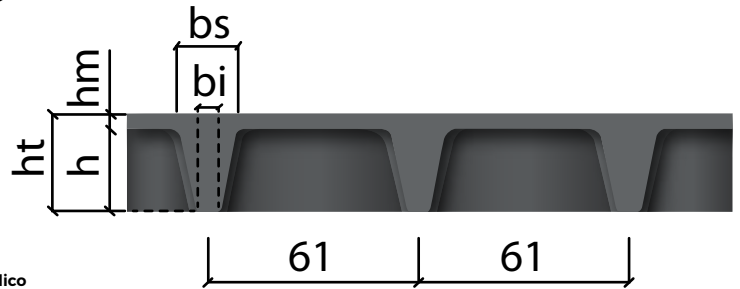
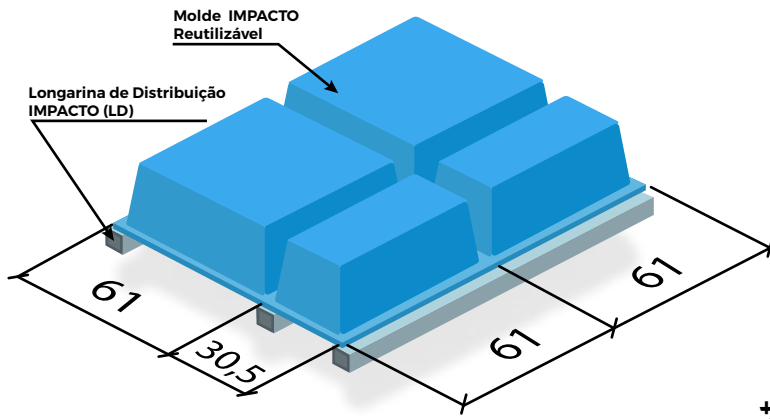


CUBETA 61X61cm BIDIRECIONAL

IMPACTO

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m³/m²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m³)	(m³/m²)		
16	4	20	7	8,5	10	0,044	0,119	0,081	204
	5	21							
	6	22							
18	4	22	7	8,5	10	0,050	0,133	0,087	217
	5	23							
	6	24							
21	4	25	7	10	13	0,055	0,147	0,103	258
	5	26							
	6	27							
26	4	30	7	11,5	16	0,064	0,172	0,128	321
	5	31							
	6	32							
30	4	34	7	12,5	18	0,071	0,190	0,150	374
	5	35							
	6	36							





MEIA CUBETA 61X30,5

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht) valores em centímetro (cm)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m ³ /m ²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m ²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m ³)	(m ³ /m ²)		
16	4	20	7	8,5	10	0,018	0,099	0,101	251,6
	5	21						0,111	276,6
	6	22						0,121	301,6
18	4	22	7	8,5	10	0,021	0,112	0,108	270,5
	5	23						0,118	295,5
	6	24						0,128	320,5
21	4	25	7	10	13	0,022	0,118	0,132	329,5
	5	26						0,142	354,5
	6	27						0,152	379,5
26	4	30	7	11,5	16	0,025	0,132	0,168	420,3
	5	31						0,178	445,3
	6	32						0,188	470,3
30	4	34	7	12,5	18	0,026	0,141	0,199	496,3
	5	35						0,209	521,3
	6	36						0,219	546,3



CUBETA 61X122cm UNIDIRECIONAL

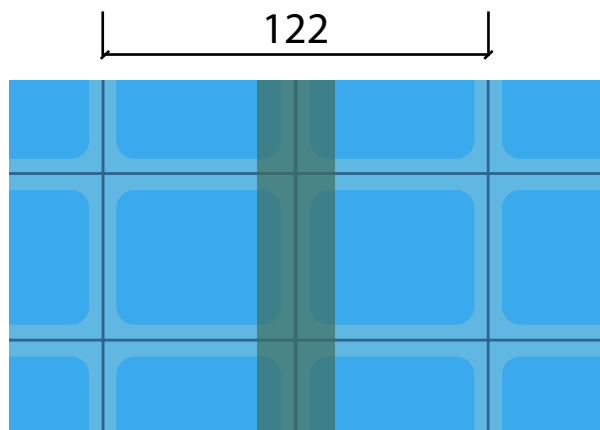
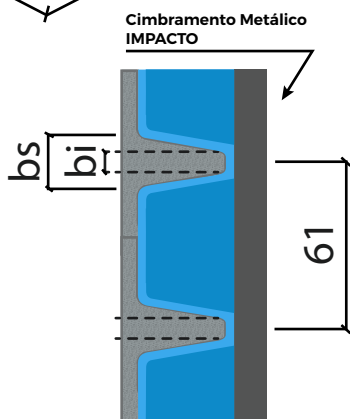
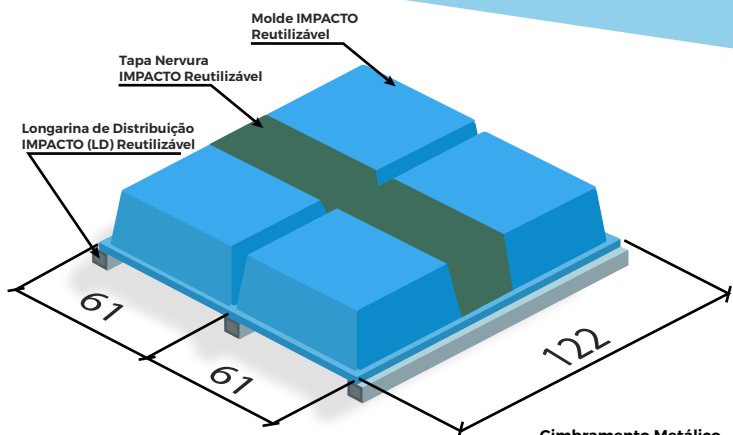
CUBETA + TAPA NERVURA

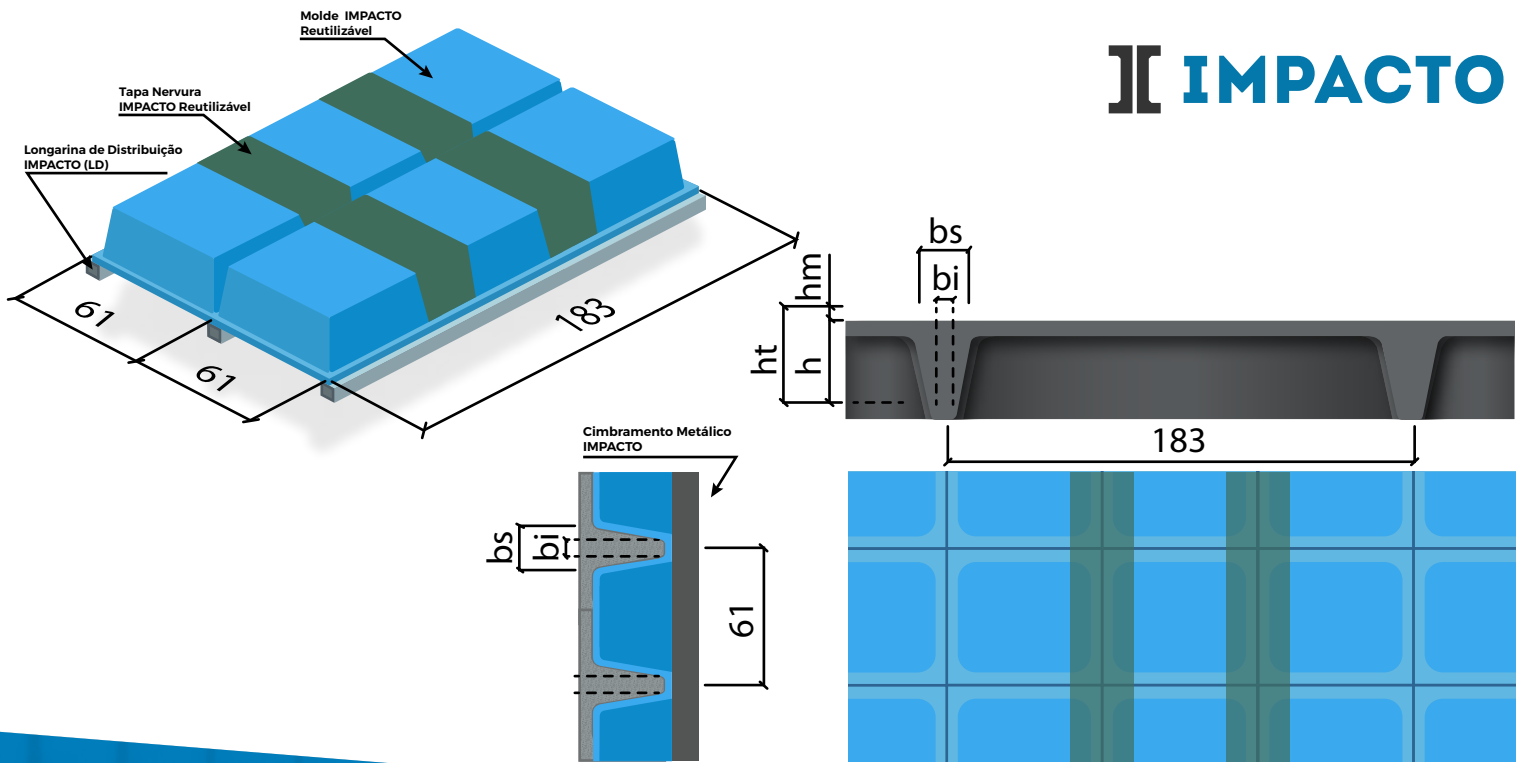
IMPACTO

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m³/m²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m³)	(m³/m²)		
valores em centímetro (cm)									
16	4	20						0,072	179,7
	5	21	7	8,5	10	0,095	0,128	0,082	204,7
	6	22						0,092	229,7
18	4	22						0,076	189,7
	5	23	7	8,5	10	0,107	0,144	0,086	214,7
	6	24						0,096	239,7
21	4	25						0,089	221,9
	5	26	7	10	13	0,120	0,161	0,099	246,9
	6	27						0,109	271,9
26	4	30						0,109	271,9
	5	31	7	11,5	16	0,142	0,191	0,119	296,9
	6	32						0,129	321,9
30	4	34						0,126	314,1
	5	35	7	12,5	18	0,160	0,214	0,136	339,1
	6	36						0,146	364,1

OBS: Considerar os acréscimos de concreto abaixo para cada nervura de travamento.

h=20cm: 0,023m³/metro linear
 h=25cm: 0,031m³/metro linear
 h=30cm: 0,038m³/metro linear





CUBETA 61X183cm UNIDIRECIONAL

CUBETA + TAPA NERVURA

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m³/m²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m³)	(m³/m²)		
valores em centímetro (cm)									
16	4	20	7	8,5	10	0,147	0,131	0,069	171,7
	5	21						0,079	196,7
	6	22						0,089	221,7
18	4	22	7	8,5	10	0,165	0,148	0,072	180,7
	5	23						0,082	205,7
	6	24						0,092	230,7
21	4	25	7	10	13	0,185	0,166	0,084	210,0
	5	26						0,094	235,0
	6	27						0,104	260,0
26	4	30	7	11,5	16	0,221	0,198	0,102	255,6
	5	31						0,112	280,6
	6	32						0,122	305,6
30	4	34	7	12,5	18	0,248	0,222	0,118	294,4
	5	35						0,128	319,4
	6	36						0,138	344,4

OBS: Considerar os acréscimos de concreto abaixo para cada nervura de travamento.

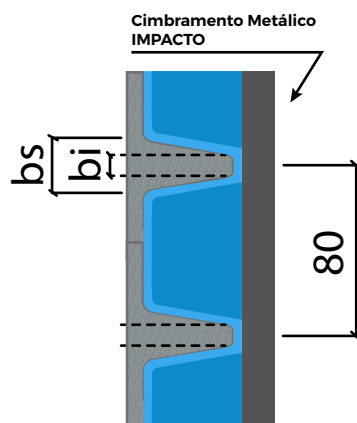
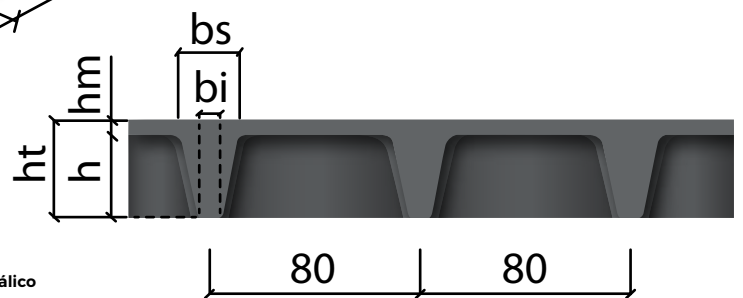
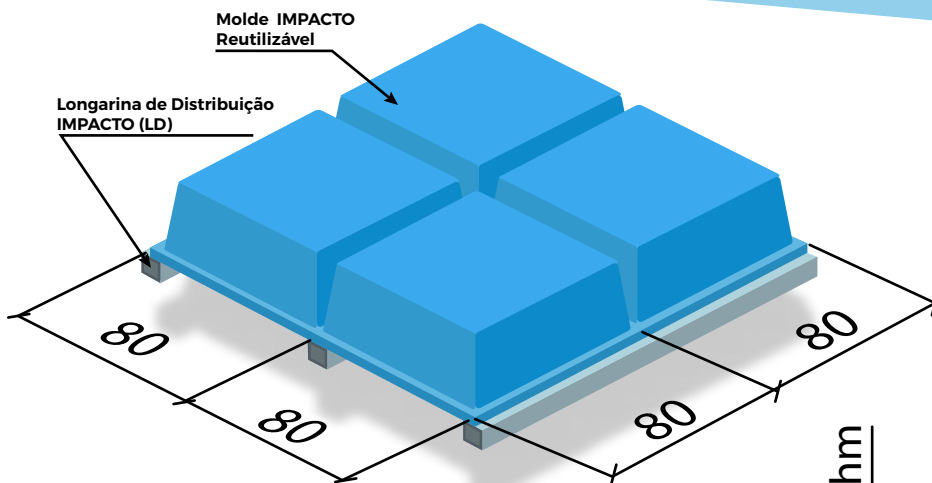
h=20cm: 0,023m³/metro linear
h=25cm: 0,031m³/metro linear
h=30cm: 0,038m³/metro linear

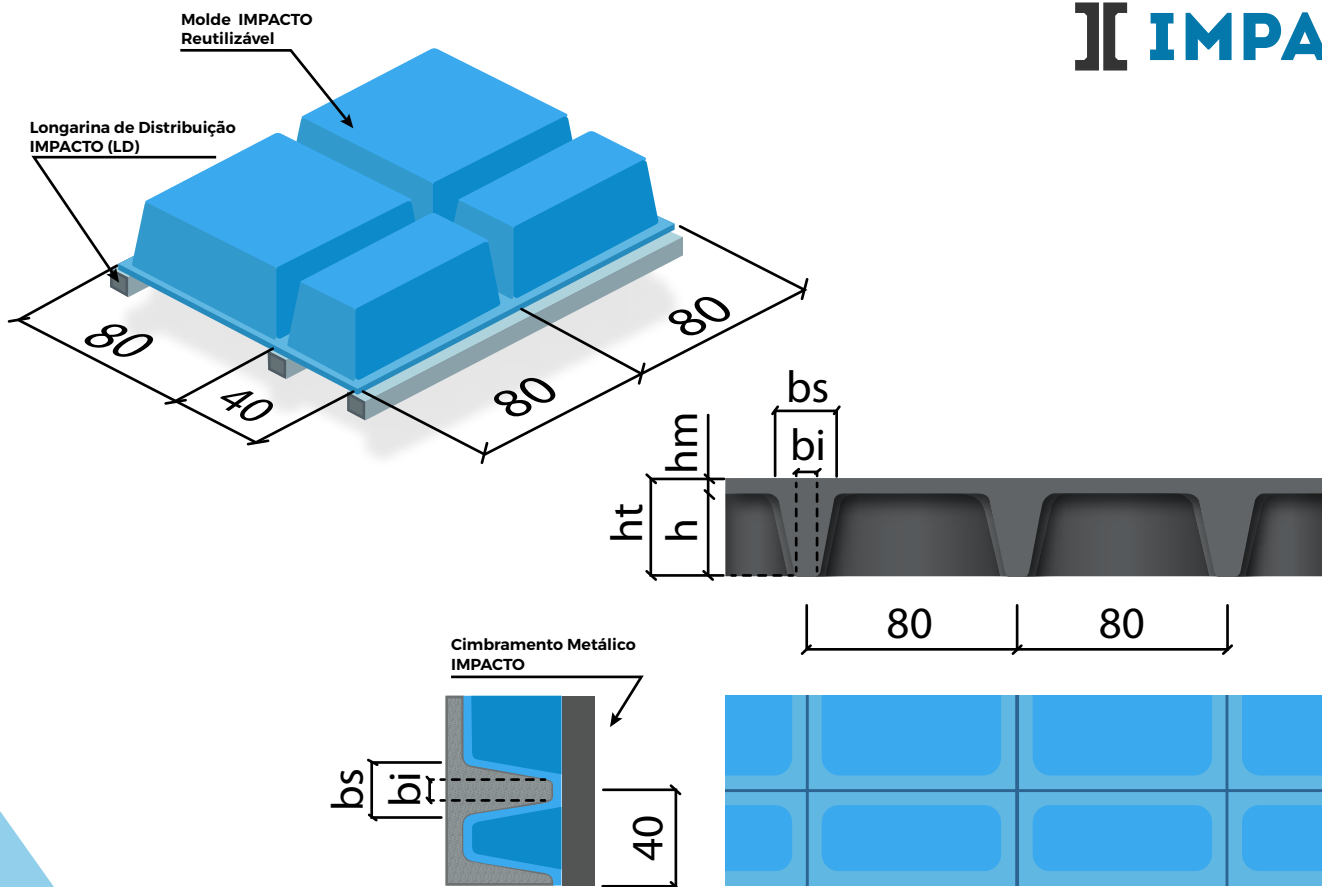


CUBETA 80X80cm BIDIRECIONAL

IMPACTO

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m³/m²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m³)	(m³/m²)		
valores em centímetro (cm)									
20	5	25	12,5	14,0	15,4	0,087	0,136	0,114	284
20	7,5	27,5	12,5	14,0	15,4	0,087	0,136	0,139	347
20	10	30	12,5	14,0	15,4	0,087	0,136	0,164	409
25	5	30	12,5	15,3	18	0,105	0,164	0,136	340
25	7,5	32,5	12,5	15,3	18	0,105	0,164	0,161	403
25	10	35	12,5	15,3	18	0,105	0,164	0,186	465
30	5	35	12,5	16,2	19,9	0,122	0,191	0,159	397
30	7,5	37,5	12,5	16,2	19,9	0,122	0,191	0,184	460
30	10	40	12,5	16,2	19,9	0,122	0,191	0,209	522





MEIA CUBETA 80X40cm

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m ² /m ²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m ²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m ³)	(m ³ /m ²)		
valores em centímetro (cm)									
20	5	25	12,5	14,0	15,4	0,034	0,108	0,142	356
20	7,5	27,5	12,5	14,0	15,4	0,034	0,108	0,167	419
20	10	30	12,5	14,0	15,4	0,034	0,108	0,192	481
25	5	30	12,5	15,3	18	0,040	0,125	0,175	437
25	7,5	32,5	12,5	15,3	18	0,040	0,125	0,200	499
25	10	35	12,5	15,3	18	0,040	0,125	0,225	562
30	5	35	12,5	16,2	19,9	0,046	0,143	0,207	519
30	7,5	37,5	12,5	16,2	19,9	0,046	0,143	0,232	581
30	10	40	12,5	16,2	19,9	0,046	0,143	0,257	644



CUBETA 80X80cm UNIDIRECIONAL

CUBETA + TAPA NERVURA (CUB + 1TN)*

IMPACTO

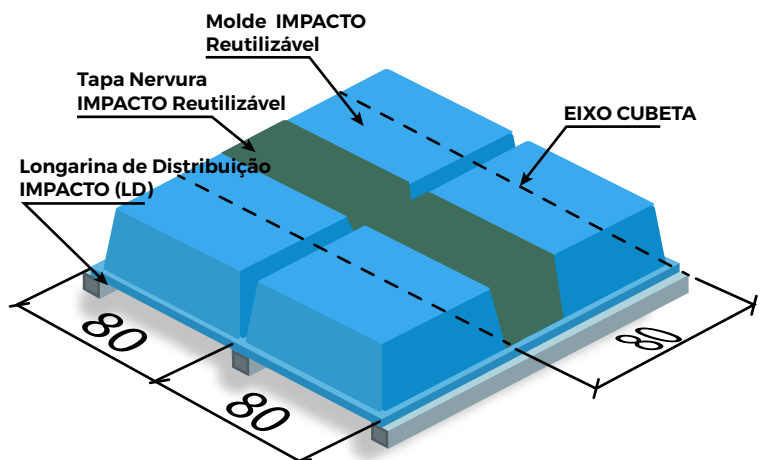
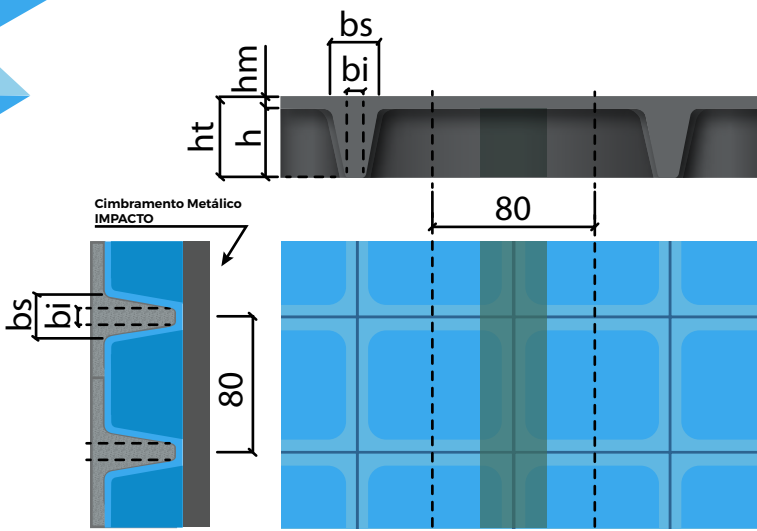
ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m³/m²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m³)	(m³/m²)		
20	5	25	12,5	14,0	15,4	0,106	0,165	0,085	212
20	7,5	27,5	12,5	14,0	15,4	0,106	0,165	0,110	275
20	10	30	12,5	14,0	15,4	0,106	0,165	0,135	337
25	5	30	12,5	15,3	18	0,130	0,202	0,098	244
25	7,5	32,5	12,5	15,3	18	0,130	0,202	0,123	307
25	10	35	12,5	15,3	18	0,130	0,202	0,148	369
30	5	35	12,5	16,2	19,9	0,153	0,239	0,111	277
30	7,5	37,5	12,5	16,2	19,9	0,153	0,239	0,136	339
30	10	40	12,5	16,2	19,9	0,153	0,239	0,161	402

*OBS: Considerar os acréscimos de concreto abaixo para cada nervura de travamento.

h=20cm: 0,023m³/metro linear

h=25cm: 0,031m³/metro linear

h=30cm: 0,038m³/metro linear



VOLUME DE VAZIO POR CÉLULAS UNIDIRECIONAIS:

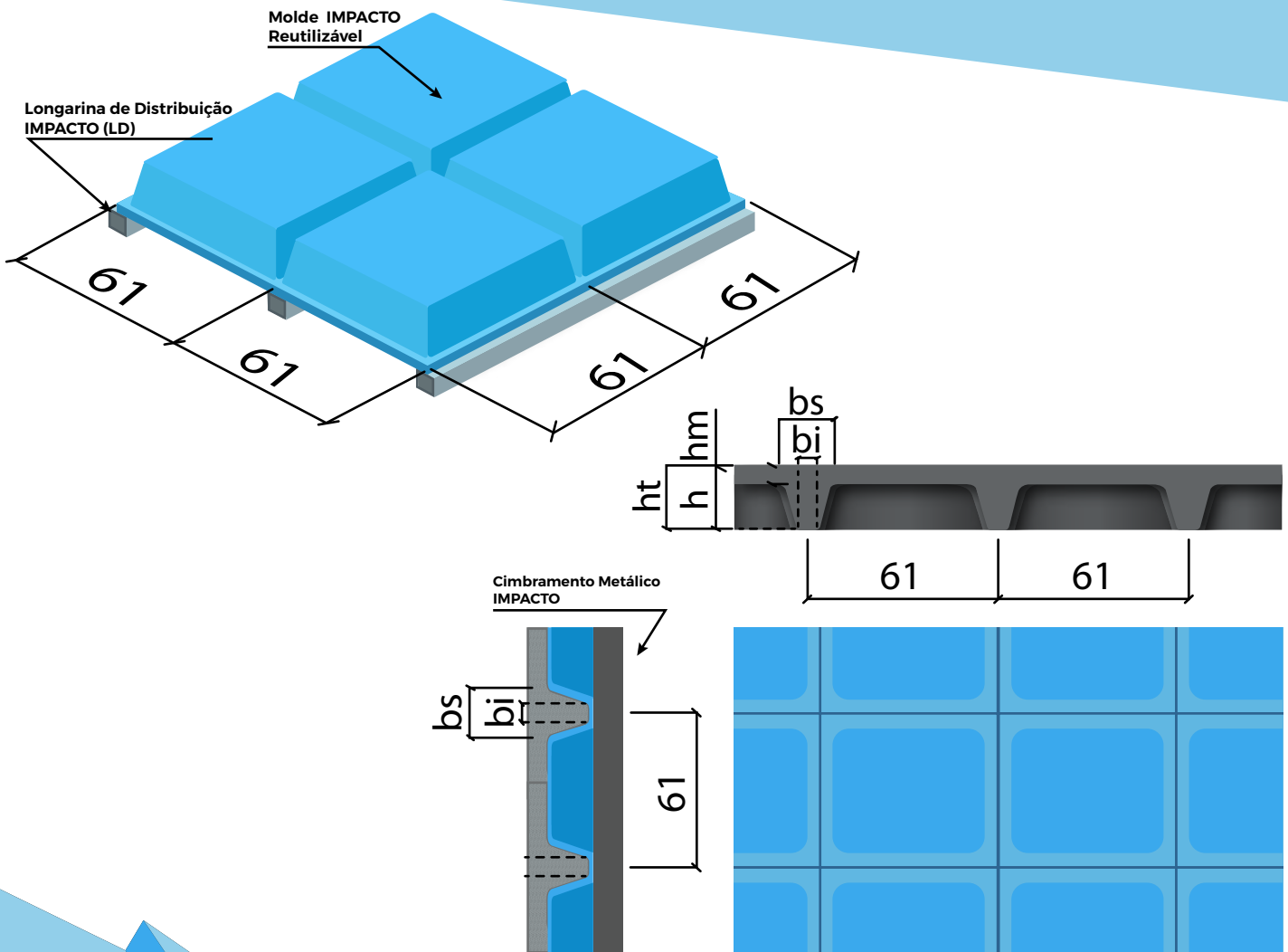
SISTEMA CONJUNTO (CUB. + 1TN)*	ÁREA DA CÉLULA UNITÁRIA (M2)	VOLUME DE VAZIO (M3)		
		h=20cm	h=25cm	h=30cm
(CUB. + 1TN)*	0,64	0,106	0,130	0,153
2 CUB. + 1TN	1,28	0,193	0,234	0,275
3 CUB. + 2TN	1,92	0,299	0,364	0,428
4 CUB. + 3TN	2,56	0,404	0,493	0,582
1 CUB. + 1 MEIA CUB. + 1TN	0,96	0,140	0,170	0,199
2 CUB. + 1 MEIA CUB. + 2TN	1,6	0,246	0,299	0,352
3 CUB. + 1 MEIA CUB. + 3TN	2,24	0,351	0,429	0,505
4 CUB. + 1 MEIA CUB. + 4TN	2,88	0,457	0,558	0,658

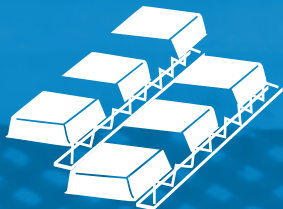


PAVPLUS 61X61cm BIDIRECIONAL

IMPACTO

ALTURA DO MOLDE (h)	ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	ALTURA TOTAL (ht)	LARGURA DA NERVURA			VOLUME DO VAZIO		EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO (m³/m²)	PESO PRÓPRIO (Kg/m²)
			inf.(bi)	med.(br)	sup.(bs)	(m³)	(m³/m²)		
10	10	20	12,5	14	15,5	0,022	0,059	0,141	352
10	12	22	12,5	14	15,5	0,022	0,059	0,161	402
10	15	25	12,5	14	15,5	0,022	0,059	0,191	477
15	10	25	12,5	15	17,5	0,032	0,085	0,165	412
15	12	27	12,5	15	17,5	0,032	0,085	0,185	462
15	15	30	12,5	15	17,5	0,032	0,085	0,215	537
20	10	30	12,5	16	19,5	0,041	0,109	0,191	477
20	12	32	12,5	16	19,5	0,041	0,109	0,211	527
20	15	35	12,5	16	19,9	0,041	0,109	0,241	602

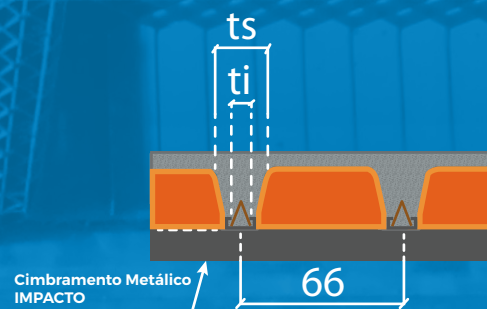
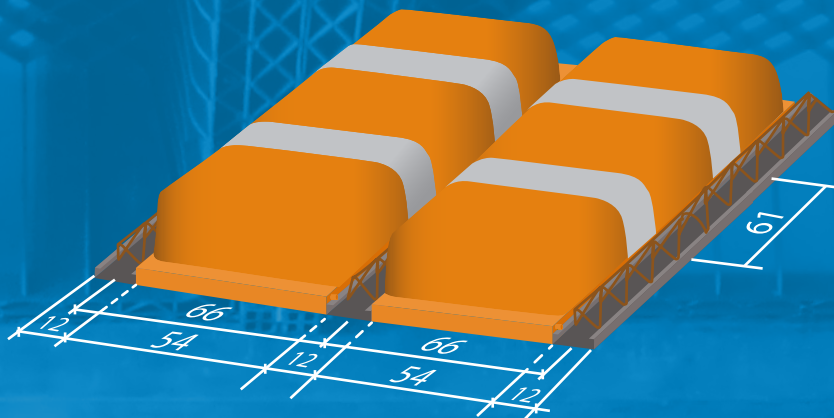




CUBETA PAVPRÉ 54X61cm UNIDIRECIONAL

valores em centímetro (cm)

ALTURA DO MOLDE (h)	21	23
ALTURA DA NERVURA DO MOLDE (hv)	16	18
ESPESSURA DA LÂMINA (hm)	5	5
ALTURA TOTAL (ht)	26	28
LARGURA DA NERVURA DO MOLDE		
sup.(bs)	10	10
med.(br)	8,5	8,5
inf.(bi)	7	7
LARGURA DA NERVURA DA TRELIÇA		
sup.(ts)	15	15
med.(tr)	13,5	13,5
inf.(ti)	12	12



valores em centímetro (m³)

VOLUME DO VAZIO DO MOLDE	0,064	0,070
--------------------------	--------------	--------------

valores em centímetro (m³/m²)

	0,160	0,1175
--	--------------	---------------

valores em centímetro (m³)

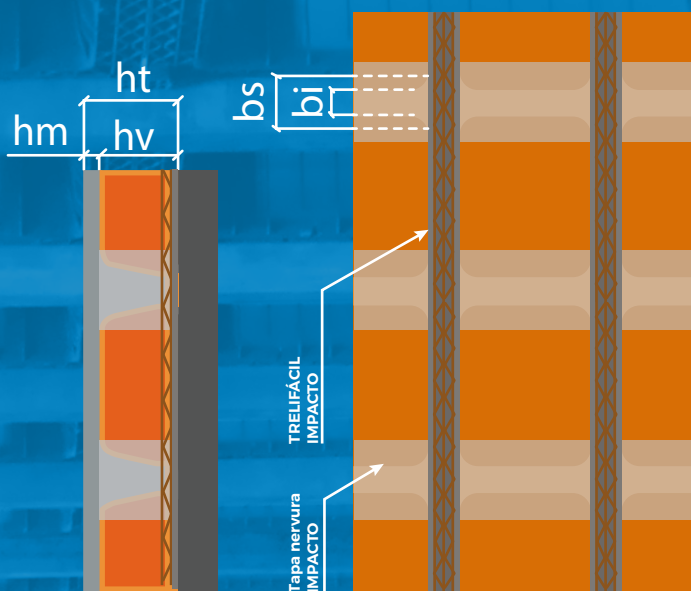
EQUIVALÊNCIA EM CONSUMO DE CONCRETO	0,040	0,042
-------------------------------------	--------------	--------------

valores em centímetro (m³/m²)

	0,100	0,105
--	--------------	--------------

valores em centímetro (Kg/m²)

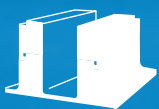
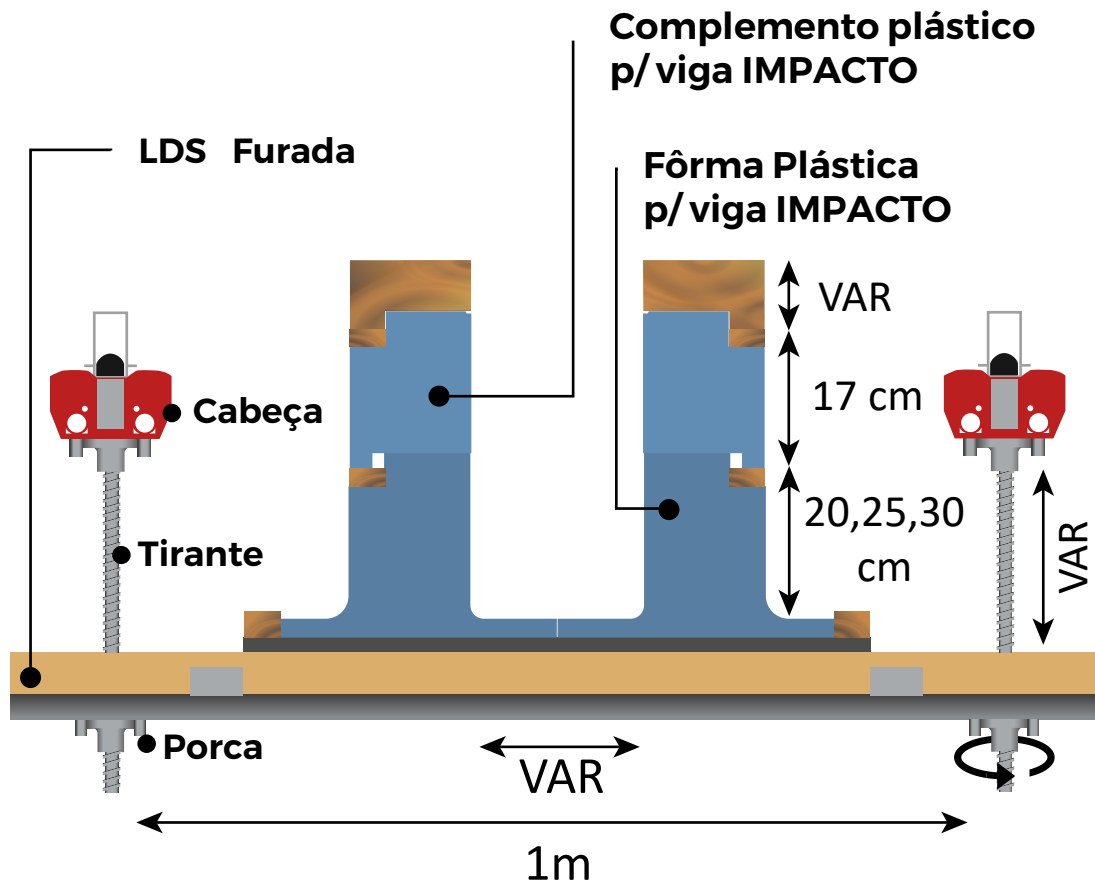
PESO PRÓPRIO	251	264
--------------	------------	------------



OBS: Considerar os acréscimos de concreto abaixo para cada nervura de travamento.

h=21cm: 0,011m³/metro linear
h=23cm: 0,012m³/metro linear

Área da Caixa Unitária 54x61 = 0,3294 m²
Área da Caixa Unitária 66x61 = 0,4026 m²



SISTEMA PAV-VIGA

RELAÇÃO DE ALTURAS - CUBETAS PLÁSTICAS PARA VIGA IMPACTO

CAIXA VIGA (cm) COMPLEMENTO (cm) ALTURA DA LAJE (cm) ALTURA TOTAL DA VIGA (cm)

30	17	13	60
25	17	13	55
20	17	13	50

RELAÇÃO DE ALTURAS - CUBETAS PLÁSTICAS PARA VIGA IMPACTO

CAIXA VIGA (cm) COMPLEMENTO (cm) ALTURA DA LAJE (cm) ALTURA TOTAL DA VIGA (cm)

30	17	20	67
25	17	20	52
20	17	20	57

ONDE ESTAMOS

SÃO PAULO

Rua Dom Luís Felipe de Orleans, 1033
• Vila Maria • CEP: 02118-001
• Tel.: (11) 2207-2032
• saopaulo@impactoeng.com

FORTALEZA

Rua Mário Guedes, 340
• Salinas • CEP: 60811-012
• Tel.: (85) 3273-7676
• impacto@impactoprotensao.com.br

MANAUS

Estrada do Centur, 950 (km 1,8)
• Tarumã • CEP: 69022-155
• Tel.: (92) 3651-7953
• comercial.impactomanaus@gmail.com

RECIFE

Rua João Cardoso Ayres, 1120
• Boa Viagem • CEP: 51130-300
• Tel.: (81) 3342-5239 / 3341-5966
• comercial@impactorecife.com.br

SALVADOR

Av. Manoel Dias da Silva, 2365 • Sala 110
• Pituba • CEP: 41830-001
• Tel.: (71) 3240-7247
• adm@impactoeng.com

BRASÍLIA

QI 21 • Lotes 61/62
• Ceilândia • CEP: 72215-010
• Tel.: (61) 3041-4975 / 3341-2948

RIO DE JANEIRO

Rua Maestro Felício Toledo, 519/Gr. 403
• Centro Niterói • CEP: 24030-106
• Tel.: (21) 2717-0983
• impactorio@impactorio.com.br

BOLÍVIA

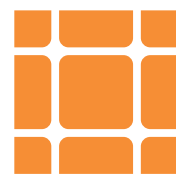
Km 2 al Norte, 1786
• Santa Cruz de la Sierra
• Tel.: (591-3) 342-6905 / 342-5776
• laslomasscz@laslomas.com.bo

 /ImpactoProtensao

 @ImpactoNaObra

impactoeng.com

CATÁLOGO DE DADOS TÉCNICOS



BRASIL
atex
a fôrma da laje

FÔRMA ATEX BIDIRECIONAL

Moldam nervuras ortogonais, com larguras iguais nas duas direções, gerando uma laje nervurada adequada para relação entre o vão menor e o vão maior compreendida entre 0,5 e 1,0.

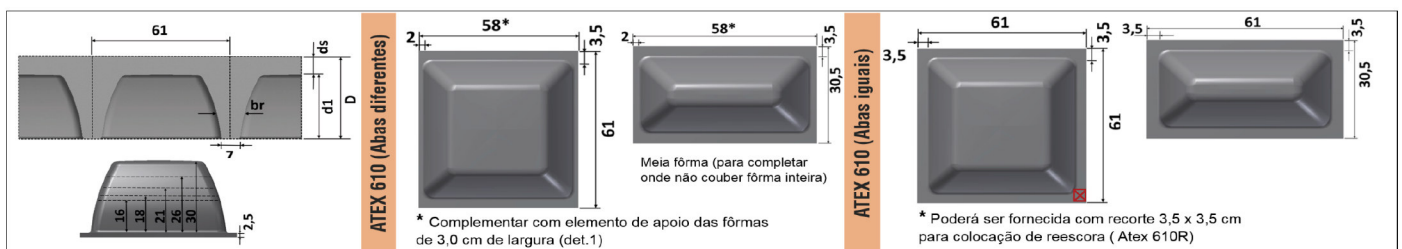
ATEX 600

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTÂNCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m ³	m ³ /m ²		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	m ³	m ³ /m ²	kN /m ²	m ³ /m ²
15,0	5,0	20,0	6,0	9,8	7,9	418	5,2	14,8	10290	12,7	0,041	0,113	2,18	0,087
18,0	5,0	23,0	8,0	12,5	10,3	485	6,6	16,4	18954	15,6	0,045	0,124	2,65	0,106
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V		CONCRETO 25kN/m ³	



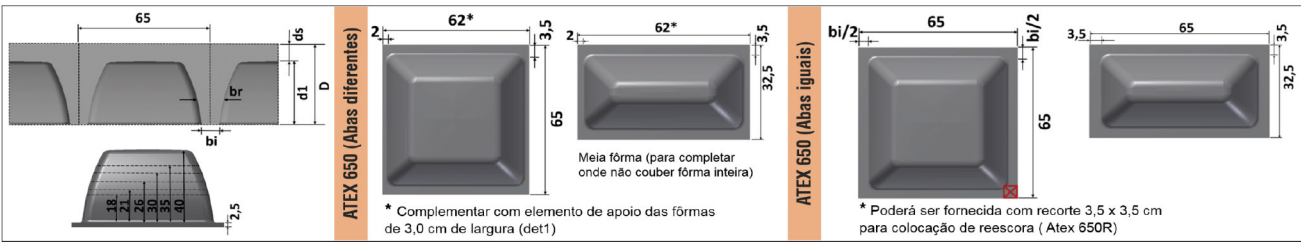
ATEX 610

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTÂNCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m ³	m ³ /m ²		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	m ³	m ³ /m ²	kN /m ²	m ³ /m ²
16,0	5,0	21,0	7,0	9,9	8,4	440	5,6	15,4	12933	13,7	0,044	0,119	2,28	0,091
	7,5	23,5				593	6,3	17,2	18299	15,3			2,90	0,116
	10,0	26,0				745	7,3	18,7	25336	17,1			3,53	0,141
18,0	5,0	23,0	7,0	9,9	8,5	458	6,2	16,8	16986	15,0	0,050	0,134	2,40	0,096
	7,5	25,5				611	6,8	18,7	23356	16,6			3,03	0,121
	10,0	28,0				763	7,7	20,3	31367	18,3			3,65	0,146
21,0	5,0	26,0	7,0	12,2	9,6	506	7,3	18,7	25473	17,1	0,056	0,149	2,78	0,111
	7,5	28,5				659	7,8	20,7	34104	18,9			3,40	0,136
	10,0	31,0				811	8,6	22,4	44358	20,6			4,03	0,161
26,0	5,0	31,0	7,0	14,8	10,9	588	9,2	21,8	44482	20,6	0,065	0,175	3,38	0,135
	7,5	33,5				741	9,6	23,9	57825	22,5			4,00	0,160
	10,0	36,0				893	10,2	25,8	72683	24,3			4,63	0,185
30,0	5,0	35,0	7,0	17,2	12,1	668	10,9	24,1	65517	23,4	0,072	0,193	3,93	0,157
	7,5	37,5				821	11,1	26,4	83818	25,5			4,55	0,182
	10,0	40,0				973	11,7	28,3	103553	27,3			5,18	0,207
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V		CONCRETO 25kN/m ³	



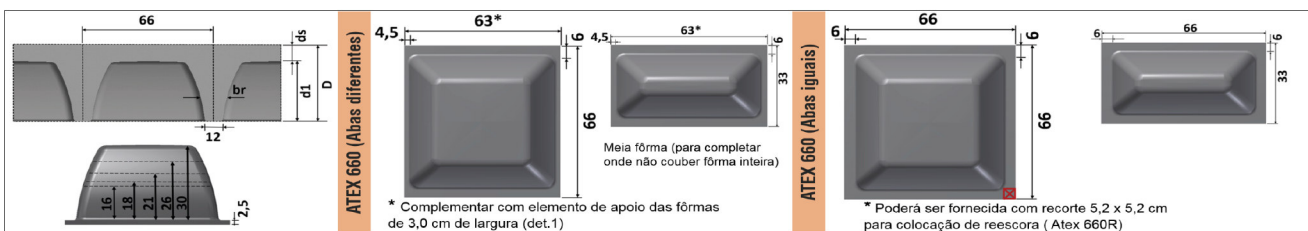
ATEX 650

ALTURA DA FÓRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTÂNCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m³	m³/m²		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm²	cm	cm	cm⁴	cm	m³	m³/m²	kN/m²	m³/m²
18,0	5,0	23,0	7,0	9,2	8,1	471	5,9	17,1	16974	14,6	0,058	0,138	2,30	0,092
	7,5	25,5				633	6,6	18,9	23295	16,3			2,93	0,117
	10,0	28,0				796	7,5	20,5	31332	18,0			3,55	0,142
21,0	5,0	26,0	7,0	9,8	8,4	501	6,9	19,1	24728	16,6	0,067	0,159	2,53	0,101
	7,5	28,5				664	7,4	21,1	32901	18,3			3,15	0,126
	10,0	31,0				826	8,2	22,8	42711	19,9			3,78	0,151
26,0	5,0	31,0	7,0	11,6	9,3	567	8,7	22,3	42880	19,9	0,081	0,191	2,98	0,119
	7,5	33,5				729	9,0	24,6	55354	21,7			3,60	0,144
	10,0	36,0				892	9,6	26,4	69257	23,4			4,23	0,169
30,0	5,0	35,0	7,0	13,0	10,0	625	10,2	24,8	62438	22,6	0,091	0,215	3,38	0,135
	7,5	37,5				788	10,3	27,2	79372	24,5			4,00	0,160
	10,0	40,0				950	10,8	29,2	97493	26,2			4,63	0,185
35,0	5,0	40,0	7,0	15,0	11,0	710	12,2	27,8	94580	25,9	0,102	0,241	3,95	0,158
	7,5	42,5				873	12,2	30,3	118568	28,0			4,58	0,183
	10,0	45,0				1035	12,6	32,4	143400	29,8			5,20	0,208
40,0	5,0	45,0	7,0	17,4	12,2	813	14,3	30,7	137193	29,4	0,112	0,264	4,65	0,186
	7,5	47,5				976	14,2	33,3	170025	31,5			5,28	0,211
	10,0	50,0				1138	14,5	35,5	203401	33,5			5,90	0,236
21,0	5,0	26,0	5,0	9,0	7,0	472	6,2	19,8	20508	15,6	0,071	0,167	2,32	0,093
	7,5	28,5				635	6,8	21,7	27369	17,2			2,94	0,118
	10,0	31,0				797	7,7	23,3	35878	18,8			3,57	0,143
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m³		



ATEX 660

ALTURA DA FÓRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTÂNCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m³	m³/m²		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm²	cm	cm	cm⁴	cm	m³	m³/m²	kN/m²	m³/m²
16,0	5,0	21,0	12,0	15,0	13,5	546	6,5	14,5	18869	15,1	0,044	0,101	2,73	0,109
	7,5	23,5				711	7,2	16,3	26637	16,9			3,35	0,134
	10,0	26,0				876	8,1	17,9	36353	18,8			3,98	0,159
18,0	5,0	23,0	12,0	15,0	13,5	573	7,3	15,7	24678	16,5	0,050	0,114	2,90	0,116
	7,5	25,5				738	7,8	17,7	33992	18,4			3,53	0,141
	10,0	28,0				903	8,7	19,3	45220	20,2			4,15	0,166
21,0	5,0	26,0	12,0	17,2	14,6	637	8,5	17,5	36182	18,7	0,056	0,127	3,33	0,133
	7,5	28,5				802	9,0	19,5	48625	20,7			3,95	0,158
	10,0	31,0				967	9,7	21,3	62981	22,5			4,58	0,183
26,0	5,0	31,0	12,0	19,7	15,9	743	10,5	20,5	61721	22,4	0,065	0,150	4,00	0,160
	7,5	33,5				908	10,9	22,6	80525	24,5			4,63	0,185
	10,0	36,0				1073	11,5	24,5	101169	26,4			5,25	0,210
30,0	5,0	35,0	12,0	22,2	17,1	843	12,2	22,8	89505	25,3	0,072	0,165	4,63	0,185
	7,5	37,5				1008	12,5	25,0	114715	27,5			5,25	0,210
	10,0	40,0				1173	13,1	26,9	141746	29,5			5,88	0,235
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m³		



ATEX 700

ALTURA DA FÓRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTÂNCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO	PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO	
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE				
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	m ³	m ³ /m ²	kN /m ²	m ³ /m ²
18,0	5,0	23,0	12,0	14,2	13,1	586	7,0	16,0	24905	16,2	0,058	0,119	2,78	0,111
	7,5	25,5				761	7,6	17,9	34229	18,0			3,40	0,136
	10,0	28,0				936	8,5	19,5	45523	19,8			4,03	0,161
21,0	5,0	26,0	12,0	15,0	13,5	634	8,1	17,9	36015	18,3	0,067	0,137	3,08	0,123
	7,5	28,5				809	8,6	19,9	48206	20,2			3,70	0,148
	10,0	31,0				984	9,4	21,6	62285	22,0			4,33	0,173
26,0	5,0	31,0	12,0	16,4	14,2	719	10,1	20,9	60869	21,9	0,081	0,165	3,63	0,145
	7,5	33,5				894	10,4	23,1	79131	23,8			4,25	0,170
	10,0	36,0				1069	11,0	25,0	99047	25,7			4,88	0,195
30,0	5,0	35,0	12,0	18,0	15,0	800	11,8	23,2	87628	24,7	0,091	0,185	4,13	0,165
	7,5	37,5				975	11,9	25,6	112103	26,6			4,75	0,190
	10,0	40,0				1150	12,4	27,6	138016	28,7			5,38	0,215
35,0	5,0	40,0	12,0	20,0	16,0	910	13,9	26,1	130753	28,2	0,102	0,208	4,80	0,192
	7,5	42,5				1085	14,0	28,5	164577	30,4			5,43	0,217
	10,0	45,0				1260	14,4	30,7	199554	32,5			6,05	0,242
40,0	5,0	45,0	12,0	22,2	17,1	1034	16,1	28,9	186636	31,7	0,112	0,228	5,55	0,222
	7,5	47,5				1209	16,1	31,4	231618	34,1			6,18	0,247
	10,0	50,0				1384	16,4	33,6	277525	36,1			6,80	0,272
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m ³		



ATEX 740

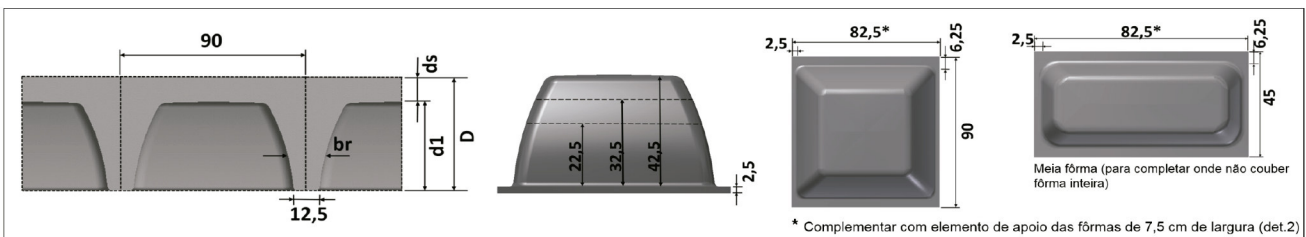
ALTURA DA FÓRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTÂNCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO	PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO	
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE				
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	m ³	m ³ /m ²	kN /m ²	m ³ /m ²
18,0	5,0	23,0	16,0	18,4	17,2	680	7,6	15,4	30604	17,1	0,058	0,106	3,10	0,124
	7,5	25,5				865	8,2	17,3	42202	19,0			3,73	0,149
	10,0	28,0				1050	9,1	18,9	56025	20,9			4,35	0,174
21,0	5,0	26,0	16,0	18,8	17,4	735	8,8	17,2	43908	19,2	0,067	0,123	3,43	0,137
	7,5	28,5				920	9,3	19,2	58992	21,2			4,05	0,162
	10,0	31,0				1105	10,0	21,0	76219	23,1			4,68	0,187
26,0	5,0	31,0	16,0	20,4	18,2	843	10,9	20,1	73869	22,9	0,081	0,148	4,05	0,162
	7,5	33,5				1028	11,2	22,3	96379	25,0			4,68	0,187
	10,0	36,0				1213	11,8	24,2	120847	27,0			5,30	0,212
30,0	5,0	35,0	16,0	22,0	19,0	940	12,6	22,4	105817	25,8	0,091	0,166	4,60	0,184
	7,5	37,5				1125	12,9	24,7	135706	28,0			5,23	0,209
	10,0	40,0				1310	13,4	26,6	167388	30,0			5,85	0,234
35,0	5,0	40,0	16,0	24,0	20,0	1070	14,8	25,2	157132	29,4	0,103	0,187	5,35	0,214
	7,5	42,5				1255	15,0	27,6	197966	31,8			5,98	0,239
	10,0	45,0				1440	15,4	29,6	240386	33,9			6,60	0,264
40,0	5,0	45,0	16,0	26,2	21,1	1214	17,0	28,0	223352	33,1	0,112	0,204	6,15	0,246
	7,5	47,5				1399	17,1	30,4	277047	35,5			6,78	0,271
	10,0	50,0				1584	17,5	32,5	332198	37,8			7,40	0,296
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m ³		



ALTURA DA FÓRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m ³	m ³ /m ²		
20,0	5,0	25,0	12,5	15,6	14,0	681	7,5	17,5	34444	17,3	0,087	0,136	2,85	0,114
	7,5	27,5				881	8,0	19,5	46395	19,1			3,48	0,139
	10,0	30,0				1081	8,8	21,2	60494	20,9			4,10	0,164
25,0	5,0	30,0	12,5	17,1	14,8	770	9,4	20,6	59543	20,7	0,106	0,166	3,35	0,134
	7,5	32,5				970	9,7	22,8	77643	22,7			3,98	0,159
	10,0	35,0				1170	10,3	24,7	97633	24,5			4,60	0,184
30,0	5,0	35,0	12,5	20,0	16,3	888	11,5	23,5	95454	24,3	0,122	0,191	3,98	0,159
	7,5	37,5				1088	11,6	25,9	122004	26,3			4,60	0,184
	10,0	40,0				1288	12,1	27,9	150167	28,2			5,23	0,209
35,0	5,0	40,0	12,5	22,5	17,5	1013	13,6	26,4	142988	27,8	0,137	0,214	4,65	0,186
	7,5	42,5				1213	13,6	28,9	179875	30,0			5,28	0,211
	10,0	45,0				1413	14,0	31,0	218056	32,0			5,90	0,236
40,0	5,0	45,0	12,5	25,8	19,2	1166	15,8	29,2	205963	31,4	0,148	0,231	5,48	0,219
	7,5	47,5				1366	15,8	31,7	255473	33,7			6,10	0,244
	10,0	50,0				1566	16,1	33,9	306124	35,8			6,73	0,269
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m ³		



ALTURA DA FÓRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m ³	m ³ /m ²		
22,5	5,0	27,5	12,5	21,5	17,0	816	8,3	19,2	49561	18,8	0,116	0,143	3,30	0,132
	7,5	30,0				1040	8,7	21,3	65670	20,6			3,93	0,157
	10,0	32,5				1266	9,5	23,0	84158	22,4			4,55	0,182
32,5	5,0	37,5	12,5	25,5	19,0	1043	12,2	25,3	125718	25,6	0,164	0,202	4,33	0,173
	7,5	40,0				1268	12,3	27,7	159245	27,7			4,95	0,198
	10,0	42,5				1493	12,8	29,7	194449	29,6			5,58	0,223
42,5	5,0	47,5	12,5	29,5	21,0	1310	16,5	31,0	255029	32,4	0,203	0,250	5,63	0,225
	7,5	50,0				1536	16,3	33,7	314390	34,7			6,25	0,250
	10,0	52,5				1761	16,5	36,0	374573	36,8			6,88	0,275
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m ³		

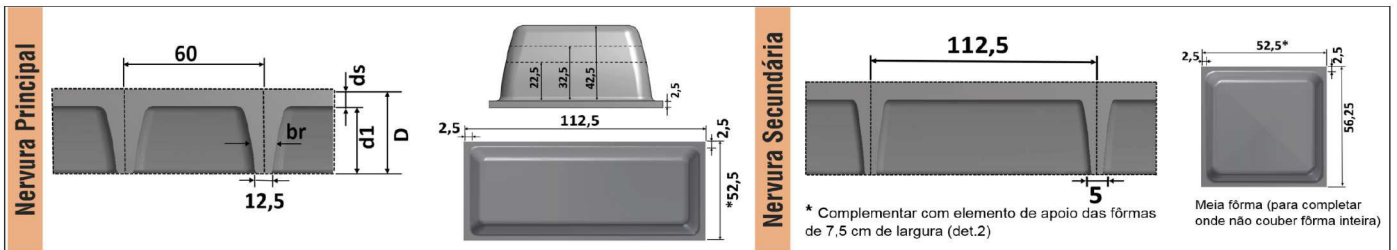


FÔRMA ATEX UNIDIRECIONAL

Moldam nervuras em uma só direção, gerando uma laje nervurada adequada para relação entre o vão menor e o vão maior, menor que 0,5. Com a utilização de "Anuladores de nervuras" pode-se ter nervuras secundárias posicionadas onde forem necessárias.

ATEX 600 U

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		VOLUME DO VAZIO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE	m ³	m ³ /m ²		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	m ³	m ³ /m ²	kN/m ²	m ³ /m ²
22,5	5,0	27,5	12,5	18,1	15,3	644	9,5	18,0	42351	20,4	0,105	0,156	2,98	0,119
	7,5	30,0				794	10,0	20,0	58776	22,7			3,60	0,144
	10,0	32,5				944	10,7	21,8	72363	24,4			4,23	0,169
32,5	5,0	37,5	12,5	20,6	16,6	838	13,7	23,8	108773	27,9	0,147	0,216	3,98	0,159
	7,5	40,0				988	13,9	26,1	135256	30,0			4,60	0,184
	10,0	42,5				1138	14,4	28,1	164000	32,0			5,23	0,209
42,5	5,0	47,5	12,5	23,1	17,8	1057	18,0	29,5	200453	34,2	0,184	0,272	5,10	0,204
	7,5	50,0				1207	18,1	31,9	249191	36,8			5,73	0,229
	10,0	52,5				1357	18,5	34,0	299250	39,1			6,35	0,254
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	V/V	CONCRETO 25kN/m ³		

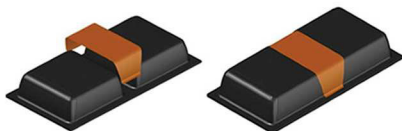


ANULADOR DE NERVURA

O anulador de Nervura, também chamando de saddles, foi desenvolvido para a execução de laje nervurada unidirecional. Utilizando esta peça entre as fôrmas para Laje ATEX bidirecional, elimina-se a nervura que seria formada entre elas moldando, assim, uma laje nervurada unidirecional.



O Sistema do Anulador de Nervura ATEX® consiste em 2 peças:



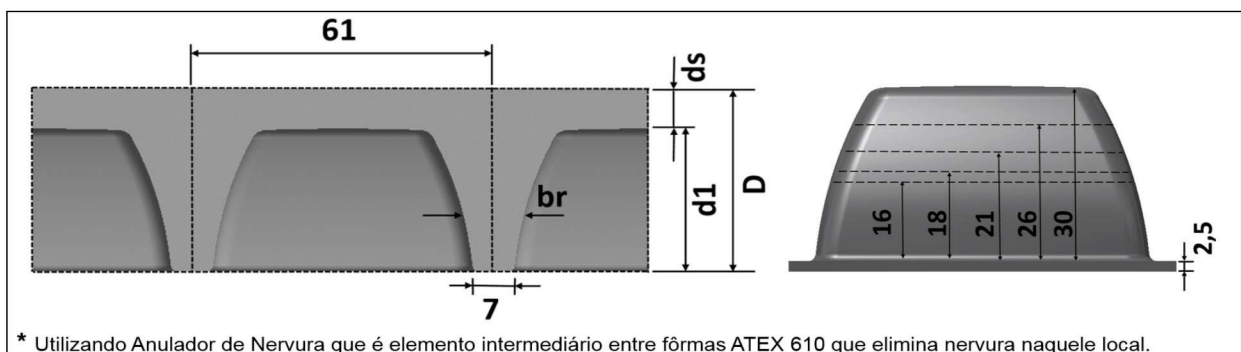
Anulador:
Peça principal para ser encaixada entre duas Fôrmas ATEX.



Tirante:
Peça que fixa as abas inferiores do Anulador garantindo suas medidas e resistências aos esforços.

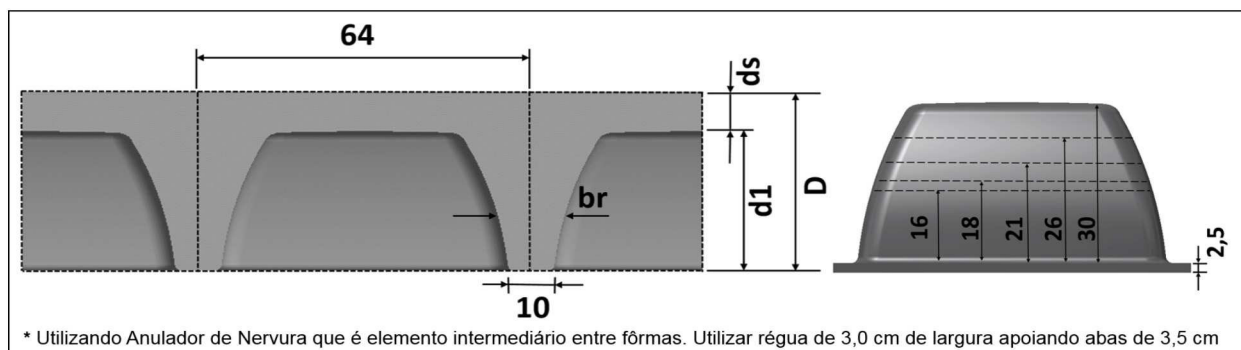
ATEX 610 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN /m ²	m ³ /m ²
16,0	5,0	21,0	7,0	9,9	8,4	440	5,6	15,4	12933	13,7	1,80	0,072
	7,5	23,5				593	6,3	17,2	18299	15,3	2,43	0,097
	10,0	26,0				745	7,3	18,7	25336	17,1	3,05	0,122
18,0	5,0	23,0	7,0	9,9	8,5	458	6,2	16,8	16986	14,9	1,88	0,075
	7,5	25,5				611	6,8	18,7	23356	16,6	2,50	0,100
	10,0	28,0				763	7,7	20,3	31367	18,3	3,13	0,125
21,0	5,0	26,0	7,0	12,2	9,6	506	7,3	18,7	25473	17,1	2,08	0,083
	7,5	28,5				659	7,8	20,7	34104	18,9	2,70	0,108
	10,0	31,0				811	8,6	22,4	44358	20,6	3,33	0,133
26,0	5,0	31,0	7,0	14,8	10,9	588	9,2	21,8	44482	20,6	2,40	0,096
	7,5	33,5				741	9,6	23,9	57825	22,5	3,03	0,121
	10,0	36,0				893	10,2	25,8	72683	24,3	3,65	0,146
30,0	5,0	35,0	7,0	17,2	12,1	668	10,9	24,1	65517	23,5	2,75	0,110
	7,5	37,5				821	11,1	26,4	83818	25,5	3,38	0,135
	10,0	40,0				973	11,7	28,3	103553	27,3	4,00	0,160
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



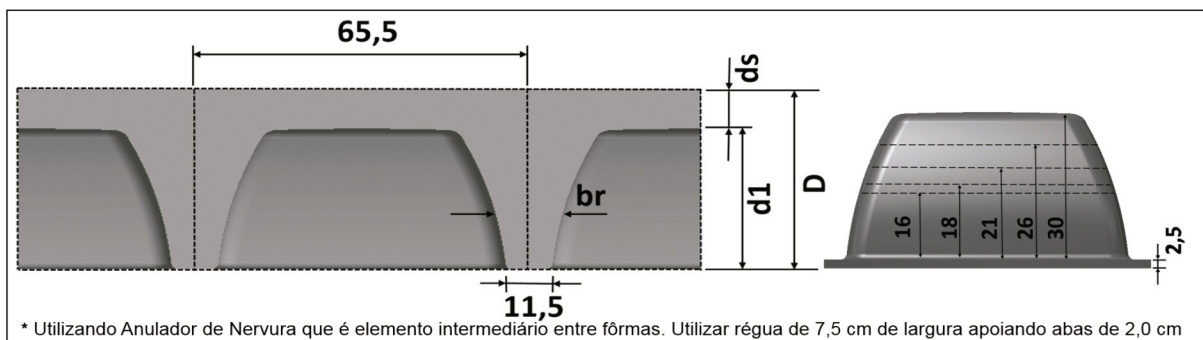
ATEX 640 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN /m ²	m ³ /m ²
16,0	5,0	21,0	10,0	12,9	11,5	503	6,2	14,8	16586	14,6	1,98	0,079
	7,5	23,5				663	6,9	16,6	23406	16,4	2,60	0,104
	10,0	26,0				823	7,8	18,2	32057	18,2	3,23	0,129
18,0	5,0	23,0	10,0	12,9	11,5	526	6,9	16,1	21703	16,0	2,05	0,082
	7,5	25,5				686	7,5	18,0	29849	17,8	2,68	0,107
	10,0	28,0				846	8,3	19,7	39788	19,5	3,30	0,132
21,0	5,0	26,0	10,0	15,2	12,6	585	8,1	17,9	32086	18,2	2,28	0,091
	7,5	28,5				745	8,6	19,9	43051	20,1	2,90	0,116
	10,0	31,0				905	9,3	21,7	55801	21,9	3,53	0,141
26,0	5,0	31,0	10,0	17,8	13,9	681	10,1	20,9	55121	21,8	2,65	0,106
	7,5	33,5				841	10,4	23,1	71826	23,8	3,28	0,131
	10,0	36,0				1001	11,1	24,9	90225	25,7	3,90	0,156
30,0	5,0	35,0	10,0	20,2	15,1	773	11,8	23,2	80231	24,7	3,03	0,121
	7,5	37,5				933	12,0	25,5	102772	26,8	3,65	0,146
	10,0	40,0				1093	12,6	27,4	126956	28,8	4,28	0,171
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



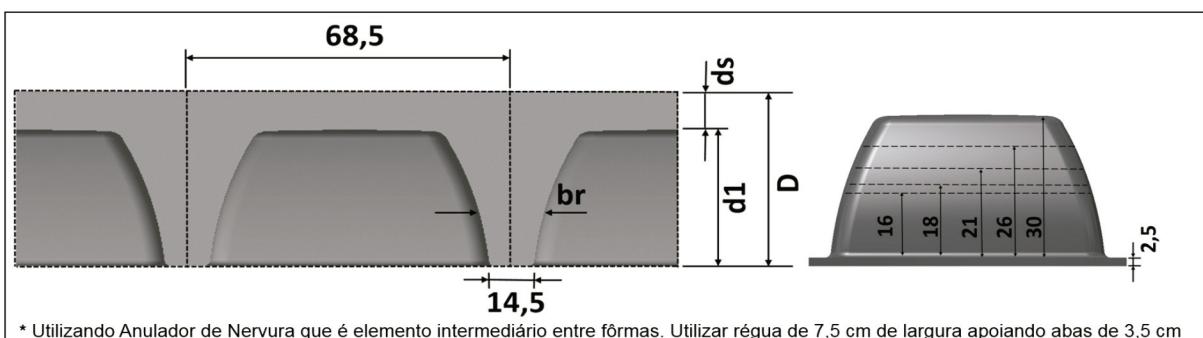
ATEX 655 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN/m ²	m ³ /m ²
16,0	5,0	21,0	11,5	14,4	13,0	535	6,5	14,6	18291	15,0	2,05	0,082
	7,5	23,5				698	7,2	16,4	25815	16,8	2,68	0,107
	10,0	26,0				862	8,1	18,0	35254	18,6	3,30	0,132
18,0	5,0	23,0	11,5	14,4	13,0	561	7,1	15,9	23922	16,4	2,15	0,086
	7,5	25,5				724	7,7	17,8	32933	18,2	2,78	0,111
	10,0	28,0				888	8,6	19,4	43824	20,0	3,40	0,136
21,0	5,0	26,0	11,5	16,7	14,1	624	8,4	17,6	35176	18,6	2,38	0,095
	7,5	28,5				787	8,9	19,6	47255	20,5	3,00	0,120
	10,0	31,0				951	9,6	21,4	61213	22,4	3,63	0,145
26,0	5,0	31,0	11,5	19,3	15,4	728	10,4	20,6	60125	22,3	2,78	0,111
	7,5	33,5				892	10,8	22,7	78424	24,3	3,40	0,136
	10,0	36,0				1055	11,4	24,6	98526	26,2	4,03	0,161
30,0	5,0	35,0	11,5	21,7	16,6	826	12,1	22,9	87207	25,2	3,15	0,126
	7,5	37,5				989	12,4	25,1	111757	27,4	3,78	0,151
	10,0	40,0				1153	13,0	27,0	138080	29,4	4,40	0,176
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



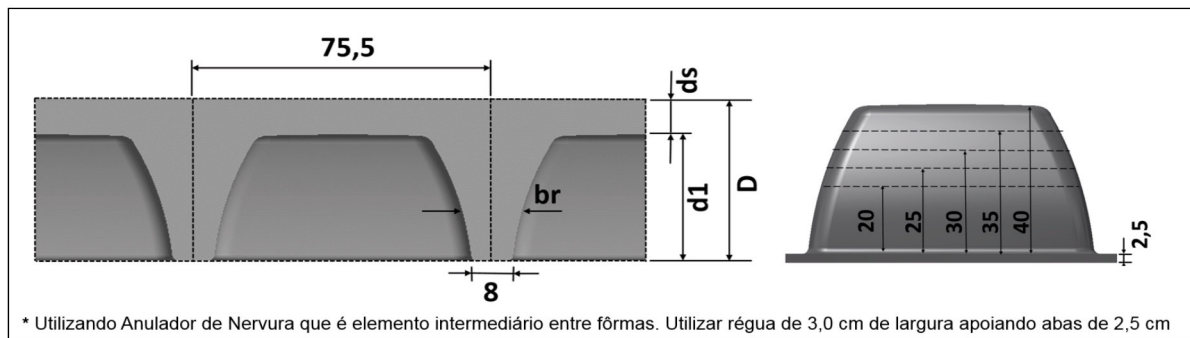
ATEX 685 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		MODULO DE FLEXÃO		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN/m ²	m ³ /m ²
16,0	5,0	21,0	14,5	17,4	16,0	598	6,9	14,1	21528	15,6	2,18	0,087
	7,5	23,5				769	7,6	15,9	30414	17,5	2,80	0,112
	10,0	26,0				940	8,5	17,5	41396	19,4	3,43	0,137
18,0	5,0	23,0	14,5	17,4	16,0	630	7,6	15,4	28129	17,0	2,30	0,092
	7,5	25,5				801	8,2	17,3	38809	18,9	2,93	0,117
	10,0	28,0				972	9,1	19,0	51558	20,8	3,55	0,142
21,0	5,0	26,0	14,5	19,7	17,1	702	8,9	17,1	41057	19,3	2,55	0,102
	7,5	28,5				873	9,4	19,1	55274	21,3	3,18	0,127
	10,0	31,0				1044	10,2	20,9	71581	23,2	3,80	0,152
26,0	5,0	31,0	14,5	22,3	18,4	821	11,0	20,0	69695	23,0	3,00	0,120
	7,5	33,5				992	11,4	22,1	91038	25,2	3,63	0,145
	10,0	36,0				1163	12,0	24,0	114436	27,2	4,25	0,170
30,0	5,0	35,0	14,5	24,7	19,6	931	12,7	22,3	100612	26,0	3,40	0,136
	7,5	37,5				1102	13,1	24,4	128994	28,3	4,03	0,161
	10,0	40,0				1273	13,6	26,4	159444	30,3	4,65	0,186
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



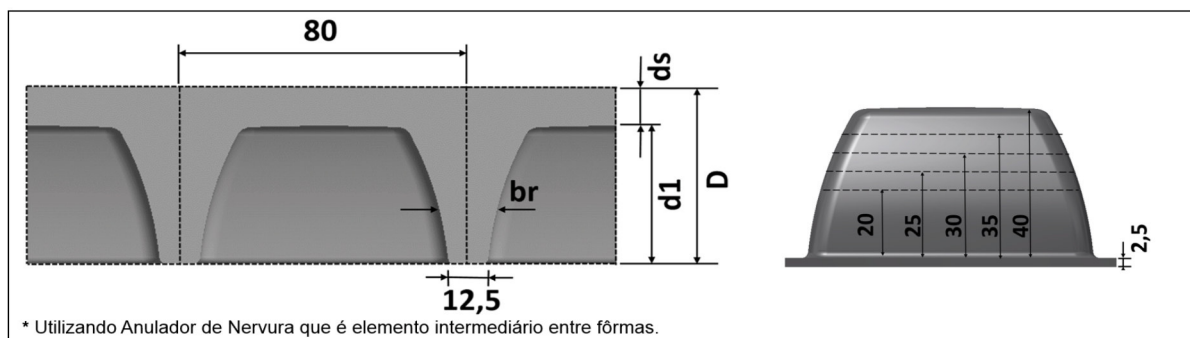
ATEX 755 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN/m ²	m ³ /m ²
20,0	5,0	25,0	8,0	11,1	9,6	569	6,5	18,5	25236	15,9	1,88	0,075
	7,5	27,5				757	7,1	20,4	33885	17,5	2,50	0,100
	10,0	30,0				946	7,9	22,1	44471	19,2	3,13	0,125
25,0	5,0	30,0	8,0	12,6	10,3	635	8,2	21,8	44278	19,2	2,10	0,084
	7,5	32,5				824	8,5	24,0	57385	20,9	2,73	0,109
	10,0	35,0				1013	9,2	25,8	72197	22,6	3,35	0,134
30,0	5,0	35,0	8,0	15,5	11,8	730	10,2	24,8	72435	22,6	2,43	0,097
	7,5	37,5				919	10,3	27,2	92126	24,5	3,05	0,122
	10,0	40,0				1108	10,9	29,1	113227	26,2	3,68	0,147
35,0	5,0	40,0	8,0	18,0	13,0	833	12,2	27,8	109995	26,0	2,75	0,110
	7,5	42,5				1021	12,2	30,3	137947	28,0	3,38	0,135
	10,0	45,0				1210	12,6	32,4	166942	29,8	4,00	0,160
40,0	5,0	45,0	8,0	21,3	14,7	964	14,3	30,7	160623	29,5	3,20	0,128
	7,5	47,5				1152	14,3	33,2	199101	31,6	3,83	0,153
	10,0	50,0				1341	14,6	35,4	238363	33,6	4,45	0,178
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



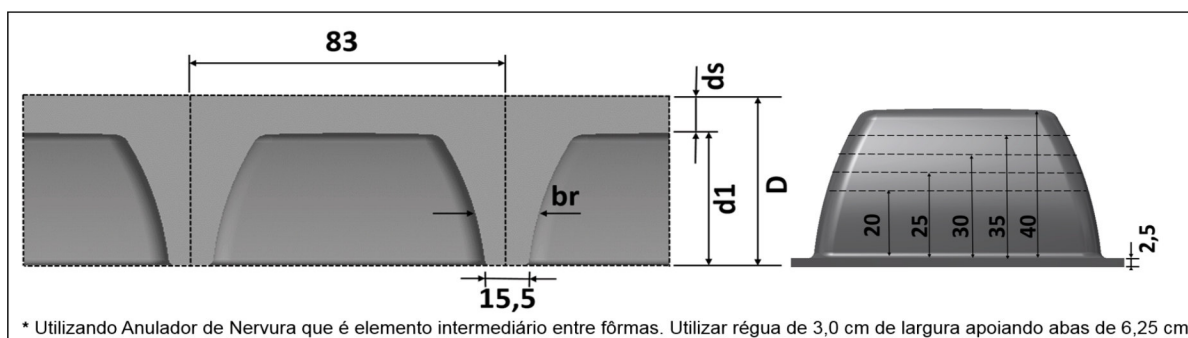
ATEX 800 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN/m ²	m ³ /m ²
20,0	5,0	25,0	12,5	15,6	14,0	681	7,5	17,5	34444	17,3	2,13	0,085
	7,5	27,5				881	8,0	19,5	46395	19,1	2,75	0,110
	10,0	30,0				1081	8,8	21,2	60494	20,9	3,38	0,135
25,0	5,0	30,0	12,5	17,1	14,8	770	9,4	20,6	59543	20,8	2,40	0,096
	7,5	32,5				970	9,7	22,8	77643	22,7	3,03	0,121
	10,0	35,0				1170	10,3	24,7	97633	24,5	3,65	0,146
30,0	5,0	35,0	12,5	20,0	16,3	888	11,5	23,5	95454	24,3	2,78	0,111
	7,5	37,5				1088	11,6	25,9	122004	26,4	3,40	0,136
	10,0	40,0				1288	12,1	27,9	150167	28,2	4,03	0,161
35,0	5,0	40,0	12,5	22,5	17,5	1013	13,6	26,4	142988	27,8	3,18	0,127
	7,5	42,5				1213	13,6	28,9	179875	30,0	3,80	0,152
	10,0	45,0				1413	14,0	31,0	218056	32,0	4,43	0,177
40,0	5,0	45,0	12,5	25,8	19,2	1166	15,8	29,2	205963	31,4	3,65	0,146
	7,5	47,5				1366	15,8	31,7	255473	33,7	4,28	0,171
	10,0	50,0				1566	16,1	33,9	306124	35,8	4,90	0,196
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



ATEX 830 U*

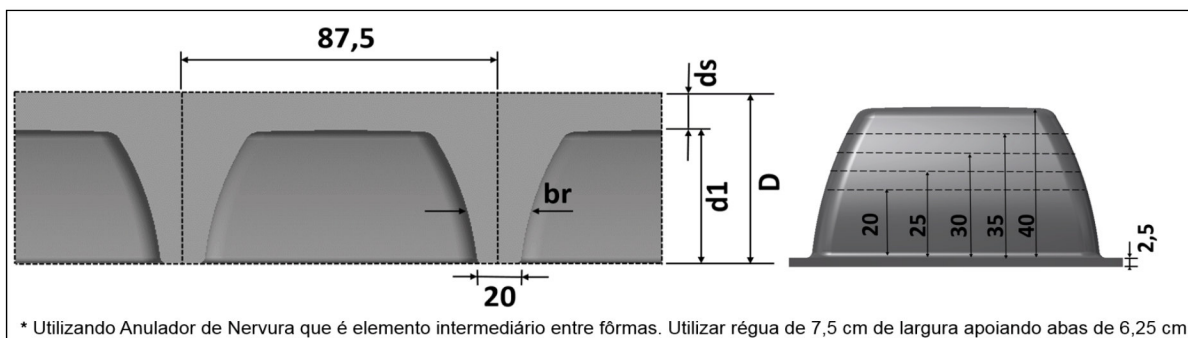
ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN /m ²	m ³ /m ²
20,0	5,0	25,0	15,5	18,6	17,1	756	8,0	17,0	40047	18,0	2,28	0,091
	7,5	27,5				964	8,5	19,0	54091	19,9	2,90	0,116
	10,0	30,0				1171	9,3	20,7	70459	21,7	3,53	0,141
25,0	5,0	30,0	15,5	20,1	17,8	860	10,0	20,0	68823	21,5	2,60	0,104
	7,5	32,5				1068	10,3	22,2	90024	23,5	3,23	0,129
	10,0	35,0				1275	10,9	24,1	113306	25,4	3,85	0,154
30,0	5,0	35,0	15,5	23,0	19,3	993	12,1	22,9	109578	25,1	3,00	0,120
	7,5	37,5				1200	12,3	25,2	140345	27,3	3,63	0,145
	10,0	40,0				1408	12,8	27,2	172956	29,2	4,25	0,170
35,0	5,0	40,0	15,5	25,5	20,5	1133	14,3	25,7	163396	28,7	3,40	0,136
	7,5	42,5				1340	14,4	28,1	205743	31,0	4,03	0,161
	10,0	45,0				1548	14,8	30,2	249670	33,1	4,65	0,186
40,0	5,0	45,0	15,5	28,8	22,1	1301	16,5	28,5	234203	32,4	3,93	0,157
	7,5	47,5				1509	16,5	31,0	290438	34,8	4,55	0,182
	10,0	50,0				1716	16,9	33,1	348170	36,9	5,18	0,207
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



* Utilizando Anulador de Nervura que é elemento intermediário entre fôrmas. Utilizar régua de 3,0 cm de largura apoiando abas de 6,25 cm.

ATEX 875 U*

ALTURA DA FÔRMA	ESPESSURA DA LÂMINA	ALTURA TOTAL	LARGURA DA NERVURA			ÁREA DA SEÇÃO	DISTANCIA DO C.G. à		INÉRCIA		PESO PRÓPRIO	VOLUME DE CONCRETO
			INFERIOR	SUPERIOR	MÉDIA		FACE SUPERIOR	FACE INFERIOR	INÉRCIA P/ NERV.	ALTURA EQUIVALENTE		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	cm	kN /m ²	m ³ /m ²
20,0	5,0	25,0	20,0	23,1	21,6	869	8,6	16,4	47888	18,7	2,48	0,099
	7,5	27,5				1087	9,1	18,4	64902	20,7	3,10	0,124
	10,0	30,0				1306	9,9	20,1	84545	22,6	3,73	0,149
25,0	5,0	30,0	20,0	24,6	22,3	995	10,7	19,3	81885	22,4	2,85	0,114
	7,5	32,5				1214	11,0	21,5	107451	24,5	3,48	0,139
	10,0	35,0				1433	11,6	23,4	135454	26,5	4,10	0,164
30,0	5,0	35,0	20,0	27,5	23,8	1150	12,9	22,2	129596	26,1	3,28	0,131
	7,5	37,5				1369	13,1	24,4	166266	28,4	3,90	0,156
	10,0	40,0				1588	13,6	26,4	205215	30,4	4,53	0,181
35,0	5,0	40,0	20,0	30,0	25,0	1313	15,0	25,0	192496	29,8	3,75	0,150
	7,5	42,5				1531	15,2	27,3	242461	32,2	4,38	0,175
	10,0	45,0				1750	15,7	29,3	294535	34,3	5,00	0,200
40,0	5,0	45,0	20,0	33,3	26,6	1504	17,3	27,7	274768	33,5	4,30	0,172
	7,5	47,5				1722	17,4	30,1	340404	36,0	4,93	0,197
	10,0	50,0				1941	17,8	32,2	408179	38,3	5,55	0,222
d1	ds	D	bi	bs	br	A	rs	ri	I	heq	CONCRETO 25kN/m ³	



* Utilizando Anulador de Nervura que é elemento intermediário entre fôrmas. Utilizar régua de 7,5 cm de largura apoiando abas de 6,25 cm.

COMPARATIVOS: LAJE NERVURADA ATEX X LAJE MACIÇA

Nas próximas páginas você confere exemplos práticos de utilização das Fôrmas ATEX para Lajes Nervuradas em substituição a laje maciça convencional. Uma breve análise em cálculos comprova os benefícios obtidos com a implementação de nosso sistema em seus projetos.



MOLDE ATEX 600 / 15 + 5 = 20 cm

Inércia / nervura = 10.290 cm⁴
Laje maciça equivalente em inércia

$$Heq = \sqrt[3]{\frac{10.290 \times 12}{60}} = 12,7 \text{ cm}$$

y = 6 m



x = 6 m

EXEMPLO: LAJE MACIÇA h = 12 cm

$$q = 0,12 \times 2500 \text{ (pp)} + 150 \text{ (sc)} + 75 \text{ (rev)} + 90 \text{ (div)} = 615 \text{ kg / m}^2$$

$$f = \frac{465 + 0,75 \times 150}{887 \times 12^3} \times 6,0^4 \times 4,1 = 2,0 \text{ cm} = \frac{600}{300} \text{ (limite a longo prazo)}$$

$$M_x = M_y = 615 \times 6,0^2 : 100 \times 3,68 = 815 \text{ kgm / m}$$

$$A_s = 2,7 \text{ cm}^2 \text{ } \varnothing 8,0 \quad c. 17,5$$

$$2 \times 34 \times 0,4 \text{ kg / m} \times 6 \text{ m} = 163,2 \text{ kg} : 36 \text{ m}^2 = 4,5 \text{ kg / m}^2$$

LAJE ATEX 600 / 15,0 + 5,0 = 20 cm
Concreto = 0,087 m³ / m²

$$q = 0,09 \times 2500 \text{ (pp)} + 150 \text{ (sc)} + 75 \text{ (rev)} + 90 \text{ (div)} = 540 \text{ kg / m}^2$$

$$M_x = M_y = 540 \times 6,0^2 : 100 \times 3,68 = 715 \text{ kgm / m} \times 0,6 \text{ m (espaçamento)} = 430 \text{ kgm / nerv.}$$

$$A_s = 0,9 \text{ cm}^2 \quad 2 \varnothing 8,0 \quad 2 \times 9 \text{ nerv.} \times 6 \text{ m} \times 2 \times 0,4 \text{ kg / m} = 86,4 \text{ kg}$$

$$Q_x = Q_y = 540 \times 6,0 : 4 = 810 \text{ kg / m} \times 0,6 \text{ m} = 486 \text{ kg / nerv.}$$

$$\tau_{sd} = \frac{486 \times 1,4}{6 \times 18} = 6,3 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_{Rd1} = 0,0375 \times 20^{2/3} (1,6 - 0,18) \left(1,2 + 40 \times \frac{1,0}{6 \times 18}\right) = 0,62 \text{ MPa} = 6,2 \text{ kg / cm}^2 \approx 6,3 \text{ kg / cm}^2 \text{ (não armar)}$$

$$86,4 \text{ kg} : 6,0^2 = 2,4 \text{ kg / m}^2$$

$$3,2 \text{ c. 15 (malha Q54 superior)} = 0,9 \text{ kg / m}^2$$

$$= 3,3 \text{ kg / m}^2$$

RESUMO

	Concreto	Aço
Maciça h = 12 cm	0,12 m ³ / m ²	4,5 kg / m ²
Atex h = 20 cm	0,087 m ³ / m ²	3,3 kg / m ²
DIFERENÇA	-27,5 %	-27 %

MOLDE ATEX 660 / 21 + 5 = 26 cm

Inércia / nervura = 36182 cm⁴

Laje maciça equivalente em inércia

$$Heq = \sqrt[3]{\frac{36182 \times 12}{66}} = 18,7 \text{ cm}$$

RESUMO

	Concreto	Aço
Maciça h = 18,7 cm	0,187 m ³ / m ²	1 - 18,7
Atex h = 26 cm	0,133 m ³ / m ²	26
DIFERENÇA	-29 %	-28 %

MOLDE ATEX 700 / 21 + 5 = 26 cm

Inércia / nervura = 36015 cm⁴

Laje maciça equivalente em inércia

$$Heq = \sqrt[3]{\frac{36015 \times 12}{70}} = 18,3 \text{ cm}$$

RESUMO

	Concreto	Aço
Maciça h = 18,3 cm	0,183 m ³ / m ²	1 - 18,3
Atex h = 26,0 cm	0,123 m ³ / m ²	26,0
DIFERENÇA	-33 %	-30 %

MOLDE ATEX 740 / 21 + 5 = 26 cm

Inércia / nervura = 43908 cm⁴

Laje maciça equivalente em inércia

$$Heq = \sqrt[3]{\frac{43908 \times 12}{74}} = 19,2 \text{ cm}$$

RESUMO

	Concreto	Aço
Maciça h = 19,2 cm	0,192 m ³ / m ²	1 - 19,2
Atex h = 26,0 cm	0,137 m ³ / m ²	26,0
DIFERENÇA	-29 %	-26 %

MOLDE ATEX 800 / 25 + 5 = 30 cm

Inércia / nervura = 59543 cm⁴

Laje maciça equivalente em inércia

$$Heq = \sqrt[3]{\frac{59543 \times 12}{80}} = 20,7 \text{ cm}$$

RESUMO

	Concreto	Aço
Maciça h = 20,7 cm	0,207 m ³ / m ²	1 - 20,7
Atex h = 30,0 cm	0,134 m ³ / m ²	30
DIFERENÇA	-35 %	-31 %

atexSP

Rua Rosa Mafei, 399, Bonsucesso
CEP: 07177-110 - Guarulhos
Tel.: (11) 2438-6001

atexRJ

Rod. Washington Luis, 19954
CEP: 25251-745 - Duque de Caxias
Tel.: (21) 3942-3611

atexCE

Rod CE - 40 - Km, 13 - Sentido Interior
CEP: 61700-000 - Alquiraz - Fortaleza
Tel.: (85) 3361-1036

internacional

Phone: (+55 31) 3681-3611

+de **45**
milhões de m²
realizados

3.5 mi
de árvores
preservadas

atexMG

Rua Olympio de Carvalho, 83, Centro
CEP: 33400-000 - Lagoa Santa
Tel.: (31) 3681-3611

atexDF

BR 060 - KM 16 - CH Buriti - Gleba 06
CEP: 72400-000 - Gama
Tel.: (61) 3367-0202

atexAM

Av. Puraquequara, 2200 - Puraquequara
CEP: 69009-000 - Distrito Industrial 2
Tel.: 0800 979 3611

atexRS

Rua Cristiano J. Nascimento, 201, Distr. Ind.
CEP: 94930-595 - Cachoeirinha
Tel.: (51) 3470-2014

atexPE

Av. Fernandes Vieira, 1881, Marcos Freire
CEP: 54360-020 - Jaboatão dos Guararapes
Tel.: (81) 3375-3087

Und. Industrial

Vargem do Lobo, 2° Quinhão
CEP 33400-000 Lagoa Santa - MG
Tel.: (31) 3681-0686

desde
1991

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



www.atex.com.br