

LUIZ OTÁVIO DINIZ DE MATTOS CYRILLO
DOUGLAS BARBOZA DA SILVA

**EDIFICAÇÃO MISTA COM PROJETO ESTRUTURAL, ALOCAÇÃO DE PONTOS
ELÉTRICOS, HIDRÁULICO E ORÇAMENTO**

LUIZ OTÁVIO DINIZ DE MATTOS CYRILLO
DOUGLAS BARBOZA DA SILVA

**EDIFICAÇÃO MISTA COM PROJETO ESTRUTURAL, ALOCAÇÃO DE PONTOS
ELÉTRICOS, HIDRÁULICO E ORÇAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito
parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil
ao Centro Universitário
UniRedentor.

Orientador: Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

Itaperuna
2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autores: LUIZ OTÁVIO DINIZ DE MATTOS CYRILLO, E, DOUGLAS BARBOZA DA SILVA

Título: EDIFICAÇÃO MISTA COM PROJETO ESTRUTURAL, ALOCAÇÃO DE PONTOS ELÉTRICOS, HIDRÁULICO E ORÇAMENTO

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário Redentor

Área de Concentração: Engenharia Civil com ênfase em Estruturas

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof^a.

M.Sc.

(Instituição:

Prof^a.

M.Sc.

Instituição:

Prof^a.

D.Sc.

Instituição:

Dedico aos meus amados pais, Luiz Cláudio Teixeira Cyrillo e Luciene Diniz de Mattos Pedula, e a todos os familiares e amigos que estiveram comigo durante essa caminhada.

Luiz Otávio Diniz de Mattos Cyrillo

Dedico aos meus amados pais, Roberto da Silva e Ilsa Maria Batista Barboza, e a todos os familiares e amigos que estiveram comigo durante essa caminhada.

Douglas Barboza da Silva

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por ter me sustentado até aqui, por ter guiado meus caminhos e meus passos. Sem Ele nada disso seria possível.

Agradeço também à minha família, que sempre me deu todo apoio e suporte para que esse momento fosse possível, que esse grande sonho se tornasse realidade. Agradeço a todos eles por cada conselho, pelo carinho e por todo zelo que sempre tiveram comigo. O apoio que sempre me deram e a confiança que mantiveram em mim foram essenciais para que eu conseguisse chegar até aqui. Fica um agradecimento em especial ao meu pai Luiz Cláudio e a minha mãe Luciene, pois sem vocês nada disso teria sentido.

Aos amigos queridos que estão comigo nesta jornada desde sempre, amigos que em todas as ocasiões estiveram ao meu lado. Amigos que fiz durante o período de faculdade, que me ajudaram de alguma forma, que caminharam sempre lado a lado para que esse momento chegasse. Em especial eu gostaria de agradecer ao Douglas, que tive o imenso prazer de conhecer durante a faculdade e se tornou um amigo que está dividindo esse sonho aqui comigo, que sabe da luta que foi para chegar até onde estamos. Essa vitória também é de todos vocês.

Agradeço à minha namorada Júlia Araújo, que vive e viveu esses momentos comigo, que me aturou durante dias e noites falando sobre esse trabalho e que sempre esteve ao meu lado, disposta a ajudar no que fosse possível, muito obrigado por estar ao meu lado e caminhando junto nessa jornada da vida.

Por último e não menos importante, é claro, a todos os mestres e doutores que me passaram seus conhecimentos e me tornaram a pessoa e o profissional que sou hoje, meu muito obrigado a cada um de vocês. Um agradecimento especial ao nosso orientador, que nos ajudou, que nos apoiou e sempre dispôs do seu tempo para que conseguíssemos ver o melhor de nós, muito obrigado Rômulo.

Luiz Otávio Diniz de Mattos Cyrillo

O começo não poderia ser diferente, mas quero externar minha gratidão a Deus, pois a base é a principal parte de qualquer estrutura, e eu não teria força nem ânimo para continuar sem que Ele estivesse do meu lado.

Agradeço enormemente à minha mãe, Ilsa Maria Batista Barboza, meu pai Roberto da Silva e ao meu irmão Diogo Barboza da Silva, que não mediram esforços para proporcionar tudo que eu tive e sou até hoje. Eu amo vocês!

Ao meu avô, Ilzo Gonçalves Barboza, que plantou a semente, o sonho de me tornar um engenheiro civil, e que desde muito novo tenho como meu melhor amigo e companheiro. Obrigado Sr. Ilzo, amo você, não conseguiria sem você.

Às minhas queridas avós, Sebastiana Batista Barboza e Maria Lucid Justino da Silva, in memoriam, que eu sei que sonharam isso comigo e cuidaram e torceram por mim lá de cima.

Ao engenheiro Francisco Clóvis Luz Goulart, um mentor, um pai na engenharia, um amigo que me deu suporte para seguir nessa caminhada. Ao meu amigo, irmão engenheiro Pedro Henrique Hipólito de Oliveira, in memoriam, que sempre esteve ali do meu lado, fazendo eu me tornar uma pessoa melhor, que está do céu sorrindo e comemorando, tenho certeza.

Aos meus queridos amigos e companheiros de trabalho da Trixx, amigos que somaram e tornaram a caminhada mais fácil.

Aos professores, mestres e doutores que nos auxiliaram de maneira única para que pudéssemos chegar aqui. Um agradecimento especial ao nosso orientador Rômulo, que se disponibilizou a nos ajudar sempre que possível.

Por fim, mas não menos importante, minha querida esposa, Bruna Moraes de Freitas Barboza, que caminhou comigo, chorou minhas dores, sorriu com minhas conquistas, o amor da minha vida, obrigado por sempre estar do meu lado, eu te amo.

Douglas Barboza da Silva

RESUMO

Este estudo tem como objetivo desenvolver um projeto de engenharia civil de um edifício misto com 4 pavimentos, sendo o primeiro comercial e os demais residenciais e realizar os cálculos de dimensionamento e detalhamento do projeto em concreto armado, e realizar a locação dos pontos hidráulicos e elétricos para a elaboração de orçamento. Para o desenvolvimento do projeto foram analisadas as melhores opções dentro das normas e métodos de obtenção de dados para otimizar o processo. Embasado nesses dados, espera-se obter resultados positivos, como o desenvolvimento de um orçamento seguro e principalmente funcional e demonstrar, através da alocação dos pontos elétricos e hidráulicos, que a obtenção de dados rápidos e sucintos podem ser um diferencial na hora da construção de um orçamento de obras. Este projeto permitiu demonstrar os métodos de cálculo para a execução de um edifício misto, trazendo uma análise tratando das características do lado financeiro juntamente com o orçamento e cronograma, tratando de maneira objetiva aspectos da organização e planejamento da obra. Conclui-se que para desenvolver esse empreendimento deve se ter um investimento considerável, entretanto com alta chance de recuperação desse investimento em um prazo de tempo mediano.

Palavras-chave: Orçamento, Projeto estrutural, Pontos elétricos, Pontos hidráulicos.

ABSTRACT

This study aims to develop a civil engineering project for a mixed building with 4 floors, the first being commercial and the other residential, and to carry out the calculations for the design and detailing of the project in reinforced concrete, and to carry out the location of the hydraulic and electrical points. for budget preparation. For the development of the project, the best options were analyzed within the norms and methods of obtaining data to optimize the process. Based on these data, it is expected to obtain positive results, such as the development of a safe and mainly functional budget and demonstrate, through the allocation of electrical and hydraulic points, that obtaining quick and succinct data can be a differential when building a works budget. This project allowed demonstrating the calculation methods for the execution of a mixed building, bringing an analysis dealing with the characteristics of the financial side together with the budget and schedule, objectively dealing with aspects of the organization and planning of the work. It is concluded that to develop this enterprise a considerable investment must be made, however with a high chance of recovery of this investment in a medium period of time.

Keywords: Budget, Structural design, Electrical points, Hydraulic points.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo Geral.....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificativa.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Projeto estrutural em concreto armado.....	17
2.1.1 Propriedades e características do concreto armado.....	17
2.1.2 Estados limites.....	17
2.1.3 Estado limite último (ELU).....	18
2.1.4 Estado limite de serviço (ELS).....	18
2.1.5 Elementos estruturais.....	18
2.1.6 Vigas.....	19
2.1.7 Lajes.....	19
2.1.8 Pilar.....	20
2.1.9 Fundação.....	22
2.2 Orçamento.....	22
2.2.1 Elementos de um Orçamento na Construção Civil.....	23
2.2.2 Orçamentação.....	24
2.2.3 Tipos de Orçamento.....	25
2.2.4 Orçamento por Estimativa de Custo.....	25
2.2.5 Orçamento preliminar.....	27
2.2.6 Orçamento Analítico.....	27
2.3 Alocação de pontos elétricos e hidráulicos.....	30
2.3.1 Alocação de pontos elétricos.....	30
2.3.2 Alocação dos pontos hidráulicos.....	33
2.3.3 Instalação de água fria.....	34
2.3.4 Rede de esgoto.....	34
2.3.5 Rede de águas pluviais.....	34
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 Estrutura em Concreto Armado.....	35

3.1.1 Parâmetros Iniciais.....	35
3.1.2 Dimensionamento dos Elementos Estruturais.....	37
3.1.3 Dimensionamento da Viga.....	37
3.1.4 Posição da Linha Neutra.....	38
3.1.5 Área de aço.....	39
3.1.6 Estribos.....	41
3.1.7 Espaçamento entre barras.....	42
3.1.8 Dimensionamento da laje.....	43
3.1.9 Tipos de caso.....	43
3.1.10 Esforço cortante e momento fletor.....	44
3.1.11 Compatibilização de momento.....	45
3.1.12 Cálculo da Área de Aço.....	45
3.1.13 Resistência da laje ao esforço cortante.....	46
3.1.14 Dimensionamento da Escada.....	47
3.1.15 Carregamentos.....	48
3.1.16 Armadura da Escada.....	49
3.1.17 Pilar.....	49
3.1.18 Índice de Esbeltez.....	50
3.1.19 Excentricidade inicial.....	52
3.1.20 Excentricidade de 1ª ordem.....	53
3.1.21 Raio de curvatura e momento total.....	55
3.1.22 Método da rigidez aproximada.....	56
3.1.23 Área de aço e detalhamento.....	56
3.1.24 Reservatório.....	58
3.1.25 Carregamentos.....	58
3.1.26 Esforços.....	59
3.1.27 Compatibilização dos Momentos Negativos.....	59
3.1.29 Dimensionamento e Detalhamento da Armadura.....	60
3.1.29 Fundações.....	61
3.1.30 Sapata.....	61
3.2 Orçamento.....	2
3.2.1 Processo de construção de orçamento.....	62
3.2.2 Cronograma.....	65

3.3 Alocação de pontos elétricos e hidráulicos.....	66
3.3.1 Pontos elétricos.....	66
3.3.2 Alocação de Pontos Hidráulicos.....	67
4 RESULTADOS ESPERADOS.....	69
4.1 Projeto de Engenharia Civil.....	69
4.1.1 Pavimento Térreo.....	69
4.1.2 Pavimento Tipo.....	70
4.1.3 Cobertura.....	70
4.1.4 Escadas.....	71
4.1.5 Reservatório de água.....	71
4.1.5.1 Consumo diário.....	71
4.1.5.2 Consumo para dois dias.....	72
4.1.5.3 Reserva de incêndio.....	72
4.1.5.4 Reservatório superior.....	72
4.1.5.5 Reservatório inferior.....	72
4.2 projeto em concreto armado.....	72
4.2.1 Lajes.....	73
4.2.1.1 Carregamentos atuantes.....	73
4.2.1.2 Combinação.....	73
4.2.1.3 Esforços nas lajes.....	73
4.2.1.4 Laje 12.....	75
4.2.1.5 Reações de apoio e momento fletor para a laje 12.....	75
4.2.1.6 Laje 15.....	76
4.2.1.7 Reações de apoio e momento fletor para a laje 15.....	77
4.2.1.8 Compatibilização de momentos.....	78
4.2.1.9 Estado limite último.....	79
4.2.1.10 Posição da linha neutra.....	80
4.2.1.11 Área de aço.....	80
4.2.1.12 Armadura mínima.....	80
4.2.1.13 Detalhamento.....	80
4.2.1.14 Armadura principal.....	81
4.2.1.15 Armadura secundária.....	81
4.2.1.16 Verificação ao cisalhamento.....	82

4.2.2 Vigas.....	83
4.2.2.1 Carregamentos atuantes.....	83
4.2.2.2 Estado limite último.....	83
4.2.2.3 Posição da linha neutra.....	83
4.2.2.4 Área de aço.....	84
4.2.2.5 Área mínima.....	84
4.2.2.6 Resistência à tração do concreto.....	84
4.2.2.7 Detalhamento.....	84
4.2.2.8 Armadura tracionada.....	84
4.2.2.9 Armadura comprimida.....	85
4.2.2.10 Dimensionamento dos estribos.....	85
4.2.2.11 Verificação da resistência da biela aos esforços.....	85
4.2.2.12 Parcela resistida pelo concreto.....	86
4.2.2.13 Parcela resistida pelo aço.....	86
4.2.2.13.1 Área de aço.....	86
4.2.2.13.2 Área de aço mínima.....	86
4.2.2.14 Detalhamento dos estribos.....	86
4.2.2.14.1 Área de aço.....	87
4.2.3 Pilar.....	88
4.2.3.1 Armadura longitudinal.....	88
4.2.3.2 Área mínima.....	89
4.2.3.3 Detalhamento.....	89
4.2.3.4 Área de aço transversal.....	89
4.2.4 Fundação.....	90
4.3 Locação de Pontos Elétricos.....	93
4.3.1 Carga de Iluminação.....	93
4.3.2 O triângulo equilátero.....	94
4.3.3 Interruptores.....	94
4.3.4 Tomadas de uso geral (TUG's).....	95
4.3.5 Tomadas de uso específico (TUE's).....	97
4.4 Locação de pontos hidráulicos.....	98
4.4.1 Água Fria.....	98
4.4.2 Sistema de Abastecimento.....	100

4.2.3 Esgoto Sanitário.....	102
4.5 Orçamento.....	104
4.5.1 Cronograma.....	106
5 CONCLUSÃO.....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
ANEXOS.....	109

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem papel fundamental na economia dos grandes e dos pequenos centros populacionais do Brasil. Contemplando ampla área de atuação, os profissionais de engenharia são cada dia mais exigidos. A palavra inovação é peça chave nesse ramo e quem busca ter relevância e destaque em seus projetos e empreendimentos, além de seguir as etapas na elaboração, deve trazer ao cliente final algo que seja diferente aos demais. Quando se trata da construção de um edifício, um empreendimento de grande porte, é importante conhecer os meios corretos e as etapas que devem ser concretizadas para que ele tenha um resultado esperado na sua finalidade.

De acordo com uma análise feita junto ao último censo do IBGE, em 2010, e comparando com a estimativa também feita pelo IBGE em 2021 pode se ver que o aumento populacional da cidade de Itaperuna, que fica no noroeste fluminense, interior do estado do Rio de Janeiro saltou de 95.841 pessoas para 104.354 pessoas. Outro dado analisado foi a renda média de 2,1 salário-mínimo para os trabalhadores formais IBGE (2021), colocando assim essa parcela da população com um bom poder de investimento.

Um dos primeiros passos a se levar em consideração na concepção de um projeto é onde ele será construído, analisando os impactos que o mesmo irá causar na região onde será implantado, considerando também o suporte que o local pode trazer ao seu empreendimento. Uma boa localização pode implicar de maneira drástica, tanto na visibilidade para vendas, quanto no preço final.

O terreno fica situado no bairro Cidade Nova, na cidade de Itaperuna RJ. O terreno é amplo e atende as necessidades gerais do projeto, de fácil acesso e muito bem localizado.

Figura 1 – Terreno Itaperuna



Fonte: Google Maps

O projeto de estrutura pode ser considerado a espinha dorsal de qualquer projeto, nele é onde vamos decidir a maioria dos seus métodos construtivos, a forma de execução. Em Itaperuna (RJ), o concreto armado é muito difundido entre a mão de obra, tornando-se a principal opção quando se trata na construção de uma edificação. Outro lado que pode ser considerado é a facilidade de obtenção de materiais para a execução. Isso acaba tornando o concreto armado o meio mais viável atualmente na região.

Como se considera o projeto de estrutura a espinha dorsal de qualquer projeto, o orçamento pode ser considerado o cérebro, onde cada etapa será avaliada, dimensionada e precificada. E para isso cada dado obtido desde a escolha do local do empreendimento deve ser considerado. Tendo em conta que o projeto de arquitetura é o primeiro a ser confeccionado, a partir dele são retirados os dados que são utilizados na locação dos pontos hidráulicos e elétricos que são imprescindíveis na elaboração do orçamento. É vital que nessa parte, o engenheiro responsável analise cada situação e imprevisto que possa ocorrer durante as etapas do projeto, e para isso cada detalha se torna importante.

1.1 Objetivo Geral

O propósito do empreendimento é desenvolver um projeto de engenharia civil de um edifício misto com 4 pavimentos, sendo o primeiro comercial e os demais residenciais e realizar os cálculos de dimensionamento e detalhamento do projeto em concreto armado, e realizar a locação dos pontos hidráulicos e elétricos para a elaboração de orçamento.

1.2 Objetivos específicos

Para que seja possível realizar o propósito do objetivo geral, este projeto apresenta os seguintes objetivos específicos:

Elaborar Projeto de Engenharia Civil dentro dos parâmetros normativos e urbanísticos;

Dimensionar e detalhar toda estrutura em concreto armado (Fundação em estaca profunda, pilares, vigas, laje maciça, escada, reservatório em concreto armado e vedação em alvenaria de tijolo cerâmico);

Realizar a locação dos pontos hidráulicos e elétricos;

Elaborar, a partir dos dados obtidos na locação dos pontos hidráulicos e elétricos, orçamento de obra.

1.3 Justificativa

O primeiro passo para se iniciar um empreendimento é analisar os impactos que ele irá causar onde estará estabelecido. Com isto em vista pode-se dizer que, qualquer edificação de grande porte gerará um impacto em seu entorno. A ideia é listar alguns pontos positivos que podem ser vistos na construção de um prédio de 4 pavimentos misto, ou seja, com o primeiro pavimento comercial e os demais residenciais.

Inicialmente, podemos destacar a crescente no mercado de imóveis na cidade de Itaperuna-RJ. Sendo uma cidade sede de grandes universidades, com maior parte da economia girando em torno do comércio e algumas indústrias, moradias sempre são necessárias.

O intuito do projeto é suprir a necessidade de apartamentos com boa qualidade para as pessoas que são atraídas, e criar possibilidades com lojas amplas.

Outro ponto positivo é que no entorno da localidade há uma variedade de opções, para o bem-estar e o lazer, ficando próxima as faculdades, supermercados, farmácias, centro poliesportivo e outros demais fatores que contribuem positivamente.

Além dos pontos destacados acima, um empreendimento, uma construção desse porte, gera mais empregos para a população, desde seu início até depois da obra pronta, auxiliando ainda mais a comunidade, com vagas de emprego.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Projeto estrutural em concreto armado

2.1.1 Propriedades e características do concreto armado

O concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo. Ele é utilizado na construção, sendo obtido através de uma mistura adequada de Cimento Portland, água, agregado miúdo e agregado graúdo. A sua associação com o aço dá origem ao concreto armado, onde os dois materiais devem resistir solidariamente aos esforços solicitantes. Possui como forte característica sua alta resistência à compressão e baixa resistência à tração, ocasionando aos elementos o surgimento de fissuras e rompimento frágil na zona tracionada.

O aço é uma liga metálica, e apresenta alta resistência à tração, que é o seu principal uso em estruturas de Concreto Armado. É escolhido para acompanhar o concreto, devido aos dois materiais apresentarem coeficiente de dilatação térmica similar, evitando grandes tensões internas entre os materiais, como no caso de variação de temperatura. Ele é posicionado adequadamente na peça estrutural para resistir a esforços de tração, porém, ele também pode ser utilizado em regiões comprimidas, como no caso de pilares e na zona de compressão das vigas.

2.1.2 Estados limites

Os estados limites últimos são critérios de segurança, que definem impropriedades para o uso de uma estrutura, por razões de segurança, funcionalidade ou estética, desempenho fora dos padrões especificados para sua utilização normal ou interrupção de funcionamento em razão da ruína de um ou mais de seus componentes. Em outras palavras, Estado Limite é o estado em que a estrutura deixa de atender os requisitos para um funcionamento de forma plena e adequada ou até mesmo quando seu uso é interrompido por razão de um colapso na estrutura.

Um bom projeto estrutural deve atender aos requisitos de segurança presentes na ABNT NBR 6118:2014, pois quando os estados limites são alcançados significa que o uso da edificação pode ser inviabilizado por não garantir a segurança

necessária. Dessa forma, primeiro analisamos a estrutura para o cálculo das solicitações, depois dimensionamos as armaduras para que possam funcionar no estado limite último e, por último, verificamos cada um dos estados limites de serviço.

2.1.3 Estado limite último (ELU)

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

Este estado se caracteriza-se por:

- Resistência da estrutura ultrapassada;
- Perda de equilíbrio global ou parcial;
- Instabilidade dinâmica;
- Fadiga;
- Flambagem;
- Aderência ultrapassada.

2.1.4 Estado limite de serviço (ELS)

Este estado limite é relacionado ao conforto, aparência e funcionalidade da estrutura. Nele a estrutura pode não ter atingido sua máxima capacidade resistente, mas seu uso pode ficar inviabilizado por apresentar condições precárias em serviço.

Ele é verificado com a apresentação de:

- Abertura de fissuras;
- Deformações excessivas;
- Vibrações excessivas.

2.1.5 Elementos estruturais

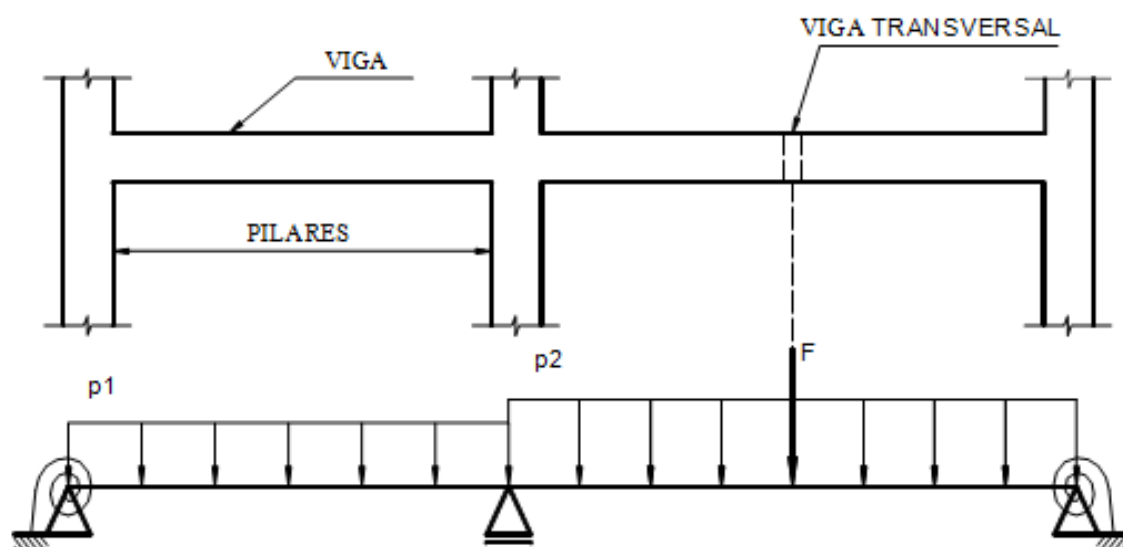
Nas construções de concreto armado, sejam elas construções de pequeno ou grande porte, quatro elementos estruturais são habituais: as lajes, as vigas, os pilares e a fundação. Por isso, esses são os elementos estruturais mais importantes que temos.

Uma noção geral das características de alguns dos elementos de concreto armado é apresentada a seguir.

2.1.6 Vigas

Pela definição da NBR 6118/03 (item 14.4.1.1), vigas “São elementos lineares em que a flexão é preponderante”. As vigas são classificadas como barras e são normalmente retas e horizontais, destinadas a receber ações das lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria, e eventualmente de pilares etc. A função das vigas é basicamente vencer vãos e transmitir ações nelas atuantes para apoios, geralmente os pilares. As ações são geralmente perpendicularmente ao seu eixo longitudinal, podendo ser concentradas ou distribuídas. Podem ainda receber forças normais ou de compressão ou de tração, na direção do eixo longitudinal. As vigas também fazem parte da estrutura de contraventamento responsável por proporcionar a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais.

Figura 2 - Vigas



Fonte: Bastos (2006)

2.1.7 Lajes

As lajes são elementos planos com dimensões muito maiores que a espessura, que tem a função de receber os carregamentos atuantes provenientes do

uso da edificação e transferi-los para os apoios. Uma estrutura horizontal plano que serve como interface entre pavimentos, cobertura ou forro de uma construção. Na maioria das vezes, as lajes ficam apoiadas em vigas. Essas vigas, por sua vez, são suportadas por pilares. E é esse sistema que distribuem a carga da edificação de forma adequada.

Existe no mercado, uma grande variedade de lajes disponíveis.

Maciça: é a variedade mais usada no Brasil por conta da sua fácil execução. Consiste em uma malha de vergalhões de aço, colocadas dentro de uma forma de madeira. Após o madeiramento é despejado o concreto sobre ela. O resultado é uma estrutura resistente, pouco maleável e bem pesada;

Nervurada: assim como a maciça, é moldada no próprio canteiro de obra. Feita por nervuras interligadas por uma mesa de compressão, é mais comum quando há um grande vão a ser coberto. Isso porque permite diminuir o peso da estrutura;

Pré-fabricadas: são lajes que chegam à obra na forma de estruturas prontas. Elas podem ser feitas de isopor, de cerâmica ou de painéis treliçados. São práticas e econômicas, porém menos resistentes;

Protendida: também chamadas de laje com armaduras ativas, são mais finas e suportam vãos maiores do que as lajes maciças. Isso porque as placas passam pelo processo de protensão, que aumenta a resistência do elemento estrutural;

Alveolar: a laje alveolar é formada por grandes peças de concreto com cavidades ocas. Sua instalação é rápida e não exige armação e nem acabamento. Assim é mais usada em obras de infraestrutura.

2.1.8 Pilar

Os pilares são definidos como elementos estruturais lineares de eixo reto, geralmente verticais, em que forças normais de compressão são predominantes. Apresentam usualmente seção transversal quadrada, retangular ou circular, e têm a função de receber as ações nos diversos níveis da estrutura e conduzi-las até a fundação. Assim como as estruturas de fundação, é considerado um dos principais elementos estruturais, pois a sua ruína pode provocar danos globais, podendo levar ao colapso progressivo. Recebem predominantemente ações de compressão composta normal ou oblíqua.

As estruturas dos edifícios podem ser divididas em duas subestruturas, que possuem finalidades diferentes.

Subestrutura contraventada: resiste apenas ao carregamento vertical, os pilares chamados de contraventos podem ser calculados apoiado nos níveis das lajes, considerando efeitos de segunda ordem apenas localizados, devido ao pequeno deslocamento dos nós, por esse fator, também é chamado de indeslocável ou de nós fixos.

Subestrutura de contravento: deve possuir rigidez suficiente para garantir indeslocabilidade, pois além de resistir uma parcela do carregamento vertical, possui a função de resistir às ações horizontais. Nessas estruturas os efeitos globais de segunda ordem são bastante expressivos, e precisam ser levados em consideração, sendo também conhecidas como estruturas deslocáveis ou de nós móveis.

Os pilares podem apresentar esforços diferentes de acordo com a sua localização na estrutura, sendo classificados em:

Pilares internos: são aqueles localizado no interior do edifício. As lajes e vigas que se apóiam sobre estes apresentam continuidade nas duas direções. É considerado apenas o carregamento vertical atuante das vigas, e admite-se que as reações sejam centradas e que os momentos fletores transmitidos a ele são pequenos, e podem ser desprezados, tendo solicitação de compressão simples.

Pilares de extremidades: São também conhecidos como pilares de borda, e correspondem ao apoio extremo de uma viga, gerando um carregamento excêntrico em um dos eixos principais do pilar onde o momento fletor não mais poderá ser desconsiderado, devendo então ser dimensionado a flexo-compressão.

Pilares de canto: São aqueles dispostos no apoio extremo de duas vigas, apresentando assim, além de força normal, momentos fletores e excentricidades iniciais nas duas direções, devendo ser dimensionado a flexão composta oblíqua.

Mesmo para os elementos que estejam submetidos apenas a carregamentos normais, a NBR 6118:2007 exige a consideração de uma excentricidade acidental em todos os casos, com o objetivo de levar em conta possíveis imperfeições do eixo do pilar.

2.1.9 Fundação

Tem como objetivo a transmissão de cargas presentes na estrutura, para o solo de apoio. Com isso as fundações devem suportar as cargas de e tensões que são causadas pelos esforços solicitantes. O solo também deve suportar essas solicitações, para que não ocorra a ruptura e não apresente danos a construção.

Existem duas categorias de fundações: as rasas e as profundas.

As fundações rasas são:

- Sapata (corrida ou associada);
- Radier;
- Viga de fundação.

Fundações Profundas:

- Estacas;
- Tubulões;
- Caixões;
- Estaca broca a trado mecânico ou micro estaca.

2.2 Orçamento

Quando se trata de orçamento pode-se dizer que é a área da engenharia que estuda os custos envolvidos em uma obra ou serviço. Segundo Dias (2011) é o ramo da engenharia que estuda os métodos de projeção, apropriação e controle dos recursos financeiros necessários à realização dos empreendimentos. Ele ainda afirma que, problemas referentes à estimativa de custos e avaliação econômica são resolvidos através de princípios, normas, critérios e experiência adquirida ao longo do tempo.

Na seleção de um profissional para a confecção de um orçamento de obras deve-se priorizar a qualidade na execução do mesmo, para que o seja eficiente e bem elaborado. Isso se dá pelo fato de que o êxito do empreendimento está entrelaçado diretamente a sua rentabilidade. Também pode-se destacar o fato da alta concorrência no ramo da construção civil, onde aquele que tiver o melhor custo-benefício sairá na frente dos outros, grande exemplo disso são as licitações

realizadas em obras de feitiço público, onde quem apresentar o orçamento com melhor preço, realizará as obras.

Considerando esses fatores, julga-se a importância de se fazer um paralelo entre as técnicas de construção e o estudo o orçamento para que os preços sejam os mais precisos fazendo que a empresa responsável não sofra prejuízos, mas sim lucros, na maioria das vezes previstos na execução de uma planilha orçamentária.

Quando se participa de concorrências, tanto públicas, quanto privadas, o principal parâmetro considerado para disputa é a orçamentação, transformando numa ferramenta primordial, sabendo-se que na maioria das propostas de serviço as empresas implementam cláusulas contratuais que impõe a empresa garantir que os custos de todo empreendimento sejam contemplados dentro do preço final orçado, incluindo também despesas e margens de lucros adequadas.

Complementando esse pensamento, pode-se dizer que toda a competitividade criada com o mercado de trabalho, se não for mensurada de uma maneira coerente pode afetar no preço final, podendo ser tanto excessivamente altos, podendo causar uma impressão inadequada ao cliente, fazendo com que ele procure outras opções, ou também, preços abaixo que acabaria comprometendo os custos incidentes da obra, tornando essa falta de coerência em prejuízos.

Outro fator que podemos levar em consideração é de que variável alguma na confecção do orçamento de uma obra, como exemplo, bônus de despesas indiretas ou encargos sócias trabalhistas, podem ser estimados antes de uma análise geral de outros itens dispostos no corpo do orçamento. No processo de análise na composição de um orçamento diversos fatores têm de ser levados em consideração, um exemplo é o clima, que pode afetar diretamente no cronograma, afetando assim o preço final do orçamento.

Pode se dizer, que uma planilha orçamentária, tem que trabalhar diretamente no estudo de viabilidade de diversos fatores, para que no final do empreendimento não haja nenhuma situação que não foi considerada, tornando o gerenciamento da obra mais fácil.

2.2.1 Elementos de um Orçamento na Construção Civil

- **Obra:** A área de Construção Civil abrange todas as atividades de produção de obras. Estão incluídas nesta área as atividades referentes às funções

planejamento e projeto, execução e manutenção e restauração de obras em diferentes segmentos, tais como edifícios, estradas, portos, aeroportos, canais de navegação, túneis, instalações prediais, obras de saneamento, de fundações e de terra em geral, estando excluídas as atividades relacionadas às operações, tais como a operação e o gerenciamento de sistemas de transportes, a operação de estações de tratamento de água, de barragens etc.

- **Insumos:** Qualquer componente elementar do custo de um serviço, podendo ser, materiais, mão-de-obra e equipamentos.

- **Custos Diretos:** Custos diretamente envolvidos na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais, mão-de-obra e equipamentos auxiliares, mais toda a infraestrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da obra.

- **Despesas Indiretas:** São os custos específicos da administração central diretamente ligados a obra, tais como suporte da obra, taxas, seguros, etc.

- **Tributos:** São os percentuais de alíquotas aplicadas sobre o faturamento ou sobre o lucro que as empresas são obrigadas a recolher conforme legislação vigente;

- **Lucro:** É a remuneração esperada pelo empresário na aplicação de seus recursos humanos e materiais na execução de um empreendimento.

- **Bonificações e Despesas indiretas – BDI:** Parte do orçamento composto pelas despesas indiretas, tributos e margem de lucro do construtor.

- **Orçamento de Obra:** Qualquer orçamento detalhado ou resumido mostrando o valor total ou preço de venda de uma obra de construção. Inclui todos os Custos Diretos acrescidos do BDI.

2.2.2 Orçamentação

Orçamentação é o nome que se dá a execução e estudo para a realizar a elaboração de um orçamento, que tem como fim chegar no custo final de um empreendimento. Pode-se afirmar que o orçamento é o produto final e o orçamento é o caminho que tem que ser percorrer até chegar ao final do processo.

Tisaka (2011) diz que o processo orçamentário é o conjunto de atividades desenvolvidas para a elaboração do orçamento de uma construção a partir do projeto. Para a realização de um projeto, primeiro é necessário prever quanto ele irá

custar, e em seguida verificar se é viável ou não. Então considera-se que um orçamento tem o seu início muito antes que o próprio início do empreendimento, esse processo de orçamentação engloba identificação de fatores, análise de situações e pesquisa de mercado, de uma enorme serie de insumos.

2.2.3 Tipos de Orçamento

Quando se começa um empreendimento o empresário que irá efetuar a execução do mesmo deve ter em mãos o orçamento, tornando-o peça chave. Por se tratar de uma atividade econômica que envolve um alto investimento, quando se faz os estudos preliminares e de viabilidade o orçamento tem que estar devidamente em mãos para que o grau de precisão se o mais alto possível. Mas, para que isso seja conectado, o orçamento deve também estar preciso com informações minuciosas e de acordo com os projetos e levantamentos. Dependendo das fases de elaboração de um projeto a ser analisado e do grau de detalhamento de um orçamento, ele pode ser classificado da seguinte maneira:

- a) **Estimativa de Custos:** Uma avaliação de valores obtida através da análise de um projeto prévio considerando a área que será utilizada na construção, tendo como base custos históricos e uma comparação feita com outros projetos semelhantes. Podendo ainda ser baseado em valores conhecidos do mercado;
- b) **Orçamento Preliminar:** É um pouco mais detalhado que a estimativa de custos e pode ser obtido considerando as quantidades de um maior número de insumos envolvidos na obra juntamente com uma análise e pesquisa de preços médios no mercado. É comumente usado depois da confecção do anteprojeto da obra;
- c) **Orçamento Analítico:** Com uma maior precisão, é obtida depois de uma análise minuciosa dos custos de todos os serviços e materiais de uma obra. Seu valor final chega bem perto do valor final real de um empreendimento.

2.2.4 Orçamento por Estimativa de Custo

A estimativa de custo tem como definição uma análise geral dos custos de um empreendimento, geralmente essa análise tem como principal função dar uma ideia

de preço de quanto a obra irá custar, tendo como principal base as análises de alguns órgãos conhecidos. Normalmente, empresas fazem uso desse estudo para analisar a viabilidade socioeconômica na fase preliminar do projeto, o que claramente faz total sentido, tendo em vista que essa análise é feita para que a quantidade de imprevistos seja reduzida.

Desta forma, o orçamento por estimativas tem como objetivo obter o custo de construção da obra levando em conta apenas os dados técnicos que ela possa dispor naquele momento inicial, assim como obter os resultados de forma rápida. Há vários meios que podem ser usados para indicar as estimativas para a análise do custo do empreendimento. Na construção civil, um dos principais indicadores é o Custo Unitário Básico de construção por metro quadrado construído (CUB), que, por sua vez, tem diversas fontes para usar como referências e ter como um parâmetro, para inúmeros tipos de construções.

Figura 3 – Custo Unitário Básico de construção por metro quadrado construído (CUB)

PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS

PADRÃO BAIXO		PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
R-1	1.903,39	R-1	2.283,70	R-1	2.837,02
PP-4	1.814,04	PP-4	2.198,39	R-8	2.310,36
R-8	1.729,71	R-8	1.930,94	R-16	2.472,68
PIS	1.333,41	R-16	1.870,69		

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
CAL-8	2.249,58	CAL-8	2.392,35
CSL-8	1.933,59	CSL-8	2.084,35
CSL-16	2.589,50	CSL-16	2.788,25

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

RP1Q	1.992,82
GI	1.082,24

Fonte: SIDUSCON/RJ (2022)

2.2.5 Orçamento preliminar

O orçamento preliminar pode ser considerado com um próximo passo da estimativa de custos, é um mais detalhado. Nele já são considerados dados mais precisos da obra, tendo uma maior quantidade de parâmetros de quantidades realizados, com seus serviços e custos respectivos.

Ao se analisar os indicadores também encontramos uma maior variedade, que torna ainda mais fácil a orçamentação. O SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa e Índices da construção civil), disponibilizado pela caixa econômica federal, fornece indicadores para serem utilizados na elaboração de orçamentos preliminar.

2.2.6 Orçamento Analítico

Orçamento analítico ou detalhado, como o próprio nome já diz é feito após uma análise mais a fundo e detalhada da obra em específico, onde se considera os custos e quantidades obtidos a partir do levantamento de quantidades e de serviços. É de extrema importância que o profissional responsável por esse processo seja conhecedor assíduo dos métodos que serão utilizados e os processos construtivos que serão aplicados na execução do empreendimento.

Quando se analisa a composição de orçamento analítico pode-se destacar algumas etapas que tem de ser seguidas para a confecção dele. Alguns pontos que podem ser destacados são:

O estudo prévio do empreendimento, que consiste em analisar tudo que irá ser feito de antemão. Que inclui a análise de documentos, projetos, visitas técnicas no local e entre demais coisas que serão utilizadas para se traçar o plano de execução de obra. Nesse plano é onde se encontra todos os dados anteriormente recolhidos e analisados, que serão usados para se traçar um plano de serviços prévios.

Análise do projeto técnico, que por sua vez, como o próprio nome já informa, consiste em uma análise minuciosa em todos os documentos técnicos disponíveis. Para se obter uma maior precisão no orçamento analítico o orçamentista deve se aprofundar no estudo dos projetos técnicos, são deles que

serão retiradas grande parte das informações para o orçamento, tais quais os serviços que serão realizados e as suas quantidades.

Dimensionamento da quantidade de serviços, que é o levantamento da quantidade de serviço que irá ser feito, baseando na análise dos projetos, essa análise consiste em extrair todas as informações disponibilizadas sobre áreas, unidades e volumes de serviços e/ou materiais.

Estimativa de perda de materiais, nessa estimativa considera-se as perdas de material que irão ocorrer durante o processo da obra. Quando se cria um orçamento analítico, uma não análise e estimativa de perda de material pode afetar diretamente na relação do valor final da obra e o valor encontrado previamente no orçamento. Nessa estimativa, acrescenta-se uma porcentagem a mais no levantamento, para suprir assim possíveis acidentes, extravios entre outros fatores que podem afetar os materiais e serviços.

Benefícios e despesas indiretas, ou BDI é uma taxa que corresponde a margem lucrativa sobre a execução da obra, acrescidos dos custos diretos e dos impostos. Tem como maior intuito cobrir alguns serviços e/ou matérias que são difíceis de ser previamente mensurados. O BDI pode ser definido pela soma do custo indireto total obra com o lucro, dividido pelo custo total direto da obra, o mesmo é expresso em porcentagem.

Custo Total, o custo total da obra é o resultado final da soma de todos os serviços e insumos diretos e indiretos da obra.

Cronograma Físico-Financeiro, é onde se determina quais serão e quanto tempo levarão para ser realizadas as etapas e serviços do empreendimento, indicando a quantidade de custos de cada etapa. Através do Cronograma Físico Financeiro pode-se analisar as etapas da obra, seus custos e o tempo que cada uma delas irá gastar, ele é um dos principais, se não o principal meio que o engenheiro que está executando a obra tem para analisar e organizar seu plano de execução. Nele deve haver informações sobre o tempo que cada etapa irá gastar e o valor de cada uma delas.

Figura 4 – Cronograma físico-financeiro

ITEM	INFORMAÇÃO DOS SERVIÇOS	CONTRATO		MES 01		MES 02		MES 03		MES 04		MES 05		MES 06	
		TOTAL	%	VALOR (R\$)	%	VALOR (R\$)	%	VALOR (R\$)	%	VALOR (R\$)	%	VALOR (R\$)	%	VALOR (R\$)	%
1.0	SERVIÇOS PRELIMINARES	3.742,30	2,20%	3.742,30	100,00%										
2.0	MOVIMENTO DE TERRA	3.368,38	1,98%	3.368,38	100,00%	879,04	26,10%								
3.0	INFRAESTRUTURA-FUNDAÇÕES	12.951,41	7,20%	12.951,41	100,00%	1.084,07	8,38%								
4.0	SUPERESTRUTURA	44.932,89	26,07%			12.402,38	27,60%	37.530,50	83,50%						
5.0	PAREDES E FINESIS	11.302,60	6,64%			3.264,06	29,00%	8.038,54	71,00%	1.136,00	10,00%				
6.0	ESCALARIAS	20.152,41	11,69%							2.000,00	10,00%	18.152,41	90,00%	3.550,00	17,60%
7.0	IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE	3.888,72	2,19%									3.888,72	100,00%		
8.0	REVESTIMENTOS	23.541,00	13,64%			7.740,00	33,00%	15.791,00	67,00%	3.790,00	16,00%				
9.0	PISO	4.128,84	2,40%			3.100,00	75,00%	878,84	21,00%	1.000,00	24,00%				
10.0	PROTEÇÕES E PÉRTUGAS	1.888,47	0,90%					800,00	42,00%	1.088,47	58,00%				
11.0	PORTA	11.770,00	6,50%											11.770,00	100,00%
12.0	INSTALAÇÃO ELÉTRICA	8.522,38	4,90%					3.700,00	43,00%	4.822,38	57,00%	1.799,99	21,00%	7.200,00	84,00%
13.0	INSTALAÇÃO HIDRÁULICA E SANEAMENTO	8.876,48	5,10%			1.710,00	19,00%	7.166,48	80,00%	1.980,00	22,00%	5.186,48	58,00%	11.700,00	132,00%
14.0	LOCAÇÃO E METAS	1.806,86	0,97%							800,00	44,00%	1.006,86	56,00%	1.806,86	100,00%
15.0	BANCADAS	3.436,38	1,97%									3.436,38	100,00%		
16.0	SERVIÇOS FINAIS	7.715,50	4,40%											7.715,50	100,00%
		178.188,26	100,00%												
		SUB-TOTAL MENSAL		17.812,28	10,00%	27.121,77	15,00%	44.983,82	25,00%	18.882,88	10,50%	18.813,09	10,50%	17.391,87	9,70%
		ACUMULADO		17.812,28	10,00%	44.934,04	25,00%	110.297,86	61,00%	129.180,74	71,40%	148.044,22	82,90%	175.106,29	98,00%
		SUB-TOTAL MENSAL C. BDI		18.227,28	10,20%	28.291,91	15,80%	70.888,82	39,80%	117.808,38	66,10%	138.284,28	77,20%	168.277,18	94,40%
		ACUMULADO C/ BDI		18.227,28	10,20%	46.528,78	26,00%	118.101,82	64,80%	137.940,21	74,60%	156.138,84	85,00%	183.713,71	100,00%

Fonte: Sinapi (RJ)

Planilha Orçamentária, tem como principal intuito juntar todas as composições anteriormente analisadas com informações de serviços, custos e quantitativos. Nela é descrita cada etapa, serviço a ser realizado, quantidade de material, o seu preço unitário pela composição e uma relação do percentual de preço do item com o preço final da planilha, além de ter um código para discriminar o item. Outra informação importante que também deve ser encontrada numa planilha orçamentária é discriminação da base de referência preço utilizada (SINAPI, EMOP).

Figura 5 – Planilha orçamentária

Engenheiro de Custos		Planilha de Orçamento			
Obra: Estudo de Caso - Curso Engenheiro de Custos - Preços TCPO 34 - Região São Paulo					
Unidade Construtiva: Não aplicado					
Tipo de obra: Residencial					
Endereço da obra: Não aplicado					
BDI: 10%				Encargos Sociais: 1,27%	
Preços expressos em: R\$ (Real)					
Código	Descrição	Un.	Quantidade	Preço unitário	Preço total
02 SERVIÇOS PRELIMINARES					
02.001.000002.SER	Abrigo provisório de madeira com dois pavimentos para alojamento e/ou depósito de materiais	m²	10,00	739,93	7.399,50
02.001.000009.SER	Ligação provisória de água para obra e instalação sanitária provisória, pequenas obras	un.	1,00	1.982,84	1.982,84
02.001.000018.SER	Ligação provisória de luz e força para obra - instalação mínima	un.	1,00	1.563,51	1.563,51
04 INFRA-ESTRUTURA					
04.004.000001.SER	Locação da obra, execução de gabarito	m²	67,87	5,88	397,72
04.009.000008.SER	Breca de concreto armado, controle tipo "C", brita 1 e 2, fck=15 MPa, Ø 25 cm	m	48,00	58,01	2.784,48
02.005.000049.SER	Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria profundidade até 2 m	m³	4,17	55,99	233,48
04.012.000004.SER	Lastro de brita 1 e 4 aplicado com soquete manual para regularização	m²	0,33	171,90	60,17
04.007.000012.SER	Forma de madeira para fundação, com tábuas e sarrafos, 3 aproveitamentos	m²	18,54	53,19	986,14
04.002.000016.SER	Concreto estrutural dosado em central, fck 25 MPa, abatimento 8% cm	m³	1,39	346,80	482,05
04.001.000003.SER	Armadura de aço CA-50 para estruturas de concreto armado, Ø até 12,5 mm, corte, dobra e monta	kg	88,96	11,37	1.011,48
04.001.000005.SER	Armadura de aço CA-60 para estruturas de concreto armado, Ø até 5,00 mm, corte, dobra e monta	kg	22,24	11,41	254,20
02.005.000007.SER	Reaterio e compactação manual de vala por aplicação com soquete	m²	2,43	54,98	133,60
04.009.000003.SER	Alvenaria de embasamento com tijolo comum, empregando argamassa mista de cimento, cal e areia	m³	2,08	844,54	1.749,64
10.001.000002.SER	Impermeabilização de alvenaria de embasamento com argamassa de cimento e areia traço 1:3, cc	m²	53,30	36,45	1.942,79
05 SUPER-ESTRUTURA					
05.006.000013.SER	Forma para estruturas de concreto com chapa compensada plastificada, e=12mm, 3 aproveitamentos	m²	47,31	69,18	3.277,64
04.002.000018.SER	Concreto estrutural dosado em central, fck 25 MPa, abatimento 8% cm	m³	2,09	346,80	724,81
04.001.000003.SER	Armadura de aço CA-50 para estruturas de concreto armado, Ø até 12,5 mm, corte, dobra e monta	kg	133,18	11,37	1.514,76

Fonte: Sinapi (RJ)

2.3 Alocação de pontos elétricos e hidráulicos

Quando se está na parte de planejamentos e projetos de uma obra, é preciso que seja analisado e previsto os pontos de elétrica e hidráulica. Isso é feito com intuito de pré-dimensionar, distribuir e principalmente analisar a disponibilidade para a alocação desses pontos. Nessa etapa o projetista que é incumbido de fazer essa alocação precisa analisar alguns fatores que serão utilizados com base para essa locação e dimensionamento.

O primeiro fator a ser analisado é a área a ser trabalhada, logo depois as características e peculiaridades do projeto técnico de arquitetura e por fim tornar compatível com as normas e diretrizes vigentes pelos órgãos públicos e normas técnicas brasileiras. Outros fatores que também de ser avaliados são as taxas estimadas de ocupação e de uso, tendo em vista que nessa parte é determinada valores para que não haja um dimensionamento que exceda o necessário e nem para que não seja suficiente.

No caso dos pontos elétricos, essa análise se torna primordial levando em consideração que se forem poucos os pontos alocados se tornam um desconforto dos ambientes projetados, já por outro lado esses pontos se tornaram superdimensionados eles afetarão diretamente no maior consumo de energia, afetando os valores de consumo. Outro ponto a se destacar é a importância de o projetista saber equilibrar as necessidades dos empreendimentos juntamente com as necessidades dos usuários que a cada dia que passa se tornam mais varadas.

2.3.1 Alocação de pontos elétricos

Na alocação dos pontos elétricos tem de se tomar algumas orientações para que se sirvam como parâmetros e base na hora que o projetista está traçando o plano para distribuição dos pontos. As normas ABNT entram nessa parte afim de facilitar e padronizar essa, mesmo que nem sempre elas atendam todas a necessidades específicas.

A NBR 54143-Illuminância de interiores, é usada para definir a quantidade mínima de iluminação que cada cômodo necessita em diferentes tipos de casa e edifícios. Outros pontos que têm de ser levados em consideração são as normas

das concessionárias e dos órgãos públicos, que também ajudarão na parte de dimensionamento da alimentação e luzes emergenciais.

Na alocação dos pontos elétricos, as tomadas e interruptores na maioria das vezes são lembrados apenas na ausência das mesmas em determinados locais. Com isso em mente o trabalho em conjunto de projetistas, arquitetos e decoradores torna-se muito importante para diminuir os erros na hora de locar os pontos de tomadas e interruptores.

Cada ambiente, por sua vez, tem sua característica e sua peculiaridade, tornando assim necessária uma análise tanto geral, quanto individual de cada ambiente. Como observado por Carvalho Júnior (2016), os ambientes têm suas características e precisam ser analisados individualmente, nele são colocadas algumas características que devem ser levadas em consideração.

Sala:

Interruptores em paralelo – em escada e salas grandes, dois interruptores para a mesma lâmpada, em cantos opostos.

Pontos de luz – as demais lâmpadas dependem de um projeto de iluminação, mas a mesa do jantar precisa estar sob um ponto.

Escritórios:

Pontos de telefones – além de levar em consideração o uso da linha de telefone geral, uma deve ser deixada exclusivamente para o cabeamento de internet.

Tomadas com aterramento – instaladas nas bancadas

Quartos:

Interruptores de luz próximos a cama (cabeceira) – para gerar maior conforto e comodidade;

O ar-condicionado, requer uma atenção maior, com uma tomada de 220 V, colocada no mínimo a 1,50 metros acima do nível do piso;

Pontos de TV e internet.

Banheiros:

Nos banheiros alguns fatores devem ser levados em consideração. Toda instalação elétrica deve ser feita para que seja viável a sua utilização, priorizando a segurança de cada indivíduo ou grupo que irá utilizar. Nos banheiros por serem uma área que se considera “molhada” o cuidado das instalações elétricas deve ser redobrado para que não haja risco de choque elétrico e outros tipos de acidentes. É

importante frisar que todas as instalações devem obedecer a NBR 5410. Algumas sugestões para serem analisadas na hora de locar os pontos elétricos dos banheiros são:

Pontos de luz – Próximos dos espelhos;

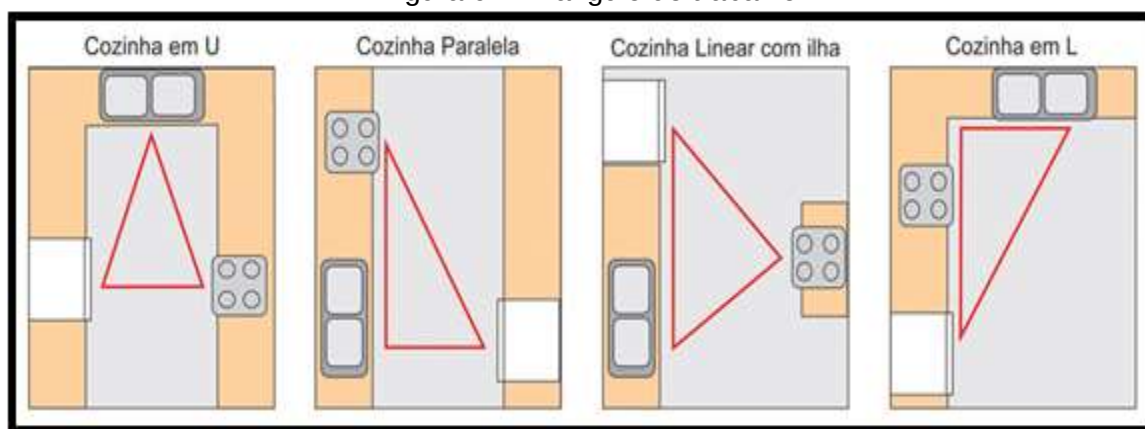
Tomadas – Próximas a pia;

Pontos elétricos - para chuveiros e/ou equipamentos permanentes que utilizem energia elétrica.

Cozinhas:

Outro ambiente que tem sua característica específica são as cozinhas, o alto número de eletrodoméstico que são utilizados na cozinha, necessitam de uma análise um pouco mais minuciosa na hora da locação dos pontos. Para que a cozinha seja funcional é utilizado na maioria das vezes do que se chama de “triângulo de trabalho”, onde as suas 3 pontas são a geladeira e/ou freezers, fogão e/ou cooktop e a pia, como disposto na imagem a seguir.

Figura 6 – Triângulo de trabalho



Na imagem vemos que essa disposição facilita o movimento dentro da área da cozinha, de uma maneira ideal. Entretanto nem sempre se tem a disponibilidade e espaço para que essa disposição seja seguida. Algumas sugestões para a locação de pontos de elétricos para cozinhas:

Pontos de luz – Acima das bancadas e/ou fogão;

Tomadas - Perto das bancadas, considerar pelo menos um ponto de 220V; tomadas específicas para eletrodomésticos (geladeiras, freezer, micro-ondas entre outros);

Área de Serviço:

Como visto anteriormente na cozinha, a área de serviço também tem de ser analisada separadamente, pois tem uma alta variedade de eletrodomésticos.

A seguir algumas sugestões para pontos elétricos na área de serviço:

Tomadas específicas – para eletrodomésticos específicos (máquinas de lavar, ferro de passar, centrifugas, secadoras entre outros);

Pontos de iluminação simples – sobre bancadas.

Áreas externas:

Pontos de luz para iluminação – piscinas, varandas, jardins etc.;

Tomadas específicas – para equipamentos, eletrodomésticos etc.

2.3.2 Alocação dos pontos hidráulicos

Instalações hidráulicas são todas as instalações que são utilizadas para realizar a coleta, distribuição e armazenagem da água de uma edificação. Esse sistema é composto de reservatórios, conexões, equipamentos hidráulicos, tubulações entre outros materiais.

O sistema de abastecimento de água fria é o responsável por fornecer água nas torneiras, chuveiros, pias, mangueiras, tanques entre outras instalações existentes na residência. Por norma (NBR 5626) esse sistema deve ter um reservatório com autonomia de 24 horas, baseando-se com o volume de água dimensionado para o consumo do imóvel.

Outro sistema que compõe as instalações hidráulicas é o de coleta de águas pluviais, que fica por conta de coletar, realizar ou o remanejo ou o descarte dos fluídos coletados.

O sistema de rede de esgoto é de suma importância em qualquer residência, tem fim de direcionar o esgoto sanitário da edificação para ser despejada no sistema coletor de esgoto da cidade.

Cada sistema tem de ser dimensionado de acordo com as exigências de cada edificação, para evitar problemas futuros, tais como escassez de água.

O primeiro ponto que deve ser levado em consideração ao se iniciar a alocação dos pontos de distribuição hidráulica é o projeto de arquitetura, a partir dele se tem base para analisar onde cada ponto tem de ser colocado, facilitando o trabalho do engenheiro responsável.

2.3.3 Instalação de água fria

A instalação de água fria deve alimentar os pontos demarcados no projeto, tendo seu início em um reservatório. A partir desse reservatório que a água, e assim, os demais pontos serão distribuídos. Cada ambiente tem sua característica, mas diferente da locação dos pontos elétricos, nesse caso o número de ambientes que recebem é menor. Geralmente os pontos de água são localizados nos banheiros, na cozinha, área de serviço e área externas. Nesse sistema vemos os ramais representados nas plantas, o diâmetro da tubulação que será utilizada, além dos registros e seus respectivos tamanhos.

2.3.4 Rede de esgoto

O sistema de rede de esgoto pluvial consiste no sistema que direciona todos os dejetos, dos banheiros sanitários, cozinha, área de serviço e área externa (piscina caso tenha), para rede de tratamento vigente do município. Nele devem estar representadas as caixas de inspeção, ralos, caixas de gorduras, válvulas de retenção, tubulações e conexões.

Na alocação dos pontos, o profissional responsável deve levar em consideração futuras manutenções, para posicionar caixas de inspeção, para facilitar o acesso à rede.

2.3.5 Rede de águas pluviais

O sistema, que tem como finalidade captar a água que vem das chuvas, é o sistema de rede de águas pluviais. Na locação do mesmo deve-se analisar e prever o que poderá ser feito com o volume de água captado, para que se no caso de a água captados ser reaproveitada possa ser colocado um reservatório exclusivo para o armazenamento.

3 METODOLOGIA

3.1 Estrutura em Concreto Armado

Todo o dimensionamento da estrutura de concreto armado foi elaborado conforme o referencial teórico do capítulo de revisão bibliográfica e seguindo as normas regulamentadoras.

3.1.1 Parâmetros Iniciais

Antes de iniciar os cálculos para o dimensionamento dos elementos estruturais, foram definidos alguns parâmetros sendo eles a classe de agressividade, qualidade do concreto, cobrimento e o cálculo das solicitações iniciais.

Segundo a ABNT, NBR 6118:2014, a avaliação da classe de agressividade que uma estrutura está exposta pode ser feita de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental - adaptada

Classe de agressividade ambiental	de Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de Projeto	Risco de deterioração da estrutura
II	Moderada	Urbana 1), 2)	Pequeno
III	Forte	Marinha 1) Industrial 1), 2)	Grande

Fonte: NBR 6118/03

Outro fator que foi levado em consideração na hora de realizar os cálculos estruturais é a qualidade do concreto. A Tabela 2 representa os valores mínimos dos requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR 6118/03 para concreto armado.

Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto a)	Classe de agressividade			
	I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$

a) O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

Fonte: NBR 6118 (2014)

A ABNT NBR 6118:2014 também estabelece valores mínimos de cobrimento para lajes vigas e pilares que devem ser respeitados em função da classe de agressividade, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 3 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

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

b) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

c) Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

d) No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: (NBR 6118, 2014)

As solicitações do projeto foram calculadas conforme a Equação 1. Este cálculo é importante para saber quais são os carregamentos que estão agindo na peça, considerando as ações variáveis (Q) e permanentes (P).

$$S_d = \sum_{i=1}^m (Y_{gi} F_{Gi,k}) + Y_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n Y_{qj} \psi_{0j} F_{Q,j,k} \quad (1)$$

Onde:

S_d _ Solicitações de projeto;

$F_{Gi,k}$ _ valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ _ valor característico da ação variável considerada principal para a combinação;

$F_{Q,j,k}$ _ valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal;

Y_{gi} , Y_{q1} , Y_{qj} _ coeficientes de ponderação das ações;

ψ_{0j} - fator de combinação para ações variáveis.

O peso próprio da estrutura, que é uma ação permanente, é calculado pela área da seção multiplicado pelo peso específico do material.

3.1.2 Dimensionamento dos Elementos Estruturais

Nessa etapa, foram dimensionados os elementos estruturais da edificação, sendo dimensionados na seguinte ordem: dimensionamento da viga, dimensionamento da laje e dimensionamento do pilar.

3.1.3 Dimensionamento da Viga

Os valores de esforço cortante e momento fletor atuando na estrutura devem ser calculados para o dimensionamento da viga.

Para uma estrutura ser considerada isostática o somatório de suas forças horizontais, verticais e momento deve ser igual a zero, como mostra a Equação 2.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_d = 0 \quad (2)$$

3.1.4 Estado Limite Último

A resistência de cálculo do concreto e a resistência de cálculo do aço são calculadas conforme as Equações 3 e 4.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma} = \frac{f_{ck}}{1,4} \quad (3)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma} = \frac{f_{yk}}{1,15} \quad (4)$$

Onde:

f_{cd} - resistência de cálculo do concreto;

f_{ck} – resistência característica do concreto;

f_{yd} – resistência de cálculo do aço;

f_{yk} – resistência característica do aço.

3.1.4 Posição da Linha Neutra

A posição da linha neutra é calculada conforme a Equação 5, este cálculo é realizado para que posteriormente seja encontrado em qual domínio o elemento está trabalhando.

$$x = 1,25d \left[1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425b_w d^2 f_{cd}}} \right] \quad (5)$$

Em que:

$$d = 0,9h \quad (6)$$

Onde:

x – Posição da Linha Neutra [cm ou m];

h – Altura da viga [cm ou m];

b_w – Base da viga [cm ou m].

O elemento vai trabalhar no domínio 2 se a posição da linha neutra for menor que x_{23} , como demonstrado na Equação 7. Se a posição da linha neutra for menor que x_{34} o elemento está trabalhando em domínio 3, como representado na Equação 8.

Se $x < x_{23} \rightarrow \text{Domínio 2}$

$$x_{23} = 0,259d \quad (7)$$

Se $x < x_{34} \rightarrow \text{Domínio 3}$

$$x_{34} = 0,628d \quad (8)$$

O domínio 4 acontece quando o valor da linha neutra for menor que zero, caso isso aconteça é preciso redimensionar o elemento fazendo com que ele fique no domínio 2 ou 3.

3.1.5 Área de aço

Para os domínios 2 e 3, é preciso ser calculado uma área de aço para as armaduras simples, este cálculo pode ser realizado conforme a Equação 9.

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(d - 0,4x)} \quad (9)$$

Onde:

A_s – área de aço [cm² ou m²].

A ABNT NBR 86118 (2014) estabelece uma área mínima de aço que as armaduras simples devem obedecer, sendo calculado conforme a Equação 10.

$$A_{s\ min} = 0,0015b_w h \quad (10)$$

Onde

$A_{s\ min}$ – área mínima de aço [cm² ou m²].

O valor encontrado para a área de aço é considerado para dimensionar as barras de aço da região tracionada. Já o valor da área de aço mínima é utilizado para dimensionar as barras de aço da região comprimida. Os diâmetros comerciais para as barras de aço se encontram na Tabela 8.

Tabela 4 – Diâmetros das barras	
Diâmetro comercial de barras de aço (mm)	
	5,00
	6,30
	10,00
	12,50
	16,00
	2,00
	25,00
	32,00

A determinação do número de barras de aço utilizada na viga é calculada conforme a Equação 11.

$$N_{barras} = \frac{A_s}{A_{barra}} \quad (11)$$

Onde:

N_{barras} – Número de barras;

A_{barra} – Área da seção da barra de aço [cm² ou m²].

Quando ocorre a necessidade de utilizar armadura dupla, o cálculo do momento resistente no domínio 3 é realizado de acordo com a Equação 12.

$$M_{34} = 0,68b_w x_{34} f_{cd} (d - 0,4x_{34}) \quad (12)$$

Na região comprimida, o momento flerto é calculado conforme a Equação 13.

$$\Delta M = M_d - M_{34} \quad (13)$$

Sendo assim, a área de aço da região tracionada é determinada pela Equação 14.

$$A_s = \frac{M_{34}}{f_{yd}(d - 0,4x_{34})} + \frac{\Delta M}{f_{yd}(d - d')} \quad (14)$$

Em que:

$$d' = h - d \quad (15)$$

Na região comprimida é necessário verificar o escoamento do aço antes de determinar a área de aço. Essa verificação é feita pela Equação 16, sendo que $\varepsilon'_s > \varepsilon_{yd} \rightarrow \text{o aço escoou}$.

$$\varepsilon'_s = \frac{0,0035(x_{34} - d')}{x_{34}} \quad (16)$$

e,

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} \quad (17)$$

Onde:

E – Considerar 210 GPa.

Após as condições terem sido atendidas, a área de aço da região comprimida é calculada conforme escrito na Equação 18.

$$A'_s = \frac{\Delta M}{f_{yd}(d - d')} \quad (18)$$

3.1.6 Estribos

Antes de dimensionar o estribo, é preciso calcular resistência à tração de cálculo do aço (f_{ctd}), obtida pela Equação 19.

$$f_{ctm} = 0,3 \sqrt[3]{f_{ck}^2} \quad (19)$$

Em que:

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ctm} \quad (20)$$

e,

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{1,4} \quad (21)$$

Onde:

f_{ctm} – resistência à tração do concreto;

$f_{ctk,inf}$ - resistência característica à tração do concreto.

Depois, é preciso verificar se a resistência da biela, conforme a Equação 23. A resistência da biela ao esforço cortante deve ser maior que os esforços cortantes calculados respeitando a Inequação 22.

$$V_d < V_{Rd2} \quad (22)$$

Em que:

$$V_{Rd2} = 0,27 \alpha_{v2} f_{cd} b_w d \quad (23)$$

e,

$$\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250} \quad (24)$$

A área de aço para os estribos é calculada de acordo com a Equação 25.

$$A_{sw} = \frac{V_{sw} S}{0,9 d f_{yd}} \quad (25)$$

Em que:

$$V_{sw} = V_d - V_c \quad (26)$$

e,

$$V_c = 0,7 f_{ctd} b_w d \quad (27)$$

Já a área de aço mínima é calculada através da Equação 29.

$$A_{sw \min} = \rho_{sw \min} b_w s \quad (27)$$

O espaçamento máximo dos estribos deve respeitar os parâmetros estabelecidos pela Equação 28.

$$\begin{aligned} Se \ 0,6V_{Rd2} > V_d &\rightarrow s_{max} \leq \begin{cases} 0,6d \\ 30cm \end{cases} \\ Se \ 0,6V_{Rd2} < V_d &\rightarrow s_{max} \leq \begin{cases} 0,3d \\ 20cm \end{cases} \end{aligned} \quad (28)$$

3.1.7 Espaçamento entre barras

A ABNT, NBR 6118 (2014), estabelece que o espaçamento mínimo entre as barras deva obedecer a seguinte relação:

$$s \geq \begin{cases} 2,0cm \\ 2\emptyset \\ 1,2\emptyset_{max,agreg.} \end{cases} \quad (29)$$

Onde:

$\emptyset$ – Diâmetro da barra.

O espaçamento é calculado de acordo com a Equação 30.

$$s = \frac{b - 2c - 2\# - (N_b \emptyset)}{f_{yd}(d - d')} \quad (30)$$

Onde:

s _ espaçamento;

c _ cobrimento;

$\#$ _ diâmetro do estribo;

N_b _ número de barras alinhadas.

3.1.8 Dimensionamento da laje

O método utilizado para realizar o dimensionamento da laje é o método de tabelas de Bares, que possui nove tipos de casos.

3.1.9 Tipos de caso

Para identificar em qual tipo de caso a laje se encontra, é feita uma análise do coeficiente entre as dimensões da laje, conforme a Equação 31.

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} \quad (31)$$

Onde:

λ _ Coeficiente de análise

l_y _ maior dimensão da laje

l_x _ menor dimensão da laje

A Partir do resultado do coeficiente de análise, é feita a determinação das direções que a laje deve ser armada. Essa determinação é feita de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Condições para armaduras da laje.

Condição	Direção
$\lambda \leq 2$	Armada em duas direções
$\lambda \geq 2$	Armada em uma direção

3.1.10 Esforço cortante e momento fletor

A partir da análise feita na tabela de Bares, os esforços cortantes para as lajes engastadas são calculados conforme as Equações 32 e 33. Já os esforços cortantes para lajes com apoios simples, são calculados de acordo com as Equações 34 e 35.

$$R'_x = \frac{S_d V'_x l_x}{10} \quad (32)$$

$$R'_y = \frac{S_d V'_y l_y}{10} \quad (33)$$

$$R_x = \frac{S_d V_x l_x}{10} \quad (34)$$

$$R_y = \frac{S_d V_y l_y}{10} \quad (35)$$

Onde:

R'_x e R_x _ esforços cortantes na direção x da laje;

R'_y e R_y _ esforços cortantes na direção y da laje;

V'_x, V'_y, V_x, V_y _ valores encontrados na Tabela 3 do Anexo 1, a partir dos valores de λ .

O momento fletor positivo é calculado conforme as Equações 36 e 37. Enquanto o momento fletor negativo é calculado pelas Equações 38 e 39.

$$M_x = \frac{S_d \mu_x l_x^2}{100} \quad (36)$$

$$M_y = \frac{S_d \mu_y l_y^2}{100} \quad (37)$$

$$X_x = \frac{S_d \mu'_x l_x^2}{100} \quad (38)$$

$$X_y = \frac{S_d \mu'_y l_x^2}{100} \quad (39)$$

Onde:

M_x e X_x _ momentos fletores na direção x da laje;

M_y e X_y _ momentos fletores na direção y da laje;

μ_x , μ_y , μ'_x e μ'_y _ são valores encontrados na Tabela 4 do Anexo 1, a partir dos valores de λ .

3.1.11 Compatibilização de momento

Nos encontros de lajes, existem valores de momentos diferentes, por isso é preciso ser realizado a compatibilização entre esses momentos fletores. Essa compatibilização é feita para que ocorra um único valor de momento para o encontro das lajes. O valor auxiliar $\bar{X}$ é utilizado pela Equação 40.

$$\bar{X} \geq \begin{cases} \text{média } (X_1, X_2) \\ 0,8 \times \text{maior } (X_1, X_2) \end{cases} \quad (40)$$

A variação do momento é calculada pela Equação 41.

$$\Delta X = X - \bar{X} \quad (41)$$

O valor do momento corrigido é calculado de acordo com a Equação 42, onde o momento é distribuído pelas lajes.

$$M = M_0 + \frac{\Delta X}{2} \quad (42)$$

3.1.12 Cálculo da Área de Aço

A área de aço da laje é calculada da mesma forma que é feito na viga. A ABNT NBR 6118:2014 diz que a bitola máxima do aço deve ser de acordo com a Equação 43.

$$\phi_l = \frac{h_{laje}}{8} \quad (43)$$

O espaçamento máximo da armadura principal deve estar de acordo com a Equação 44. Já nas armaduras secundárias o espaçamento máximo deve ser de acordo com a Equação 45.

$$s \leq \begin{cases} 20 \text{ cm} \\ 2h \end{cases} \quad (44)$$

$$s_{dist} \leq 33 \text{ cm} \quad (45)$$

A área de aço das armaduras de distribuição deve seguir a Equação 46.

$$A_{s \text{ dist}} \geq 20\% A_{s \text{ principal}} \quad (46)$$

Quando a laje é armada em duas direções a área de aço para a armadura positiva deve utilizar a área mínima de aço calculada como mostra a equação 47.

$$A_{s \text{ min positiva}} = 0,67 \times 0,0015 \times b_w h \quad (47)$$

Onde:

$b_w = 1,0 \text{ m}$ – (calcular 1,0 m de laje, e no detalhamento redimensionar a partir desse valor unitário).

3.1.13 Resistência da laje ao esforço cortante

Após realizar a correção dos momentos, é importante fazer a verificação da laje ao esforço cortante. Para isso é calculado a resistência da laje ao esforço cortante (V_{Rd}) através da Equação 48. Se o esforço cortante agindo na laje for menor que o V_{Rd} a laje resiste a esse esforço, caso contrário, deverá ser feito um redimensionamento da laje.

$$V_{Rd} = [\tau_R dk(1,2 + 40\rho_1) + 0,15\sigma_{cp}] b_w d \quad (48)$$

Em que:

$$\tau_{Rd} = 0,25 f_{ctd} \quad (49)$$

E,

$$\rho_1 = \frac{N_b A_\theta}{b_w d} \quad (50)$$

Onde:

$$k = \begin{cases} 1,0 & \rightarrow \text{em caso de barras alternadas} \\ 1,6 - d & \rightarrow \text{barras colocadas diretamente} \end{cases}$$

τ_{Rd} _ tensão de resistência;

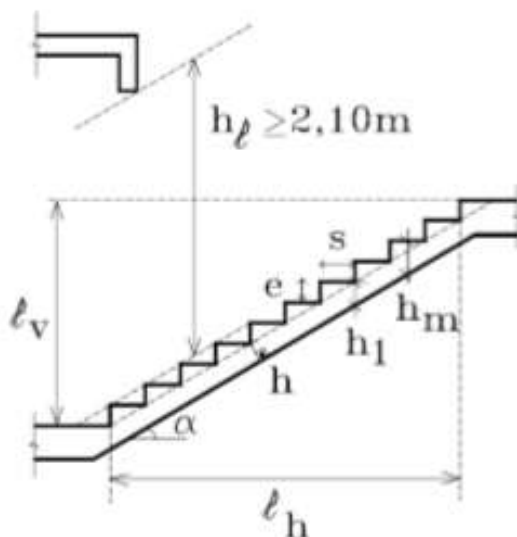
ρ_1 _ taxa de aço;

σ_{cp} _ tensão de protensão.

3.1.14 Dimensionamento da Escada

Antes de começar a calcular uma escada, é preciso encontrar valores dos parâmetros de dimensão conforme a Figura 7.

Figura 7 – Parâmetros dimensionais da escada



Fonte: Notas de aulas do Professor Miller

Os parâmetros são calculados de acordo com as Equações 51, 52, 53, 54 e 55.

$$s + 2e = 60 \text{ a } 64 \text{ cm} \quad (51)$$

$$\text{Tang } \alpha = \frac{e}{s} \quad (52)$$

$$h1 = \frac{h}{\cos \alpha} \geq 7,0 \text{ cm} \quad (53)$$

$$hm = h1 + \frac{e}{2} \quad (54)$$

$$n = \frac{Lv}{e} \quad (55)$$

3.1.15 Carregamentos

O peso próprio da escada deve ser calculado para o patamar e para o lance. Esse cálculo é realizado de acordo com a Equação 56.

$$P_p = (h \times \gamma_{\text{concreto}}) + (h_m \times \gamma_{\text{concreto}}) \quad (56)$$

O carregamento gerado pelo revestimento, pode ser considerado entre 0,8 a 1,2 kN/m². Já para o carregamento de utilização, o valor a ser considerado é de 3,0 kN/m², pois trata-se de uma escada com acesso ao público.

O cálculo do carregamento do guarda corpo é realizado segundo a Equação 57.

$$GC = \frac{0,5}{\text{largura da escada}} \quad (57)$$

Após serem feitos todos os cálculos dos carregamentos, é necessário que sejam realizadas as combinações. Estas combinações devem ser feitas tanto para o patamar quanto para o lance, gerando dois tipos de carregamentos para a escada. Para o cálculo das áreas de aço é utilizado os maiores valores encontrados de momento fletor e cortante.

3.1.16 Armadura da Escada

A área de aço da escada é calculada da mesma maneira que nas vigas e lajes, porém a área mínima deve estar de acordo com a Equação 58. As verificações feitas nas lajes para o cisalhamento também devem ser feitas para as escadas.

$$A_{mini,distr.} = \begin{cases} 0,2A_s \\ 0,9 \text{ cm}^2 \end{cases} \quad (58)$$

3.1.17 Pilar

A ABNT, NBR 6118 (2014), estabelece que a menor dimensão de uma seção transversal de um pilar pode ter é de 19 cm, não podendo apresentar seções menores que essa. Porém, em casos especiais, essa dimensão pode ser de até 14 cm, mas os esforços solicitantes que serão utilizados nos cálculos devem ser multiplicado pelo coeficiente de majoração. A Tabela 10 mostra os valores de coeficientes de majoração de acordo com a dimensão do pilar.

Tabela 6 – Coeficiente de majoração

$b \text{ (cm)}$	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

Fonte: ABNT NBR 6118(2014).

O comprimento equivalente do pilar vinculados em ambas as extremidades deve respeitar a relação exposta na Equação 59.

$$l_e \leq \begin{cases} l_0 + h \\ l \end{cases} \quad (59)$$

Onde:

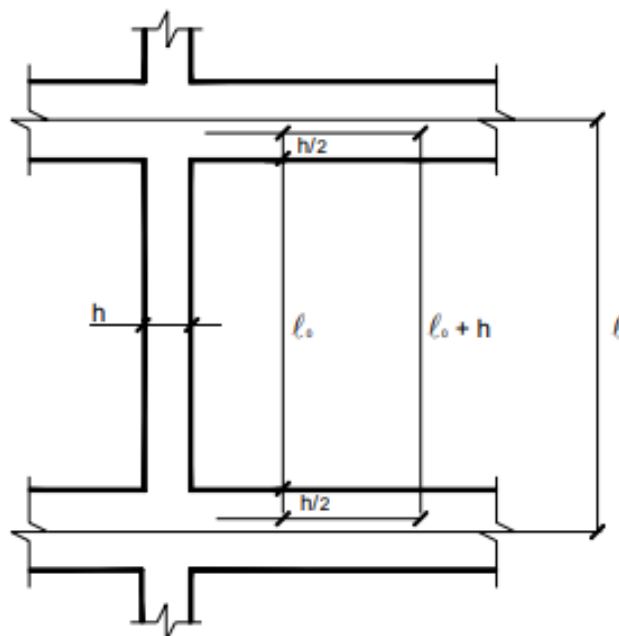
l_e _ comprimento equivalente;

l_0 _ é a distância entre as faces internas dos elementos estruturais, supostos horizontais, que vinculam o pilar;

h _ é a altura da seção transversal do pilar, medida no plano da estrutura;

l _ é a distância entre os eixos dos elementos estruturais aos qual o pilar está vinculado.

A Figura 8 mostra o comprimento equivalente do pilar.

Figura 8 – Distâncias l_o e l .

Fonte: Notas de aulas do Professor Miller

Quando o pilar for engastado na base e livre no topo, o comprimento equivalente deve ser calculado conforme a Equação 60.

$$l_e = 2l \quad (60)$$

3.1.18 Índice de Esbeltez

O raio de giração é uma característica importante para determinar o índice de esbeltez e é calculado conforme a Equação 61.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (61)$$

Onde:

I – momento de inércia da seção transversal;

A – área da seção transversal.

Para seções retangulares o raio de giração é calculado de acordo com a Equação 62.

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} \quad (62)$$

Após ser determinado o raio de giração, é possível calcular o índice de esbeltez através da Equação 63.

$$\lambda = \frac{l_e}{i} \quad (63)$$

Onde:

λ – índice de esbeltez

Para um pilar se classificado como robusto ou pouco robusto a sua esbeltez deve estar de acordo com a Equação 64.

$$\lambda \leq \lambda_1 \quad (64)$$

Em que:

$$\lambda_1 = \frac{25 + 1,25 \times \frac{e_1}{h}}{a_b} \quad (65)$$

Onde:

e_1/h – excentricidade relativa de 1ª ordem;

a_b – coeficiente que depende da distribuição de momento no pilar.

Para pilares bi apoiados sem cargas transversais o valor do coeficiente é calculado pela Equação 66. Já para os pilares de bi apoiados com cargas transversais ao longo da altura o coeficiente é calculado através da Equação 67.

$$a_b = 0,60 + 0,40 \times \frac{M_B}{M_A} \geq 0,40 \Leftrightarrow 1,0 \geq a_b \geq 0,4 \quad (66)$$

$$a_b = 1,0 \quad (67)$$

Onde:

MA e MB _ são momentos de 1ª ordem nas extremidades do pilar, sendo MA o maior valor absoluto entre os dois. MB terá sinal positivo se tracionar a mesma face de MA , e sinal negativo em caso contrário.

Para o pilar ser classificado como esbeltez média a sua esbeltez deve estar conforme a Equação 68.

$$\lambda_1 < \lambda \leq 90 \quad (68)$$

3.1.19 Excentricidade inicial

A excentricidade inicial está relacionada com a rigidez e o momento fletor atuante, o momento fletor deve ser calculado para a viga (Equação 69), para o tramo superior do pilar (Equação 70) e para o tramo inferior do pilar (Equação 71).

$$M_{viga} = \frac{3r_{inf} + 3r_{sup}}{4r_{viga} + 3r_{inf} + 3r_{sup}} \times M_{eng} \quad (69)$$

$$M_{sup} = \frac{3r_{sup}}{4r_{viga} + 3r_{inf} + 3r_{sup}} \times M_{eng} \quad (70)$$

$$M_{inf} = \frac{3r_{inf}}{4r_{viga} + 3r_{inf} + 3r_{sup}} \times M_{eng} \quad (71)$$

A rigidez para os casos citados pode ser calculada através da Equação 72 e o momentos de engastamento perfeito é calculado pela Equação 73.

$$r_i = \frac{l_i}{l_i} \quad (72)$$

$$M_{eng} = \frac{p \times l^2}{12} \quad (73)$$

Com esses valores definidos é possível calcular a excentricidade inicial no topo (Equação 74), excentricidade intermediária (Equação 75) e excentricidade na base (Equação 76).

$$e_{i,topo} = \frac{M_{topo}}{N_d} \quad (74)$$

$$e_{i,meio} = \frac{M_{meio}}{N_d} \quad (75)$$

$$e_{i,base} = \frac{M_{base}}{N_d} \quad (76)$$

Onde:

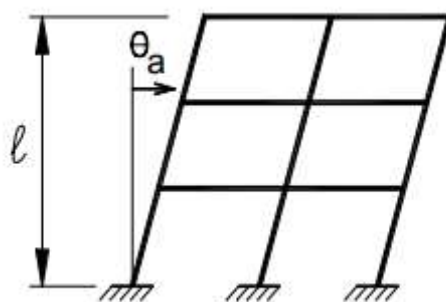
N_d – esforço vertical solicitante.

3.1.20 Excentricidade de 1ª ordem

A excentricidade de 1ª ordem está relacionada a excentricidade acidental, que é dividida em imperfeições globais e imperfeições locais, e a excentricidade suplementar.

Nas imperfeições globais das estruturas, seja ela contraventadas ou não, deve ser considerado o desaprumo dos elementos verticais, a Figura 10 mostra um exemplo.

Figura 9 – Imperfeições geométricas globais



Fonte: Notas de aulas do Professor Miller

O desaprumo é calculado através da Equação 77.

$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{l}} \quad (77)$$

$$\theta_a = \theta_1 \sqrt{\frac{1 + 1/n}{2}} \quad (78)$$

Onde:

l – altura total da estrutura;

n – número de prumadas de pilares.

$$\theta_{1,min} = \begin{cases} \frac{1}{400} \text{ (nós fixos)} \\ \frac{1}{300} \text{ (nós moveis e imperfeições locais)} \end{cases}$$

$$\theta_{1,max} = \frac{1}{200}$$

Segundo a ABNT, NBR 6118 (2014), o desaprumo calculado não precisa ser superposto ao carregamento de vento. Entre os dois, vento e desaprumo, pode ser considerado apenas o mais desfavorável, aquele que provoca maior momento na base da construção.

Já o valor da excentricidade para as imperfeições locais é calculado pela Equação 79.

$$e_a = \theta_1 \times \frac{l}{2} \quad (79)$$

O momento de primeira ordem pode substituir os efeitos gerados pelas imperfeições locais sendo ele calculado através da Equação 80.

$$M_{id,min} = N_d(0,015 + 0,03h) = N_d \times e_{i,min} \quad (80)$$

Onde:

N_d – força normal de cálculo

h - altura total da seção transversal

$e_{i,min} = 0,015 + 0,03h$, excentricidade mínima

Com isso, a excentricidade de 1ª ordem é calculada de acordo com a Equação 81.

$$e_1 = e_i + e_a + e_s \quad (81)$$

Nos casos que a esbeltez for menor que 90 a excentricidade suplementar não deve ser considerada.

3.1.21 Raio de curvatura e momento total

Além dos efeitos de primeira ordem, existem os efeitos de segunda ordem que também devem ser considerados, sendo eles calculados através da Equação 82.

$$e_2 = \frac{l_e^2}{10} \times \frac{1}{r} \quad (82)$$

Em que:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{h} \quad (83)$$

E

$$v = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} \quad (84)$$

Onde:

$\frac{1}{r}$ – raio de curvatura;

h - Altura da seção;

v - Força normal adimensional.

Desta maneira, o cálculo do momento total pelo método do pilar-padrão com curvatura aproximado é realizado conforme a Equação 85.

$$M_{d,total} = \alpha_b \times M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10} \times \frac{1}{r} \geq M_{1d,A} \quad (85)$$

Para os quais:

$M_{1d,A} \geq M_{1d,min}$ - Valor de cálculo do momento de primeira ordem M_A .

3.1.22 Método da rigidez aproximada

O método do pilar-padrão com rigidez aproximada é o mais usual. Este método se torna o mais adequado por poder ser aplicado nos três tipos de pilares, com flexão oblíqua, normal e composta. Também é permitido para pilares com esbeltez maior ou igual a 90.

O momento total deste método é calculado através da Equação 86.

$$M_{d,total} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2 \times a} \quad (86)$$

Em que :

$$b = 0,2 \times h \times N_d - \frac{\lambda^2 h N_d}{19200} - \alpha_b \times M_{ed,A} \quad (87)$$

E

$$\lambda^2 = \frac{l_e^2 12}{h^2} \quad (88)$$

E

$$c = -0,2 \alpha_b h M_{1d,A} \quad (89)$$

Onde:

α - 1

É necessário que seja feita a verificação do estado limite último após o cálculo do momento, assim como em todos os outros elementos de concreto armado.

3.1.23 Área de aço e detalhamento

Para ser calculada a área de aço longitudinal, é necessário saber se as tensões de cálculo são provenientes de flexo-compressão normal ou oblíqua.

A tensão de cálculo pra flexo-compressão é definida através da Equação 90.

$$\sigma_{cd} = 0,85 \times f_{cd} \quad (90)$$

Na flexo-compressão oblíqua a tensão de cálculo é obtida pela Equação 91.

$$\sigma_{cd} = 0,80 \times f_{cd} \quad (91)$$

Após o cálculo das tensões, são calculados os valores das variáveis admissíveis através das Equações 92 e 93.

$$v = \frac{N_d}{A_c \sigma_{cd}} \quad (92)$$

$$\mu = \frac{M_d}{A_c h \sigma_{cd}} \quad (93)$$

A área de aço necessária para seção é calculada por meio da Equação 94.

$$A_s = \frac{\omega \times b \times h \times \sigma_{cd}}{f_{cd}} \quad (94)$$

Onde:

ω - Variável admissível encontrada no Anexo 1 (figura 1 a17 – flexo-compressão normal, figura 18 a 30- flexo-compressão oblíqua).

A área mínima de aço é calculada pela Equação 95. O aço mais utilizado em pilares é o CA50.

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{N_d}{f_{yd}} \quad (95)$$

No dimensionamento da armadura transversal, o espaçamento máximo deve atender os critérios estabelecidos na Inequação 96 e o diâmetro mínimo entre os estribos deve ser de acordo com a Inequação 97.

$$s_{\#} \leq \begin{cases} 20cm \\ \text{menor dimensão do pilar} \\ 12 \times \phi_l \end{cases} \quad (96)$$

$$\phi_{\#} \geq \begin{cases} 5 \text{ mm} \\ \phi_l \\ 4 \end{cases} \quad (97)$$

Onde:

ϕ_l - Diâmetro do aço da armadura longitudinal.

Assim como as outras peças de concreto, o pilar também deve seguir o cobrimento mínimo estabelecido pela ABNT NBR 6118:2014, que estipula um cobrimento de 2,5cm para pilares.

Da mesma forma que ocorre nas lajes, também deve ser realizada a verificação do cisalhamento e o detalhamento gráfico na escada.

3.1.24 Reservatório

O reservatório é dimensionado em três partes fundo paredes e tampa. Normalmente o reservatório elevado é apoiado sobre a caixa de escada e sua altura não deve ser maior que 2,5m para evitar a ocorrência de excessos de carregamentos nas lajes.

3.1.25 Carregamentos

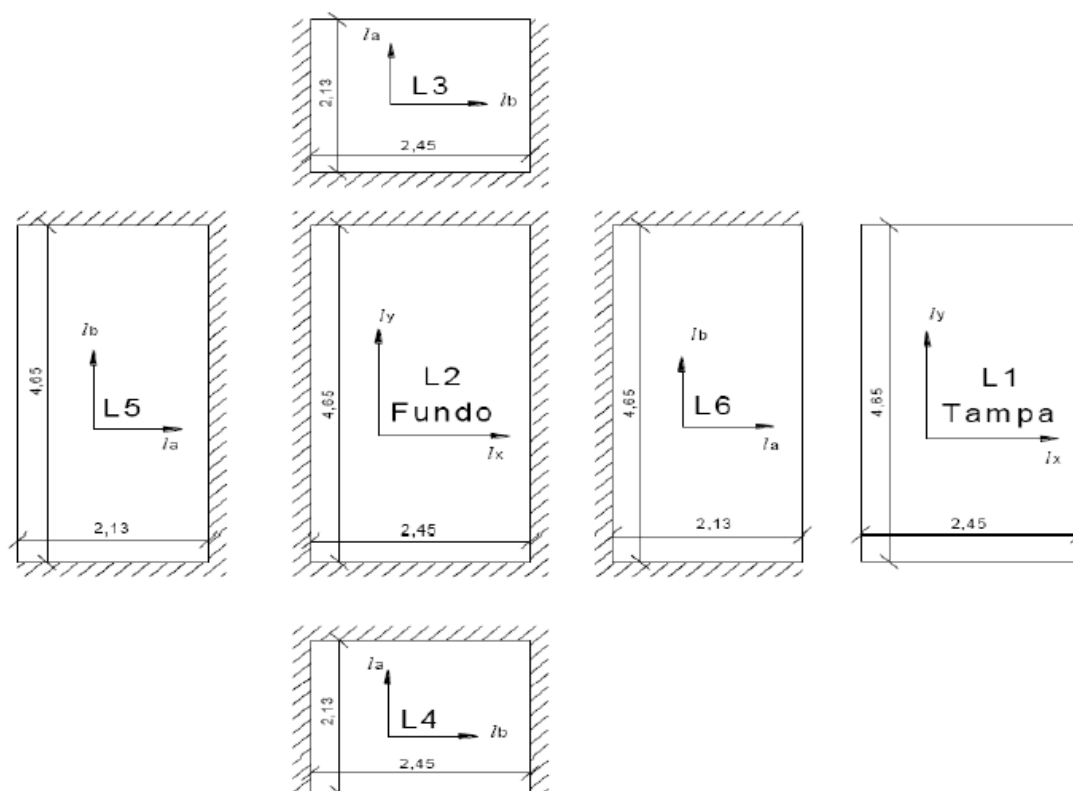
Na hora de realizar o cálculo dos carregamentos do fundo, é preciso ser considerado o peso próprio da laje de fundo, revestimento e pressão hidrostática, sendo a pressão hidrostática calculada através da Equação 98.

$$P_a = 10,00 \left(\frac{KN}{m^3} \right) \times h \quad (98)$$

O carregamento a ser considerado para a tampa de acordo com a ABNT NBR 6118:2014 é de 1,00KN/m² para o peso próprio e 0,50KN/m² para as cargas variáveis.

Para o carregamento das paredes deve ser levado em consideração o empuxo água. As vinculações de cada uma das partes podem ser observadas na Figura 10.

Figura 10 – Vinculação



Fonte: Notas de aulas do Professor Miller

3.1.26 Esforços

O cálculo dos esforços é realizado da mesma forma que nas lajes, com o auxílio da tabela 3 disponíveis no Anexo1. O cálculo do cortante é feito pela Equação 99 e a momento fletor é calculado conforme a Equação 100.

$$V = \frac{vPl_x}{10} \quad (99)$$

$$M = \frac{\mu Pl_x^2}{100} \quad (100)$$

3.1.28 Compatibilização dos Momentos Negativos

A compatibilização para as ligações das paredes é realizada de acordo com a Equação 101.

$$X_p = \frac{X_{p1} + X_{p2}}{2} \quad (101)$$

Já a ligação parede e fundo é efetuado conforme as Equações 102 e 103.

$$X = \frac{(X_p + X_f)}{2} \quad (102)$$

$$Y = \frac{(Y_p + Y_f)}{2} \quad (103)$$

3.1.27 Dimensionamento e Detalhamento da Armadura

A tensão na armadura tracionada é calculada de acordo com a Equação 104.

$$\sigma_s = \frac{n(1 - \xi)M_s N}{k_2 b_w d^2 A_s} \quad (104)$$

Em que:

$$M_s = M - N \left(\frac{d - d_r}{2} \right) \geq 0 \quad (105)$$

$$\xi = -n\rho + \sqrt{(n\rho)^2 + 2n\rho} \quad (106)$$

$$k_2 = \frac{1}{6}\xi^2 + (3 - \xi) \quad (107)$$

$$n = \frac{E_s}{E_{cs}} \quad (108)$$

Para as paredes a área de aço é calculada conforme a Equação 109.

$$A_s = \frac{M_d}{Z f_{yd}} \quad (109)$$

Em que:

$$Z = 0.15h \left(3 + \frac{1}{h} \right) \quad (110)$$

3.1.28 Fundações

Os carregamentos influenciam diretamente no dimensionamento das fundações, visto que a partir dos valores de carregamentos é possível definir entre o uso de fundações rasas ou profundas na edificação.

3.1.29 Sapata

Para realizar o dimensionamento de uma sapata isolada, é necessário determinar a área da base, observado na Equação 111.

$$A_b = \frac{P}{\sigma_s} \quad (111)$$

Onde:

P - Carregamento do pilar;

σ_s - Tensão admissível no solo.

A partir dos valores encontrados para a área da base, é realizado o cálculo da largura e altura da sapata conforme com as Equações 112 e 113.

$$a = \frac{a_0 - b_0 + \sqrt{(b_0 - a_0^2 + 4A_b)}}{2} \quad (112)$$

$$b = \frac{A_b}{a} \quad (113)$$

Onde:

a_0 - Maior lado do pilar;

b_0 - Menor lado do pilar

O cálculo da altura da sapata é feito de acordo com a Equação 114, porém a altura mínima normatizada é de 20 cm.

$$h = d + 5cm \quad (114)$$

Em que:

$$d = \frac{a - a_0}{3} \quad (115)$$

O esforço de tração que ocorre na direção “a” é calculado de acordo com a Equação 116 e a tração na direção b é calculada pela Equação 117.

$$T_a = \frac{P \times (a - a_0)}{8d} \quad (116)$$

$$T_b = \frac{P \times (b - b_0)}{8d} \quad (117)$$

Por fim, a área de aço na direção “a” e “b” é calculada através das Equações 118 e 119 respectivamente.

$$A_{sa} = \frac{1,61 \times T_a}{f_{yk}} \quad (118)$$

$$A_{sb} = \frac{1,61 \times T_b}{f_{yk}} \quad (119)$$

3.2 Orçamento

3.2.1 Processo de construção de orçamento

No processo da confecção de um orçamento, devem ser respeitadas algumas etapas. Dentro dessas etapas o primeiro passo que deve ser utilizado é a discriminação dos métodos construtivos. A partir dessa análise pode-se criar alguns agrupamentos, que mesmo que variem de obra para obra, facilita na hora de obter as especificações, otimizando o processo para poder se obter memorias descritivos, quantitativos de materiais e mão de obra.

Na construção de um edifício misto (residencial e comercial), as etapas que se sucedem podem ser listadas em:

- Serviços preliminares, que engloba todas as despesas com as partes iniciais do empreendimento, limpeza de terreno e sua regularização, locação e fechamento do terreno, instalação de barracão e canteiro de obras, serviços de terraplanagem, drenagem e topografia entre outros.

- Infraestrutura, que se trata de toda execução e serviço de fundações, tanto profundas quanto superficiais, incluindo escavação, contenção de taludes ou valas, escoramentos e execução das próprias fundações.

- Superestrutura, que consiste em todas as estruturas da edificação (pilares, vigas, laves e escadas). São considerados os custos dos serviços de execução das estruturas em concreto armado propriamente ditas, aço, concreto, formas de madeira.

- Paredes e painéis, considera-se nesta etapa construtiva, toda a parte de vedação de ambientes, tanto externos quanto internos que sejam feitos de alvenaria, tijolos, blocos de concreto, argamassa de assentamento juntamente com a mão de obra para realizar o serviço.

- Coberturas, este grupo inclui toda a parte de estruturas de cobertura, telhas, calhas, rufos.

- Revestimentos de paredes e forros, nesta etapa considera toda a parte de revestimentos, internos e externos, das paredes, painéis e forros.

- Impermeabilização, que consiste em toda a parte de impermeabilização de superfícies da obra, incluindo materiais e mão de obra.

- Instalações hidráulicas, abrange toda a parte de serviços de instalações de água fria, esgoto sanitário e drenagem pluvial. Podendo incluir materiais que serão usados em projetos de proteção contra incêndios.

- Instalações elétricas, este tópico se refere a todas as instalações elétricas propriamente ditas, além destas, também devem estar inclusas instalações telefônicas, câmeras de monitoramento e alarme entre outras coisas do tipo.

Esquadrias, abrange todas as esquadrias sejam elas em madeira, vidro ou metálica, incluindo os materiais e que serão utilizados em sua instalação.

- Pisos, que contempla toda parte de contra piso, piso e tipo do revestimento que será utilizado.

- Pintura, que inclui todo o material que será utilizado na preparação da superfície, regularização e pintura.

- Louças e metais, nesta etapa é considerada a instalação das louças e metais previstos em projeto, chuveiros, pias, bancadas, bacias sanitárias, são alguns dos itens que podem ser empregados nesta etapa.

- Serviços complementares são considerados os serviços de paisagismo, serviços de reparos e regularizações.

- Limpeza final, como o próprio nome relata, a limpeza final engloba todos os serviços e materiais que serão realizados e utilizados para a completa limpeza, incluindo desde caçambas de entulhos até ácidos para limpeza de pisos e revestimentos.

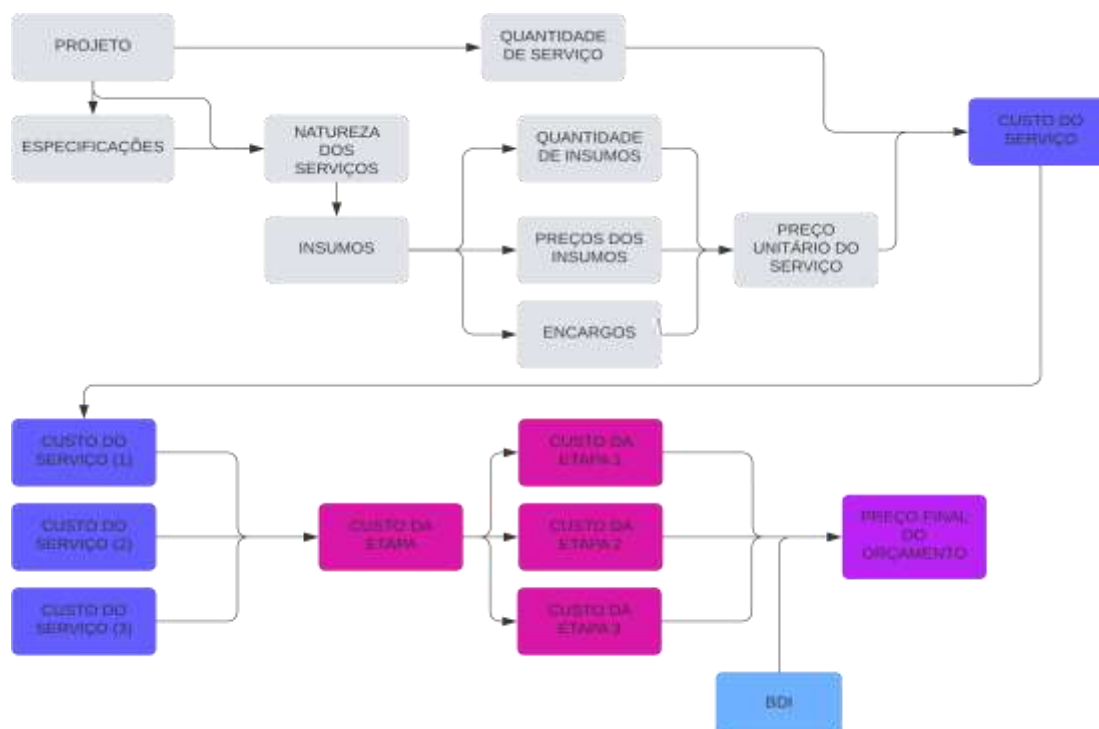
Listados os métodos construtivos que serão utilizados o próximo passo é um desdobramento de cada etapa e cada item que irá compor a mesma. Esses itens são chamados de insumos, dentro dos insumos deve se encontrar a especificação do serviço, sua quantificação, sua unidade de medida que será considerada e por fim o preço unitário de cada item, que facilitará na obtenção de preços e custos de um serviço.

Um memorial descritivo de cálculo também é de suma importância nessa etapa. Nele deve haver cada item e quantificação utilizados na base de dados da planilha, facilitando e otimizando o processo.

Outro item que deve estar presente na análise é o BDI (Benefício e Despesas Indiretas), dentro dessa margem se encontram as despesas administrativas locais, despesas administrativas centrais, encargos financeiros, custos de comercialização.

A imagem a seguir mostra de maneira resumida o processo de execução e análise que deve ser empregado na confecção de um orçamento para um empreendimento, respeitando algumas etapas que otimizam o tempo de análise e recolhimento de dados.

Figura 11 – Processo de execução e análise de orçamento



3.2.2 Cronograma

O cronograma é considerado uma extensão natural de um orçamento, sendo que um trabalho juntamente com o outro. O conceito de cronograma físico é referente a distribuição das etapas e dos serviços ao longo do tempo de duração da obra. Nessa etapa também é definida a porcentagem de serviços que será realizada naquele período de tempo específico. Arelado ao cronograma físico, o cronograma financeiro, é usado na distribuição dos custos linearmente durante o período de execução das etapas, tendo em vista que duas etapas podem ser realizadas no mesmo período.

A figura a seguir mostra um exemplo simples, porém funcional, de um cronograma, tendo a quantidade de percentual dos serviços de cada etapa que será realizada em cada período e o custo total dos serviços em cada etapa e período.

Figura 12 – Modelo de cronograma

Descrição dos serviços	Meses						Total por item (R\$)
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	
Instalação do canteiro de obra	100%						7.230,00
Movimento de terra	60%	40%					13.500,00
Fundações		30%	70%				85.650,00
Estrutura			30%	60%	10%		135.000,00
Paredes, painéis e divisórias				40%	50%	10%	25.630,00
Piso Interno				20%	30%	50%	29.200,00
Pintura					40%	60%	9.504,00
Esquadrias					40%	60%	22.700,00
Instalações elétricas				20%	30%	50%	18.900,00
Instalações hidráulicas				20%	30%	50%	27.080,00
Limpeza						100%	5.000,00
TOTAL							379.394,00

3.3 Alocação de pontos elétricos e hidráulicos

3.3.1 Pontos elétricos

Quando se necessita de um orçamento mais sucinto, uma das alternativas que podem ser encontradas é recorrer para alguns artifícios e parâmetros. Baseando-se nas normas, a alocação dos pontos elétricos é feita em alguns passos.

De acordo com a NBR 5410, em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100 VA, comandado por interruptor de parede. Ainda na NBR 5410 é dito que, O número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se no mínimo os seguintes critérios:

a) em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, atendidas as restrições de 9.1;

b) em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;

c) em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;

d) em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;

e) em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;

Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;

Um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Usando esses parâmetros como base se dimensiona o quantitativo de iluminação, tomadas.

3.3.2 Alocação de Pontos Hidráulicos

Da mesma forma que nos pontos elétricos, no dimensionamento sucinto dos pontos hidráulicos podem ser utilizados alguns parâmetros para a realização da alocação desses pontos. Com uma análise da planta, podem ser encontradas a localização dos pontos em que serão estabelecidas as torneiras, hidrômetros, caixas de gordura, registros, hidrômetros entre outros itens.

Para o dimensionamento do volume de água que será necessária, deve ser levada em consideração a NBR 5626, que determina que a capacidade dos reservatórios de uma instalação predial de água fria deve ser estabelecida levando-se em consideração o padrão de consumo de água no edifício e, onde for possível obter informações, a frequência e duração de interrupções do abastecimento. O volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24 horas de consumo normal no edifício, sem considerar o volume de água para combate a incêndio.

Tabela 8 – Dimensionamento do volume de água

Tipo de construção	Consumo médio (litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 por pessoa
Casas populares ou rurais	120 por pessoa
Residências	150 por pessoa
Apartamentos	200 por pessoa
Hotéis (s/cozinha e s/ lavanderia)	120 por hóspede
Escolas – internatos	150 por pessoa
Escolas – semi-internatos	100 por pessoa
Escolas – externatos	50 por pessoa
Quartéis	150 por pessoa
Edifícios públicos ou comerciais	50 por pessoa
Escritórios	50 por pessoa
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Mercados	5 por m ² de área
Matadouros – animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Postos de serviço p/ automóveis	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²
Orfanato, asilo, berçário	150 por pessoa
Ambulatório	25 por pessoa
Creche	50 por pessoa
Oficina de costura	50 por pessoa

Com uma análise conjunta da NBR 5626 e da tabela acima, pode-se chegar ao tamanho mínimo do reservatório.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Para o desenvolvimento do projeto foram analisadas as melhores opções dentro das normas e métodos de obtenção de dados para otimizar o processo. Embasado nesses dados, espera-se desenvolver resultados positivos nos seguintes assuntos:

Utilizar os conteúdos e conhecimentos que foram adquiridos durante a graduação de uma forma prática, utilizando cada um deles no desenvolvimento dos projetos de arquitetura e estrutural e na confecção do orçamento de obras.

Desenvolver um orçamento seguro e principalmente funcional. Um orçamento deve ser fiel ao preço de mercado da região onde o empreendimento irá ser instalado, tornando o planejamento, principalmente financeiro, mais fácil de ser realizado.

Demonstrar através da alocação dos pontos elétricos e hidráulicos que a obtenção de dados rápidos e sucintos podem ser um diferencial na hora da construção de um orçamento de obras

4.1 Projeto de Engenharia Civil

4.1.1 Pavimento Térreo

O pavimento térreo destina-se ao uso de garagem e acesso aos pavimentos residenciais. O projeto conta com um acesso à garagem e um acesso ao estacionamento para as lojas. Uma recepção para identificação, a recepção possui um quarto com um banheiro para uso do porteiro.

As vagas de garagem serão distribuídas de acordo com a venda, cada apartamento tem direito a duas vagas, sendo que obedecendo ao disposto na NBR 9050 (2015) as vagas próximas às rotas de acesso e fuga são destinadas a pessoas com mobilidade reduzida, essas vagas já estão demarcadas em projeto.

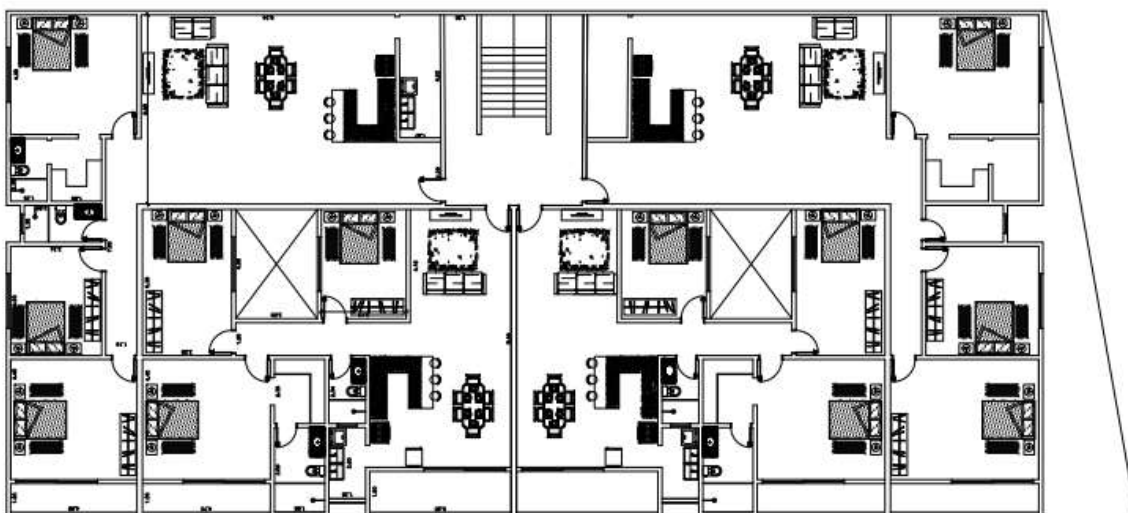
O pavimento térreo também conta com 4 amplas lojas de 108,24 m², que ficam na parte frontal da edificação.

4.1.2 Pavimento Tipo

A divisão dos espaços nesse pavimento é replicada nos demais, compreende o 2º pavimento até o 4º pavimento, todos esses andares são de uso residencial, comportando quatro apartamentos por andar sendo estes 2 com 169,98m² e 2 com 143,38 m² totalizando 626,72 m² por pavimento como mostra a Figura 12.

Os apartamentos foram pensados para que o valorizar o conceito de ligação entre as áreas de convivência, deixando as salas (jantar e estar) interligadas com a área da cozinha. Já na área dos quartos dos apartamentos x01 e x02, tem 3 (três) quartos, sendo 1 (uma) suíte com closet e sacada individual. Já nos apartamentos x03 e x04 são compostos de 1 (uma) suíte com closet, 1 (um) quarto com sacada individual e 1 quarto. Os 4 (quatro) apartamentos contam também com uma área de serviço e banheiro social. Todos os ambientes foram pensados para que atendam todas as normas vigentes e para garantir o maior conforto dos moradores.

Figura 12 – Pavimento tipo



4.1.3 Cobertura

Foram utilizadas telhas galvanizadas sobre uma laje impermeabilizada, respeitando a inclinação mínima solicitada pelo modelo e em duas águas que se convergem no centro para uma calha de concreto com uma inclinação de 1% e

impermeabilizada, como pode ser visto na figura 40. Além das especificações técnicas da cobertura na planta de cobertura é localizada o acesso para o abrigo dos reservatórios suspensos de água. 80% do pavimento térreo será coberto com telhas galvanizadas.

4.1.4 Escadas

O dimensionamento da escada seguiu a equação de blondel que foi extraída da NBR 9077 (2001).

O valor do piso escolhido mantém o cálculo dentro do limite estabelecido pela equação de blondel, adotando para $h = 18 \text{ cm}$ e $b = 28 \text{ cm}$ como pode ser observados abaixo:

$$2 * 18 + 28 = 64\text{cm}$$

O resultado foi uma escada dentro dos parâmetros necessários segundo a NBR 9050 (2015), está demonstrado no detalhamento de escada na planta técnica do projeto de arquitetura.

4.1.5 Reservatório de água

O dimensionamento foi feito mediante a quantidade de pessoas por apartamento e sua necessidade diária.

4.1.5.1 Consumo diário

Foram projetados 4 (quatro) apartamentos por andar em 3 (três) pavimentos de apartamentos com 5 (cinco) pessoas por apartamento, o total é de 60 pessoas com um consumo de 150 litros por dia. Sendo assim:

$$CD = 60 \times 150$$

$$CD = 9.000 \text{ Litros}$$

Serão adicionados 1000 Litros para área de lazer e serviços do edifício, totalizando 10.000 Litros.

4.1.5.2 Consumo para dois dias

$$CT = CD \times NDIAS^o$$

$$CT = 10.000 \times 2$$

$$CT = 20.000 \text{ Litros}$$

4.1.5.3 Reserva de incêndio

Foi obedecido a tabela de número 2 (dois) que é a resolução do COSCIP (2012) que determina o volume a partir da formula descrita abaixo, para efeito de cálculo obedecendo o disposto na NBR 13714 (2000) a edificação foi classificada como baixo risco, sendo assim podemos seguir o seguinte cálculo:

$$R_P = 4.500 + 500(5 - 4)$$

$$R_P = 5.000 \text{ Litros}$$

4.1.5.4 Reservatório superior

Através da equação 4 e a reserva de incêndio é possível determinar a capacidade necessária no reservatório superior e inferior.

$$R_{SUP} = (20.000 * 40\%) + 5.500$$

$$R_{SUP} = 10.000 \text{ Litros} \cong 14 \text{ m}^3$$

4.1.5.5 Reservatório inferior

$$R_{INF} = 20.000 * 60\%$$

$$R_{INF} = 11.000 \text{ Litros} \cong 14 \text{ m}^3$$

4.2 projeto em concreto armado

O projeto estrutural em concreto armado foi calculado de acordo com o item 3.2, seguindo a NBR 6118 (2014).

Sendo locado no bairro Cidade Nova de Itaperuna-RJ, ambiente urbano, com classe de agressividade II de acordo com o Quadro 1, moderada, o cobrimento utilizado foi de 2,5 cm para lajes e 3,0 cm para pilares, vigas, blocos de fundação. A resistência do concreto utilizada foi de 30 MPa.

O *software* utilizado para o dimensionamento da estrutura foi o CYPECAD.

A seguir serão demonstrados os cálculos de uma laje, uma viga, um pilar, uma escada e uma fundação (sapata).

4.2.1 Lajes

A laje escolhida para dimensionamento manual foi a L1 do pavimento térreo, possui 10 cm de espessura e dimensões 2,45m x 3,95m, situada nas pranchas de laje do pavimento térreo.

4.2.1.1 Carregamentos atuantes

Peso próprio (P_p): 2,5 kN/m²;

Revestimento (R_{ev}): 1 kN/m²;

Utilização (q): 1,5 kN/m².

4.2.1.2 Combinação

Para o cálculo da combinação das cargas, foi utilizada a equação (29) do item.

$$S_d = 1,4 (P_p + R_{ev}) + 1,4(q)$$

$$S_d = 1,4 (2,5 + 1) + 1,4(1,5) = 7 \text{ kN/m}^2$$

4.2.1.3 Esforços nas lajes

Os esforços da laje escolhida e das lajes adjacentes devem ser considerados e calculados.

Laje 16 do pavimento térreo.

De acordo com as equações abaixo é possível verificar se a laje é armada em uma ou duas direções.

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} = \frac{2,45}{3,95} = 0,62$$

Sendo $0,62 < 2$, a laje é armada em duas direções.

Reações de apoio e momento fletores para a laje 16.

Para o cálculo das reações de apoio e momento fletores, será utilizada a tabela de Bares (ANEXO III), caso 3.

- Momento fletor

De acordo com a tabela, chega-se nos valores a seguir:

$$\mu_x = 3,19 \quad \mu'_x = 7,87 \quad \mu_y = 2,67 \quad \mu'_y = 7,36$$

$$M_x = \frac{3,19 \cdot 7 \cdot 3,95^2}{100} = 3,48 \text{ kN/m}$$

$$M_{x'} = \frac{7,87 \cdot 7 \cdot 3,95^2}{100} = 8,59 \text{ kN/m}$$

$$M_y = \frac{2,67 \cdot 7 \cdot 3,95^2}{100} = 2,92 \text{ kN/m}$$

$$M_{y'} = \frac{7,36 \cdot 7 \cdot 3,95^2}{100} = 8,03 \text{ kN/m}$$

- Reações de apoio

Para o cálculo das reações de apoio foram utilizadas as equações a seguir.

$$k_x = 2,36 \quad k'_x = 3,46 \quad k_y = 2,17 \quad k'_y = 3,17$$

$$Q_x = \frac{2,36 \cdot 7 \cdot 3,95}{10} = 6,53 \text{ kN/m}$$

$$Q_{x'} = \frac{3,80 \cdot 7 \cdot 3,95}{10} = 10,50 \text{ kN/m}$$

$$Q_y = \frac{2,17 \cdot 7 \cdot 3,95}{10} = 6,00 \text{ kN/m}$$

$$Q_{y'} = \frac{3,17 \cdot 7 \cdot 3,95}{10} = 8,76 \text{ kN/m}$$

4.2.1.4 Laje 12

De acordo com as equações a seguir, é possível verificar se a laje é armada em uma ou duas direções.

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} = \frac{4,75}{2,40} = 1,97$$

Sendo $1,97 < 2$, a laje é armada em duas direções.

4.2.1.5 Reações de apoio e momento fletor para a laje 12

Para o cálculo das reações de apoio e momento fletor, será utilizada a tabela de Bares (ANEXO III), caso 5B.

Para o cálculo do momento fletor foram utilizadas as equações a seguir.

De acordo com a tabela, chega-se nos valores a seguir:

$$\mu_x = 3,28 \quad \mu'_x = 7,40 \quad \mu_y = 1,70 \quad \mu'_y = 5,75$$

$$M_x = \frac{3,28 \cdot 7 \cdot 2,40^2}{100} = 1,32 \text{ kN/m}$$

$$M_{x'} = \frac{7,40 \cdot 7 \cdot 2,40^2}{100} = 2,98 \text{ kN/m}$$

$$M_y = \frac{1,70 \cdot 7 \cdot 2,40^2}{100} = 0,68 \text{ kN/m}$$

$$M_{y'} = \frac{5,75 \cdot 7 \cdot 2,40^2}{100} = 2,31 \text{ kN/m}$$

- Reações de apoio

Para o cálculo das reações de apoio foram utilizadas as equações a seguir:

$$k_x = 3,42 \quad k'_x = 1,71 \quad k'_y = 2,50$$

$$Q_x = \frac{3,42 \cdot 7 \cdot 2,40}{10} = 5,74 \text{ kN/m}$$

$$Q_{x'} = \frac{1,71 \cdot 7 \cdot 2,40}{10} = 2,87 \text{ kN/m}$$

$$Q_{y'} = \frac{2,50 \cdot 7 \cdot 2,40}{10} = 4,20 \text{ kN/m}$$

4.2.1.6 Laje 15

De acordo com as equações a seguir é possível verificar se a laje é armada em uma ou duas direções.

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} = \frac{4,25}{4,56} = 0,93$$

Sendo $0,93 < 2$, a laje é armada em duas direções.

4.2.1.7 Reações de apoio e momento fletor para a laje 15

Para o cálculo das reações de apoio e momento fletor, será utilizada a tabela de Bares (ANEXO III), caso 5A.

Para o cálculo do momento fletor foram utilizadas as equações a seguir:

De acordo com a tabela, chega-se nos valores a seguir:

$$\mu_x = 4,55 \quad \mu'_x = 9,91 \quad \mu_y = 2,34 \quad \mu'_y = 8,02$$

$$M_x = \frac{4,55 \cdot 7 \cdot 4,56^2}{100} = 6,62 \text{ kN/m}$$

$$M_{x'} = \frac{9,91 \cdot 7 \cdot 4,56^2}{100} = 14,42 \text{ kN/m}$$

$$M_y = \frac{2,34 \cdot 7 \cdot 4,56^2}{100} = 3,40 \text{ kN/m}$$

$$M_{y'} = \frac{8,02 \cdot 7 \cdot 4,56^2}{100} = 11,67 \text{ kN/m}$$

- Reações de apoio

Para o cálculo das reações de apoio foram utilizadas as equações (21), (22), (23) e (24).

$$k_x = 2,61 \quad k'_x = 3,83 \quad k'_y = 3,17$$

$$Q_x = \frac{2,61 \cdot 7 \cdot 4,56}{10} = 8,33 \text{ kN/m}$$

$$Q_{x'} = \frac{3,83 \cdot 7 \cdot 4,56}{10} = 12,22 \text{ kN/m}$$

$$Q_y = \frac{3,17 \cdot 7 \cdot 4,56}{10} = 10,12 \text{ kN/m}$$

4.2.1.8 Compatibilização de momentos

A seguir são dispostas as equações que auxiliam no cálculo para igualar os momentos nos apoios.

- Lajes 16 e 12

$$\frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{8,59 + 2,98}{2} = 5,77$$

$$0,8 \text{ maior}(x_1, x_2) = 0,8 * 8,59 = 6,87$$

$$x \text{ adotado} = 6,87$$

Laje 1

$$\Delta x = x - x \text{ adotado} = 8,59 - 6,87 = 1,72$$

$$M_1 = M + \frac{\Delta x}{2} = 3,48 + \frac{(1,72)}{2} = 4,34$$

Laje 2

$$\Delta x = x - x \text{ adotado} = 2,98 - 6,97 = -3,99$$

$$\Delta x \quad (-3,99) = -0,675$$

$$M_1 = M + \frac{\Delta x}{2} = 1,32 + \frac{-0,675}{2}$$

- Lajes 16 e 15

$$\frac{x_1 + x_{12}}{2} = \frac{8,59 + 14,42}{2} = 11,50$$

$$x \text{ adotado} \geq \{ \frac{\quad}{2} \quad \frac{\quad}{2}$$

$$0,8 \text{ maior}(x_1, x_{12}) = 0,8 * 14,42 = 11,54$$

$$x \text{ adotado} = 11,54$$

Laje 16

$$\Delta x = x - x \text{ adotado} = 8,59 - 11,54 = -2,95$$

$$M_1 = M + \frac{\Delta x}{2} = 3,48 + \frac{(-2,95)}{2} = 2,01$$

Laje 15

$$\Delta x = x - x_{\text{adotado}} = 2,98 - 11,54 = -8,56$$

$$M1 = M + \frac{\Delta x}{2} = 6,62 + \frac{(-8,56)}{2} = 2,34$$

• Lajes 12 e 15

$$\frac{x_{12} + x_{15}}{2} = \frac{2,98 + 14,42}{2} = 8,70$$

$$x_{\text{adotado}} \geq \left\{ \frac{2}{2} \right\}$$

$$0,8 \text{ maior}(x_{12}, x_{15}) = 0,8 * 14,42 = 11,54$$

$$x_{\text{adotado}} = 11,54$$

Laje 12

$$\Delta x = x - x_{\text{adotado}} = 2,98 - 11,54 = -8,56$$

$$M1 = M + \frac{\Delta x}{2} = 1,32 + \frac{(-8,56)}{2} = -2,96$$

Laje 15

$$\Delta x = x - x_{\text{adotado}} = 6,62 - 11,54 = -4,92$$

$$M1 = M + \frac{\Delta x}{2} = 6,62 + \frac{(-4,92)}{2} = 4,16$$

O maior momento, após a compatibilização dos momentos da laje, é o considerado para cálculo.

4.2.1.9 Estado limite último

Para o cálculo do estado limite último, utilizou-se as equações (30), (31), (44), (45) e (46).

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,4} = 21,43 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 30^{2/3} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm,inf} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 2,56 = 1,79 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk, inf}}{\gamma_c} = \frac{1,79}{1,4} = 1,28 \text{ MPa}$$

4.2.1.10 Posição da linha neutra

Para o cálculo da posição da linha neutra, foram utilizadas as equações (32), (33), (34) e (35).

$$d = 0,9 * 10 = 0,09 \text{ m}$$

$$= 1,25 \cdot 0,09 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4,34}{0,425 * 1 * 0,09 * 21,42 \times 10^3}} \right]$$

$$= 3,36 \times 10^{-3}$$

$$x_{23} = 0,259 * 0,09 = 0,02331$$

Sendo $x > x_{23}$, então se encontra no domínio 3.

4.2.1.11 Área de aço

Para determinação da área de aço, foi utilizada a equação (36).

$$A_s = \frac{4,34}{434,78 \times 10^3 * (0,09 - 0,4 * 5,1 \times 10^{-3})} = 1,15 \times 10^{-4}$$

$$= 1,15 \text{ cm}^2$$

4.2.1.12 Armadura mínima

Para determinação da área de aço mínima, foi utilizada a equação (37).

$$A_{smin} = 0,67 * 0,0015 * 1 * 0,10$$

$$A_{smin} = 1,005 \text{ cm}^2$$

4.2.1.13 Detalhamento

Determinação do diâmetro máximo das barras de acordo com a equação (38)

$$\phi l = \frac{hlaje}{8} = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ mm}$$

4.2.1.14 Armadura principal

Área de aço para cálculo da armadura principal:

$$A_s = 1,15 \text{ cm}^2$$

Área da barra de acordo com a equação (39).

$$A_{\phi} = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot (0,63)^2}{4} = 0,312 \text{ cm}^2$$

Número de barras de acordo com a equação (40)

$$N_{bar} = \frac{A_s}{A_{\phi}} = \frac{1,15}{0,312} = 4 \text{ barras}$$

Espaçamento de acordo com a equação (41)

$$S = \frac{bw}{N_{bar}} = \frac{100}{4} = 25$$

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014) o espaçamento entre as barras não deve ultrapassar 2h, h sendo a altura da laje ou 20 cm, logo o espaçamento será de 20 cm.

$$N_{total} = \frac{l_{sec}}{S} = \frac{395}{20} = 20 \text{ barras}$$

$$20N1 \phi 6.3 \text{ c/20}$$

4.2.1.15 Armadura secundária

Para a determinação da armadura secundária, foi utilizada a equação (35).

$$0,2 A_s = 0,2 * 1,43 = 0,286$$

$$A_{s,sec} \geq \{0,9 \text{ cm}^2\}$$

Área da barra de acordo com a equação (39).

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot (0,63)^2}{4} = 0,312 \text{ cm}^2$$

Número de barras de acordo com a equação (40)

$$N_{bar} = \frac{A_s}{A_{\emptyset}} = \frac{1,15}{0,312} = 4 \text{ barras}$$

Espaçamento de acordo com a equação (41)

$$S = \frac{b_w}{N_{bar}} = \frac{100}{4} = 25$$

$$S_{m\acute{a}x} = 33 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{i}n} = 8 \text{ cm}$$

Espaçamento adotado: 20 cm.

$$N_{total} = \frac{l_{princ}}{S} = \frac{245}{20} = 13 \text{ barras}$$

$$13N2 \text{ } \emptyset 6.3 \text{ c/20}$$

4.2.1.16 Verificação ao cisalhamento

Para verificar se há necessidade ou não de armaduras de cisalhamento, foram utilizadas as equações (43), (48), (49), (50) e (51).

$$\delta_{rd} = 0,25 * f_{ctd} = 0,25 * 1,28 = 0,32 \text{ MPa}$$

$$A_{s1} = N_{barras} * A_{\emptyset} = 5 * 0,312 = 1,56$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w * d} = \frac{1,24}{100 * 9} = 1,37 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$k = 1$$

$$V_{rd1} = [\delta_{rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_1) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$$

$$V_{rd1} = [0,32 \times 10^3 * 1 * (1,2 + 40 * 1,73 \times 10^{-3}) + 0,15 * 0] * 1 * 0,09 = 36,5 \text{ KN}$$

$$V_{rd1} > V_d$$

4.2.2 Vigas

A viga selecionada para dimensionamento manual foi a V16 do pavimento tipo térreo e possui seção 15 cm X 40 cm, situado na prancha vigas do pavimento térreo.

4.2.2.1 Carregamentos atuantes

Para calcular o peso próprio, utiliza-se a equação (58).

$$PP_{viga} = \gamma_c * A_{viga} = 25 * (0,15 * 0,40) = 1,5 \text{ kN/m}$$

O peso da parede é calculado pela equação (60).

$$P_{par} = 0,15 * 3,15 * 4,02 = 1,89 \text{ kN/m}$$

4.2.2.2 Estado limite último

Para o cálculo do estado limite último, utilizou-se as equações (30) e (31).

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,4} = 21,42 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ Mpa}$$

4.2.2.3 Posição da linha neutra

Para o cálculo da posição da linha neutra, foram utilizadas as equações (32) e (33).

$$d = 0,9 * 0,4 = 0,36 \text{ m}$$

$$= 1,25 * 0,36 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2,26}{0,425 * 1 * 0,36^2 * 21,42 * 10^3}} \right]$$

$$= 4,31 * 10^{-4}$$

$$x_{23} = 0,259 * 0,54 = 0,14 \text{ m}$$

Sendo $x < x_{23}$, então se encontra no domínio 2.

4.2.2.4 Área de aço

Para o cálculo da área de aço, foi utilizada a equação (36).

$$A_s = \frac{2,26}{434,78 \times 10^3 * (0,36 - 0,4 * 4,31 \times 10^{-4})} = 1,44 \times 10^{-5} \\ = 0,144 \text{ cm}^2$$

4.2.2.5 Área mínima

Para o cálculo da área de aço mínima, foi utilizada a equação (78).

$$A_{s_{w,min}} = 0,0015 * 0,15 * 0,40 = 0,9 \text{ cm}^2$$

4.2.2.6 Resistência à tração do concreto

Foram usadas as equações (44), (45) e (46), respectivamente.

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 30^{2/3} = 2,80 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm,inf} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 2,80 = 1,96 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck,inf}}{\gamma_c} = \frac{1,96}{1,4} = 1,40 \text{ MPa}$$

4.2.2.7 Detalhamento

Deve-se calcular as armaduras inferiores e superiores para determinar o detalhamento.

4.2.2.8 Armadura tracionada

Área da barra de acordo com a equação (39).

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot (0,63)^2}{4} = 0,312 \text{ cm}^2$$

Número de barras de acordo com a equação (40)

$$N_{bar} = \frac{As}{A_{\phi}} = \frac{1,44}{0,312} = 5 \text{ barras}$$

A área tracionada equivale a 5Ø6.3.

4.2.2.9 Armadura comprimida

Área da barra de acordo com a equação (39).

$$A_{\phi} = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot (0,63)^2}{4} = 0,312 \text{ cm}^2$$

Número de barras de acordo com a equação (40)

$$N_{bar} = \frac{As}{A_{\phi}} = \frac{1,44}{0,312} = 5 \text{ barras}$$

A área comprimida equivale a 5Ø6.3.

4.2.2.10 Dimensionamento dos estribos

Para o dimensionamento dos estribos, é necessária a verificação da resistência da biela.

4.2.2.11 Verificação da resistência da biela aos esforços

As equações utilizadas são respectivamente (69) e (70). Logo após é feita a verificação.

$$\alpha_{v2} = 1 - \frac{25}{250} = 0,9$$

$$V_{rd2} = 0,27 * 0,9 * 21,42 \times 10^3 * 0,20 * 0,054 = 56,21 \text{ kN}$$

Para saber se a condição será atendida, é necessário comparar o V_{rd2} com o esforço cortante.

$$V_{rd2} = 56,21 \text{ kN} \geq 6,81 \text{ kN}$$

Resiste, pois a condição foi atendida.

4.2.2.12 Parcela resistida pelo concreto

A parcela resistente pelo concreto é calculada pela equação (75).

$$V_c = 0,4 * 1,28 \times 10^3 * 0,15 * 0,054 = 4,14 \text{ kN}$$

4.2.2.13 Parcela resistida pelo aço

A equação (76) representa a parcela resistente pelo aço.

$$V_{sw} = V_d - V_c = 6,81 - 4,14 = 2,67 \text{ kN}$$

4.2.2.13.1 Área de aço

A área de aço é calculada de acordo com a equação (36).

$$A_s = \frac{2,26}{434,78 \times 10^3 * (0,36 - 0,4 * 4,31 \times 10^{-4})} = 0,144 \text{ cm}^2$$

4.2.2.13.2 Área de aço mínima

Determina-se a área de aço laje de acordo com a equação (37).

$$A_{smin} = 0,67 * 0,0015 * 1 * 0,4 = 4,02 \text{ cm}^2$$

4.2.2.14 Detalhamento dos estribos

Para o detalhamento dos estribos é necessário o cálculo da área de aço, número de estribos e espaçamento.

4.2.2.14.1 Área de aço

Foi utilizada a equação 43 para determinar a área da bitola do aço (39).

$$A\phi = \frac{\pi \cdot (0,5^2)}{4} = 0,195 \text{ cm}^2$$

Número de barras de acordo com a equação (40)

$$N_{bar} = \frac{As}{A\phi} = \frac{0,144}{0,196} = 1 \text{ estribo}$$

Espaçamento de acordo com a equação (41)

$$S = \frac{bw}{N_{bar}} = \frac{100}{1} = 100 \text{ cm}$$

O espaçamento máximo deve atender às equações (80) e (81) para que não ocorra ruptura por cisalhamento:

$$V_{rd2} = 46,87 \text{ kN e } V_{sd} = 21,91 \text{ kN}$$

$$21,91 \leq 0,67 * 46,87$$

$$21,91 \text{ kN} \leq 31,40 \text{ kN (ok)}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 0,6 * 0,54 \leq 300 \text{ mm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 30 \text{ cm}$$

Espaçamento adotado = 20 cm.

Número total de barras

$$N = \frac{402}{20} = 20 \text{ estribos}$$

Sendo então 20Ø5.0 c/20.

4.2.3 Pilar

O pilar escolhido para o dimensionamento foi o pilar 44 do pavimento térreo. Possui carga de 219,30 kN e momento 14,56 kN. O cálculo será gerado através do método da rigidez, situado na prancha pilar pavimento térreo.

4.2.3.1 Armadura longitudinal

- Flexão normal

O parâmetro δ , calculado pela equação do ANEXO V, será possível escolher a tabela a se usar.

$$\delta = \frac{0,039}{0,6} = 0,065$$

Pela equação (30) e (125), respectivamente, obtem-se a resistência de cálculo e tensão.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,4} = 21,42 MPa$$

$$\sigma_{cd} = 0,85 * 21,42 = 18,21 MPa$$

A equação (120) e (121) é responsável pelos resultados de v e M para assim analisar a tabela e encontrar a taxa de armadura (w).

$$v = \frac{219,5}{0,20 * 0,40 * 18,21 * 10^3} = 0,15$$

$$M = \frac{14,65}{0,20 * 0,40 * 18,21 * 10^3} = 0,01$$

Com os valores encontrados, é possível identificar a taxa de armadura.

$$w = 0$$

Área de aço, através da equação (61).

$$A_s = 0$$

4.2.3.2 Área mínima

Pela equação (78) é encontrada a área de aço mínima.

$$A_{s, \min} = 0,15 \frac{219,5}{434,78 \times 10^3} = 7,57 \times 10^{-5} = 0,75 \text{ m}^2$$

$$A_{s, \min} = 0,004 * 0,2 * 0,4 = 3,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,2 \text{ cm}^2$$

Adota-se a maior área mínima, no caso 3,2 cm².

4.2.3.3 Detalhamento

$$A_{\phi} = \frac{3,2}{10} = 0,32 \text{ cm}^2$$

$$A_{\phi} = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * 0,32}{\pi}} = 0,63 \text{ cm}$$

$$\phi = 6.34 \text{ mm} \cong 8 \text{ mm}$$

Usa-se a dimensão mínima de acordo com a NBR6118 $\phi 10.0$

$$10N1\phi 10.0$$

4.2.3.4 Área de aço transversal

O cálculo dos estribos obedece a equação (130) e (131).

$$\phi_{\text{est}} = \left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ mm} \\ \frac{\phi l}{4} = \frac{10}{4} = 5 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

$$S_{m\acute{a}x,est} \geq \left\{ \begin{array}{l} 20cm \\ \text{menor dimens\~ao da se\~cao} = 20cm \\ 12 * 1,0 = 12 cm \end{array} \right\}$$

$$S = 12 cm$$

$$NT = \frac{306}{12} = 26$$

$$26N2\emptyset 5.0c/12$$

4.2.4 Funda\~ao

O tipo de funda\~ao escolhido para ser feito na obra foi o de sapata corrida, devido uma an\~alise pr\~evia de algumas obras de mesmo porte ao redor do empreendimento, foi concluído que a melhor op\~cao seria essa. O bloco de funda\~ao escolhido para demonstra\~ao de c\~alculo foi o P20 que recebe o pilar de mesmo nome com carga de 190 Kn.

Realiza-se a majora\~ao atrav\~es do coeficiente de seguran\~ca de 1,1:

$$FOR\c{C}A = 19\ 347,00\ Kg f * 1,1 = 21281,70\ Kg f$$

Temos ent\~ao:

$$1,53\ Kg f/cm^2 = \frac{21\ 281,70\ Kg f}{A}$$

$$A = \frac{21\ 281,70\ Kg f}{1,53\ Kg f/cm^2} = 13909,60cm^2$$

Calcula-se as dimens\~oes dos lados, atrav\~es das equa\~oes:

$$B = \frac{(bp - \alpha p)}{2} + \sqrt{\frac{(bp - \alpha p)}{4} + Ssap}$$

$$B = \frac{(20 - 40)}{2} + \sqrt{\frac{(20 - 40)}{4} + 13909,60}$$

$$= 127,92\ cm$$

Adota-se 130 cm para o valor de B.

$$A - 130 = 40 - 20 = 150 \text{ cm}$$

As dimensões da sapata serão de 130 x 150 cm.

Através das formulas as seguir se calcula a altura total e a altura da aba da sapata:

$$h \geq \frac{A - ap}{3}$$

$$h \geq \frac{150 - 40}{3} = 36,67 \text{ cm}$$

Adota-se 40 cm para altura total.

$$h_0 = \left\{ \begin{array}{l} \geq 15 \text{ cm} \\ \geq \frac{h}{3} \end{array} \right\}$$

$$h_0 = \left\{ \begin{array}{l} \geq 15 \text{ cm} \\ \geq \frac{40}{3} = 13,3 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

Adota-se então 15 cm para h_0 .

O pilar deve estar ancorado diretamente na sapata, assim sua armadura deve se estender para sapata. Utilizamos a tabela 10 para descobrir o comprimento de ancoragem.

$$L_b = 23 * 1,0 = 23 \text{ cm}$$

Calcula-se o esforço cisalhante solicitante, que deverá ser menor que o esforço cisalhante resistente:

$$T_{sd} = \frac{F_{sd}}{u_o * d}$$

$$T_{sd} = \frac{27123,60}{120 * 34,5} = 6,55 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 TRd^2 &= 0,27 * 0,88 * 2,14 = 0,508 \text{Kn/cm}^2 \\
 &= 50,80 \text{Kgf/cm}^2 \\
 6,55 \text{Kgf/cm}^2 &\leq 50,80 \text{Kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Dimensionamento das armaduras:

$$\begin{aligned}
 Tx &= \frac{19374 * (150 - 40)}{8 * 34,5} = 7.721,52 \text{ Kgf} \\
 Ty &= \frac{19374 * (130 - 20)}{8 * 34,5} = 7.721,52 \text{ Kgf}
 \end{aligned}$$

Através desses valores pode-se chegar na área de aço:

$$\begin{aligned}
 Asx &= \frac{1,61 * 7.721,52}{5.000} = 2,48 \text{cm}^2 \\
 Asy &= \frac{1,61 * 7.721,52}{5.000} = 2,48 \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

Detalhamento:

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{2,48}{0,785} = 4 \text{ barras} \\
 y &= \frac{2,48}{0,785} = 4 \text{ barras}
 \end{aligned}$$

Espaçamento entre a barras:

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{130 - 5 * (3)}{4 - 1} = 38,33 \text{ cm} \\
 y &= \frac{150 - 5 * (3)}{4 - 1} = 45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Adota-se o espaçamento mínimo disposto na norma 6118, de 20 cm:

$$x = \frac{130}{20} = 7 \text{ barras}$$

$$y = \frac{150}{20} = 8 \text{ barras}$$

7 N1 Ø 10.0 c/20 na direção x

8 N2 Ø 10.0 c/20 na direção y

4.3 Locação de Pontos Elétricos

O objetivo de um projeto de instalações elétricas de uma edificação é garantir que, por tais instalações, verifique-se a transferência de energia desde uma fonte, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores particulares, até os pontos de utilização da edificação de maneira segura, funcional e viável. Nesse contexto, o presente trabalho apresentará a elaboração do projeto de locação de pontos elétrico em um edifício de uso misto.

Para que instalações elétricas sejam executadas de maneira segura e eficaz é necessário que seu projeto seja elaborado observando as prescrições das diversas normas técnicas aplicáveis. Para instalações elétricas de baixa tensão, o projeto deve obedecer à Norma Brasileira (NBR) 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A NBR 5410 (2004) estabelece prescrições específicas aplicáveis a locais utilizados como habitação, compreendendo as unidades residenciais como um todo. Tais prescrições estabelecem o valor de potência aparente mínima, para efeito de dimensionamento, a ser considerada em cada circuito, sendo ele de iluminação ou de tomadas uso geral. Para os circuitos de tomadas de uso específico e de cargas especiais, a potência a ser considerada dependerá da potência nominal do equipamento.

4.3.1 Carga de Iluminação

Para cada cômodo ou dependências da residência e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto e com potência mínima de 100 VA.

Em dependências ou cômodos com área igual ou inferior a 6 m² deve ser previsto pelo menos um ponto de 100 VA, e superior a 6 m² deve ser prevista pelos

menos uma carga de 100 VA para os primeiros 6 m² e para o restante 60 VA para cada 4 m².

Figura 13 – Carga de iluminação

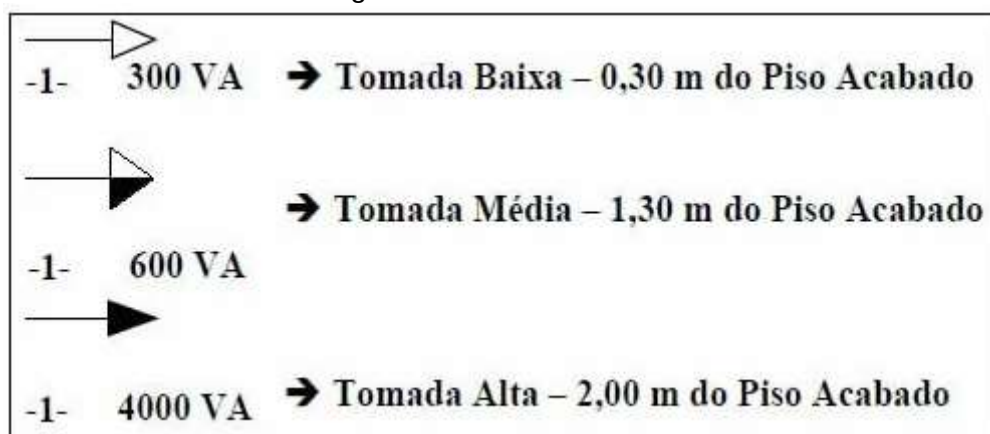


Fonte: Pirelli (2003)

4.3.2 O triângulo equilátero

O triângulo equilátero na planta de locação de pontos elétricos representa tomadas em geral, onde variações acrescentadas ao triângulo, indicam mudança de significado e função, bem como modificações em seus níveis na instalação (baixa, média e alta), conforme a figura abaixo.

Figura 14 – Pontos elétricos

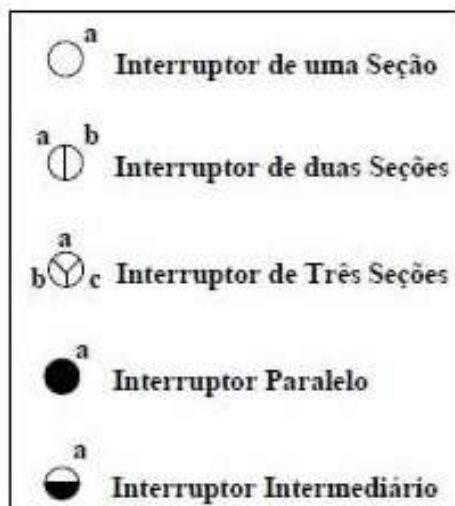


Fonte: NBR 5444/89

4.3.3 Interruptores

Com relação à simbologia para os interruptores devem ser indicadas o ponto ou pontos a comandar, conforme a figura abaixo.

Figura 15 – Simbologia para interruptores

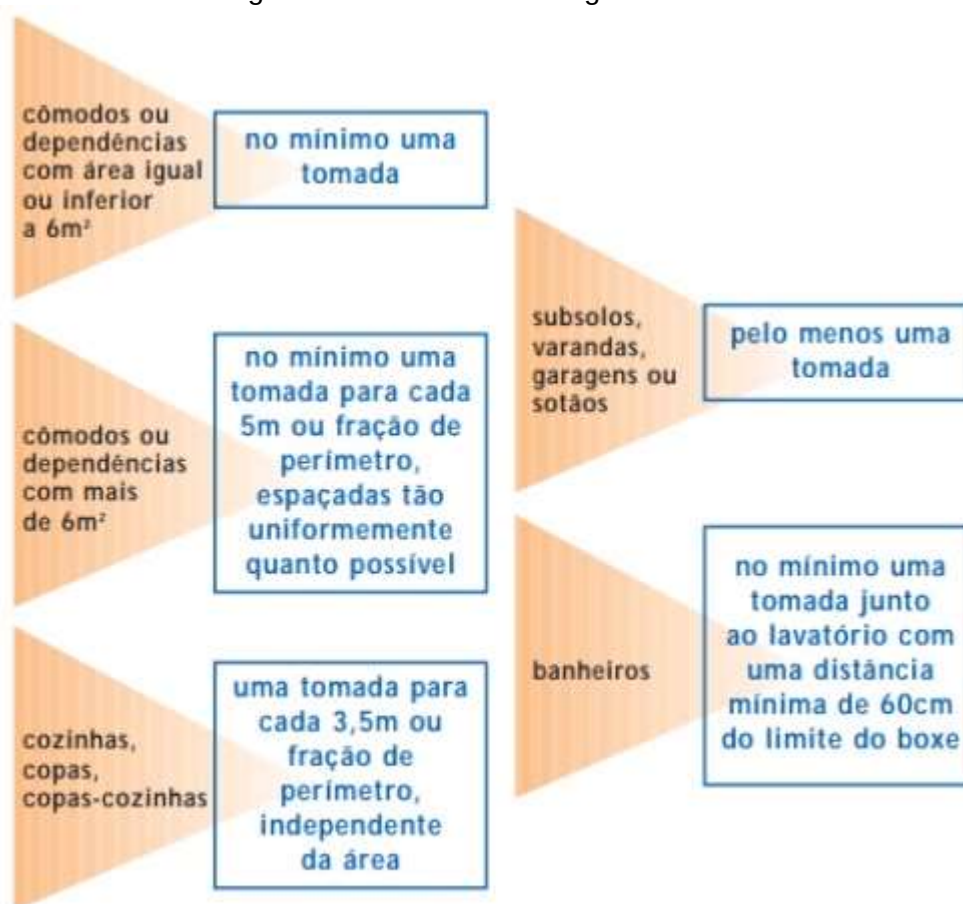


Fonte: NBR 5444/89

4.3.4 Tomadas de uso geral (TUG's)

São tomadas nos quais são ligados aparelhos móveis ou portáteis, não havendo determinação de uso específico. Segundo a NBR 5410 (2004), seu item 9.5.2 estabelece que a previsão de cargas de tomada seja realizada com base no perímetro de seu ambiente, segundo o tipo de ambiente para o qual está sendo feito a determinação, como apresentado na figura 16.

Figura 16 – Previsão de carga de tomadas



Fonte: PIRELLI, 2003.

Desse modo, em uma sala, por exemplo, um ponto de tomada para cada 5m, ou fração de perímetro, são o suficiente para garantir a qualidade do espaçamento uniforme de cada ponto distribuído, como exemplo, se o perímetro de um quarto for 13m teremos:

$$13/5 = 2,6$$

Ou seja, para um quarto com perímetro de 13m, serão necessárias no mínimo 3 tomadas para atender a demanda, sendo ainda em diversas aplicações a previsão de uma quantidade superior ao mínimo calculado, de modo a evitar a utilização de extensões e benjamins, tendo em vista que estes equipamentos desperdiçam energia e podem comprometer a segurança. A potência mínima de tomadas de usos em geral, é definida segundo a figura 17.

Figura 17 – Potência mínima de tomadas



Fonte: PIRELLI, 2003.

4.3.5 Tomadas de uso específico (TUE's)

São tomadas nos quais são ligados aparelhos fixos ou estacionários (chuveiro, torneira elétrica, secadora de roupa, ar-condicionado etc.). Em regra, são localizados 1,5m do ponto previsto para a localização do aparelho a ser utilizado, apresentando a mesma potência dos equipamentos que forem utilizados nelas.

Figura 18 – Tomadas de uso específico

Aparelho	Potência (W)	Aparelho	Potência (W)
Aquecedor de água até 100 l	1.500	Forno de micro-ondas	700 - 1.500
Aquecedor de água 100 - 150 l	2.500	Geladeira doméstica	150 - 400
Aquecedor de água 200 - 400 l	4.000	Lavadora de roupas	500 - 1.000
Batedora de bolo	70 - 300	Liquidificador	100 - 250
Chuveiro	3.000 - 6.000	Secadora de roupa	3.500 - 1.000
Condic. De ar 2.500 kcal/h	1.400	Televisor	70 - 300
Condic. De ar 3.000 kcal/h	1.600	Torneira elétrica	2.500 - 3.700
Condic. De ar 7.500 Kcal/h	3.600	Congelador (freezer)	300 - 500
Fogão Residencial	4.000 - 12.000	Ferro de passar roupa	500 - 100

Fonte: NBR 5410.

4.4 Locação de pontos hidráulicos

4.4.1 Água Fria

Água fria é a água distribuída para a população em temperatura ambiente, ou seja, sem qualquer alteração em suas características térmicas. É sujeita a vários estágios no tratamento, antes da distribuição seus destinos (CREDER, 2006).

Um projeto de instalações prediais de água fria é um conjunto de tubulações, peças, conexões, aparelhos sanitários e demais acessórios compreendidos no processo de alimentação de água com suas derivações para seus pontos de consumo nas edificações (NBR 5626,1998)

A norma a qual se define as condições mínimas e exigências no que se referem ao projeto de instalações prediais de água fria, sua manutenção, seguem a NBR 5626 (1998), assim como execução das instalações, de maneira a se obter higiene, conforto e segurança dos usuários além da economia das instalações (BOTELHO; RIBEIRO JÚNIOR, 2010).

Objetivos de uma instalação de água fria, de acordo com NBR 5626,1998;

- Conforto – oferecer água em quantidade suficiente, para diminuir os problemas oriundos da interrupções dos sistemas de abastecimento e ruídos;
- Higiene – oferecer água para os aparelhos sanitários;
- Segurança – assegurar o atendimento dos padrões de potabilidade da água (Portaria nº 1469);
- Economia – dimensionamento adequado, para minimizar os custos das instalações.

De acordo com Creder (2006) um projeto de uma instalação de água fria segue as seguintes etapas:

- Concepção: Finalidade da Edificação, distribuição arquitetônica dos cômodos hidrossanitários, caixa de água, determinação das peças de utilização, sistema de abastecimento e distribuição das colunas;
- Determinação das vazões: Determinação das vazões dos trechos através de tabelas da norma;
- Dimensionamento hidráulico: Hidráulica x Norma;

- Desenvolvimento: O projeto deverá ser desenvolvido em conjunto com os outros projetos, engenharia, estrutural, fundações, etc;

De acordo com Creder (2006), são componentes de um sistema predial de Água Fria:

- Alimentador predial – tubulação entre o ramal predial e o reservatório;
- Barrilete – conjunto de tubulações que se origina no reservatório e da qual partem as colunas de distribuição;
- Coluna de distribuição – tubulação derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais;
- Extravasor – escoamento do excesso de água;
- Inspeção – qualquer meio de acesso aos reservatórios, equipamentos e tubulações;
- Instalação elevatória – conjunto de tubulações, equipamentos destinados a elevar a água até o reservatório de distribuição;
- Peça de utilização – dispositiva ligada a um, sub-ramal para permitir a utilização da água (pia, lavatório, chuveiro);
- Ponto de utilização – extremidade de jusante do sub-ramal;
- Sub-ramal – tubulação que liga o ramal à peça de utilização;
- Ramal – tubulação derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais;
- Ramal Predial - tubulação entre a rede pública de abastecimento e a instalação predial;
- Rede Predial – conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais;
- Reservatório superior – reservatório ligado ao alimentador predial ou à tubulação de recalque, destinado a alimentar a rede predial;
- Reservatório inferior – reservatório intercalado entre o alimentador predial e a instalação elevatória, destinado a reservar a água e funcionar como poço de sucção da elevatória;
- Trecho – comprimento de tubulação entre duas derivações;
- Tubulação de recalque – tubulação entre a saída da bomba e o ponto de descarga no reservatório de distribuição (superior);

- Tubulação de Sucção – tubulação entre o ponto de tomada no reservatório inferior e a entrada da bomba.

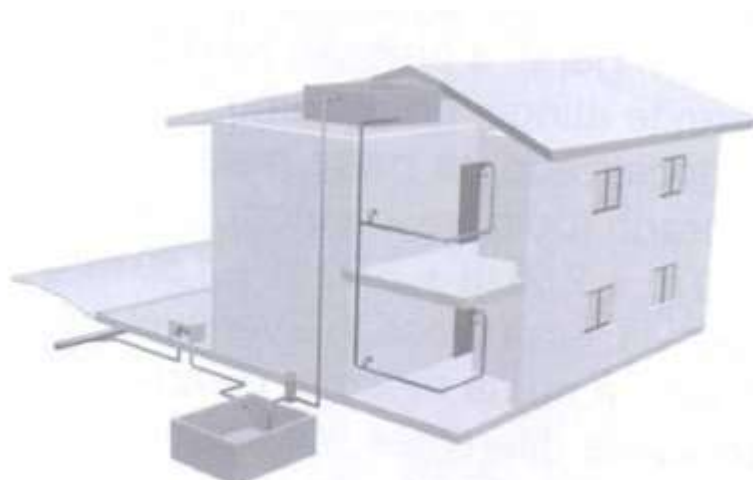
Segundo Botelho e Ribeiro Júnior (2010), o sistemas de captação pode se dividir em:

- Rede Pública – Concessionária;
- Fonte Particular – poços, nascentes, etc.

4.4.2 Sistema de Abastecimento

Sistema Indireto de Abastecimento com Bombeamento

Figura 19 – Sistema de Abastecimento indireto com bombeamento



Fonte: BOTELHO, 2010.

De acordo com a NBR 5626 (1998), o reservatório superior alimenta os aparelhos e este é alimentado por um reservatório inferior, através de um sistema de recalque e/ou distribuição descendente. Utilizado em grandes edifícios, quando não há pressão suficiente, não ocorre continuidade no abastecimento e aliviar a carga na estrutura deixando o projeto mais econômico.

Segundo Botelho e Ribeiro Júnior (2010), as vantagens e desvantagens desse método podem ser vistas a seguir:

Vantagens:

- Absorve variações no abastecimento;
- Dois reservatórios (inferior e superior) gerando maior quantidade de água armazenada;

Desvantagens:

- Consumo de energia elétrica;
- Custo de instalação, operação e manutenção de equipamentos;
- Menor pressão no caso de reservatórios pouco elevados.

Segundo Creder (2006), para realizar os cálculos devem-se julgar duas pessoas por quarto social e uma pessoa para cada quarto de serviço. Na falta de outras indicações, utiliza-se a tabela abaixo para taxa de ocupação.

Figura 20 – Taxas de ocupação

Local	Taxa de Ocupação
Bancos	1 habitante/ 5,0 m ² de área
Escritórios	1 habitante/ 6,0 m ² de área
Pavimentos Térreos	1 habitante/ 2,5 m ² de área
Lojas - Pavimentos Superiores	1 habitante/ 5,0 m ² de área
Museus e Bibliotecas	1 habitante/ 5,5 m ² de área
Salas de Hotéis	1 habitante/ 5,5 m ² de área
Restaurantes	1 habitante/ 1,4 m ² de área
Salas de Cirurgia	8 habitantes
Teatros, Cinemas e Auditórios	1 cadeira/ 0,7 m ² de área

Fonte: Creder, 2006.

Conhecida a população da edificação, verifica-se a tabela 10 que contém as informações referentes ao consumo de litros per capita e calcula-se o consumo diário pela fórmula (BOTELHO; RIBEIRO JÚNIOR, 2011).

$$Cd = Cp \times n$$

Onde:

Cd = consumo diário;

C_p = consumo per capita;

n = número de ocupantes.

4.2.3 Esgoto Sanitário

O Sistema de esgoto sanitário tem como finalidade destinar as contribuições de esgoto sanitário da edificação até a rede pública de coleta. Pelo método, cada aparelho tem uma quantidade de UHC que contribui para o esgoto sanitário, e as tubulações são dimensionadas com base na quantidade de UHC que recebem. Abaixo está apresentada a tabela da norma para dimensionamento de ramais de descarga.

Figura 21 – UHC por aparelhos

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ¹⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ²⁾

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1995 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

(fonte: NBR8160/99)

Ramais

Os ramais de esgoto têm como função receber as contribuições dos ramais de descarga ou diretamente de um aparelho desconector.

Figura 22 – Dimensionamento ramais de esgoto

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

(fonte: NBR8160/99)

Tubos de Queda

Os tubos de queda são tubulações verticais que conectam os ramais de esgoto até o térreo da edificação.

Tubos de ventilação

Os tubos de ventilação têm como finalidade aliviar a pressão no sistema, mantendo a pressão atmosférica nas tubulações e assim garantindo o funcionamento dos desconectores.

Caixas de gordura

As caixas de gordura têm como função reter as gorduras, óleos e graxas contidos no esgoto. Foram dimensionadas para serem executadas in loco, sendo uma caixa de gordura especial no térreo para cada tubo de queda de gordura. Elas foram projetadas como prismáticas de base retangular, com o volume definido pela seguinte equação:

$$V = 2 * N + 20 \text{ litros}$$

Onde:

V = volume útil, em litros;

N = número de pessoas servidas pelas cozinhas que contribuem para a caixa de gordura no turno que existe maior afluxo.

4.5 Orçamento

A confecção do orçamento seguiu o seguinte processo, análise e obtenção de dados junto aos projetos de arquitetura, projetos de estrutura e projetos de alocação de pontos hidráulicos e alocação de pontos elétricos, através dessa obtenção de dados pode seguir o orçamento quantificando cada item nele incluso.

O primeiro item analisado foi o projeto de estrutura, de onde sem obteve as quantidades de concreto (usinado ou não), dos pilares, vigas, lajes e fundações (sapatas). Esses dados foram obtidos através dos relatórios que o programa usado para calcular (Cypecad) disponibiliza. Da mesma forma que o concreto, obteve-se os dados de quantitativos de armaduras dos pilares, vigas, lajes e elementos de fundação, através do software utilizado para o cálculo da estrutura. Vale ressaltar que esses quantitativos já consideram uma porcentagem de desperdício pré-definida em cada item, para se aproximar o possível da realidade da obra.

Após a quantificação de armaduras, também utilizando o software foi encontrado a quantidade de fôrmas necessária para realização da obra, dentre elas fôrmas e escoramento das lajes maciças, fôrmas e escoramento das vigas, fôrmas dos pilares e fôrmas dos elementos de fundação. Entretanto foi feito um balanceamento nos valores quantificados nas fôrmas, tendo em vista que o software não considera a reutilização das fôrmas nas lajes, vigas, pilares, tendo assim um melhor aproveitamento e economia no empreendimento.

Figura 23 - Orçamento

Quantidades da obra

Visualizar impressão Configuração Imprimir Procurar

Quantidades da obra

Edifício comercial residencial 4 Pavimentos

Notas:
Barras: Os valores indicados têm incluídas as perdas.
Superfície total: Foram deduzidas as aberturas de superfície maior que 0.00 m².

Fundação

Elemento	Fôrmas (m²)	Volume (m³)	Barras (kg)
Zapatas isoladas	207.79	82.993	4829
Vigas de travamento	1.80	0.360	25
Total	-	83.353	4854

Piso1 - Térreo

Elemento	Fôrmas (m²)	Superfície (m²)	Volume (m³)	Barras (kg)
Lajes maciças	-	605.32	72.640	2964
Vigas	201.99	50.90	22.080	1515
Pilares	125.58	-	8.730	229
Total	-	656.22	103.450	4708
Índices (por m²)	-	-	0.157	7.13
Superfície total: 660.34 m²				

A segunda etapa de análise foi junto aos projetos de arquitetura, através dessa análise foi possível obter dados das quantidades necessárias para a construção do prédio, tais como as alvenarias, incluindo número de tijolos, volume de massa para assenta-los, volume de massa para realização do emboço, além de considerar parte do desperdício, volume de massa para o contra piso, além de quantidades de portas, janelas e esquadrias em geral. Todos sempre com os valores de mão de obra inclusos para execução dos serviços.

Após o fim da coleta dados e quantitativos foi feita, com o uso do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi), que fornece mensalmente uma média nacional dos preços dos insumos e das composições de serviços mais usuais da construção civil, a precificação dos insumos e composições de serviços identificados anteriormente.

5 CONCLUSÃO

O projeto permitiu demonstrar os métodos de cálculo para a execução de um edifício misto, onde todas as normas, tanto para a execução dos cálculos quanto para confecção do projeto de engenharia, não deixando de levar em consideração as leis de zoneamento urbano, que tratam da ocupação do solo. Desse modo a edificação conseguiu atender todas as características necessárias para que a mesma respeite e englobe de forma positiva o crescimento para bairro de sua localização.

O desenvolvimento dos projetos permitiu trazer uma análise tratando das características do lado financeiro, juntamente com o orçamento e cronograma essa análise se torna completa, tratando de maneira objetiva o aspecto da organização e planejamento da obra.

Conclui-se que, para desenvolver esse empreendimento, deve-se ter um investimento considerável, entretanto, com alta chance de recuperação desse investimento em um prazo de tempo mediano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626**. Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

BRASIL. **Referências curriculares nacionais de educação profissional de nível técnico: construção civil**. Brasília: Ministério da Educação, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/constciv.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **CUB/m²**. Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/>. Acesso em 18 out. 2022.

CARVALHO JUNIOR, Roberto. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. São Paulo: Editora Blucher, 2016.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: estimativa de custos de obras e serviços de engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: uma metodologia de orçamentação para obras civis**. 9. ed. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.

PIRELLI. **Manuais de instalação elétricas**. Disponível em: < <http://www.etelg.com.br/downloads/eletronica/apostilas/IE%20Parte1.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2022.

TISAKA, Maçahico. **Norma Técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil**. São Paulo: Instituto de Engenharia, 2011.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI – **Índice da Construção Civil**. Brasil, Governo Federal. Disponível em:< http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas prediais de esgoto sanitário** - Projeto e execução. NBR 8160. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006

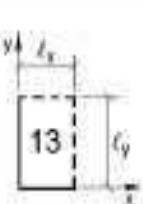
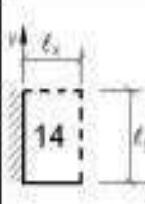
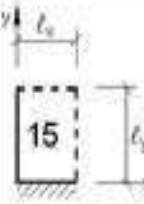
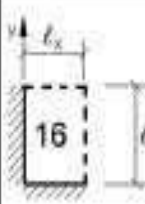
BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JR. G. A. **Instalações hidráulicas prediais usando tubos de PVC e PPR**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2011.

ARAÚJO, J.M. **Curso de Concreto Armado, vol II**. Editora Dunas. Rio Grande – RS, 2003.

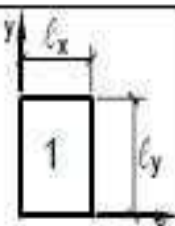
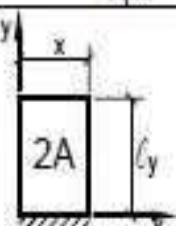
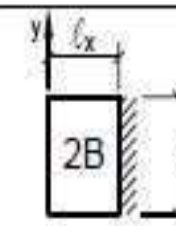
ANEXOS

Tabela 2.1b							
PRÉ-DIMENSIONAMENTO: VALORES DE ψ_2							
TIPO							TIPO
$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$	ψ_3 PARA LAJES ARMADAS EM CRUZ						$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$
< 0,50	-	-	0,50	0,50	-	0,50	< 0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,55	0,59	0,72	0,61	0,72	0,65	0,66	0,55
0,60	0,67	0,90	0,70	0,90	0,77	0,80	0,60
0,65	0,73	1,05	0,78	1,05	0,87	0,92	0,65
0,70	0,79	1,19	0,84	1,19	0,96	1,01	0,70
0,75	0,83	1,30	0,90	1,30	1,03	1,10	0,75
0,80	0,87	1,40	0,95	1,40	1,10	1,17	0,80
0,85	0,91	1,49	0,99	1,49	1,16	1,24	0,85
0,90	0,94	1,57	1,03	1,57	1,21	1,30	0,90
0,95	0,97	1,64	1,07	1,64	1,26	1,35	0,95
1,00	1,00	1,70	1,10	1,70	1,30	1,40	1,00
1,10	1,00	1,70	1,09	1,70	1,30	1,39	1,10
1,20	1,00	1,70	1,08	1,70	1,30	1,38	1,20
1,30	1,00	1,70	1,07	1,70	1,30	1,37	1,30
1,40	1,00	1,70	1,06	1,70	1,30	1,36	1,40
1,50	1,00	1,70	1,05	1,70	1,30	1,35	1,50
1,60	1,00	1,70	1,04	1,70	1,30	1,34	1,60
1,70	1,00	1,70	1,03	1,70	1,30	1,33	1,70
1,80	1,00	1,70	1,02	1,70	1,30	1,32	1,80
1,90	1,00	1,70	1,01	1,70	1,30	1,31	1,90
2,00	1,00	1,70	1,00	1,70	1,30	1,30	2,00
> 2,00	1,00	1,70	1,00	1,70	1,20	1,20	> 2,00
Extraída da NBR 6118:1980, adaptada por L.M. Pinheiro. $d_{\text{má}} = \ell / \psi_2 \cdot \psi_3$ onde ℓ = menor vão entre ℓ_a e ℓ_b; ℓ_a = vão perpendicular a borda livre. ψ_3 é dado na Tabela 2.1a. Procedimento abandonado pela NBR 6118:2003, mas que pode ser útil em alguns casos.							

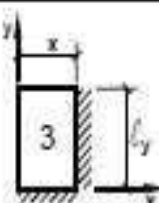
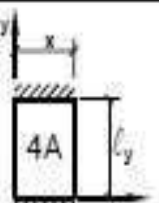
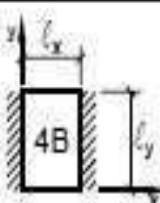
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.1c					
PRÉ-DIMENSIONAMENTO: VALORES DE ψ_2					
TIPO					TIPO
$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$	ψ_2 PARA LAJES ARMADAS EM CRUZ				$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$
1,00	0,50	0,60	0,60	0,70	1,00
1,10	0,48	0,59	0,59	0,68	1,10
1,20	0,46	0,58	0,58	0,66	1,20
1,30	0,44	0,57	0,57	0,64	1,30
1,40	0,42	0,56	0,56	0,62	1,40
1,50	0,40	0,55	0,55	0,60	1,50
1,60	0,38	0,54	0,54	0,58	1,60
1,70	0,36	0,53	0,53	0,56	1,70
1,80	0,34	0,52	0,52	0,54	1,80
1,90	0,32	0,51	0,51	0,52	1,90
2,00	0,30	0,50	0,50	0,50	2,00
> 2,00	-	0,50	-	0,50	> 2,00
ψ_2 PARA VIGAS E LAJES ARMADAS NUMA SÓ DIREÇÃO					
					
1,0	1,2	1,7	0,5		
Extraída da NBR 6118:1980, adaptada por L.M. Pinheiro.					
$d_{\text{est}} = \frac{\ell}{\psi_2 \psi_3}$ onde $\ell = \ell_x = \text{menor vão}$ ψ_3 é dado na Tabela 3.					
Procedimento abandonado pela NBR 6118:2003, mas que pode ser útil em alguns casos.					

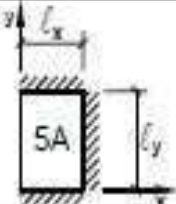
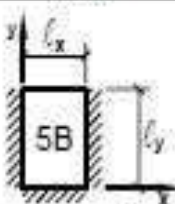
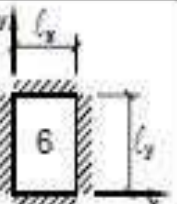
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.2a									
REAÇÕES DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME									
$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$	Tipo								$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$
									
	v_x	v_y	v_x	v_y	v'_y	v_x	v'_x	v_y	
1,00	2,50	2,50	1,83	2,75	4,02	2,75	4,02	1,83	1,00
1,05	2,62	2,50	1,92	2,80	4,10	2,82	4,13	1,83	1,05
1,10	2,73	2,50	2,01	2,85	4,17	2,89	4,23	1,83	1,10
1,15	2,83	2,50	2,10	2,88	4,22	2,95	4,32	1,83	1,15
1,20	2,92	2,50	2,20	2,91	4,27	3,01	4,41	1,83	1,20
1,25	3,00	2,50	2,29	2,94	4,30	3,06	4,48	1,83	1,25
1,30	3,08	2,50	2,38	2,95	4,32	3,11	4,55	1,83	1,30
1,35	3,15	2,50	2,47	2,96	4,33	3,16	4,62	1,83	1,35
1,40	3,21	2,50	2,56	2,96	4,33	3,20	4,68	1,83	1,40
1,45	3,28	2,50	2,64	2,96	4,33	3,24	4,74	1,83	1,45
1,50	3,33	2,50	2,72	2,96	4,33	3,27	4,79	1,83	1,50
1,55	3,39	2,50	2,80	2,96	4,33	3,31	4,84	1,83	1,55
1,60	3,44	2,50	2,87	2,96	4,33	3,34	4,89	1,83	1,60
1,65	3,48	2,50	2,93	2,96	4,33	3,37	4,93	1,83	1,65
1,70	3,53	2,50	2,99	2,96	4,33	3,40	4,97	1,83	1,70
1,75	3,57	2,50	3,05	2,96	4,33	3,42	5,01	1,83	1,75
1,80	3,61	2,50	3,10	2,96	4,33	3,45	5,05	1,83	1,80
1,85	3,65	2,50	3,15	2,96	4,33	3,47	5,09	1,83	1,85
1,90	3,68	2,50	3,20	2,96	4,33	3,50	5,12	1,83	1,90
1,95	3,72	2,50	3,25	2,96	4,33	3,52	5,15	1,83	1,95
2,00	3,75	2,50	3,29	2,96	4,33	3,54	5,18	1,83	2,00
> 2,00	5,00	2,50	5,00	2,96	4,33	4,38	6,25	1,83	> 2,00
Elaborada por L.M. Pinheiro, conforme o processo das áreas da NBR 6118.									
$v = \frac{p \ell_x}{10}$ p = carga uniforme ℓ_x = menor vão									
(*) Alívios considerados pela metade, prevendo a possibilidade de engastes parciais.									

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.2b									
REAÇÕES DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME									
$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$	Tipo								$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$
									
	v_x	v'_x	v_y	v'_y	v_x	v'_y	v'_x	v_y	
1,00	2,17	3,17	2,17	3,17	1,44	3,56	3,56	1,44	1,00
1,05	2,27	3,32	2,17	3,17	1,52	3,66	3,63	1,44	1,05
1,10	2,36	3,46	2,17	3,17	1,59	3,75	3,69	1,44	1,10
1,15	2,45	3,58	2,17	3,17	1,66	3,84	3,74	1,44	1,15
1,20	2,53	3,70	2,17	3,17	1,73	3,92	3,80	1,44	1,20
1,25	2,60	3,80	2,17	3,17	1,80	3,99	3,85	1,44	1,25
1,30	2,63	3,90	2,17	3,17	1,88	4,06	3,89	1,44	1,30
1,35	2,73	3,99	2,17	3,17	1,95	4,12	3,93	1,44	1,35
1,40	2,78	4,08	2,17	3,17	2,02	4,17	3,97	1,44	1,40
1,45	2,84	4,15	2,17	3,17	2,09	4,22	4,00	1,44	1,45
1,50	2,89	4,23	2,17	3,17	2,17	4,25	4,04	1,44	1,50
1,55	2,93	4,29	2,17	3,17	2,24	4,28	4,07	1,44	1,55
1,60	2,98	4,36	2,17	3,17	2,31	4,30	4,10	1,44	1,60
1,65	3,02	4,42	2,17	3,17	2,38	4,32	4,13	1,44	1,65
1,70	3,06	4,48	2,17	3,17	2,45	4,33	4,15	1,44	1,70
1,75	3,09	4,53	2,17	3,17	2,53	4,33	4,18	1,44	1,75
1,80	3,13	4,58	2,17	3,17	2,59	4,33	4,20	1,44	1,80
1,85	3,16	4,63	2,17	3,17	2,63	4,33	4,22	1,44	1,85
1,90	3,19	4,67	2,17	3,17	2,72	4,33	4,24	1,44	1,90
1,95	3,22	4,71	2,17	3,17	2,78	4,33	4,26	1,44	1,95
2,00	3,25	4,75	2,17	3,17	2,83	4,33	4,28	1,44	2,00
> 2,00	4,38	6,25	2,17	3,17	5,00	4,33	5,00	1,44	> 2,00
Elaborada por L.M. Pinheiro, conforme o processo das áreas da NBR 6118.									
$v = v \frac{p \ell_x}{10}$ $p = \text{carga uniforme}$ $\ell_x = \text{menor vão}$									
(*) Alívios considerados pela metade, prevendo a possibilidade de engastes parciais.									

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.2c									
REAÇÕES DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME									
$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$	Tipo								$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$
									
	v_x	v'_x	v'_y	v'_x	v_y	v'_y	v'_x	v'_y	
1,00	1,71	2,50	3,03	3,03	1,71	2,50	2,50	2,50	1,00
1,05	1,79	2,63	3,08	3,12	1,71	2,50	2,62	2,50	1,05
1,10	1,88	2,75	3,11	3,21	1,71	2,50	2,73	2,50	1,10
1,15	1,96	2,88	3,14	3,29	1,71	2,50	2,83	2,50	1,15
1,20	2,05	3,00	3,16	3,36	1,71	2,50	2,92	2,50	1,20
1,25	2,13	3,13	3,17	3,42	1,71	2,50	3,00	2,50	1,25
1,30	2,22	3,25	3,17	3,48	1,71	2,50	3,08	2,50	1,30
1,35	2,30	3,36	3,17	3,54	1,71	2,50	3,15	2,50	1,35
1,40	2,37	3,47	3,17	3,59	1,71	2,50	3,21	2,50	1,40
1,45	2,44	3,57	3,17	3,64	1,71	2,50	3,28	2,50	1,45
1,50	2,50	3,66	3,17	3,69	1,71	2,50	3,33	2,50	1,50
1,55	2,56	3,75	3,17	3,73	1,71	2,50	3,39	2,50	1,55
1,60	2,61	3,83	3,17	3,77	1,71	2,50	3,44	2,50	1,60
1,65	2,67	3,90	3,17	3,81	1,71	2,50	3,48	2,50	1,65
1,70	2,72	3,98	3,17	3,84	1,71	2,50	3,53	2,50	1,70
1,75	2,76	4,04	3,17	3,87	1,71	2,50	3,57	2,50	1,75
1,80	2,80	4,11	3,17	3,90	1,71	2,50	3,61	2,50	1,80
1,85	2,85	4,17	3,17	3,93	1,71	2,50	3,65	2,50	1,85
1,90	2,89	4,22	3,17	3,96	1,71	2,50	3,68	2,50	1,90
1,95	2,92	4,28	3,17	3,99	1,71	2,50	3,72	2,50	1,95
2,00	2,96	4,33	3,17	4,01	1,71	2,50	3,75	2,50	2,00
> 2,00	4,38	6,25	3,17	5,00	1,71	2,50	5,00	2,50	> 2,00
Elaborada por L.M. Pinheiro, conforme o processo das áreas da NBR 6118.									
$v = p \frac{\ell_x}{10}$ p = carga uniforme ℓ_x = menor vão									
(*) Alívios considerados pela metade, prevendo a possibilidade de engastes parciais.									

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

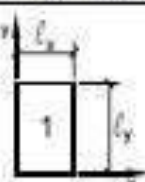
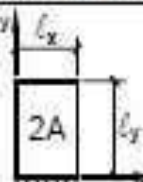
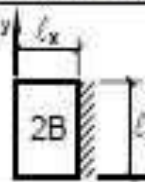
Tabela 2.2d					
REAÇÕES DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME					
T I P O	λ	v_x	v'_x	v_y	v'_y
1	-	$5 - \frac{2,5}{\lambda}$	-	2,5	-
2 A	<1,37	$2,5\lambda \cdot (\sqrt{3} - 1)$	-	$5\lambda(\sqrt{3} - 1) - 5\lambda^3(2 - \sqrt{3})$	$5\lambda(\sqrt{3} - 3) - 5\lambda^3(2\sqrt{3} - 3)$
				$2,5\lambda\sqrt{3} - 1,25\lambda^3(3 - \sqrt{3})$	
2 B	>1,37	$5 - \frac{1,25}{\lambda} \cdot (\sqrt{3} + 1)$	-	2,5	$2,5\sqrt{3}$
				$0,625(3 + \sqrt{3})$	
3	-	$5(\sqrt{3} - 1) - \frac{5}{\lambda} \cdot (\sqrt{3} - 2)$	$5(3 - \sqrt{3}) - \frac{5}{\lambda} \cdot (2\sqrt{3} - 3)$	$2,5(\sqrt{3} - 1)$	-
		$2,5\sqrt{3} - \frac{1,25}{\lambda} \cdot (3 - \sqrt{3})$			
3	-	$-5(1 - \sqrt{3}) + \frac{2,5}{\lambda} \cdot (1 - \sqrt{3})$	$5(3 - \sqrt{3}) - \frac{2,5}{\lambda} \cdot (3 - \sqrt{3})$	$2,5(\sqrt{3} - 1)$	$2,5(3 - \sqrt{3})$
		$2,5\sqrt{3} - \frac{1,25}{\lambda} \cdot (\sqrt{3})$		$1,25\sqrt{3}$	
4 A	< $\sqrt{3}$	$\frac{5}{6} \cdot \lambda\sqrt{3}$	-	-	$5\lambda - \frac{5}{6} \cdot \lambda^3\sqrt{3}$
	> $\sqrt{3}$	$5 - \frac{2,5}{\lambda}\sqrt{3}$	-	-	$2,5\sqrt{3}$
4 B	-	-	$5 - \frac{5}{6\lambda}\sqrt{3}$	$\frac{5}{6}\sqrt{3}$	-
5 A	<1,27	$\frac{5}{6} \cdot \lambda\sqrt{3}$	$2,5\lambda$	-	$5\lambda - \frac{5}{12} \cdot \lambda^3(3 + \sqrt{3})$
		$0,625\lambda \cdot (\sqrt{3} + 1)$			
5 B	>1,27	$5(\sqrt{3} - 1) - \frac{5}{\lambda} \cdot (2\sqrt{3} - 3)$	$5(3 - \sqrt{3}) - \frac{15}{\lambda} \cdot (2 - \sqrt{3})$	-	$2,5(3 - \sqrt{3})$
		$2,5\sqrt{3} - \frac{3,75}{\lambda} \cdot (\sqrt{3} - 1)$			
6 B	-	-	$5 - \frac{5}{12\lambda} \cdot (3 + \sqrt{3})$	$\frac{5}{6}\sqrt{3}$	2,5
				$0,625(\sqrt{3} + 1)$	
6	-	-	$5 - \frac{2,5}{\lambda}$	-	2,5

Elaborada por L.M. Pinheiro, conforme o processo das áreas da NBR 8118.

$v = \frac{p \ell_x}{10}$ p = carga uniforme ℓ_x = menor vão $\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$

(*) Alívios considerados pela metade, prevendo a possibilidade de engastes parciais.

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.3a									
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME									
Tipo									Tipo
$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$	μ_x	μ_y	μ_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y	$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$
1,00	4,23	4,23	2,91	3,54	8,40	3,54	8,40	2,91	1,00
1,05	4,62	4,25	3,26	3,64	8,79	3,77	8,79	2,84	1,05
1,10	5,00	4,27	3,61	3,74	9,18	3,99	9,17	2,76	1,10
1,15	5,38	4,25	3,98	3,80	9,53	4,19	9,49	2,68	1,15
1,20	5,75	4,22	4,35	3,86	9,88	4,38	9,80	2,59	1,20
1,25	6,10	4,17	4,72	3,89	10,16	4,55	10,06	2,51	1,25
1,30	6,44	4,12	5,09	3,92	10,41	4,71	10,32	2,42	1,30
1,35	6,77	4,06	5,44	3,93	10,64	4,86	10,54	2,34	1,35
1,40	7,10	4,00	5,79	3,94	10,86	5,00	10,75	2,25	1,40
1,45	7,41	3,95	6,12	3,91	11,05	5,12	10,92	2,19	1,45
1,50	7,72	3,89	6,45	3,88	11,23	5,24	11,09	2,12	1,50
1,55	7,99	3,82	6,76	3,85	11,39	5,34	11,23	2,04	1,55
1,60	8,26	3,74	7,07	3,81	11,55	5,44	11,36	1,95	1,60
1,65	8,50	3,66	7,28	3,78	11,67	5,53	11,48	1,87	1,65
1,70	8,74	3,58	7,49	3,74	11,79	5,61	11,60	1,79	1,70
1,75	8,95	3,53	7,53	3,69	11,88	5,68	11,72	1,74	1,75
1,80	9,16	3,47	7,56	3,63	11,96	5,75	11,84	1,68	1,80
1,85	9,35	3,38	8,10	3,58	12,05	5,81	11,94	1,67	1,85
1,90	9,54	3,29	8,63	3,53	12,14	5,86	12,03	1,59	1,90
1,95	9,73	3,23	8,86	3,45	12,17	5,90	12,08	1,54	1,95
2,00	9,91	3,16	9,08	3,36	12,20	5,94	12,13	1,48	2,00
> 2,00	12,50	3,16	12,50	3,36	12,20	7,03	12,50	1,48	> 2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$m = \mu \frac{p l_x^2}{100}$ p = carga uniforme l_x = menor vão									

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

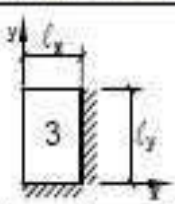
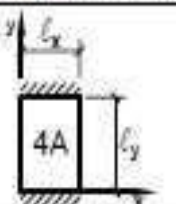
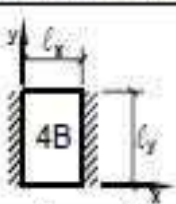
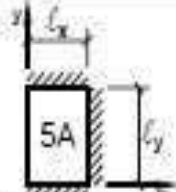
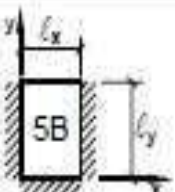
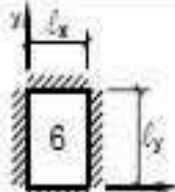
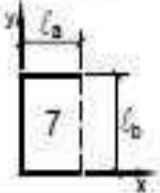
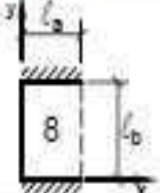
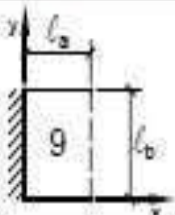
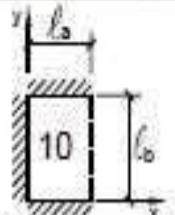
Tabela 2.3b											
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME											
Tipo											Tipo
$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y	$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$
1,00	2,69	6,99	2,69	6,99	2,01	3,09	6,99	3,09	6,99	2,01	1,00
1,05	2,94	7,43	2,68	7,18	2,32	3,23	7,43	3,22	7,20	1,92	1,05
1,10	3,19	7,87	2,67	7,36	2,63	3,36	7,87	3,35	7,41	1,83	1,10
1,15	3,42	8,28	2,65	7,50	2,93	3,48	8,26	3,46	7,56	1,73	1,15
1,20	3,65	8,69	2,62	7,63	3,22	3,56	8,65	3,57	7,70	1,63	1,20
1,25	3,86	9,03	2,56	7,72	3,63	3,64	9,03	3,66	7,82	1,56	1,25
1,30	4,06	9,37	2,50	7,81	3,99	3,72	9,33	3,74	7,93	1,49	1,30
1,35	4,24	9,65	2,45	7,88	4,34	3,77	9,69	3,80	8,02	1,41	1,35
1,40	4,42	9,93	2,39	7,94	4,69	3,82	10,00	3,86	8,11	1,33	1,40
1,45	4,58	10,17	2,32	8,00	5,03	3,86	10,25	3,91	8,13	1,26	1,45
1,50	4,73	10,41	2,25	8,06	5,37	3,90	10,49	3,96	8,15	1,19	1,50
1,55	4,86	10,62	2,16	8,09	5,70	3,90	10,70	4,00	8,20	1,14	1,55
1,60	4,99	10,82	2,07	8,12	6,03	3,89	10,91	4,04	8,25	1,08	1,60
1,65	5,10	10,99	1,99	8,14	6,35	3,85	11,08	4,07	8,28	1,03	1,65
1,70	5,21	11,16	1,91	8,15	6,67	3,81	11,24	4,10	8,30	0,98	1,70
1,75	5,31	11,30	1,85	8,16	6,97	3,79	11,39	4,12	8,31	0,95	1,75
1,80	5,40	11,43	1,78	8,17	7,27	3,76	11,53	4,14	8,32	0,91	1,80
1,85	5,48	11,55	1,72	8,17	7,55	3,72	11,65	4,15	8,33	0,87	1,85
1,90	5,56	11,67	1,66	8,18	7,82	3,67	11,77	4,16	8,33	0,83	1,90
1,95	5,63	11,78	1,63	8,19	8,09	3,60	11,83	4,16	8,33	0,80	1,95
2,00	5,70	11,89	1,60	8,20	8,35	3,52	11,88	4,17	8,33	0,76	2,00
> 2,00	7,03	12,50	1,60	8,20	12,50	3,52	11,88	4,17	8,33	0,76	> 2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.											
$m = \mu \frac{p l_x^2}{100}$ $p =$ carga uniforme $l_x =$ menor vão											

Tabela 2.3c													
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME													
Tipo													Tipo
$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$
1,00	2,02	5,46	2,52	6,17	2,52	6,17	2,02	5,46	2,02	5,15	2,02	5,15	1,00
1,05	2,27	5,98	2,56	6,46	2,70	6,47	1,97	5,56	2,22	5,50	2,00	5,29	1,05
1,10	2,52	6,50	2,60	6,75	2,87	6,76	1,91	5,65	2,42	5,85	1,98	5,43	1,10
1,15	2,76	7,11	2,63	6,97	3,02	6,99	1,84	5,70	2,65	6,14	1,94	5,51	1,15
1,20	3,00	7,72	2,65	7,19	3,16	7,22	1,77	5,75	2,87	6,43	1,89	5,59	1,20
1,25	3,23	8,31	2,64	7,36	3,28	7,40	1,70	5,75	2,97	6,67	1,83	5,64	1,25
1,30	3,45	8,59	2,61	7,51	3,40	7,57	1,62	5,76	3,06	6,90	1,77	5,68	1,30
1,35	3,66	8,74	2,57	7,63	3,50	7,70	1,55	5,75	3,19	7,09	1,71	5,69	1,35
1,40	3,86	8,88	2,53	7,74	3,59	7,82	1,47	5,74	3,32	7,28	1,65	5,70	1,40
1,45	4,05	9,16	2,48	7,83	3,67	7,91	1,41	5,73	3,43	7,43	1,57	5,71	1,45
1,50	4,23	9,44	2,43	7,91	3,74	8,00	1,35	5,72	3,53	7,57	1,49	5,72	1,50
1,55	4,39	9,68	2,39	7,98	3,80	8,07	1,29	5,69	3,61	7,68	1,43	5,72	1,55
1,60	4,55	9,91	2,34	8,02	3,86	8,14	1,23	5,66	3,69	7,79	1,38	5,72	1,60
1,65	4,70	10,13	2,28	8,03	3,91	8,20	1,18	5,62	3,76	7,88	1,29	5,72	1,65
1,70	4,84	10,34	2,22	8,10	3,95	8,25	1,13	5,58	3,83	7,97	1,21	5,72	1,70
1,75	4,97	10,53	2,15	8,13	3,99	8,30	1,07	5,56	3,88	8,05	1,17	5,72	1,75
1,80	5,10	10,71	2,08	8,17	4,02	8,34	1,00	5,54	3,92	8,12	1,13	5,72	1,80
1,85	5,20	10,88	2,02	8,16	4,05	8,38	0,97	5,55	3,96	8,18	1,07	5,72	1,85
1,90	5,30	11,04	1,96	8,14	4,08	8,42	0,94	5,56	3,99	8,24	1,01	5,72	1,90
1,95	5,40	11,20	1,88	8,13	4,10	8,45	0,91	5,60	4,02	8,29	0,99	5,72	1,95
2,00	5,50	11,35	1,80	8,12	4,12	8,47	0,88	5,64	4,05	8,33	0,96	5,72	2,00
> 2,00	7,03	12,50	1,80	8,12	4,17	8,53	0,88	5,64	4,17	8,33	0,96	5,72	> 2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L. M. Pinheiro.													
$m = \mu \frac{p l_x^2}{100}$ $p = \text{carga uniforme}$ $l_x = \text{menor vão}$													

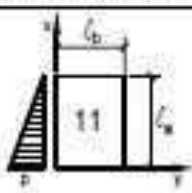
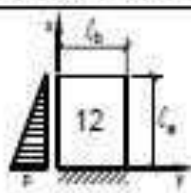
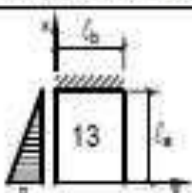
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.3d									
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME									
Tipo									Tipo
$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$	μ_x	μ_y	μ_{yh}	μ_x	μ_y	μ_{yh}	μ'_y	μ'_{yh}	$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$
0,30	11,33	15,89	28,44	10,44	14,22	25,55	41,89	77,00	0,30
0,35	10,63	15,80	27,19	8,85	12,88	22,37	35,69	62,94	0,35
0,40	9,94	15,31	25,94	7,25	11,50	19,19	29,50	48,88	0,40
0,45	9,13	14,48	24,47	6,22	10,39	16,82	25,89	41,36	0,45
0,50	8,32	13,64	23,00	5,20	9,28	14,44	22,28	33,84	0,50
0,55	7,58	12,95	21,56	4,57	8,35	12,82	19,64	28,76	0,55
0,60	6,83	12,25	20,11	3,94	7,42	11,19	17,00	23,67	0,60
0,65	6,21	11,59	18,71	3,46	6,76	9,94	15,26	20,55	0,65
0,70	5,59	10,92	17,31	2,98	6,10	8,69	13,51	17,43	0,70
0,75	5,09	10,24	15,96	2,61	5,54	7,77	12,28	15,38	0,75
0,80	4,59	9,55	14,41	2,23	4,98	6,84	11,05	13,33	0,80
0,85	4,16	9,09	13,61	1,96	4,65	6,15	10,12	11,91	0,85
0,90	3,73	8,63	12,80	1,68	4,31	5,46	9,19	10,49	0,90
0,95	3,39	8,14	11,94	1,47	3,97	4,96	8,45	9,49	0,95
1,00	3,05	7,64	11,08	1,26	3,62	4,45	7,71	8,48	1,00
1,05	3,05	7,94	11,31	1,23	3,68	4,45	7,80	8,48	1,05
1,10	3,06	8,24	11,55	1,19	3,74	4,46	7,88	8,47	1,10
1,15	3,06	8,53	11,78	1,16	3,80	4,47	7,97	8,46	1,15
1,20	3,07	8,83	12,01	1,12	3,86	4,47	8,05	8,46	1,20
1,25	3,03	9,01	12,12	1,09	3,90	4,47	8,09	8,46	1,25
1,30	3,00	9,19	12,22	1,06	3,93	4,47	8,13	8,46	1,30
1,35	2,97	9,38	12,33	1,03	3,97	4,48	8,17	8,46	1,35
1,40	2,94	9,56	12,43	0,99	4,01	4,48	8,20	8,45	1,40
1,45	2,91	9,74	12,54	0,96	4,05	4,49	8,24	8,45	1,45
1,50	2,88	9,92	12,64	0,92	4,08	4,49	8,28	8,45	1,50
1,55	2,84	10,04	12,69	0,90	4,09	4,49	8,29	8,45	1,55
1,60	2,81	10,16	12,74	0,88	4,10	4,49	8,29	8,45	1,60
1,65	2,77	10,29	12,80	0,86	4,11	4,49	8,30	8,45	1,65
1,70	2,74	10,41	12,85	0,84	4,12	4,49	8,30	8,45	1,70
1,75	2,70	10,53	12,90	0,82	4,13	4,50	8,31	8,45	1,75
1,80	2,66	10,65	12,95	0,80	4,13	4,50	8,31	8,45	1,80
1,85	2,63	10,77	13,00	0,78	4,14	4,50	8,32	8,45	1,85
1,90	2,59	10,90	13,06	0,76	4,15	4,50	8,32	8,45	1,90
1,95	2,56	11,02	13,11	0,74	4,16	4,50	8,33	8,45	1,95
2,00	2,52	11,14	13,16	0,72	4,17	4,50	8,33	8,45	2,00
> 2,00	2,52	12,50	13,16	0,72	4,17	4,50	8,33	8,45	> 2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$m = \mu \frac{p \ell^2}{100}$ p = carga uniforme ℓ = menor valor entre ℓ_a e ℓ_b									

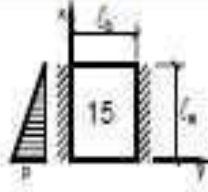
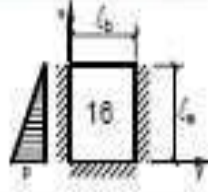
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.3e												
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME												
Tipo											Tipo	
	$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ_{yb}	μ_x	μ'_x	μ_y	μ_{yb}	μ'_y		μ'_{yb}
	< 0,30	-12,50	50,00	0,78	8,22	-12,50	50,00	2,11	8,67	14,56	37,00	< 0,30
	0,30	-7,33	43,08	0,78	8,22	-4,89	38,33	2,11	8,67	14,56	37,00	0,30
	0,35	-5,17	39,98	1,89	7,89	-2,57	33,08	3,18	9,74	14,84	35,53	0,35
	0,40	-3,00	36,87	3,00	9,56	-0,25	27,83	4,25	10,81	15,13	34,06	0,40
	0,45	-1,78	33,89	3,62	10,54	0,54	23,94	4,53	10,77	14,26	31,21	0,45
	0,50	-0,56	30,91	4,24	11,52	1,32	20,04	4,80	10,72	13,40	28,36	0,50
	0,55	0,25	28,02	4,82	11,82	1,62	17,40	4,86	9,99	12,48	25,26	0,55
	0,60	1,06	25,13	5,00	12,11	1,82	14,76	4,92	9,25	11,56	22,17	0,60
	0,65	1,47	22,90	5,25	12,12	1,91	12,91	4,68	8,55	10,81	19,63	0,65
	0,70	1,88	20,66	5,49	12,12	1,90	11,06	4,43	7,84	10,06	17,08	0,70
	0,75	2,06	18,84	5,61	11,81	1,82	9,86	4,14	7,15	9,42	15,17	0,75
	0,80	2,23	17,02	5,72	11,50	1,73	8,65	3,86	6,45	8,77	13,25	0,80
	0,85	2,26	15,59	5,66	11,05	1,64	7,78	3,59	5,86	8,19	11,87	0,85
	0,90	2,28	14,16	5,60	10,59	1,54	6,91	3,33	5,26	7,60	10,49	0,90
	0,95	2,25	12,99	5,48	10,07	1,40	6,25	3,11	4,81	7,12	9,50	0,95
	1,00	2,21	11,82	5,36	9,55	1,25	5,59	2,88	4,35	6,64	8,51	1,00
	1,05	2,33	11,91	5,72	9,91	1,25	5,59	2,98	4,37	6,82	8,50	1,05
	1,10	2,45	12,00	6,08	10,27	1,24	5,58	3,08	4,39	6,99	8,50	1,10
	1,15	2,57	12,08	6,44	10,62	1,24	5,58	3,18	4,41	7,17	8,49	1,15
	1,20	2,69	12,17	6,80	10,98	1,24	5,57	3,27	4,43	7,34	8,48	1,20
	1,25	2,67	12,20	7,09	11,20	1,20	5,57	3,34	4,44	7,44	8,48	1,25
	1,30	2,64	12,22	7,37	11,42	1,17	5,57	3,41	4,45	7,54	8,47	1,30
	1,35	2,62	12,25	7,55	11,64	1,14	5,57	3,49	4,46	7,64	8,47	1,35
	1,40	2,59	12,28	7,83	11,85	1,11	5,58	3,56	4,47	7,73	8,47	1,40
	1,45	2,57	12,31	8,22	12,07	1,09	5,58	3,63	4,48	7,83	8,46	1,45
	1,50	2,54	12,33	8,50	12,29	1,06	5,58	3,70	4,49	7,93	8,46	1,50
	1,55	2,56	12,35	8,68	12,37	1,04	5,58	3,74	4,49	7,97	8,46	1,55
	1,60	2,58	12,36	8,86	12,45	1,01	5,58	3,77	4,49	8,00	8,46	1,60
	1,65	2,59	12,38	9,04	12,53	0,99	5,57	3,81	4,49	8,04	8,46	1,65
	1,70	2,61	12,39	9,22	12,61	0,97	5,57	3,84	4,49	8,08	8,46	1,70
	1,75	2,63	12,41	9,41	12,68	0,95	5,57	3,88	4,50	8,12	8,46	1,75
	1,80	2,65	12,42	9,59	12,76	0,93	5,57	3,92	4,50	8,15	8,45	1,80
	1,85	2,67	12,44	9,76	12,84	0,91	5,57	3,95	4,50	8,19	8,45	1,85
	1,90	2,68	12,45	9,94	12,92	0,88	5,56	3,99	4,50	8,23	8,45	1,90
	1,95	2,70	12,47	10,13	13,00	0,86	5,56	4,02	4,50	8,26	8,45	1,95
	2,00	2,72	12,48	10,31	13,08	0,84	5,56	4,06	4,50	8,30	8,45	2,00
	> 2,00	2,72	12,48	12,50	13,08	0,84	5,56	4,17	4,50	8,33	8,45	> 2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.												
$m = \mu \frac{p \ell^2}{100}$												
p = carga uniforme												
ℓ = menor valor entre ℓ_a e ℓ_b												

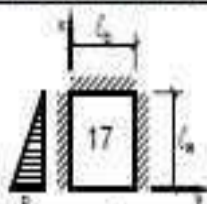
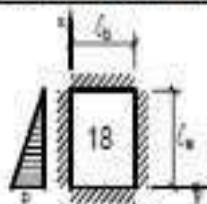
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.4a									
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR									
Tipo									Tipo
$\gamma = \frac{l_s}{l_b}$	μ_x	μ_y	μ_x	μ'_x	μ_y	μ_x	μ'_x	μ_y	$\gamma = \frac{l_s}{l_b}$
< 0,50	6,41	1,80	2,98	6,67	0,92	4,23	5,83	1,28	< 0,50
0,50	5,14	1,80	2,81	6,53	0,92	3,94	5,60	1,28	0,50
0,55	4,83	1,72	2,73	6,41	0,99	3,80	5,46	1,31	0,55
0,60	4,52	1,83	2,65	6,29	1,06	3,66	5,31	1,33	0,60
0,65	4,21	1,92	2,54	6,13	1,12	3,49	5,11	1,39	0,65
0,70	3,90	2,00	2,43	5,97	1,16	3,32	4,90	1,45	0,70
0,75	3,63	2,05	2,31	5,79	1,21	3,15	4,68	1,50	0,75
0,80	3,35	2,09	2,19	5,61	1,23	2,98	4,46	1,55	0,80
0,85	3,11	2,12	2,07	5,42	1,26	2,83	4,24	1,59	0,85
0,90	2,86	2,14	1,94	5,23	1,28	2,67	4,02	1,63	0,90
0,95	2,64	2,13	1,83	5,09	1,31	2,52	3,77	1,67	0,95
1,00	2,41	2,12	1,72	4,95	1,34	2,36	3,52	1,70	1,00
1,05	2,47	2,32	1,78	5,20	1,51	2,44	3,64	1,92	1,05
1,10	2,53	2,51	1,84	5,44	1,68	2,53	3,75	2,13	1,10
1,15	2,58	2,71	1,90	5,68	1,87	2,60	3,86	2,34	1,15
1,20	2,64	2,90	1,96	5,92	2,05	2,68	3,96	2,55	1,20
1,25	2,66	3,10	2,00	6,13	2,23	2,73	4,02	2,76	1,25
1,30	2,70	3,28	2,06	6,37	2,40	2,79	4,07	2,96	1,30
1,35	2,73	3,46	2,10	6,59	2,58	2,83	4,09	3,17	1,35
1,40	2,76	3,64	2,14	6,80	2,75	2,86	4,12	3,37	1,40
1,45	2,79	3,81	2,17	7,00	2,92	2,89	4,14	3,56	1,45
1,50	2,81	3,97	2,21	7,20	3,08	2,93	4,16	3,74	1,50
1,55	2,84	4,12	2,23	7,38	3,24	2,95	4,17	3,92	1,55
1,60	2,87	4,27	2,25	7,55	3,39	2,97	4,17	4,09	1,60
1,65	2,85	4,43	2,25	7,66	3,56	2,95	4,12	4,27	1,65
1,70	2,83	4,59	2,25	7,76	3,72	2,94	4,08	4,46	1,70
1,75	2,84	4,72	2,27	7,92	3,85	2,96	4,06	4,60	1,75
1,80	2,85	4,85	2,30	8,07	3,98	2,98	4,05	4,74	1,80
1,85	2,84	4,98	2,33	8,18	4,11	2,97	4,01	4,89	1,85
1,90	2,84	5,11	2,35	8,29	4,23	2,96	3,97	5,03	1,90
1,95	2,80	5,24	2,34	8,34	4,36	2,92	3,87	5,18	1,95
2,00	2,78	5,36	2,32	8,40	4,48	2,88	3,76	5,32	2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$m = \mu \frac{p \ell^2}{100}$		p = carga uniforme				ℓ = menor valor entre ℓ_x e ℓ_y			

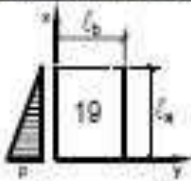
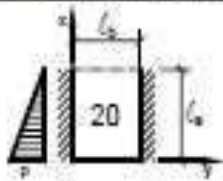
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.4b												
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR												
Tipo												Tipo
$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$	μ_x	μ'_{x1}	μ'_{x2}	μ_y	μ_x	μ_y	μ'_{y1}	μ_x	μ'_{x1}	μ_y	μ'_{y2}	$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$
< 0,50	2,15	5,00	3,33	0,68	6,41	1,80	6,12	2,98	6,67	0,96	3,60	< 0,50
0,50	2,13	5,12	3,36	0,68	4,42	1,80	6,12	2,59	6,14	0,96	3,60	0,50
0,55	2,11	5,09	3,35	0,73	3,97	1,87	5,87	2,43	5,90	0,93	3,59	0,55
0,60	2,08	5,06	3,33	0,78	3,52	1,94	5,61	2,27	5,65	0,89	3,58	0,60
0,65	2,04	5,00	3,29	0,83	3,15	1,96	5,42	2,10	5,35	1,03	3,53	0,65
0,70	1,99	4,93	3,24	0,88	2,78	1,98	5,22	1,92	5,05	1,16	3,47	0,70
0,75	1,93	4,83	3,17	0,92	2,52	1,94	4,99	1,75	4,75	1,21	3,38	0,75
0,80	1,87	4,72	3,09	0,95	2,26	1,89	4,75	1,57	4,45	1,25	3,28	0,80
0,85	1,81	4,64	3,00	0,97	2,08	1,83	4,49	1,45	4,47	1,24	3,17	0,85
0,90	1,74	4,56	2,90	0,99	1,86	1,77	4,23	1,33	3,89	1,23	3,06	0,90
0,95	1,67	4,44	2,79	1,00	1,69	1,69	3,99	1,22	3,65	1,21	2,96	0,95
1,00	1,60	4,32	2,67	1,01	1,51	1,62	3,75	1,11	3,40	1,19	2,85	1,00
1,05	1,70	4,64	2,81	1,18	1,52	1,72	3,89	1,13	3,50	1,29	3,03	1,05
1,10	1,79	4,96	2,94	1,34	1,54	1,81	4,02	1,15	3,60	1,38	3,20	1,10
1,15	1,87	5,23	3,03	1,51	1,55	1,89	4,14	1,15	3,69	1,47	3,36	1,15
1,20	1,94	5,50	3,15	1,67	1,56	1,97	4,26	1,16	3,78	1,54	3,51	1,20
1,25	2,02	5,75	3,23	1,84	1,53	2,04	4,38	1,16	3,84	1,61	3,66	1,25
1,30	2,06	6,05	3,31	2,02	1,52	2,10	4,46	1,17	3,94	1,67	3,78	1,30
1,35	2,11	6,33	3,35	2,21	1,50	2,17	4,57	1,18	3,99	1,73	3,92	1,35
1,40	2,15	6,61	3,39	2,39	1,47	2,23	4,67	1,19	4,05	1,79	4,05	1,40
1,45	2,18	6,82	3,45	2,56	1,46	2,28	4,75	1,20	4,11	1,84	4,16	1,45
1,50	2,21	7,04	3,51	2,72	1,44	2,32	4,82	1,21	4,18	1,90	4,27	1,50
1,55	2,22	7,21	3,56	2,88	1,42	2,36	4,94	1,22	4,22	1,96	4,36	1,55
1,60	2,23	7,37	3,61	3,03	1,41	2,40	5,06	1,23	4,27	2,02	4,46	1,60
1,65	2,22	7,49	3,63	3,20	1,37	2,44	5,15	1,23	4,30	2,08	4,55	1,65
1,70	2,22	7,60	3,64	3,37	1,33	2,47	5,23	1,23	4,33	2,13	4,63	1,70
1,75	2,24	7,77	3,68	3,51	1,31	2,49	5,32	1,25	4,38	2,18	4,69	1,75
1,80	2,27	7,94	3,73	3,66	1,30	2,51	5,41	1,26	4,44	2,23	4,75	1,80
1,85	2,29	8,08	3,74	3,81	1,26	2,53	5,49	1,26	4,48	2,28	4,81	1,85
1,90	2,31	8,23	3,75	3,95	1,23	2,54	5,57	1,26	4,51	2,33	4,86	1,90
1,95	2,30	8,32	3,74	4,10	1,17	2,56	5,65	1,25	4,50	2,38	4,92	1,95
2,00	2,28	8,40	3,72	4,24	1,12	2,58	5,72	1,24	4,48	2,43	4,98	2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.												
$m = \mu \frac{p l^2}{100}$ p = carga uniforme l = menor valor entre l_a e l_b												

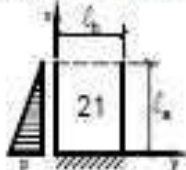
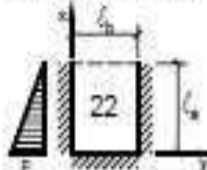
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.4c										
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR										
Tipo									Tipo	
$\gamma = \frac{\ell_a}{\ell_b}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	$\gamma = \frac{\ell_a}{\ell_b}$
< 0,50	4,23	5,83	1,16	4,84	2,15	5,00	3,33	0,80	2,92	< 0,50
0,50	3,62	5,12	1,16	4,84	2,07	4,94	3,23	0,80	2,92	0,50
0,55	3,38	4,83	1,23	4,81	1,99	4,84	3,16	0,79	2,95	0,55
0,60	3,13	4,53	1,31	4,58	1,91	4,74	3,08	0,78	2,97	0,60
0,65	2,90	4,18	1,39	4,53	1,81	4,59	2,93	0,80	2,98	0,65
0,70	2,67	3,82	1,47	4,47	1,70	4,44	2,78	0,82	2,98	0,70
0,75	2,47	3,48	1,52	4,33	1,62	4,26	2,62	0,87	2,94	0,75
0,80	2,27	3,13	1,56	4,19	1,53	4,08	2,45	0,92	2,91	0,80
0,85	2,08	2,84	1,55	4,02	1,44	3,89	2,28	0,97	2,89	0,85
0,90	1,88	2,55	1,54	3,85	1,34	3,70	2,11	1,01	2,86	0,90
0,95	1,72	2,30	1,52	3,73	1,24	3,50	1,94	1,02	2,78	0,95
1,00	1,55	2,05	1,49	3,61	1,14	3,30	1,76	1,03	2,70	1,00
1,05	1,58	1,99	1,60	3,75	1,17	3,43	1,75	1,14	2,90	1,05
1,10	1,60	1,93	1,71	3,89	1,20	3,56	1,75	1,25	3,09	1,10
1,15	1,60	1,90	1,80	4,03	1,21	3,66	1,73	1,34	3,28	1,15
1,20	1,59	1,86	1,89	4,18	1,22	3,76	1,73	1,42	3,43	1,20
1,25	1,58	1,80	1,98	4,32	1,20	3,83	1,69	1,51	3,59	1,25
1,30	1,57	1,76	2,05	4,46	1,22	3,92	1,67	1,58	3,74	1,30
1,35	1,56	1,69	2,12	4,61	1,21	3,98	1,63	1,66	3,90	1,35
1,40	1,55	1,63	2,19	4,75	1,20	4,04	1,59	1,74	4,05	1,40
1,45	1,55	1,58	2,25	4,87	1,21	4,11	1,56	1,81	4,17	1,45
1,50	1,55	1,54	2,30	4,98	1,22	4,18	1,53	1,88	4,28	1,50
1,55	1,55	1,49	2,35	5,08	1,22	4,22	1,49	1,95	4,38	1,55
1,60	1,55	1,43	2,40	5,18	1,23	4,27	1,45	2,01	4,48	1,60
1,65	1,54	1,38	2,44	5,28	1,23	4,30	1,40	2,07	4,56	1,65
1,70	1,53	1,33	2,49	5,38	1,23	4,33	1,35	2,13	4,65	1,70
1,75	1,53	1,31	2,51	5,47	1,25	4,38	1,33	2,17	4,71	1,75
1,80	1,52	1,30	2,53	5,55	1,26	4,44	1,30	2,21	4,77	1,80
1,85	1,48	1,26	2,56	5,64	1,26	4,48	1,26	2,25	4,83	1,85
1,90	1,44	1,23	2,58	5,73	1,26	4,51	1,23	2,29	4,88	1,90
1,95	1,40	1,17	2,61	5,82	1,25	4,50	1,15	2,33	4,94	1,95
2,00	1,36	1,12	2,63	5,91	1,24	4,48	1,08	2,37	5,00	2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.										
$m = \mu \frac{p \ell^2}{100}$			$p = \text{carga uniforme}$				$\ell = \text{menor valor entre } \ell_a \text{ e } \ell_b$			

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.4d									
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR									
Tipo									Tipo
$\gamma = \frac{\ell_x}{\ell_y}$	μ_x	μ_y	μ_{yb}	μ_x	μ_y	μ_{yb}	μ'_y	μ''_{yb}	$\gamma = \frac{\ell_x}{\ell_y}$
0,30	5,78	5,78	9,56	5,89	5,00	8,11	15,33	23,56	0,30
0,35	5,49	5,67	9,09	5,32	4,66	7,15	13,48	18,87	0,35
0,40	5,19	5,56	8,63	4,75	4,31	6,19	11,63	14,19	0,40
0,45	4,80	5,30	8,11	4,16	3,96	5,39	10,35	11,65	0,45
0,50	4,40	5,04	7,60	3,56	3,60	4,60	9,08	9,12	0,50
0,55	4,05	4,97	7,05	3,09	3,33	3,95	8,16	7,37	0,55
0,60	3,69	4,89	6,50	2,61	3,06	3,31	7,28	5,61	0,60
0,65	3,39	4,54	6,02	2,28	2,82	2,86	6,64	4,62	0,65
0,70	3,08	4,18	5,53	1,94	2,59	2,41	6,00	3,63	0,70
0,75	2,83	4,01	5,09	1,72	2,41	2,09	5,52	3,03	0,75
0,80	2,58	3,83	4,64	1,50	2,22	1,77	5,03	2,42	0,80
0,85	2,36	3,63	4,25	1,31	2,07	1,54	4,64	2,03	0,85
0,90	2,13	3,43	3,86	1,12	1,91	1,31	4,25	1,63	0,90
0,95	1,95	3,27	3,57	1,00	1,79	1,14	3,95	1,38	0,95
1,00	1,76	3,10	3,27	0,87	1,67	0,96	3,65	1,13	1,00
1,05	1,77	3,25	3,29	0,84	1,72	0,93	3,72	1,08	1,05
1,10	1,77	3,40	3,31	0,82	1,77	0,90	3,79	1,03	1,10
1,15	1,78	3,55	3,32	0,79	1,82	0,86	3,86	0,97	1,15
1,20	1,79	3,70	3,34	0,76	1,87	0,83	3,93	0,92	1,20
1,25	1,77	3,82	3,31	0,74	1,90	0,80	3,97	0,88	1,25
1,30	1,75	3,93	3,27	0,71	1,92	0,77	4,00	0,85	1,30
1,35	1,74	4,05	3,24	0,69	1,95	0,74	4,04	0,81	1,35
1,40	1,72	4,17	3,21	0,66	1,98	0,70	4,07	0,77	1,40
1,45	1,70	4,26	3,17	0,63	2,00	0,67	4,11	0,74	1,45
1,50	1,69	4,40	3,14	0,61	2,03	0,64	4,14	0,70	1,50
1,55	1,66	4,48	3,10	0,59	2,04	0,62	4,15	0,68	1,55
1,60	1,64	4,56	3,06	0,57	2,04	0,60	4,16	0,65	1,60
1,65	1,61	4,64	3,02	0,55	2,05	0,57	4,17	0,63	1,65
1,70	1,59	4,72	2,98	0,53	2,05	0,55	4,18	0,60	1,70
1,75	1,56	4,80	2,95	0,50	2,06	0,53	4,20	0,58	1,75
1,80	1,54	4,88	2,91	0,48	2,07	0,51	4,21	0,56	1,80
1,85	1,51	4,96	2,87	0,46	2,07	0,49	4,22	0,53	1,85
1,90	1,50	5,04	2,83	0,44	2,08	0,46	4,23	0,51	1,90
1,95	1,47	5,12	2,79	0,42	2,08	0,44	4,24	0,48	1,95
2,00	1,44	5,20	2,75	0,40	2,09	0,42	4,25	0,46	2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$m = \mu \frac{p \ell^2}{100}$ $p = \text{carga uniforme}$ $\ell = \text{menor valor entre } \ell_x \text{ e } \ell_y$									

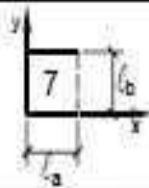
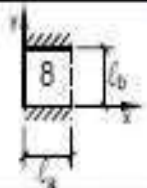
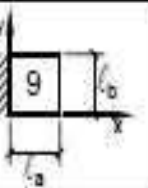
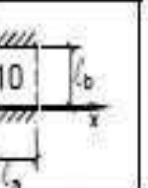
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.4e											
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR											
Tipo											Tipo
$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ_{yb}	μ_x	μ'_x	μ_y	μ_{yb}	μ'_y	μ'_{yb}	$\gamma = \frac{l_a}{l_b}$
< 0,30	-4,17	16,67	0,33	1,67	-4,17	16,67	0,78	2,67	5,33	9,22	< 0,30
0,30	-1,67	15,04	0,33	1,67	-0,89	13,69	0,78	2,67	5,33	9,22	0,30
0,35	-0,81	14,23	0,64	2,12	-0,32	12,58	1,05	2,83	5,14	8,71	0,35
0,40	0,06	13,42	0,94	2,56	0,25	11,47	1,31	3,00	4,94	8,19	0,40
0,45	0,49	12,50	1,17	2,82	0,53	10,32	1,42	2,86	4,81	7,25	0,45
0,50	0,92	11,58	1,40	3,08	0,80	9,16	1,52	2,72	4,68	6,23	0,50
0,55	1,10	10,81	1,58	3,24	0,97	8,22	1,58	2,51	4,56	5,47	0,55
0,60	1,28	10,03	1,75	3,39	1,14	7,28	1,64	2,31	4,44	4,61	0,60
0,65	1,37	9,34	1,86	3,35	1,18	6,47	1,65	2,09	4,28	3,98	0,65
0,70	1,45	8,64	1,96	3,31	1,22	5,65	1,65	1,88	4,12	3,35	0,70
0,75	1,48	8,05	2,01	3,22	1,22	5,09	1,64	1,71	3,94	2,89	0,75
0,80	1,50	7,46	2,07	3,13	1,22	4,53	1,63	1,55	3,77	2,44	0,80
0,85	1,47	7,01	2,05	2,98	1,16	4,22	1,55	1,39	3,56	2,07	0,85
0,90	1,43	6,55	2,03	2,83	1,10	3,90	1,47	1,22	3,36	1,70	0,90
0,95	1,39	6,15	2,00	2,67	1,01	3,68	1,38	1,09	3,18	1,45	0,95
1,00	1,35	5,74	1,97	2,51	0,91	3,45	1,29	0,95	3,01	1,19	1,00
1,05	1,40	5,93	2,14	2,60	0,90	3,52	1,34	0,92	3,13	1,14	1,05
1,10	1,45	6,12	2,31	2,70	0,89	3,50	1,39	0,89	3,24	1,10	1,10
1,15	1,49	6,30	2,48	2,79	0,88	3,67	1,43	0,85	3,36	1,05	1,15
1,20	1,54	6,49	2,65	2,88	0,86	3,74	1,48	0,82	3,47	1,00	1,20
1,25	1,57	6,65	2,78	2,88	0,83	3,80	1,52	0,79	3,53	0,96	1,25
1,30	1,59	6,80	2,95	2,88	0,80	3,86	1,55	0,76	3,59	0,91	1,30
1,35	1,61	6,96	3,10	2,88	0,77	3,92	1,59	0,73	3,65	0,87	1,35
1,40	1,64	7,11	3,24	2,88	0,74	3,98	1,62	0,69	3,70	0,83	1,40
1,45	1,66	7,27	3,39	2,88	0,71	4,04	1,66	0,66	3,76	0,78	1,45
1,50	1,69	7,43	3,54	2,88	0,68	4,10	1,69	0,63	3,82	0,74	1,50
1,55	1,68	7,53	3,65	2,86	0,66	4,13	1,72	0,61	3,85	0,71	1,55
1,60	1,67	7,64	3,76	2,84	0,64	4,17	1,75	0,59	3,88	0,68	1,60
1,65	1,66	7,74	3,87	2,82	0,62	4,21	1,76	0,56	3,91	0,66	1,65
1,70	1,65	7,85	3,98	2,80	0,60	4,25	1,78	0,54	3,94	0,63	1,70
1,75	1,64	7,95	4,09	2,78	0,58	4,29	1,80	0,52	3,97	0,60	1,75
1,80	1,64	8,06	4,19	2,75	0,56	4,33	1,82	0,50	4,00	0,57	1,80
1,85	1,63	8,16	4,30	2,73	0,54	4,37	1,84	0,48	4,03	0,54	1,85
1,90	1,62	8,27	4,41	2,71	0,52	4,40	1,87	0,45	4,06	0,52	1,90
1,95	1,61	8,38	4,52	2,69	0,50	4,44	1,89	0,43	4,09	0,49	1,95
2,00	1,60	8,48	4,63	2,67	0,48	4,48	1,91	0,41	4,12	0,46	2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.											
$m = \mu \frac{p \ell^2}{100}$ p = carga uniforme ℓ = menor valor entre ℓ_a e ℓ_b											

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.5a									
FLECHAS EM LAJES COM CARGA UNIFORME – VALORES DE α									
$\lambda = \frac{\ell_y}{\ell_x}$	Tipo de Laje								
	1	2A	2B	3	4A	4B	5A	5B	6
1,00	4,76	3,26	3,26	2,46	2,25	2,25	1,84	1,84	1,49
1,05	5,26	3,68	3,48	2,72	2,60	2,35	2,08	1,96	1,63
1,10	5,74	4,11	3,70	2,98	2,97	2,45	2,31	2,08	1,77
1,15	6,20	4,55	3,89	3,18	3,35	2,53	2,54	2,18	1,90
1,20	6,64	5,00	4,09	3,40	3,74	2,61	2,77	2,28	2,02
1,25	7,08	5,44	4,28	3,61	4,14	2,68	3,00	2,37	2,14
1,30	7,49	5,88	4,43	3,80	4,56	2,74	3,22	2,46	2,24
1,35	7,90	6,32	4,58	3,99	5,01	2,77	3,42	2,53	2,34
1,40	8,29	6,74	4,73	4,15	5,41	2,80	3,62	2,61	2,41
1,45	8,67	7,15	4,87	4,31	5,83	2,85	3,80	2,67	2,49
1,50	9,03	7,55	5,01	4,46	6,25	2,89	3,98	2,73	2,56
1,55	9,39	7,95	5,09	4,61	6,66	2,91	4,14	2,78	2,62
1,60	9,71	8,32	5,18	4,73	7,06	2,92	4,30	2,82	2,68
1,65	10,04	8,68	5,22	4,86	7,46	2,92	4,45	2,83	2,73
1,70	10,34	9,03	5,26	4,97	7,84	2,93	4,59	2,84	2,77
1,75	10,62	9,36	5,36	5,06	8,21	2,93	4,71	2,86	2,81
1,80	10,91	9,69	5,46	5,16	8,58	2,94	4,84	2,88	2,85
1,85	11,16	10,00	5,53	5,25	8,93	2,94	4,96	2,90	2,88
1,90	11,41	10,29	5,60	5,33	9,25	2,95	5,07	2,92	2,90
1,95	11,65	10,58	5,68	5,41	9,58	2,95	5,17	2,94	2,93
2,00	11,89	10,87	5,76	5,49	9,90	2,96	5,28	2,96	2,96
∞	15,63	15,63	6,50	6,50	15,63	3,13	6,50	3,13	3,13
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$\alpha_i = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{b}{12} \cdot \frac{p \ell_x^4}{E_c I}$									
b = largura da seção ℓ_x = menor vão E_c = módulo de elasticidade									
p = carga uniforme ℓ_y = maior vão I = momento de inércia									

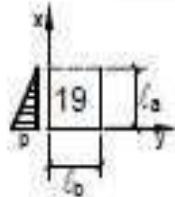
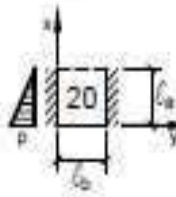
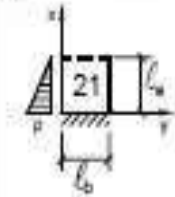
Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

Tabela 2.5b									
FLECHAS EM LAJES COM CARGA UNIFORME – VALORES DE α e α_B									
$\gamma = \frac{\ell_x}{\ell_y}$	Tipo								$\gamma = \frac{\ell_x}{\ell_y}$
									
	α	α_B	α	α_B	α	α_B	α	α_B	
< 0,30	-	-	-	-	53,13	150,00	53,13	150,00	< 0,30
0,30	215,71	412,59	134,64	231,63	41,98	110,02	37,84	97,00	0,30
0,35	163,97	309,59	95,26	164,37	37,48	96,70	31,85	78,05	0,35
0,40	122,22	206,59	55,88	97,11	32,98	83,37	25,85	59,09	0,40
0,45	88,76	160,99	41,73	71,35	29,06	71,81	20,89	46,71	0,45
0,50	65,29	115,39	27,58	45,59	25,14	59,85	16,13	34,33	0,50
0,55	52,96	92,40	21,35	34,38	22,12	51,42	13,22	27,07	0,55
0,60	40,63	69,40	15,11	23,16	19,09	42,98	10,31	19,81	0,60
0,65	33,58	56,48	12,07	18,03	16,80	37,00	8,53	15,96	0,65
0,70	26,52	43,56	9,03	12,89	14,50	31,01	6,74	12,11	0,70
0,75	22,14	35,64	7,41	10,31	12,79	26,67	5,63	9,82	0,75
0,80	17,75	27,71	5,78	7,73	11,08	22,33	4,52	7,53	0,80
0,85	15,23	23,54	4,82	6,32	9,78	19,25	3,84	6,19	0,85
0,90	12,71	19,37	3,86	4,90	8,47	16,16	3,15	4,84	0,90
0,95	10,92	16,48	3,26	4,08	7,49	13,96	2,71	4,04	0,95
1,00	9,13	13,58	2,66	3,25	6,50	11,76	2,26	3,24	1,00
1,05	9,46	13,85	2,71	3,26	6,91	12,19	2,34	3,26	1,05
1,10	9,79	14,11	2,76	3,28	7,32	12,60	2,42	3,27	1,10
1,15	10,12	14,38	2,81	3,29	7,72	13,01	2,49	3,29	1,15
1,20	10,45	14,64	2,86	3,30	8,13	13,46	2,57	3,30	1,20
1,25	10,69	14,77	2,88	3,31	8,46	13,72	2,61	3,31	1,25
1,30	10,93	14,91	2,90	3,31	8,80	13,97	2,64	3,31	1,30
1,35	11,18	15,04	2,93	3,32	9,13	14,23	2,68	3,32	1,35
1,40	11,42	15,17	2,95	3,33	9,46	14,48	2,71	3,33	1,40
1,45	11,66	15,31	2,97	3,33	9,80	14,74	2,75	3,33	1,45
1,50	11,90	15,44	2,99	3,34	10,13	14,99	2,78	3,34	1,50
1,55	12,04	15,50	3,00	3,34	10,35	15,09	2,79	3,34	1,55
1,60	12,18	15,55	3,00	3,34	10,57	15,19	2,80	3,34	1,60
1,65	12,31	15,61	3,01	3,35	10,79	15,29	2,81	3,35	1,65
1,70	12,45	15,66	3,01	3,35	11,01	15,39	2,82	3,35	1,70
1,75	12,59	15,72	3,02	3,35	12,23	15,50	2,83	3,35	1,75
1,80	12,73	15,78	3,02	3,35	11,44	15,60	2,84	3,35	1,80
1,85	12,87	15,83	3,03	3,35	11,66	15,70	2,85	3,35	1,85
1,90	13,00	15,89	3,03	3,36	11,88	15,80	2,86	3,36	1,90
1,95	13,14	15,94	3,04	3,36	12,10	15,90	2,87	3,36	1,95
2,00	13,28	16,00	3,04	3,36	12,32	16,00	2,88	3,36	2,00
∞	15,63	16,00	3,13	3,36	15,63	16,00	3,13	3,36	∞
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$\alpha = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{b}{12} \cdot \frac{p}{E_c I}$									
b = largura da seção ℓ_x = menor vão E_c = módulo de elasticidade									
p = carga uniforme ℓ_y = maior vão I = momento de inércia									

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.6a								
FLECHAS EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR – VALORES DE α								
$\gamma = \frac{\ell_y}{\ell_x}$	Tipo							
< 0,50	7,82	2,87	3,66	1,57	7,82	2,87	3,66	1,57
0,50	5,93	2,58	3,32	1,54	4,94	2,38	3,09	1,47
0,55	5,50	2,48	3,19	1,51	4,37	2,21	2,84	1,42
0,60	5,07	2,38	3,06	1,47	3,79	2,03	2,59	1,37
0,65	4,67	2,28	2,91	1,44	3,30	1,87	2,36	1,30
0,70	4,26	2,17	2,75	1,41	2,80	1,70	2,13	1,22
0,75	3,90	2,06	2,61	1,38	2,44	1,55	1,94	1,14
0,80	3,54	1,95	2,46	1,34	2,07	1,40	1,74	1,06
0,85	3,23	1,85	2,31	1,29	1,80	1,26	1,56	0,98
0,90	2,92	1,74	2,16	1,24	1,52	1,11	1,37	0,90
0,95	2,65	1,62	2,02	1,18	1,34	0,99	1,21	0,83
1,00	2,38	1,50	1,87	1,12	1,15	0,87	1,05	0,75
1,05	2,62	1,71	2,11	1,30	1,22	0,93	1,14	0,82
1,10	2,86	1,92	2,35	1,48	1,29	0,99	1,23	0,90
1,15	3,11	2,13	2,62	1,68	1,36	1,05	1,30	0,96
1,20	3,35	2,34	2,89	1,88	1,43	1,11	1,37	1,02
1,25	3,59	2,54	3,15	2,08	1,49	1,17	1,44	1,07
1,30	3,81	2,74	3,39	2,28	1,52	1,21	1,47	1,11
1,35	4,03	2,94	3,63	2,48	1,54	1,24	1,50	1,15
1,40	4,25	3,14	3,86	2,68	1,57	1,27	1,53	1,19
1,45	4,46	3,33	4,09	2,88	1,60	1,30	1,55	1,22
1,50	4,64	3,53	4,28	3,09	1,62	1,32	1,57	1,24
1,55	4,82	3,72	4,48	3,30	1,64	1,34	1,58	1,26
1,60	5,01	3,91	4,68	3,51	1,67	1,36	1,60	1,28
1,65	5,19	4,10	4,87	3,71	1,69	1,38	1,62	1,31
1,70	5,36	4,26	5,05	3,90	1,72	1,43	1,64	1,34
1,75	5,54	4,41	5,23	4,08	1,75	1,48	1,66	1,38
1,80	5,71	4,55	5,40	4,25	1,79	1,54	1,68	1,43
1,85	5,88	4,69	5,57	4,43	1,82	1,59	1,70	1,47
1,90	6,05	4,83	5,74	4,61	1,85	1,65	1,72	1,51
1,95	6,23	4,98	5,91	4,78	1,89	1,70	1,74	1,56
2,00	6,40	5,12	6,08	4,96	1,92	1,76	1,76	1,60
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.								
$\alpha = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{b}{12} \cdot \frac{p \ell_x^4}{E_c I}$								
b = largura da seção			ℓ_x = menor vão			E_c = módulo de elasticidade		
p = carga uniforme			ℓ_y = maior vão			I = momento de inércia		

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007

TABELA 2.6b									
FLECHAS EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR – VALORES DE α e α_H									
$\gamma = \frac{\ell_x}{\ell_y}$	Tipo								$\gamma = \frac{\ell_x}{\ell_y}$
									
	α	α_H	α	α_H	α	α_H	α	α_H	
< 0,30	-	-	-	-	15,31	40,00	15,31	40,00	< 0,30
0,30	73,83	123,05	46,33	75,28	13,03	30,40	11,58	24,61	0,30
0,35	57,30	95,65	33,24	52,53	11,33	26,42	9,46	19,18	0,35
0,40	40,77	68,25	20,15	29,77	9,62	22,44	7,33	13,74	0,40
0,45	32,30	53,08	15,33	21,92	8,75	19,38	6,01	11,00	0,45
0,50	23,83	37,90	10,51	14,07	7,88	16,32	4,69	8,25	0,50
0,55	19,38	30,04	8,47	10,66	7,06	14,13	4,11	6,71	0,55
0,60	14,93	22,17	6,42	7,24	6,24	11,94	3,53	5,16	0,60
0,65	12,45	18,00	5,19	5,58	5,52	10,15	3,09	4,05	0,65
0,70	9,96	13,82	3,96	3,91	4,79	8,35	2,64	2,93	0,70
0,75	8,45	11,31	3,27	3,02	4,29	7,17	2,28	2,31	0,75
0,80	6,93	8,79	2,58	2,12	3,78	5,98	1,92	1,69	0,80
0,85	6,01	7,28	2,17	1,65	3,38	5,13	1,62	1,36	0,85
0,90	5,08	5,77	1,75	1,18	2,97	4,27	1,32	1,02	0,90
0,95	4,37	4,86	1,49	0,93	2,66	3,67	1,14	0,82	0,95
1,00	3,65	3,94	1,23	0,67	2,34	3,06	0,95	0,62	1,00
1,05	3,83	3,96	1,26	0,64	2,55	3,16	1,01	0,60	1,05
1,10	4,02	3,98	1,28	0,62	2,76	3,26	1,08	0,58	1,10
1,15	4,20	4,00	1,31	0,59	2,96	3,36	1,14	0,56	1,15
1,20	4,38	4,02	1,33	0,56	3,17	3,46	1,20	0,54	1,20
1,25	4,52	3,98	1,35	0,53	3,34	3,46	1,23	0,52	1,25
1,30	4,66	3,95	1,36	0,51	3,51	3,45	1,26	0,50	1,30
1,35	4,80	3,91	1,38	0,48	3,68	3,45	1,29	0,47	1,35
1,40	4,94	3,87	1,39	0,46	3,86	3,45	1,31	0,45	1,40
1,45	5,07	3,84	1,41	0,43	4,03	3,44	1,34	0,43	1,45
1,50	5,21	3,80	1,42	0,41	4,20	3,44	1,37	0,41	1,50
1,55	5,31	3,76	1,42	0,40	4,34	3,42	1,38	0,40	1,55
1,60	5,42	3,71	1,42	0,39	4,48	3,39	1,38	0,39	1,60
1,65	5,52	3,67	1,43	0,38	4,62	3,37	1,39	0,38	1,65
1,70	5,62	3,62	1,43	0,37	4,76	3,34	1,40	0,37	1,70
1,75	5,73	3,58	1,43	0,36	4,90	3,32	1,41	0,36	1,75
1,80	5,83	3,54	1,43	0,35	5,04	3,30	1,41	0,35	1,80
1,85	5,93	3,49	1,43	0,35	5,18	3,27	1,42	0,35	1,85
1,90	6,03	3,45	1,44	0,34	5,32	3,25	1,43	0,34	1,90
1,95	6,14	3,40	1,44	0,33	5,46	3,22	1,43	0,33	1,95
2,00	6,24	3,36	1,44	0,32	5,60	3,20	1,44	0,32	2,00
Valores extraídos de BARES (1972) e adaptados por L.M. Pinheiro.									
$\alpha = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{b}{12} \cdot \frac{p \ell_x^4}{E_c I}$									
b = largura da seção ℓ_x = menor vão E_c = módulo de elasticidade									
p = carga uniforme ℓ_y = maior vão I = momento de inércia									

Fonte: Adaptado pinheiro, 2007