



GUILHERME DIAS DUARTE

HÉVERTON PEIXOTO NOGUEIRA

**PROJETO DE ENGENHARIA CIVIL E ESTRUTURAL DE UM SHOPPING GOURMET NA CIDADE
DE MURIAÉ - MG**

ITAPERUNA 2022

GUILHERME DIAS DUARTE
HEVERTON PEIXOTO NOGUEIRA

**PROJETO DE ENGENHARIA CIVIL E ESTRUTURAL DE UM
SHOPPING GOURMET NA CIDADE DE MURIAÉ - MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil ao Centro
Universitário Redentor.

Orientador: Arthur Almeida Tavares

ITAPERUNA
2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autores:Guilherme Dias Duarte

Héverton Peixoto Nogueira

Título:Projeto De Engenharia Civil E Estrutural De Um Shopping Gourmet Na Cidade De Muriaé - MG

Natureza:Trabalho De Conclusão De Curso

Objetivo:Titulo de Bacharel Em Engenharia Civil

Instituição:Centro Universitário Redentor

Área de Concentração:Curso de Graduação em Engenharia Civil

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

ALOIR DIAS DE ALMEIDA

Aloir Dias de Almeida Junior

JUNIOR:14698627788

2022.12.13 08:46:44 -03'00'

Aloir Dias Almeida Junior

Edyomar Vargas de O. Netto

Edyomar Vargas de Oliveira Netto

Arthur Almeida Tavares

Prof.

M.Sc. Arthur Almeida Tavares

Instituição: Centro Universitário Redentor

AGRADECIMENTOS

Obrigado Deus, por abençoar o nosso caminho durante esse trabalho. A fé que temos em ti alimentou nosso foco, nossas forças e nossa disciplina. Somos gratos pelas bênçãos que recaíram não só sobre nós, mas também sobre todos os amigos e familiares. Somos gratos a nossa família pelo apoio que sempre nos deram durante toda a trajetória.

Gostaríamos de agradecer também ao nosso orientador e a todos os professores do curso de Engenharia Civil, por sua dedicação e paciência.

Agradeço do fundo do nosso coração, a todos que de uma forma direta e indireta, contribuiu de alguma forma neste Trabalho de Conclusão de Curso, pois sem a ajuda de todos, este trabalho não se realizaria.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a elaboração do projeto da construção do Shopping Gourmet com três pavimentos na cidade de Muriaé em Minas Gerais, visando à melhoria na qualidade de vida da população trabalhadora de indústrias dos arredores. Contemplando os desenhos de Engenharia civil e estrutural, sendo o pavimento térreo o estacionamento, o pavimento superior contendo bares, restaurantes e lanchonetes no terceiro pavimento sala de cinema e área de lazer. Para a execução do projeto, foram utilizados os preceitos contidos nas normas ABNT/NBR, Leis Municipais e Federais, usando como referencial teórico os conhecimentos já adquiridos ao longo da graduação, artigos e livros publicados por autores consagrados em atividades de Engenharia civil, análise bibliométrica de artigos com mesmo segmento temático. As técnicas abordadas para realização dos desenhos de engenharia, cálculos estruturais e detalhamento de materiais foram adquiridos através da utilização dos Softwares Eberick, AutoCad e SketchUp. Tivemos resultados expressivos e também de complexidade alta na decorrência dos cálculos, porem obtivemos sucesso ao tomarmos as decisões efetivas para que o projeto tivesse êxito na simulação das gerações das cargas empregadas nas estruturas.

Palavras-chave: Projeto de construção, Estrutural, Detalhamento de materiais.

ABSTRACT

The objective of this course conclusion work is to elaborate a project for the construction of a Shopping Gourmet with three floors in the city of Muriaé, Minas Gerais, aiming to improve the quality of life of the working population of the surrounding industries. Contemplating the civil engineering and structural drawings, being the first floor the parking lot, the upper floor containing bars, restaurants, and snack bars, and the third floor the movie theater and leisure area. To execute the project, the precepts contained in the ABNT/NBR norms, Municipal and Federal Laws were used, using as theoretical reference the knowledge already acquired during the graduation, articles and books published by renowned authors in civil engineering activities, bibliometric analysis of articles with the same thematic segment. The techniques used to perform the engineering drawings, structural calculations and detailing of materials were acquired through the use of Eberick, AutoCad and SketchUp software. We had expressive results and also high complexity in the calculations, but we succeeded in making effective decisions so that the project was successful in simulating the generation of loads used in the structures.

Keywords: Construction Design, Structural, Material Detailing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: População Cidade Muriaé - MG	1
Figura 2: Proporcionalidade em todo setor shopping centers	4
Figura 3: Diagrama de Venn nas áreas de conhecimento	5
Figura 4: Custo de uma estrutura de concreto armado	7
Figura 5: Mistura para concreto	13
Figura 6: Barras de aço lisa e nervurada.....	17
Figura 7: Laje armada em uma direção e duas direções.....	19
Figura 8: Tipos de laje, quanto aos apoios	20
Figura 9: Caracterização das bordas de laje	20
Figura 10: Laje nervurada com (a) nervuras moldadas in loco e (b) nervuras pré-moldadas	22
Figura 11: Seção transversal de laje nervurada	22
Figura 12: Sistema de laje sem vigas.....	31
Figura 13: Afastamento frontal	35
Figura 14: Banheiro e lavabo acessível	37
Figura 15: Lanternin com Iluminação Zenital.....	38
Figura 16: Drywall com Isolamento Acústico	38
Figura 17: Blocos de fundações	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação ABRASCE de Empreendimento em Shopping Centers	3
Tabela 2: Resistência do concreto	13
Tabela 3: Peso específico do concreto.....	13
Tabela 4: Propriedades mecânicas exigíveis de barras para armadura de concreto	17
Tabela 5: Classe de agressividade ambiental	23
Tabela 6: Relação agressividade ambiental e cobrimento nominal	24
Tabela 7: Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede	30
Tabela 8: Dimensões mínimas para elevadores com entrada única ou duas entradas	36
Tabela 9: Número mínimo de sanitários acessíveis	37
Tabela 10: Resumo de materiais – 3º pavimento	39
Tabela 11: Resumo de materiais – 2º pavimento	39
Tabela 12: Resumo de materiais – 1º pavimento	40
Tabela 13: Resumo de materiais – cintamento	40
Tabela 14: Resumo de material - por bitola de aço e por elemento.....	40
Tabela 15: Resumo material - dos blocos de enchimento	41
Tabela 16: Resumo de material – concreto usinado	41
Tabela 17: Quantidade total de gastos de material	42
Tabela 18: Cargas nas fundações.....	42

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO GERAL.....	2
2.1 Objetivo específico	2
3 JUSTIFICATIVA	2
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
4.1 Bibliometria: conceito	4
4.2 Análise Bibliométrica	5
4.3 Estudo da Arte.....	6
4.3.1 Explicação do artigo 1	6
4.3.2 Explicação do artigo 2	8
4.3.3 Explicação do artigo 3	9
5 METODOLOGIA.....	11
5.1 Do Projeto de Engenharia Civil	11
5.2 Projetos estruturais em concreto armado.	12
5.2.1.Concreto	12
5.2.2 Resistência do concreto.....	13
5.2.3 Peso específico do concreto.....	13
5.2.4 Classificação do concreto.....	14
5.2.5 Resistência de tração do concreto.....	14
5.2.6 Resistência a compressão do concreto.....	14
5.2.7 Cura do concreto.....	15
5.3 Aço para armadura de concreto armado	16
5.4 Concreto armado	18
5.4.1 Resistência a deformação do concreto	18
5.5 Lajes.....	19
5.5.1 Lajes Nervuradas	21
5.5.2 Dimensionamento da laje nervurada.....	23
5.5.3 Seção transversal	23
5.6 Pilares	28
5.6.1 Armaduras Longitudinais	28
5.6.2 Armaduras transversais	29
5.6.3 Pilares-Parede	29
5.6.4 Dimensões mínimas do pilar	30

5.7 Capitel.....	30
5.8 Fundação	31
6 RESULTADOS ESPERADOS.....	33
7 RESULTADOS OBTIDOS	33
7.1 Projeto de engenharia civil.....	33
7.1.1 Área comum do Shopping Gourmet	34
7.1.2 Afastamento frontal	34
7.1.3 Afastamento lateral.....	35
7.1.4 Entrada principal saída e circulação de pedestres.....	35
7.1.5 Escadaria principal e de emergência	35
7.1.6 Estacionamento	35
7.1.7 Elevadores	36
7.1.8 Sanitários, banheiros e lavabo.....	36
7.2 Cobertura metálica.....	37
7.3 Projeto estrutural	38
7.4 Resumo dos materiais	39
7.5 Cargas nas fundações	42
7.6 Bloco de fundação.....	45
7.7 Estacas de fundação	45
8 CONCLUSÃO	46
9 REFÊRENCIA BIBLIOGRAFICA.....	47

1. INTRODUÇÃO

O estudo se baseia em uma elaboração de um projeto de um Shopping Gourmet na cidade de Muriaé em Minas Gerais. Com o aumento populacional iniciou-se na cidade de Muriaé uma ascensão da construção civil, tendo em vista a necessidade de exigências de algumas instituições como shoppings de compras, faculdades, lojas, clínicas, hospitais, pet shopping, entre outras.

Figura 1: População Cidade Muriaé - MG

População

População estimada [2021] 109.997 pessoas	
População no último censo [2010] 100.765 pessoas	>
Densidade demográfica [2010] 119,72 hab/km ²	>

Fonte: Cidades IBGE, 2022

Segundo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021), o município de Muriaé teve um crescimento populacional em dez anos de 100.765 habitantes para estimadas 109.997 pessoas até o final de 2021.

Diante do crescimento, veio a necessidade de atividades como lazer, alimentação e diversão, pensando na possibilidade de unir essas necessidades em um único local, desta forma, este trabalho tem como base de estudo a implementação de um shopping gourmet que possa suprir essas necessidades, além de atender a necessidade da população com conforto e comodidade.

Em 1947 a organização mundial de saúde (OMS), definiu saúde como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças” (SÁ JÚNIOR, 2004).

Contemplará no estudo, o projeto de engenharia civil do shopping gourmet, expondo algumas técnicas construtivas adequadas para esse tipo de edificação, tendo em vista também as estratégias de projeto que influenciam na qualidade e

desenvolvimento do empreendimento com foco nas estruturas de fundações, pilares, vigas e lajes.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é elaborar um projeto para construção de um Shopping Gourmet com área aproximada em torno de 9.999 m² (nove mil novecentos e noventa e nove metros quadrados), contando com três pavimentos, na cidade de Muriaé-MG. Para tanto, este trabalho contempla os projetos de engenharia civil e estrutural.

2.1 Objetivo específico

Projeto consta com a estrutura definida na seguinte forma: consiste de três (3) pavimentos, sendo o pavimento térreo, definido para estacionamento privativo com elevador para acessibilidade do empreendimento, escada de acesso, de acordo com as normas do bombeiro. Pavimento superior (segundo pavimento): bares, restaurantes, lanchonetes, pavimento superior (terceiro pavimento) sala de cinema e área de lazer.

1. Elaborar projeto de engenharia civil do Shopping Gourmet seguindo Código de Obras, Plano Diretor, Leis de Uso e Ocupação do Solo e de Posturas do Município de Muriaé-MG e as NBR's e DNIT (Departamento Nacional Infraestrutura de Transporte).
2. Elaborar e detalhar projeto estrutural das fundações (vigas, pilares, laje e bloco de fundação).
3. Utilizar tabelas e softwares, utilizado em toda a extensão da graduação de Engenharia Civil no Centro Universitário Redentor.

3 JUSTIFICATIVA

O trabalho proposto tem como motivação a elaboração de um empreendimento para um local que vem se desenvolvendo comercialmente, mas não se dispõe de locais para alimentação e descontração. Com a implementação de Shopping Gourmet a região se disponibilizará de uma ferramenta importantíssima, para valorização local e uma possibilidade de alavancar a vinda de novos empreendimentos na região, com tudo, propiciando para uma melhor qualidade de vida dos moradores e trabalhadores que por sua vez passam maior parte de seu

tempo na proximidade, gerando também empregos diretos e indiretos, desde sua construção ao seu funcionamento.

Mesmo diante das variações econômicas apresentadas nos últimos dois anos, que segue instável, devido ao colapso gerado por uma pandemia, nos quais nos assola aos dias atuais, a indústria nacional de shoppings vem crescendo e de maneira inversamente ao mercado macroeconômico apresentado no país.

Segundo a ABRASCE (Associação Brasileira de Shopping Center), até março de 2022, tem-se um total de 620 Shoppings em todo território nacional, sendo eles categorizados por: Tradicional ou Especializado, este que por sua vez se divide em três maneiras: *Outlet*, *Life Style* e *Temáticos*, a qual será enquadrado o Shopping Gourmet.

“A ABRASCE considera Shopping Center os empreendimentos com Área Bruta Locável (ABL), normalmente, superior a 5.000 m², formados por diversas unidades comerciais, com administração única e centralizada, que pratica aluguel fixo e percentual. Na maioria das vezes, dispõe de lojas âncoras e vagas de estacionamento compatível com a legislação da região onde está instalado.” (ABRASCE, 2022).

“A classificação atualizada foi aprovada pelo Conselho Deliberativo da associação em Dezembro de 2000, e sua aplicação é recomendada aos Shopping Centers em geral, como instrumento de aferição estatística e apoio gerencial.” (ABRASCE, 2022).

Tabela 1: Classificação ABRASCE de Empreendimento em Shopping Centers

Tipo	Porte	ABL
Tradicional	Mega	Acima de 60.000 m ²
	Regional	De 30.000 a 59.999 m ²
	Médios	De 20.000 a 29.999 m ²
	Pequenos	Até 19.999 m ²
Especializado <i>Podem ser do tipo Outlet, Life Style ou Temáticos</i>	Grandes	Acima de 20.000 m ²
	Médios	De 10.000 a 19.999 m ²
	Pequenos	Até 9.999 m ²

Fonte: Abrasce, online

O setor de shopping center vem apresentando muita importância dentro do cenário econômico do país, segundo a ABRASCE, 2021 fechou com cerca de 1,02 milhões de empregos no segmento, com um total de 397 milhões de visitantes por mês.

Figura 2: Proporcionalidade em todo setor shopping centers



Fonte: Abrasce, online

Desta forma, dada a significativa relevância do setor, gera-se o interesse pelo tema para a economia e desenvolvimento local, uma vez que na cidade de Muriaé-MG não existe atualmente um espaço com estrutura adequada destinado a esse fim. A motivação para o desenvolvimento do empreendimento, fixa na oportunidade de praticar todo aprendizado recebido ao longo da universidade, usando como parâmetro, para elaboração do estudo de viabilidade na entrega final do projeto.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Bibliometria: conceito

A bibliometria é uma análise de caráter quantitativo e estatístico, que possibilita mensurar e refinar os recursos bibliográficos relacionados ao tema de pesquisa em questão. Através de tais recursos as produções científicas são capazes de facilmente encontrar produções de outros autores sobre os mesmos temas, utilizando as pesquisas já publicadas de base para algo novo ou complementá-las (PIMENTA, 2017).

As técnicas de bibliometria vem se desenvolvendo ao longo da história e foi impulsionada pelos avanços tecnológicos, principalmente a partir do advento da internet, deste ponto em diante a acessibilidade a teses, livros, artigos de periódicos

e artigos de revistas científicas se difundiu rapidamente no meio acadêmico (PIMENTA, 2017).

A internet atualmente proporciona aos pesquisadores uma diversidade de ferramentas para a procura de conhecimento científico, dentre elas podemos citar como os principais sites de pesquisa acadêmica: *Web of Science*; *Scopus*; *Google Scholar*; *SCIELO*. (PIMENTA, 2017).

4.2 Análise Bibliométrica

Para este trabalho foi utilizado para análise bibliométrica o método do diagrama de Venn. Segundo Martins (2014), “dá-se o nome de diagrama de Venn a todo o diagrama que possibilita a visualização de propriedades e de relações entre um número finito de conjuntos”.

Os diagramas de Venn organizam os conjuntos delimitados por número ou gênero, e através de linhas fechadas, desenhadas sobre um plano, os conjuntos são representados em forma de diagrama, que expõe as interações entre os conjuntos (MARTINS, 2014).

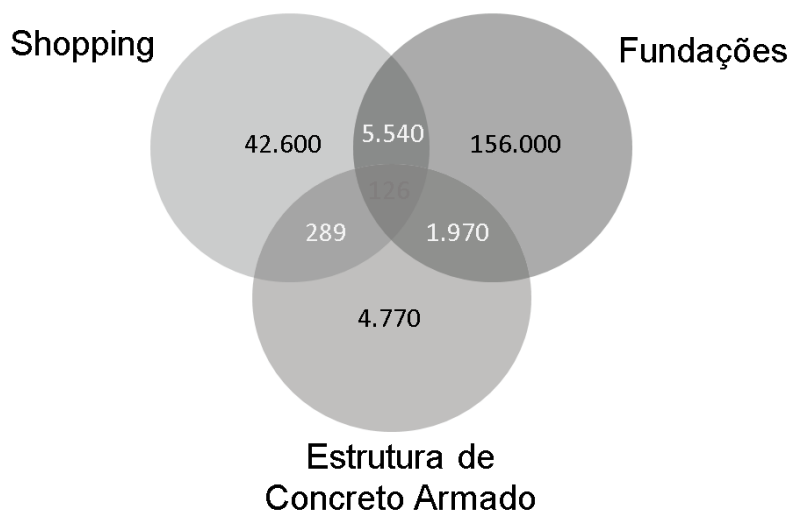
Para elaboração dos conjuntos foram estabelecidas 3 áreas de conhecimento, tais áreas são:

Área de conhecimento 1: Shopping

Área de conhecimento 2: Estrutura de concreto armado

Área de conhecimento 3: Fundações

Figura 3:Diagrama de Venn nas áreas de conhecimento



Fonte: Autores, 2022

Utilizando a ferramenta de pesquisa Google Acadêmico, estabelece a área de pesquisa mais abrangente: área de conhecimento 3: Fundações 156.000 artigos. E a

interseção entre as 3 áreas de conhecimento resultou em 126 artigos de interesse, alguns desses artigos foram objeto de estudo para auxílio da composição deste trabalho de conclusão de curso.

4.3 Estudo da Arte

Entre os artigos encontrados no diagrama de Venn, três artigos de suma importância foram estudados.

4.3.1 Explicação do artigo 1

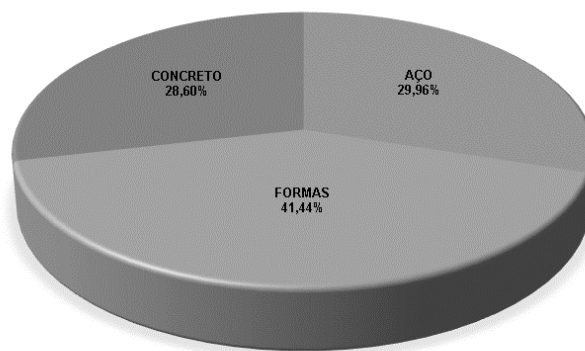
O artigo *ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADOS COM ESTRUTURAS MOLDADAS IN LOCO*, tem como objetivo uma abordagem de diferenciação entre as estruturas, pré-moldadas e a estrutura realizada em local de construção, com a obtenção de determinar qual a viabilidade econômica para obras.

Uma construção realizada com estrutura industrializada (pré-moldada), que por sua vez há grande vantagem em sua demanda de tempo em relação a finalização da obra, gerando condições de serviço, qualidade da obra e contribuição para o desenvolvimento sustentável. Monteiro, engenheiro responsável pela ampliação do aeroporto de Brasília diz que, a redução de tempo pode chegar de 50% a 60% do tempo de execução da estrutura no qual foi de suma importância para a realização da ampliação do terminal aeroportuário no Aeroporto Internacional de Brasília — Presidente Juscelino Kubitschek. Consegue também reduzir a quantidade de desvios durante a fabricação em comparação a concretagem in loco, redução da mão de obra, redução de erros durante a execução promovendo grande otimização de custos.

O ponto negativo de opção pela construção industrializada é referente ao custo de transporte, impostos gerados pela tributação brasileira, frete e pedágios, além da logística gerada por optar pela construção pré-moldada como mão de obra qualificada, aluguel de equipamentos, problemas gerados no canteiro de obras como espaço para trânsito de caminhões, guindastes e montagem da estrutura.

Já a utilização do sistema de construção de moldagem de vigas lajes pilares e fundações in loco, com uso de formas de madeira ou metálicas, demandam uma grande quantidade de fôrmas, elas possuem peso relevante no custo da obra, podendo chegar facilmente a metade dos custos de uma obra com concreto armado (MORIKAWA 2003).

Figura 4: Custo de uma estrutura de concreto armado



Fonte: Morikawa 2003

Uma obra sendo construída com concreto armado montado in loco, toda parte estrutural for executada dentro do canteiro, não optando por mão de obra de empresas terceirizadas, será composta de armadores para estarem preparando toda a ferragem que compõem os blocos de fundação, cintas, vigas, pilares e laje. Carpinteiros para executarem as fôrmas e escoramentos, além de pedreiros e ajudantes integrando a equipe para estarem auxiliando nas concretagens, execução da alvenaria, organização do canteiro e serviços afins. Concreto usinado, no qual agiliza o processo de concretagem, garante boa qualidade de produção e assegura as especificações exigidas em normas e projeto. É de grande valia observar que possíveis problemas poderão aparecer, devido ao transporte de concreto usinado acarretando indiretamente problemas a obra gerando custos adicionais, outros problemas como dificuldade de execução gerando gastos extras e não podendo ser repassado para o cliente.

O artigo estudado tem uma abordagem de comparação econômica para uma construção de um grupo hoteleiro, que orçou dois formatos de construção: *pré-moldada e estrutural in loco*, para a realização de um resort de 72.000m² (setenta e dois mil metros quadrados), A partir dos dados obtidos o orçamento, entre os dois sistemas construtivos, chega-se a uma diferença de 5,20 %, sendo o pré-fabricado,

custando no estudo de caso R\$ 3.038.131,50, contra o in loco que foram gastos R\$ 3.205.025,01, totalizando uma diferença de R\$ 166.893,51. Quanto o fator tempo, o método in loco gastou 8 meses e 10 dias, enquanto o pré-fabricado teve uma proposta de 4 meses para ter toda estrutura concluída, sendo 50% mais rápida.

4.3.2 Explicação do artigo 2

No artigo PRINCIPAIS TIPOS DE LAJE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, tem como objetivo realizar um comparativo entre as Lajes Pré-moldadas com lajota cerâmica, com EPS, Maciças, Alveolares e as Nervuradas por meio de cubetas, para que possam ser escolhidas levando-se em consideração todos os aspectos do processo executivo, além de contribuir para a redução de custos nas construções.

Com a importância da superestrutura da obra, a extrema preocupação em realizar todos os cálculos de carregamentos na mesma, torna-se por muitas das vezes preocupante, diante de tal preocupação, o discernimento de qual método usar para realização estrutural de uma obra é de suma importância, e cabe o engenheiro a escolha do mesmo, por sua vez, uma das escolhas fundamentais para a estruturação de uma edificação pode ser encontrada em lajes.

Na seleção das lajes o engenheiro se depara com inúmeros métodos construtivos laje pré-moldada, lajes maciças, lajes alveolares, laje nervuradas e protendidas, o processo executivo por sua vez consiste em etapas distintas entre os métodos, cada empreendimento, exige suas particularidades que irá distinguir o melhor método a ser utilizado, como localização geográfica, acesso, disponibilidade de recursos de equipamentos, custos, mão-de-obra qualificada, entre outras.

Segundo a Construtora Engemix (matéria da Engemix, publicado 20 de dez. de 2021) a laje maciça é a mais utilizada no Brasil. As lajes maciças podem ser de concreto armado ou de concreto protendido, são as mais comuns entre os diferentes tipos de laje. De modo geral, não são aplicadas em construções residenciais e outras construções de pequeno porte, pois nesses tipos de construção as lajes nervuradas pré-fabricadas apresentam vantagens nos aspectos custo e facilidade de construção (PINHEIRO; LIBÂNIO et al., 2003).

Seu processo executivo inicia-se pela montagem do escoramento, posteriormente as introduções das longarinas, instalação dos painéis que podem ser de material resinado, metálico ou plástico, aplicação do desmoldante para facilitar a remoção dos painéis após a cura total do concreto, montagem das instalações

elétricas se contemplada em projeto, nivelamento das formas para laje, montagem das armaduras e concretagem.

Vantagens do processo construtivo da laje maciça se dá com menor peso próprio, menor consumo de concreto, redução de formas, maior capacidade de vencer grandes vãos, maiores planos lisos sem vigas.

4.3.3 Explicação do artigo 3

O artigo *ARRANJOS DE ARMADURA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO*, *ELIANE FIORIN 1998*, tem como finalidade proferir a importância do detalhamento do arranjo de armadura nos elementos estruturais em lajes maciças e nervuradas, visando não somente ao comportamento estrutural, mas na praticabilidade na execução da obra.

O artigo estudado mostra os detalhamentos nas ligações em diversos elementos estruturais, como laje-viga, viga-viga, viga-pilar devido ao grande número de barras nesses pontos da estrutura. E esclarece a importância de um bom detalhamento de modo a facilitar a leitura para o executor ter uma melhor interpretação do projeto, não ficando dúvidas na execução.

Ao calcular as armaduras da estrutura, tem como intuito melhor segurança estrutural da construção e o artigo em estudo nos mostra uma grande escassez em artigos com técnica correta de armar, e viu a importância de preparar algo sobre.

Deve-se sempre atentar aos esforços solicitantes a que tal estrutura está submetida, descrevendo a área das armaduras positivas, negativas, transversais, espaçamento, espessura de barra, distribuição, estes arranjos podem ser em barras isoladas ou telas soldadas.

Para fazer a escolha do arranjo de armaduras mais adequado deve-se atentar a alguns critérios sendo eles, comportamento estrutural do elemento em relação a resistência, viabilidade de execução, economia de material e mão de obra.

Segundo a (ELIANE FIORIN-1998) com relação ao comportamento estrutural foram analisados aqueles arranjos os quais possuíam ensaios experimentais, justificando o seu comportamento diante dos modelos ensaiados. Este comportamento pode ser explicado como sendo colapso frágil, aberturas de fissuras com valores muito grandes para uma determinada ação de serviço ou deformações excessivas acima dos valores permitidos por normas.

Quando não foi possível analisar do ponto de vista do comportamento estrutural da peça, por falta de resultados experimentais, foi dada ênfase a viabilidade de execução do arranjo proposto, englobando, a facilidade de montagem, de posicionamento, de corte e dobra da armadura, além da facilidade de concretagem do elemento, pois não adianta a peça está armada corretamente se durante a concretagem o concreto não preenche os vazios entre as armaduras.

Com relação às dificuldades de execução, o critério de análise adotado também foi o econômico, onde analisou-se o trabalho da mão de obra, isto é, arranjos muito trabalhoso de ser executado, os quais exigem dispêndio de tempo e especialização, aumentando, portanto, o custo da obra, além daqueles arranjos os quais apresentam maior excesso de material, por fim, diante desse critério foi escolhido o arranjo mais conveniente, de acordo com a situação encontrada.

Nas lajes geralmente são utilizadas somente armaduras longitudinais pois as transversais podem ser dispensadas desde que a tensão convencional de cisalhamento esteja abaixo de um determinado valor limite no dimensionamento de peças do concreto armado, majoram-se os esforços, solicitantes e minoram-se as resistências dos materiais (aço e concreto), existem tabelas as quais em função do momento fletor e da espessura da laje, determinam uma área de armadura por unidade de largura (1m), num outro tipo de tabela conhecendo-se os mesmos parâmetros anteriores pode-se escolher o diâmetro e o espaçamento da armadura para que seja absorvido um determinado valor de momento fletor atuante na laje.

Neste trabalho são apresentados arranjos de armaduras para elementos estruturais de edifícios viga-pilar-laje, bem como alguns critérios de análise estrutural. O arranjo apresentado é amigável. Dentre os arranjos propostos, muitos deles já são comuns, mas alguns arranjos alternativos baseados em análises experimentais são propostos.

O detalhamento da armadura é consequência direta dos cálculos adotados, portanto, conclui-se que é importante o uso de métodos precisos para cálculos, de forma a garantir corretamente os resultados dos esforços solicitantes para garantir o correto posicionamento das armaduras nas estruturas.

Conclui-se que a armadura deve estar sempre baseada em ensaios, e devem levar em consideração não só as condições experimentais, mas as condições do canteiro de obra, pois lá que o arranjo de armadura será executado.

5 METODOLOGIA

Para execução dos projetos abordados nesse trabalho, foram utilizados os preceitos abordados nas Normas Técnicas abaixo relacionadas:

- ABNT/NBR 6118/2014– Projeto de estrutura de Concreto – Procedimento
- ABNT/NBR 6120/ 1980 - Cargas para o Cálculo de Estrutura de Edificações
- ABNT/NBR6122/1996 – Projeto e Execução de Fundações
- ABNT/NBR6484/2001 – Sondagem de Simples Reconhecimento De SPT- Método de Ensaio
- ABNT/NBR 6492/1994 –Representação de Projetos de Arquitetura
- ABNT/NBR 7480/1990 –Aço Destinado a Armaduras para Estruturas de Concreto Armado
- ABNT/NBR8681/2004 – Ações e Seguranças nas Estruturas - Procedimento
- ABNT/NBR9050/2015 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaço e Equipamentos Urbanos
- Lei 4173/2011 - Código de Obras Prefeitura Municipal de Muriaé - MG
- Lei 5441/2017 - Uso e Ocupação do Solo Urbano do Município de Muriaé - MG
- Lei 5915/2019 - Plano Diretor Município de Muriaé - MG
- Lei nº 13.913, de 25 de novembro de 2019do DNIT.

5.1 Do Projeto de Engenharia Civil

Para os parâmetros urbanísticos exigidos pelo município de Muriaé-MGserá utilizado o Código de Obras, Ocupação do Solo, Plano diretor, NBR 6492 e NBR 9050visando conforto e segurança dos usuários, e as diretrizes determinadas para garantir a correta execução do empreendimento.

O Desenho de Projeto será redigido diante as diretrizes das Leis e normas citadas no parágrafo acima, posteriormente encaminhados para aprovação ao setor de engenharia da Secretaria de Obras.

Com base nas informações básicas de que trata o Art. 5º do código de obras, deverá ser apresentado o projeto, em dois jogos completo em cópias heliográficas, sendo constituído dos seguintes elementos, no mínimo:

I - Planta cotada do terreno, na escala de 1:500 (um por quinhentos) com a indicação das divisas, dos lotes ou partes de lotes que o compõem, da situação em

relação aos logradouros públicos e à confluência com a rua mais próxima e das construções projetadas e/ou já existentes:

II - Planta cotada, na escala mínima de 1:100 (um por cem), de cada pavimento componente da edificação e de todas as dependências, subsolos, pilotis e sobrelojas e terraços;

III - elevação, na escala mínima de 1:50 (um por cinquenta), das fachadas, com a indicação do nivelamento do(s) logradouro(s) fronteiro(s);

IV - Elevação, na escala de 1:50 (um por cinquenta) do gradil de fechamento do terreno no alinhamento;

V - Cortes transversais e longitudinais do prédio e de suas dependências, devidamente cotados, na escala mínima de 1:50 (um por cinquenta), com a representação correspondente dos perfis do terreno;

VI - Diagrama de cobertura, na escala mínima de 1:100 (um por cem);

O alvará de construção terá validade de 1 (um) ano relativamente ao início das obras.

5.2 Projetos estruturais em concreto armado.

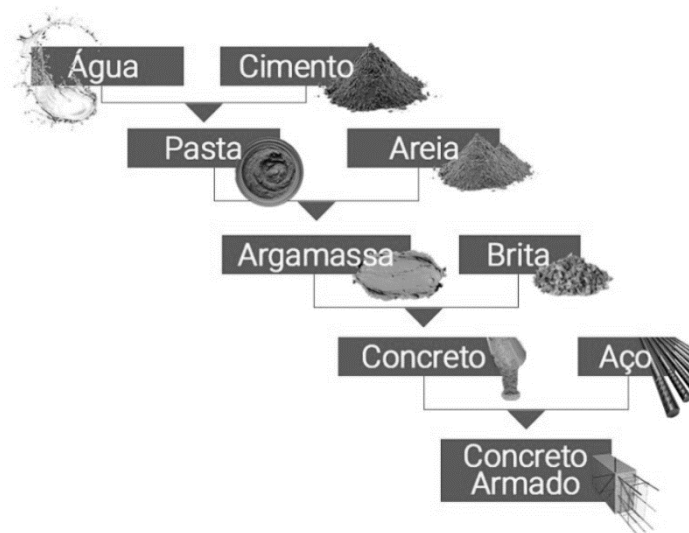
Na normatização da estrutura de concreto armado é utilizado a ABNT/NBR 6118/2014.

5.2.1. Concreto

De acordo com (TAVARES, 2018) o concreto é o material construtivo mais difundido no mundo, ele se destaca sendo um material de fácil trabalhabilidade, alto desempenho, baixo custo, obtenção de estruturas monolíticas, grande durabilidade (resistência ao fogo), maior resistência mecânica com a idade. A união de dois elementos o concreto simples e o aço dão-se o nome de concreto armado.

Concreto é uma mistura homogênea de cimento, água, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra).

Figura 5: Mistura para concreto



Fonte: Pré-fabricar, 2022

5.2.2 Resistência do concreto

De acordo com a ABNT/NBR 6118/2014 a resistência do concreto que podem ser usados no projeto estrutural pondera-se de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 2: Resistência do concreto

CLASSE DE RESISTÊNCIA	MÉDIA RESISTÊNCIA					ALTA RESISTÊNCIA					
	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C60	C70	C80	C90
E_{ci} (GPa)	25	28	31	33	35	38	40	42	43	45	47
MPa	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90

Fonte: ABNT/NBR 6118, 2014

5.2.3 Peso específico do concreto

Quanto ao peso específico do concreto estima-se de acordo com a tabela a seguinte tabela:

Tabela 3: Peso específico do concreto

CONCRETO	PESO ESPECÍFICO
LEVE (CL)	Menor que 2000 Kg/m³
NORMAL (C)	Entre 2000 e 2800Kg/m³
PESADO OU DENSO (CD)	Acima de 2800 Kg/m³

Fonte: ABNT/NBR 9778, 2015

Segundo (TAVARES, 2018), se a massa específica real do concreto utilizado, não for conhecido, utiliza-se valores pré-estabelecido pela norma vigente ABNT/NBR 6118/2014.

- **Concreto simples** – 2400 Kg/m³ = 24KN/m³
- **Concreto armado** – 2500 Kg/m³ = 25KN/m³

5.2.4 Classificação do concreto

A classificação do quanto ao tipo do concreto destina-se em três categorias:

Concreto simples o *Concreto simples* formado de um composto de cimento agregado miúdo, gráudo e água

Concreto magro com menor quantidade de cimento, mas com a mesma composição do concreto simples temos o *Concreto magro* destinado ao uso não estrutural.

Concreto armado *Concreto armado* também com a mesma composição do concreto simples, porém com a adição de aço a sua composição, destinado ao uso estrutural, por sua vez com função de suportar cargas de compressivas, tracionantes, flexoras, cisalhantes, torçoras e dinâmicas. (NEVILLE,2013)

5.2.5 Resistência de tração do concreto

De acordo com a ABNT/NBR 6118/2014 a resistência da tração direta f_{ct} pode ser considerada igual a $0,9 f_{ct,f}$ (resistência do concreto na tração na flexão) ou $0,7 f_{ct,f}$, ou na falta de ensaio de tração para obtenção de $f_{ct,sp}$ e $f_{ct,f}$, pode ser avaliado o seu médio ou característico por meio das seguintes equações:

$$f_{ctk,m} = 0,3 \sqrt[3]{f_{ck}} \quad (01)$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m} \quad (02)$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 f_{ct,m} \quad (03)$$

Onde:

$f_{ct,m}$ - Resistência característica média à tração

$f_{ctk,inf}$ - Resistência característica à tração inferior

$f_{ctk,sup}$ - Resistência característica à tração superior

5.2.6 Resistência a compressão do concreto

Como prescrito na norma ABNT/NBR 6118/2014 a resistência à compressão obtida em ensaios de corpos de prova cilíndricos, moldados segundo a ABNT/NBR

5738/2004 e rompidos como estabelece a ABNT/NBR 5739/2004. A evolução da resistência à compressão com a idade entre 7 e 28 dias, deve ser obtida por ensaios especialmente executados para tal.

No caso específico da resistência de cálculo do concreto (f_{cd}), alguns detalhes adicionais são necessários, conforme descrito a seguir:

- Quando a verificação se faz em data j igual ou superior a 28 dias, adota-se a expressão

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (04)$$

Onde:

F_{cd} = Resistência de cálculo a compressão

F_{ck} = Resistência característica à compressão

γ_c = Coeficiente de ponderação do concreto

5.2.7 Cura do concreto

Cura é o nome dado aos procedimentos utilizados para promover a hidratação do cimento e, com isso, o desenvolvimento da sua resistência. Os procedimentos de cura consistem em controle da temperatura e do movimento de água de dentro para fora concreto e vice-versa, que afetam não somente a resistência, mas também a durabilidade, (NEVILLE, 2013)

A cura do concreto nada mais é do que o conjunto de medidas que devem ser tomadas para evitar a evaporação da água de amassamento, essencial para a hidratação do cimento e utilizada na dosagem do concreto aplicado, quando a cura é feita de forma errada, o concreto pode sofrer redução de resistência e durabilidade, provocando fissuras e deixando a camada superficial fraca, porosa e permeável, vulnerável à entrada de substâncias agressivas soltas do meio ambiente. (CIMENTO MAUÁ, 2020)

A cura é a fase de secagem do concreto, como é conhecido em campo, é um processo onde se mantêm um teor de umidade controlado, evitando a evaporação da água de mistura (cura úmida), garantindo ainda, uma temperatura favorável ao

concreto durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes (cimento), de modo a desenvolver as propriedades desejadas no cálculo (TAVARES,2018).

Segundo (NEVILLE, 2013) relação entre resistência e maturidade para um concreto é conhecida e apresentada a seguir:

$$f_c = -33 + 21 \log M \quad (05)$$

$$M = \sum T \cdot \Delta t \quad (06)$$

Onde:

f_c = resistência do concreto em MPa

Δt = é o intervalo de tempo (normalmente em dias)

T = temperatura medida a partir da origem de -11°C , que é a temperatura em que o desenvolvimento de resistência cessa. Desse modo, para 30°C ,

$T=41^\circ\text{C}$.

5.3 Aço para armadura de concreto armado

Segundo (PARIZOTTO,2017) concreto armado é o material formado pela associação do concreto com armaduras (elementos de aço) inseridas em seu interior, sendo utilizado para construir estruturas sujeitas a diferentes tipos de esforços. Embora o concreto seja um material com elevada resistência à compressão, ele oferece baixa resistência à tração. O aço, por sua vez, cumpre a função de absorver os esforços de tração, servindo também para resistir às tensões de compressão. Dependendo do valor característico da resistência ao escoamento do aço (f_y), as barras são classificadas em duas categorias: CA-25 e CA-50. Os fios possuem apenas uma categoria: CA-60.

AÇO CA-25: São barras de superfície lisa, obtidas através da laminação a quente, é comercializado em barras retas ou dobradas de 12m, indo até a bitola de 12,5 mm, e em todas as bitolas o aço CA-25 tem a propriedade de ser soldável.

AÇO CA-50: é fabricando em barras nervuradas sendo que as nervuras têm de ser transversais oblíquas, o produto final é um aço com uma camada superficial com alta resistência ao escoamento e um núcleo de alta ductilidade.

AÇO CA-60: o aço CA-60 são caracterizados por terem alta resistência, tornando assim, possível a realização de estruturas mais leves, e pelos entalhes em seu comprimento, que proporcionam uma boa aderência aço-concreto, normalmente utilizados em lajes, tubos de concreto, lajes treliças.

A superfície das barras e dos fios de aço, dependendo da configuração (lisas, nervuradas ou entalhadas), influencia na capacidade de aderência entre o concreto e o aço, pois apresentam diferentes rugosidades.

Figura 6: Barras de aço lisa e nervurada



Fonte: Parrizotto, 2017

Segundo a ABNT NBR 7480:2007, as propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras de estruturas de concreto armado, são apresentados a seguir:

Tabela 4: Propriedades mecânicas exigíveis de barras para armadura de concreto

Categoria	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento a 180°		Aderência	
	Resistência característica de escoamento ^a	Limite de resistência	Alongamento após ruptura em 10 Ø ^c	Alongamento total na força máxima ^d	Diâmetro do pino		Coeficiente de conformação superficial mínimo	
	f_{yk}	f_{st}	A	A_{gt}	mm		η	
	Mpa ^e	Mpa ^f	%	%	Ø < 20	Ø ≥ 20	Ø > 10mm	Ø ≥ 10mm
CA-25	250	1,2 f_y	18	-	2 _Ø	4 _Ø	1,0	1,0
CA-50	500	1,08 f_y	8	5	3 _Ø	6 _Ø	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y ^c	5	-	5 _Ø	-	1,0	1,5

^a Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} da ABNT NBR 6118 obtido a partir do LE ou δ_u da ABNT NBR ISO 6892.
^b O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR ISO 6892).
^c Ø é o diâmetro nominal, conforme 3.4.
^d O alongamento deve ser atendido através do critério de alongamento após ruptura (a) ou alongamento total na força máxima (A_{gt}).
^e Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 Mpa = 0,1 kgf/mm².
^f f_{st} mínimo de 660 Mpa.

Fonte: ABNT/NBR 7480 2007

5.4 Concreto armado

De acordo com (PARIZOTTO, 2017) concreto armado pode ser idealizado como um material composto, constituído por concreto simples e barras de aço. Para resistir aos esforços solicitantes, estes dois materiais – concreto e aço – devem agir solidariamente e estar dispostos de maneira a utilizar as resistências próprias de cada um deles de modo otimizado.

Segundo (TEATINI, 2016) é o material estrutural constituído pela associação do concreto simples com uma armadura passiva, ambos resistindo solidariamente aos esforços a que a peça estiver submetida. As barras de aço incorporadas à peça de concreto são denominadas armadura passiva, quando seu objetivo é apenas de resistir às tensões provenientes das ações atuantes, sem introduzir nenhum esforço adicional à peça. Ou seja, as armaduras em peças de concreto armado só trabalham se houver solicitação. Por exemplo, enquanto uma viga estiver escorada e, portanto, sem atuação de cargas externas, as barras de aço não sofrem tensões, a não ser aquelas originadas pelo processo de endurecimento do concreto. A solidariedade entre os materiais é uma propriedade garantida pela aderência entre concreto e aço. O que assegura a existência do material concreto armado é não haver deslizamento ou escorregamento relativo entre ambos quando a peça é solicitada. Portanto, a solidariedade é uma condição básica para que o conjunto se comporte como uma peça monolítica; ou seja, é indispensável a aderência eficiente entre os materiais.

5.4.1 Resistência a deformação do concreto

Para o bom funcionamento à tração e à compressão dos elementos de concreto armado, além da aderência entre eles, é preciso avaliar a sua deformação quando submetidos aos esforços. Para limitar essas deformações e outros comportamentos que causem desconforto ao usuário ou até mesmo a sua ruptura, existem os estados limites.

A ABNT/NBR 8681/2004 define os estados limites como os estados a partir dos quais a estrutura apresenta um desempenho inadequado às finalidades do uso da construção. Esses estados limites são divididos em dois grupos:

Os estados limites últimos (ELU), que caracterizam o colapso da estrutura. Na ocorrência destes estados limites, pode ser determinada a paralisação, em todo ou em parte, da construção. Entre os estados limites últimos estão: a perda de

equilíbrio da estrutura; a ruptura ou deformação plástica excessiva dos materiais; a instabilidade por deformação ou dinâmica; e a transformação da estrutura, no todo ou em parte, em sistema hipostático.

Os estados limites de serviço (ELS), que são estados que devem ser respeitados para o uso normal da construção. Quando atingidos, são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura. Entre os estados limites de serviço estão: danos localizados que comprometam o aspecto estético ou a durabilidade da estrutura; deformações excessivas; vibrações excessivas; e a abertura de fissuras.

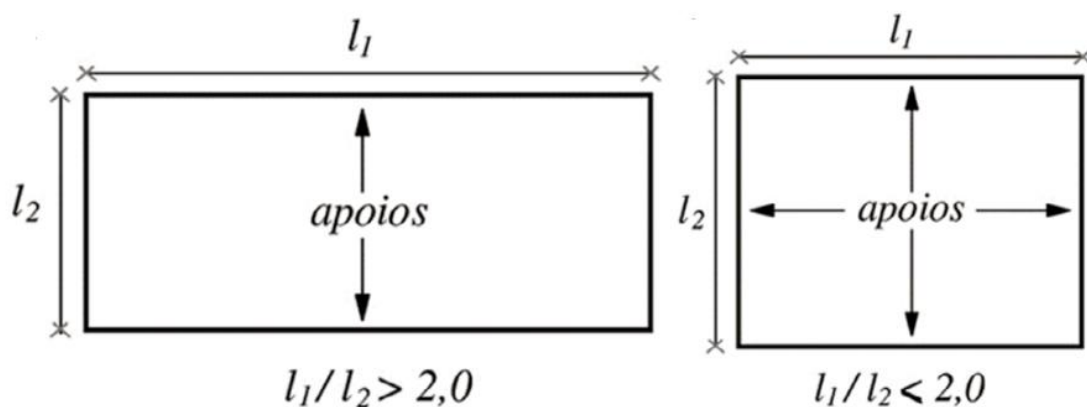
5.5 Lajes

De acordo com (PINHEIRO,2007) lajes podem ser classificadas quanto ao formato e, conseqüentemente, ao arranjo de cálculo em dois tipos:

Lajes armadas em uma direção - Nas lajes armadas em uma direção, uma das dimensões (l_1) da laje é maior que o dobro da outra dimensão (l_2), ou seja, $l_1/l_2 > 2,0$.

Lajes armadas em duas direções (ou lajes armadas em cruz) - A relação entre as dimensões é menor ou igual a 2,0, ou seja, $l_1/l_2 \leq 2,0$

Figura 7: Laje armada em uma direção e duas direções

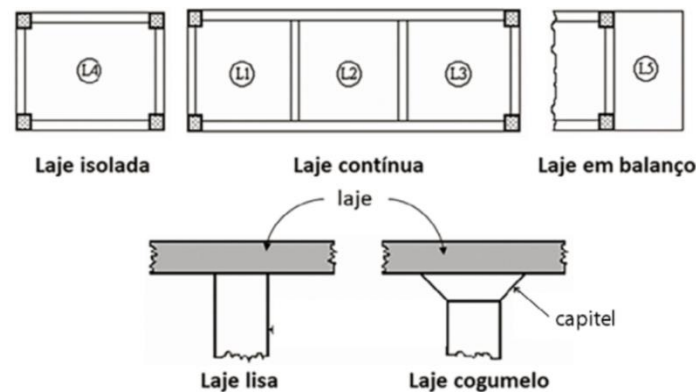


Fonte: Clímaco, 2016

Como as lajes são apoiadas em outros elementos estruturais, como vigas e pilares, deve-se também estudar os seus tipos de apoios nesses elementos, os quais podem ser: lajes isoladas, contínuas, em balanço (com bordo livre, devendo ser calculados os esforços gerados de torção nas vigas ou o momento torsor) e lajes cogumelo e lisas, segundo (GOTO 2017).

As lajes sustentadas por vigas em suas bordas usualmente são executadas em um único processo de concretagem, ao passo que as lajes cogumelo e lisas são apoiadas diretamente sobre pilares, sendo que nas sustentadas há um alargamento da região de transição pilar-laje, denominado de capitel, enquanto nas lisas as lajes são simplesmente apoiadas sobre os pilares (CLÍMACO, 2016).

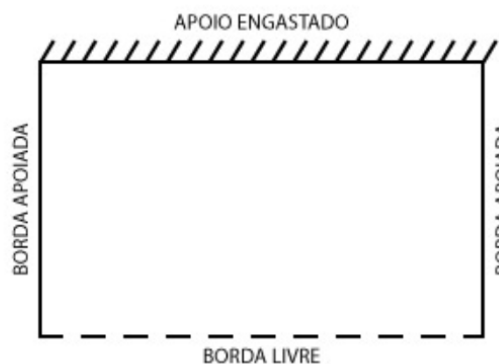
Figura 8: Tipos de laje, quanto aos apoios



Fonte: Adorna, Parizotto, Lazzari, Venturi, Reis, Ghisleni, Goto, Stein, 2021

A caracterização das bordas das lajes é outro ponto que deve ser analisado durante o dimensionamento. Dependendo da concepção estrutural adotada, as bordas podem ser do tipo engastadas, apoiadas ou livres. (ADORNA, PARIZOTTO, LAZZARI, VENTURI, REIS, GHISLENI, GOTO, STEIN, 2021).

Figura 9: Caracterização das bordas de laje



Fonte: Guia da Engenharia, online.

Segundo a NBR 6118/2014, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), as espessuras de lajes maciças de edifícios precisam respeitar os seguintes limites

mínimos:

- 7 cm para coberturas não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas;
- 16 cm para lajes lisas e 14cm para lajes cogumelo fora do capitel.

Em geral, define-se no começo do dimensionamento a espessura inicial das lajes, pois essa variável é necessária para calcular o seu peso próprio, que representa uma parcela significativa da carga total sobre a laje, e os demais elementos estruturais de uma edificação, junto com os revestimentos superior e inferior (CLÍMACO, 2016).

5.5.1 Lajes Nervuradas

Levando em consideração que o TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), se dispõe de uma estrutura composta somente de laje nervurada, não se fazendo necessário discorrer sobre outros tipos de laje.

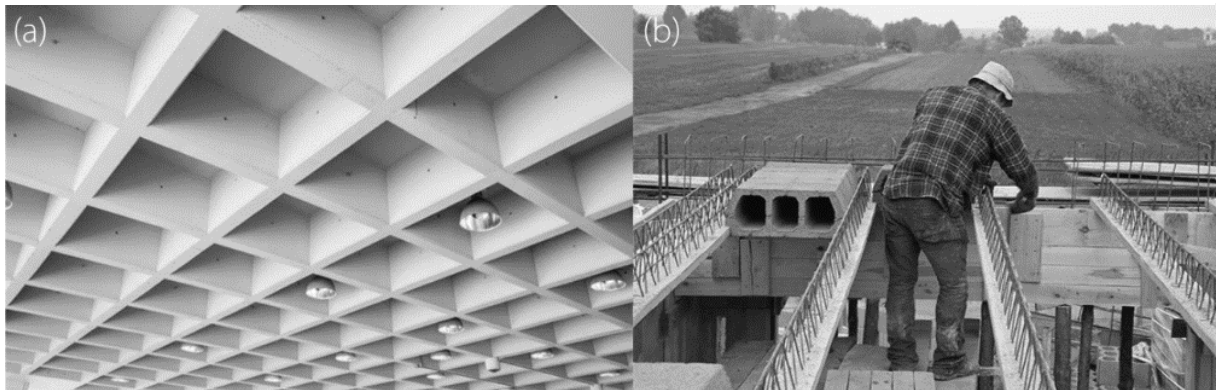
Nesse trabalho foi escolhido a laje nervurada pois a mesma nos disponibiliza maiores vãos entre pilares e consequentemente gerando menores consumos de recursos durante a execução do empreendimento.

As lajes nervuradas consistem em elementos planos e horizontais, cuja principal função é receber e transmitir os esforços provenientes do uso da edificação para os elementos de apoio, sejam vigas ou pilares (CARVALHO E PINHEIRO, 2009 apud ADORNA, PARIZOTTO, LAZZARI, VENTURI, REIS, GHISLENI, GOTO, STEIN, 2021).

Para fins de comparação, as lajes maciças são vantajosas quando executadas com vãos de até 7 m, enquanto as lajes nervuradas podem ser executadas com vãos de até 15 m (PORTO E FERNANDES, 2015 apud ADORNA, PARIZOTTO, LAZZARI, VENTURI, REIS, GHISLENI, GOTO, STEIN, 2021).

As lajes nervuradas podem ser moldadas *in loco* ou executadas com nervuras pré-moldadas, conforme estabelece a (ABNT/NBR 6118/2014).

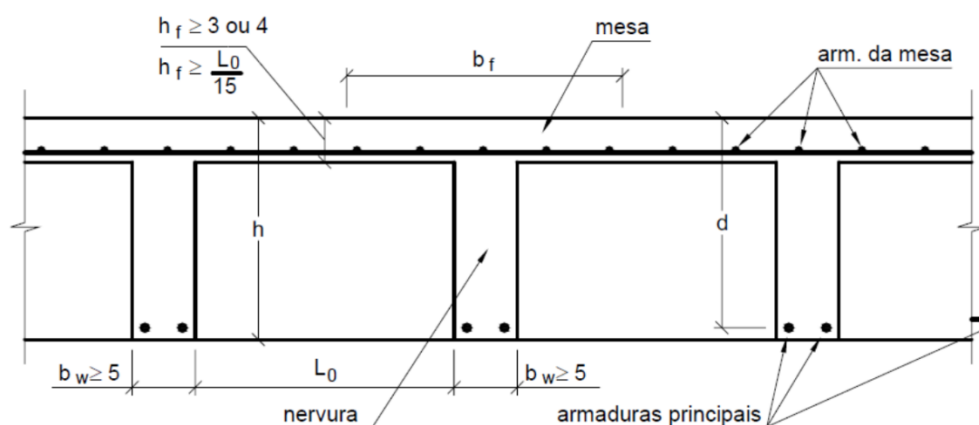
Figura 10: Laje nervurada com (a) nervuras moldadas *in loco* e (b) nervuras pré-moldadas



Fonte: ADORNA, PARIZOTTO, LAZZARI, VENTURI, REIS, GHISLENI, GOTO, STEIN, 2021

A denominação lajes nervuradas provém do fato de esse sistema estrutural ser composto por um conjunto de vigas ou vigotas, comumente conhecidas como nervuras. As nervuras são solidarizadas entre si por meio de uma capa de concreto, que constitui a mesa de uma seção T, vigas T são elementos estruturais lineares, cuja seção geométrica é composta por uma nervura de largura b_w , uma mesa com largura b_f , e espessura da mesa h_f .

Figura 11: Seção transversal de laje nervurada



Fonte: Adaptado da ABNT/NBR 6118/2014

- Quando não houver tubulação embutida, a espessura da mesa h_f deverá ser maior ou igual a $1/15$ da distância L_0 entre as nervuras e maior que 3cm.

- Quando houver tubulação embutida de diâmetro máximo de 12,5mm, a espessura da mesa h_f deverá ser maior que 4cm (ABNT/NBR 6118/2014)

5.5.2 Dimensionamento da laje nervurada

Quando a largura da nervura e o espaçamento entre eixos forem iguais em ambas as direções, a laje nervurada será dimensionada como laje maciça. Quando a largura da nervura e/ou o espaçamento entre eixos forem diferentes em ambas as direções, a laje nervurada será dimensionada por meio da Teoria de Grelhas. O dimensionamento por meio da Teoria de Grelhas, em função da sua complexidade, é realizado preferencialmente por meio de programas computacionais. Desse modo, serão apresentados, a seguir, os procedimentos de dimensionamento de lajes nervuradas por meio de uma analogia com laje maciça. (CARVALHO E FIGUEREDO FILHO, 2007 apud ADORNA, PARIZOTTO, LAZZARI, VENTURI, REIS, GHISLENI, GOTO, STEIN, 2021)

5.5.3 Seção transversal

De acordo com a ABNT/NBR 6118/2014 a escolha da seção transversal devemos considerar: A classe de agressividade ambiental; o cobrimento, as dimensões das cubas plásticas, para o nosso caso que é da laje moldada em in loco e presença de tubulações horizontais e embutidas na mesa de concreto.

Tabela 5: Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1) 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingo de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT/NBR 6118/2014

Tabela 6: Relação agressividade ambiental e cobrimento nominal

Relação entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para					
Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^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: Adaptada da ABNT/NBR6118/2014

Ação das cargas atuantes sobre a placa de modo a permitir que os esforços solicitantes sobre o elemento estrutural possam ser determinados. Essas principais cargas a serem consideradas são o peso próprio do elemento estrutural o peso próprio do revestimento da laje o peso próprio do material de enchimento quando houver e a sobrecarga de utilização. (ABNT/NBR 6120/2020).

Devemos calcular momentos máximos atuantes nas lajes positivos e negativos nas direções x e y são obtidos por meio da aplicação de tabelas de maneira análogo ao dimensionamento das Lajes maciças segundo (CARVALHO E PINHEIRO 2009).

- Segundo Bares 1972, adaptado por Pinheiro 2007, o parâmetro de cálculo tabelado, será utilizado juntamente com a seguinte formulação:

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} \quad (07)$$

Onde:

λ = Parâmetro da geometria da laje, uma ou duas direções (Tabela de Bares).

l_y = Maior dimensão da superfície da placa.

l_x = Menor dimensão da superfície da placa.

- **Momento positivo na direção x**

$$m_x = \mu_x \cdot \frac{p \cdot l_x^2}{100} \quad (08)$$

- **Momento negativo na direção x**

$$m'_x = \mu'_x \cdot \frac{p \cdot l_x^2}{100} \quad (09)$$

- **Momento positivo na direção y**

$$m_y = \mu_y \cdot \frac{p \cdot l_y^2}{100} \quad (10)$$

- **Momento negativo na direção y**

$$m'_y = \mu'_y \cdot \frac{p \cdot l_y^2}{100} \quad (11)$$

Onde:

m_x, m_y = momento fletor máximo positivo

m'_x, m'_y = momento fletor máximo negativo

μ_x, μ_y = coeficiente fornecidos pela Tabela de Bares

μ'_x, μ'_y = coeficientes fornecidos pela Tabela de Bares

- **Aplicação do critério de Hahn: coeficiente de correção empregado nos momentos máximos:**

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{5}{6} \cdot \frac{\varepsilon^2}{1 + \varepsilon^4} \right)} \quad (12)$$

$$m_{xx} = m_x \cdot \delta = \quad (13)$$

$$m_{yy} = m_y \cdot \delta = \quad (14)$$

Onde:

δ = Coeficiente de correção

ε^2 = relação entre $1 / \lambda$

m_{xx} = coeficiente de correção de máximo momento fletor em x

m_{yy} = coeficiente de correção de máximo momento fletor em y

○ **Determinação da largura da mesa:**

Direção X e Y

$$b_1 \leq 0,10 . a \quad (15)$$

$$b_1 \leq 0,50 . b_2 \quad (16)$$

$$b_f = b_w + 2 . b_1 \quad (17)$$

Onde:

b_f = Largura da mesa de concreto

b_w = Largura da nervura

b_2 = Largura entre faces da nervura

a = L_x , menor lado da seção geométrica da laje

b_1 = Altura da forma

○ **Cálculo dos momentos máximos por nervura:**

$$M_x = m_{xx} . b_f \quad (18)$$

$$M_y = m_{yy} . b_f \quad (19)$$

Onde:

Devem ser considerados os valores já corrigidos pelo critério de Hahn($m_{xx}m_{yy}$).

- **Determinação do adimensional KMD:**

$$KMD = \frac{M_d}{b_f \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (20)$$

Como a seção transversal é simétrica em ambas as direções, será empregado o valor mais alto de momento obtido, de modo a uniformizar a armadura em toda a estrutura

Onde:

M_d = Momento máximo, já calculado pelo método de Hahn.

d^2 = Espessura da laje

f_{cd} = Resistência de cálculo a compressão do concreto.

- **Determinação dos adimensionais KX e KZ:**

Determinações encontradas na Tabela de Dimensionamento de Seção Retangular com Diagrama Retangular de Acordo com a NBR 6118

- **Determinação da Linha Neutra (x):**

$$x = kx \cdot d \quad (21)$$

Onde:

x = linha neutra

- **Cálculo da área da armadura (A_s):**

$$A_s = \frac{M_d}{KZ \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (22)$$

Onde:

f_{yd} = Tensão de escoamento de cálculo da armadura

- **Determinação do número de barras (n):**

$$n = \frac{A_s}{A_\varphi} \quad (23)$$

Onde:

A_s = Área de aço

A_φ = Diâmetro das barras

5.6 Pilares

Pilares são “Elementos lineares de eixo reto, usualmente disposto na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.” (NBR 6118/2014, item 14.4.1.2).

Ainda de acordo com a NBR 6118/2014, as exigências que seguem referem-se aos pilares cuja maior dimensão da seção transversal não exceda cinco vezes a menor dimensão, e não são válidas para as regiões especiais. Quando a primeira condição não for satisfeita, o pilar deve ser tratado como pilar-parede.

5.6.1 Armaduras Longitudinais

As armaduras longitudinais que compõem os pilares, segundo a NBR 6118 não podem ter bitola inferior a 10mm e nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal, além deste, deve respeitar também:

Valores mínimos:

$$A_{s,min} = (0,15 N_d/f_{yd}) \geq 0,004 A_c \quad (24)$$

Valores máximos:

$$A_{s,máx} = 0,08 A_c \quad (25)$$

A NBR 6118 afirma ainda que a armadura máxima permitida em pilares deve considerar inclusive a sobreposição de armadura existente em regiões de emenda, devendo ser também respeitado o espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, fora da região de emendas, deve ser igual ou superior ao maior dos seguintes valores:

- 20 mm;
- Diâmetro da barra, do feixe ou da luva;
- 1,2 vez a dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- Para feixes de barras, deve-se considerar o diâmetro do feixe: $\phi_n = \phi\sqrt{n}$

5.6.2 Armaduras transversais

Na NBR 6114 2014 os pilares ainda são compostos das armaduras transversais esta conhecida como estribo, e quando for o caso, por grampos suplementares, deve ser colocada em toda a altura do pilar, sendo obrigatória sua colocação na região de cruzamento com vigas e lajes.

- O diâmetro dos estribos em pilares não pode ser inferior a 5 mm;
- Não pode ser inferior a 1/4 do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente do feixe que constitui a armadura longitudinal.

O espaçamento longitudinal entre estribos, medido na direção do eixo do pilar, para garantir o posicionamento, impedir a flambagem das barras longitudinais e garantir a costura das emendas de barras longitudinais nos pilares usuais, deve ser igual ou inferior ao menor dos seguintes valores:

- 200 mm;
- Menor dimensão da seção;
- 24 ϕ para CA-25, 12 ϕ para CA-50.
- Pode ser adotado o valor $\phi_t < \phi/4$, desde que as armaduras sejam constituídas do mesmo tipo de aço e o espaçamento respeite também a limitação:

$$S_{\max} = 9000 \left(\frac{\phi_t^2}{\phi} \right) \frac{1}{f_{yk}}, \text{ com } f_{yk} \text{ em megapascal} \quad (26)$$

5.6.3 Pilares-Parede

No caso de pilares cuja maior dimensão da seção transversal exceda em cinco vezes a menor dimensão, além das exigências constantes nesta subseção item 5.6, deve também ser atendido os esforços solicitantes na direção transversal decorrentes de efeitos de 1ª e 2ª ordens, em especial dos efeitos de 2ª ordem localizados. A armadura transversal de pilares-parede deve respeitar a armadura mínima de flexão de placas, se essa flexão e a armadura correspondente forem

calculadas. Caso contrário, a armadura transversal por metro de face deve respeitar o mínimo de 25 % da armadura longitudinal por metro da maior face da lâmina considerada. (ABNT NBR 6118 2014)

5.6.4 Dimensões mínimas do pilar

A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm.

Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional γ_n , de acordo com o indicado na Tabela 7.

Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm².

Tabela 7: Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
onde: $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b;$ b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm)						

Fonte: ABNT 6118/2014

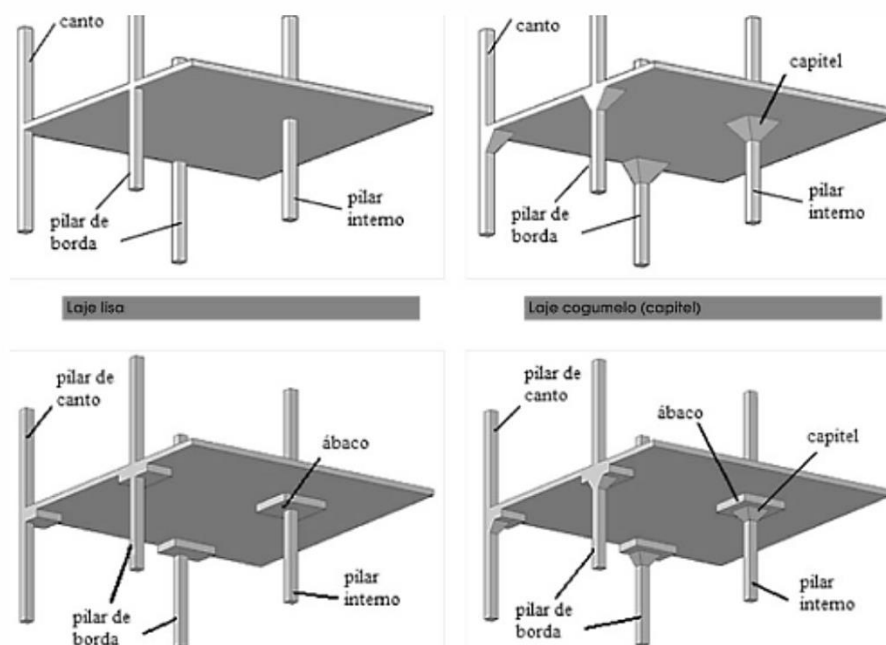
5.7 Capitel

Lajes lisas se distinguem das lajes convencionais por se apoiarem diretamente sobre os pilares, não sendo utilizadas vigas, o que facilita a execução, podendo gerar ganhos econômicos com a redução do custo com a mão-de-obra. Uma das desvantagens desse tipo de estrutura é a possibilidade da ocorrência da punção, ruptura por cisalhamento que acontece de forma frágil e que pode levar a estrutura à ruína através do colapso progressivo. Para melhorar a ductilidade e aumentar a capacidade resistente da ligação laje-pilar deste tipo de elemento estrutural o projetista estrutural possui várias opções, como o uso de armaduras de cisalhamento, cada vez mais eficientes, podendo ainda aumentar a altura útil na

região da ligação através de ábacos ou capitéis, mudando o nome do sistema para lajes cogumelo.

Na Figura 12 são mostradas algumas das possibilidades para ligações laje-pilar com destaque para o uso de ábacos ou capitéis, que tem como objetivo reduzir a tensão cisalhante na ligação, o que aumenta a capacidade resistente à punção, podendo aumentar ainda a ductilidade à medida que a resistência à punção se aproxima da resistência à flexão da laje. (LIMA NETO, 2012)

Figura 12: Sistema de laje sem vigas



Fonte: LIMA NETO, 2012

5.8 Fundação

Devido à complexidade para o dimensionamento de um elemento de fundação, com relação à distribuição dos esforços que a estrutura do empreendimento transmite para a fundação e posteriormente distribui esses esforços para o solo, é necessário finalizar as etapas iniciais de projeto de engenharia civil e estudo do solo para obter os resultados e por fim a conclusão e escolha mais apropriada da fundação para o empreendimento em estudo.

De acordo com a NBR 6122/1996, temos várias definições para fundações, são elas:

Fundação superficial (ou rasa ou direta): Elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob

a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Sapata: Elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura. Pode possuir espessura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal.

Bloco: Elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Pode ter suas faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar normalmente em planta seção quadrada ou retangular.

Radier: Elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos (por exemplo: tanques, depósitos, silos, etc.)

Sapata associada (ou radier parcial): Sapata comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estejam situados em um mesmo alinhamento.

Viga de fundação: Elemento de fundação superficial comum a vários pilares, cujos centros, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento.

Sapata corrida: Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente.

Fundação profunda: Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3m, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões.

Estaca: Elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in situ ou mistos.

Tubulão: Elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou

sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado.

6 RESULTADOS ESPERADOS

O trabalho proposto terá como objetivo a elaboração do projeto de engenharia civil e elaboração e detalhamento do cálculo estrutural de um Shopping Gourmet, a fim de esmerar nossos conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Civil em projetar, calcular, e utilizar softwares pertinentes ao setor da construção civil, com o propósito de melhoria na qualidade para entrega dos projetos.

7 RESULTADOS OBTIDOS

Nesta etapa são considerados os resultados alcançados em cada um dos objetivos destacados, com apresentação e descrição de cada projeto elaborado.

7.1 Projeto de engenharia civil

No projeto de engenharia civil do Shopping Gourmet na cidade de Muriaé, com o terreno localizado na Rua Prefeito Francisco Teodoro Filho nº 4487, Distrito de Vermelho Muriaé, no Estado de Minas Gerais. O projeto seguiu as recomendações (Lei 4173/2011) Código de Obras Prefeitura Municipal de Muriaé, (Lei 5441/2017) Uso e Ocupação do Solo Urbano do Município de Muriaé, (Lei 5915/2019) Plano Diretor Município de Muriaé, Lei nº 13.913, de 25 de novembro de 2019 do DNIT, seguiu também as especificações da (NBR 9050/2015) Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaço e Equipamentos Urbanos.

Foram elaborados desenhos técnicos junto a sua escala mínima, sendo requisitados pelo Código de Obras do município de Muriaé- MG, tais como:

- Planta baixa – térreo, segundo, terceiro pavimento (escala: 1:100);
- Corte transversal (escala: 1:75);
- Corte Longitudinal (escala: 1:100);
- Planta situação (escala: 1:150);
- Planta de Implantação (escala: 1:150);
- Planta de cobertura (escala: 1:150);
- Fachada (escala: 1:75).

O terreno possui uma área total de 6.179,33m², com área construída no pavimento térreo/estacionamento no total de 4.033,00m², área construída no

segundo pavimento (2º) no total de 2.850,00m² e com área construída no terceiro pavimento (3º) no total de 2.741,40m², no total acumulado de 9.624,40m² de área construída. Logo apresenta uma taxa de ocupação do terreno de 65,26%.

7.1.1 Área comum do Shopping Gourmet

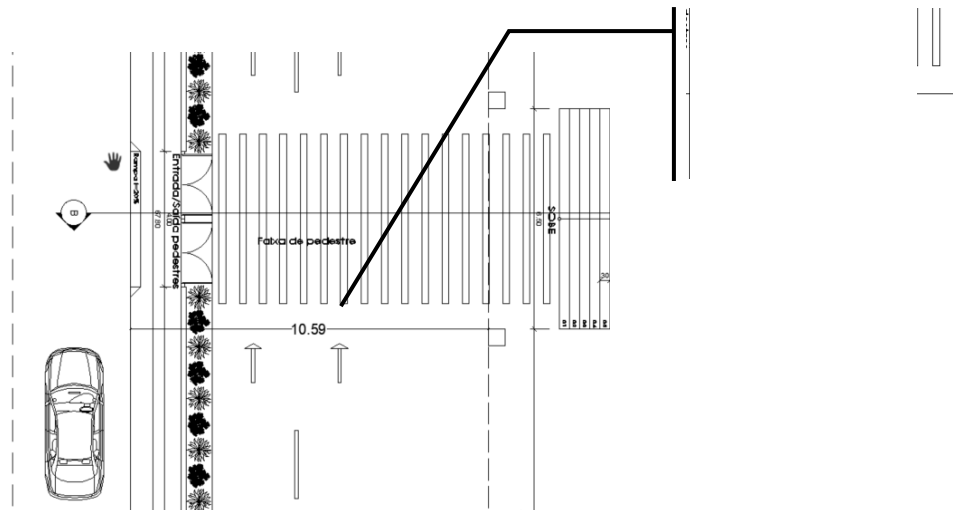
As áreas comuns do shopping foram projetadas de maneira que possa atender ao público com a maior comodidade possível, sendo elas:

- Praça de Alimentação com 4119,92 m²;
- Estacionamento 3874,89 m²;
- Nove (9) restaurantes/lanchonetes/cantina;
- Quatro (4) banheiros acessíveis;
- Quatro (4) elevadores de acesso;
- Três (3) escadas de acesso;
- Uma (1) área kids contendo 511,63m²;
- Duas (2) salas de cinema.

7.1.2 Afastamento frontal

O afastamento frontal do empreendimento em concomitância a via de acesso dar-se de 10,59 m, foi estabelecido a partir da Lei Federal de nº 13913/2019 onde dispõe sobre os Requisitos urbanísticos para loteamento, versa, que ao longo da faixa não edificável, de no mínimo 15 (quinze) metros de cada lado, podendo ser reduzida por lei municipal ou distrital que aprova o instrumento do planejamento territorial até o limite mínimo de 5 (cinco) metros de cada lado.

Figura 13: Afastamento frontal



Fonte: Autores, 2022

7.1.3 Afastamento lateral

Exatamente como afastamento frontal o afastamento lateral seguirá a normatização, que nesse caso é referida no Código de Obras do Município de Muriaé – MG (lei nº4173/2011) e Lei de Ocupação do Solo do Município de Muriaé (544/2017).

7.1.4 Entrada principal saída e circulação de pedestres

Para as entradas de pedestres e circulações, foi dimensionado atendendo o a norma NBR 9050/2015 onde visa o mínimo de 2,00 metros de largura, para que ofereça segurança e conforto aos transeuntes no local.

7.1.5 Escadaria principal e de emergência

As dimensões das escadas foram calculadas para atender a norma de acessibilidade 9050/2015, dos pisos e espelhos devem ser constantes em toda a escada ou degraus isolados. Para o dimensionamento, devem ser atendidas as seguintes condições:

- a) $0,63\text{ m} \leq p + 2e \leq 0,65\text{ m}$,
- b) b) pisos (p): $0,28\text{ m} \leq p \leq 0,32\text{ m}$;
- c) c) espelhos (e): $0,16\text{ m} \leq e \leq 0,18\text{ m}$;

7.1.6 Estacionamento

Tendo vagas de dimensões 5,00m x 2,50m o estacionamento do empreendimento foi determinado pela norma de acessibilidade ABNT NBR

9050/2015 e a Lei nº13.146/2015 que trata da inclusão da pessoa com deficiência, onde determina que para uma quantidade de estacionamento acima de 100 vagas devemos estipular 5% do total das vagas para o público idoso e 2% para o público de pessoas com deficiência, com tudo, das 136 vagas do estacionamento teremos 8 para idosos e 6 para pessoas com deficiência (PCD), atendendo o estado normativo e lei de inclusão em todos os aspectos. Contando também com duas vagas de estacionamento para carga e descarga totalizando 59,64 m² de área.

7.1.7 Elevadores

O poço do elevador foi construído e dimensionado de acordo com a norma ABNT NBR NM 313:2007 para atender o maior nível de acessibilidade possível como pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 8: Dimensões mínimas para elevadores com entrada única ou duas entradas

Tipo de cabina	Ancho / Largura mm	Profundidad / Profundidade mm	Carga nominal kg	Ancho libre mínimo de la puerta / Largura livre mínima da porta mm	Nivel de accesibilidad / Nível de acessibilidade	Observaciones / Observações	Figura (Ref.)	NOTA MERCOSUR / NOTA MERCOSUL
1	1 100	1 300	525	800	(1)	(a)	1	I
	1 100	1 400	600	800			1	II
	1 000	1 250	450	800			1	III ^a
2	1 500	1 500	975	1 100	(2)	(b)	2	
3	1 200	2 200	1 200	1 100	(3)	(c)	1	IV
	1 300	2 100	1 275	900			1	I
	2 100	1 300	1 275	1 100			3	I ^a
	1 100	2 100	1 050	800			1	III

NOTA 1 Las dimensiones mínimas de las cabinas corresponden a su superficie útil / As dimensões mínimas das cabinas correspondem a sua área útil

NOTA 2 El ancho de cabina es la distancia horizontal entre las caras internas de sus paredes estructurales medida en forma paralela a la entrada / Largura da cabina é a distância horizontal entre a superfície interna das paredes estruturais da cabina, medida paralelamente ao lado da entrada

NOTA 3 La profundidad de cabina es la distancia horizontal entre las caras internas de sus paredes estructurales medida en forma perpendicular al ancho / Profundidade da cabina é a distância horizontal entre a superfície interna das paredes estruturais da cabina, medida perpendicularmente à largura

Nivel de accesibilidad / Nível de acessibilidade:

(1) Dentro de la cabina cabe una persona en silla de ruedas y otro usuario /
Dentro da cabina cabe um usuário em cadeira de rodas e outro usuário

(2) Dentro de la cabina cabe una persona en silla de ruedas y varios usuarios /
Dentro da cabina cabe um usuário em cadeira de rodas e vários usuários

(3) Dentro de la cabina caben varias sillas de ruedas o una camilla y varios usuarios /
Dentro da cabina cabem várias cadeiras de rodas ou uma maca e vários usuários

Observaciones / Observações:

(a) - Garantiza accesibilidad a las personas que utilizan silla de ruedas manual o con accionamiento eléctrico clase A y B según ISO 7176-5 /
Garantiza a acessibilidade das pessoas que utilizam cadeira de rodas manual ou motorizada, classe A e B conforme a norma ISO 7176-5

(b) - Garantiza accesibilidad según (a) y además permite un giro completo de la silla de ruedas manual o con accionamiento eléctrico clase A y B según ISO 7176-5 / Garantiza a acessibilidade conforme (a) além de permitir um giro completo de uma cadeira de rodas manual ou motorizada, classe A e B conforme a norma ISO 7176-5

(c) - Garantiza accesibilidad según (b) y además permite el acceso de camilla con dimensiones 2000 mm x 600 mm y otros usuarios o varias sillas de ruedas / Garantiza a acessibilidade conforme (b), além do acesso de maca com dimensões 2 000 mm x 600 mm e outros usuários ou várias cadeiras de roda

NOTA MERCOSUR / NOTA MERCOSUL

I - Dimensiones válidas solamente en Argentina / Dimensões válidas somente na Argentina

II - Dimensiones válidas solamente en Brasil y Uruguay / Dimensões válidas somente no Brasil e Uruguai

III - Dimensiones válidas solamente en Uruguay / Dimensões válidas somente no Uruguai

IV - Dimensiones válidas solamente en Brasil / Dimensões válidas somente no Brasil

^{a)} Esta dimensión puede ser utilizada únicamente en el caso de adecuación de edificios existentes o vivienda individual privada, cuando las otras dimensiones de cabina tipo 1 no puedan ser aplicadas / Esta dimensão pode ser utilizada exclusivamente no caso de adequação de edifícios existentes ou habitação privada individual, onde as outras dimensões de cabina do tipo 1 não podem ser aplicadas

^{b)} La(s) puerta(s) de cabina debe(n) estar ubicada(s) como máximo a 150 mm de una pared adyacente / A(s) porta(s) de cabina deve(m) estar localizada(s) no máximo a 150 mm de uma parede adjacente

Fonte: Tabela 1 - ABNT NBR NM 313:2007

7.1.8 Sanitários, banheiros e lavabo

Os sanitários, banheiros e lavabos são acessíveis e obedecem aos parâmetros da norma 9050/2015, nas dimensões 3,00m x 1,80m para

porém, para fins de detalhamento de projeto arquitetônico, foi realizado somente uma projeção do mesmo.

A projeção característica da estrutura tem o modelo de cobertura no estilo *lanternin com iluminação zenital*. Os lanternims são elevações feitas em uma faixa sobre o telhado, de fora a fora na estrutura, que facilita bastante a dissipação do ar em locais que acumulam mais calor e a iluminação zenital busca trazer para dentro dos ambientes maneiras de aproveitar a luz natural do Sol com mais propriedade durante o dia, como no exemplo a seguir na figura 15:

Figura 15: Lanternin com Iluminação Zenital



Fonte: Blog Henrilustres, online

Nos pontos da cobertura onde a demanda de rebaixamento de teto se faz necessário, como as salas de cinema, será utilizado o rebaixamento com *Drywall* e isolante acústico de *Lã de rocha (Biolã)*.

Figura 16: Drywall com Isolamento Acústico



Fonte: Obramax, online

7.3 Projeto estrutural

No detalhamento do projeto estrutural, foi adotado um *resumo dos materiais*, para discernir a eficiência econômica da execução da obra.

7.4 Resumo dos materiais

A contar desse momento serão apresentados os respectivos resumos de materiais, de cada estrutura dos pavimentos que compõe o empreendimento, para a futura comparação de viabilidade executiva do mesmo.

A seguir detalharemos os pavimentos nas ordens superiores para inferiores do Shopping:

Tabela 10: Resumo de materiais – 3° pavimento

Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)
Teto cinema	Vigas	5.144,4	72,8	683,9	70,7
	Pilares	3.797,9	47,7	396,0	79,6
	Total	8.942,3	120,5	1.079,9	74,2

Fonte: Autores 2022

Analisando a tabela cima podemos evidenciar o consumo de aço referente ao 3° pavimento, onde se localiza o cinema e a área de lazer, temos o consumo total de aço de 74,2kg/m³ de concreto na estrutura, se tratando deste pavimento. Observa-se também a demanda de 120,5 m³ de concreto (C-25/30/35/40), 8.942,3kg de aço (CA-50 e CA-60) e uma área de forma totalizando 1.079,9 m².

Tabela 11: Resumo de materiais – 2° pavimento

Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)
Teto shopping	Vigas	12.869,8	101,4	612,1	126,9
	Pilares	7.458,2	52,8	429,1	141,3
	Lajes	77.934,4	647,8	30,2	120,3
	Escadas	1.516,46	25,51	173,54	59,44
	Total	99.778,86	827,51	1.244,94	120,57

Fonte: Autores 2022

Observando a tabela 11, pode-se observar o consumo total de aço referente ao 2° pavimento, onde localiza-se a praça de alimentação, bares, lanchonetes e restaurantes, com um consumo total de aço de 120,57kg/m³ de concreto na estrutura deste pavimento. Também o consumo 827,51 m³ de concreto (C-25/30/35/40), 99.778,86kg de aço (CA-50 e CA-60) e uma área total de forma de 1.244,94m².

Tabela 12: Resumo de materiais – 1º pavimento

Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)
Teto térreo	Vigas	10.403,8	94,5	662,0	110,1
	Pilares	8.327,5	70,8	573,1	117,6
	Lajes	121.013,5	821,9	30,2	147,2
	Escadas	1.516,46	25,51	173,54	59,44
	Total	141.261,26	1.012,71	1.438,84	139,49

Fonte: Autores 2022

Na tabela 12 observa-se o consumo total de aço referente ao 1º pavimento, que é totalmente utilizado como estacionamento rotativo dos clientes, com um consumo de aço de 139,49kg/m³ de concreto na estrutura deste pavimento. Contemplando também o consumo de 1.012,71m³ concreto (C-25/30/35/40), 141.261,26kg de aço (CA-50 e CA-60) e uma área total de 1.438,84m² de forma.

Tabela 13: Resumo de materiais – cintamento

Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)
Cintamento	Vigas	7.274,5	128,8	1.294,4	56,5
	Pilares	3.022,0	0,0	0,0	0,0
	Fundações	5.807,8	191,1	440,1	30,4
	Total	16.104,3	319,9	1.734,5	50,3

Fonte: Autores 2022

Na tabela 13 observa-se o consumo total de aço referente ao cintamento, que contempla as vigas baldrame e bloco de coroamento das estacas, com um consumo de aço de 50,3kg/m³ de concreto na estrutura. Contemplando também o consumo de 319,9 m³ concreto (C-25/30/35/40), 16.104,3kg de aço (CA-50 e CA-60) e uma área total de 1.734,5m² de forma.

Tabela 14: Resumo de material - por bitola de aço e por elemento

Aço	Diâmetro (mm/pol.)	Peso + 10 % (kg)					
		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
CA50	6,3 1/4"	3.264,1	0,0	774,6	535,88	459,6	5.034,18

CA50	8,0 5/16"	5.046,9	0,0	2.072,8	0,0	137,4	7.257,1
CA50	10,0 3/8"	916,1	435,6	27.012,7	0,0	57,7	28.422,1
CA50	12,5 1/2"	4.339,2	30,3	15.134,3	2.497,04	108,8	22.109,64
CA50	16,0 5/8"	7.036,6	8.523,5	53.930,4	0,0	4.122,6	73.613,1
CA50	20,0 3/4"	7.581,2	8.765,9	46.892,9	0,0	0,0	63.240,0
CA50	25,0 1"	3.297,0	0,0	36.031,4	0,0	0,0	39.328,4
CA60	5,03/16"	4.211,4	4.850,2	17.098,9	0,0	921,8	27.082,3

Fonte: Autores 2022

No detalhamento da tabela 14, verifica-se a quantidade de aço em toda concepção do projeto estrutural, dividida em sua categoria e diâmetro.

Tabela 15: Resumo material - dos blocos de enchimento

Pavimento	Tipo	Nome	Dimensões (cm)			Quantidade
			hb	bx	by	
Teto shopping	Cubetas	B30/74/74	30	74	74	2.019
		B30/37/74	30	37	74	171
		B30/74/37	30	74	37	126
	Cubetas	B40/74/74	40	74	74	1.680
		B40/37/74	40	37	74	273
		B40/74/37	40	74	37	103
Teto térreo	Cubetas	B30/74/74	30	74	74	5.780
		B30/37/74	30	37	74	314
		B30/74/37	30	74	37	323

Fonte: Autores 2022

Na tabela 15, observa-se a quantidade total de cubetas (moldes para laje nervurada) discriminada por pavimentos. Dado importante a ser contabilizado quanto as cubetas do teto do térreo, podem ser reaproveitadas para o uso no teto do shopping.

Tabela 16: Resumo de material – concreto usinado

Descrição		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
Volume concreto (m³)	C-25	0,00	0,00	0,00	0,00	191,1	191,1
	C-30	0,00	171,4	0,00	51,02	0,00	171,4

C-35	296,1	0,00	821,9	0,00	0,00	1.118,0
C-40	101,4	0,00	647,8	0,00	0,00	749,2
Total	397,5	171,4	1.469,7	51,02	191,1	2.280,72

Fonte: Autores 2022

Nos dados acima, podemos observar o referido consumo de materiais em virtude do projeto estrutural, o consumo total de concreto usinado de 2.280,72/m³ em toda a estrutura do empreendimento.

Tabela 17: Quantidade total de gastos de material

Descrição	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)
Total	266.086,72	2.280,27	5498,18	116,69

Fonte: Autores 2022

Tabela 17 mostra o quantitativo geral de material usado no projeto estrutural do Shopping Gourmet, a fim de facilitar o entendimento quanto ao consumo gerado.

7.5 Cargas nas fundações

Nas tabelas a seguir serão apresentadas as cargas nas fundações para comparativos futuros.

Tabela 18: Cargas nas fundações

Fundação		Carga máxima (tf)
Nome	Seção (cm)	Positiva
P1	50x50	31,29
P2	50x50	107,38
P3	60x60	192,75
P4	60x60	189,62

P5	60x60	190,79
P6	60x60	190,99
P7	50x50	108,15
P8	50x50	31,34
P9	50x50	57,09

P10	50x50	202,50
P11	50x50	373,23
P12	50x50	364,53
P13	50x50	364,86
P14	50x50	373,64
P15	50x50	201,99
P16	50x50	57,23
P17	50x50	55,22
P18	50x50	197,75
P19	50x50	370,17
P20	50x50	339,77
P21	50x50	340,60
P22	50x50	371,64
P23	50x50	198,30
P24	50x50	55,13
P41	20x40	23,38
P42	20x40	22,10
P43	20x40	22,90
P44	20x40	22,55
P45	50x50	56,62
P46	50x50	193,50
P47	50x50	191,31
P48	50x50	173,11
P49	50x50	255,42
P50	50x50	265,13
P51	50x50	175,40
P52	50x50	57,25
P53	50x50	53,96
P54	50x50	166,88
P55	50x50	261,11
P56	50x50	252,26
P57	50x50	242,70
P58	50x50	255,48
P59	50x50	169,70

P60	50x50	54,04
P61	50x50	58,60
P62	50x50	150,70
P63	50x50	218,08
P64	20x40	32,41
P65	50x50	81,65
P66	50x50	81,83
P67	20x40	32,24
P68	50x50	222,12
P69	50x50	151,71
P70	50x50	58,66
P71	20x40	100,43
P72	20x40	27,55
P73	20x40	26,53
P74	20x40	101,52
P75	50x50	31,52
P76	50x50	53,61
P77	50x50	111,50
P78	50x50	92,51
P79	50x50	91,26
P80	50x50	110,65
P81	50x50	53,54
P82	50x50	31,56
P25	50x50	28,88
P33	50x50	30,19
P26	50x50	101,87
P34	50x50	101,28
P27	60x60	172,65
P35	50x50	74,01
P28	60x60	159,76
P36	50x50	68,94
P29	60x60	160,67
P37	50x50	124,83
P30	60x60	172,33

P38	50x50	125,31
P31	50x50	98,90
P39	50x50	91,51
P32	50x50	28,98
P40	50x50	30,27
Total		11.335,08 tf

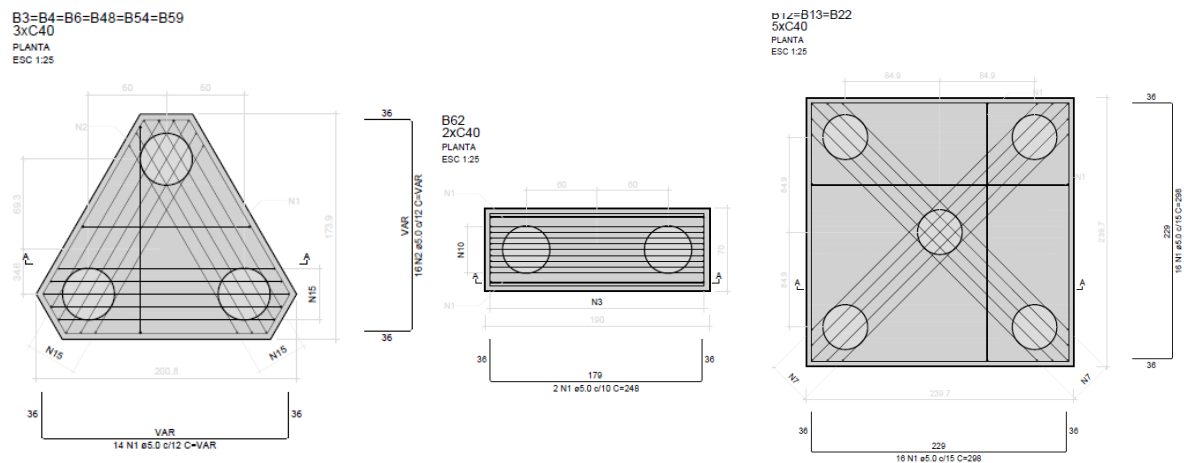
Fonte: Autores 2022

Na tabela 18, são apresentados os valores dos carregamentos dos pilares individualmente e um valor total, nas fundações, sendo o somatório de todas as cargas, a fim de facilitar o entendimento.

7.6 Bloco de fundação

De acordo com os cálculos do Software Eberick V10, foi gerado com base nos carregamentos dos pilares, os modelos dos blocos de fundação, sendo eles quadriláteros, triangulares e retangulares como mostrado nas figuras:

Figura 17: Blocos de fundações



Fonte: Autores 2022

7.7 Estacas de fundação

Em virtude da não contemplação do perfil do solo (sondagem de SPT) e a não abrangência do tema abordado no Trabalho de Conclusão de Curso, não será contemplando os parâmetros referentes ao detalhamento das estacas de fundação, porém, devido a necessidade de existência de estacas para realização do cálculo

estrutural dos blocos de fundação foi considerado a utilização de estacas raiz, com o diâmetro de 410 mm e capacidade de carga 130 tf, ficando assim nosso trabalho contemplando até os blocos de coroamento, apresentando as medidas, geração de cargas e materiais utilizados nas estruturas.

8 CONCLUSÃO

Diante da escalada empreendedora e oportunidades que surge a todo o momento em vários ramos de atividades, com isso surge à imensidão de ideias para uma futura geração de renda, e com essa oportunidade, associada aos altos investimentos gerados na construção civil nos últimos anos, que se gerou a iniciativa de construção de um Shopping Gourmet na cidade de Muriaé em Minas Gerais. Com o aumento de empresas se instalando no distrito de Vermelho na cidade, e a necessidade de um local próximo para que possa servir como refúgio na hora da alimentação, que se deu de incentivo a este trabalho.

O trabalho buscou a construção de um Shopping Gourmet, com uma edificação nos métodos convencionais da construção civil, com a utilização de alvenaria e concreto armado, visando à viabilidade construtiva no local adotado, para tal, foi realizado todo o desenho arquitetônico obedecendo todas as Normas vigentes e Leis estabelecidas na construção de edificação comercial na cidade de Muriaé, todo o cálculo para que fossem gerados modelos estruturais mais economicamente seguros, foi realizado com o auxílio de Software.

A partir da geração de dados, notaram-se algumas variações dimensionais mais expressivas, principalmente se tratando de algumas vigas faixas, onde ocorreram carregamentos elevados, para sanar determinado problema foi acrescido, em quantidade e diâmetro de aço, juntamente com o aumento da seção, nos forçando a reorganizar para redistribuir as novas cargas geradas no novo modelo estrutural.

Dentre os resultados obtidos notou-se a quantidade de materiais a ser utilizado na estrutura da obra, 266.086,76kg de aço total, 2.280,27 m³ de concreto usinado e 5.498,18 m² de forma, na quantidade calculada de materiais encontra-se a proporcionalidade de entre aço e concreto estimado entre 116,96kg/m³.

Tomando como parâmetro, para a viabilidade de execução, utiliza-se a tabela de Custos Unitários Básicos da Construção (CUB/m² / Sinsduscon-MG) do último

mês vigente, para um orçamento empírico da construção, onde o padrão do empreendimento dar-se como padrão normal CAL-8, totalizando um valor de R\$ 2.381,81 por m² de obra construída.

Por último, concluímos que o formato estrutural adotado pelo trabalho em questão, será oneroso em relação a outros modelos estruturais, e uma possível alternativa para a diminuição dos custos da obra seria o uso de concreto protendido, estrutura metálica ou alvenaria estrutural.

9 REFÊRENCIA BIBLIOGRAFICA

Adorna, Diego da, L. et al. Concreto Armado: Vigas e Lajes. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6118 – Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6122 – Projeto e execução de fundações, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6484 – Solo -Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6492– Representação de projetos de arquitetura, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação, 2007. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 8681 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 9050– Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, 2015

Botelho, Manoel Henrique C. Concreto armado eu te amo- para arquitetos. Disponível em: Minha Biblioteca, (3rd edição). Editora Blucher, 2016

CBCA – CENTRO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Característica do aço na construção civil.**

Disponível em:

http://www.cursoscbca.com.br/moodle/arquivos/pdfs/Apostila_Sist_Estrut_peq/Apostila_Modulo_2_peq.pdf. Acessado: 8 out. 2022 as 22:10

CBCA – CENTRO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Característica do aço na construção civil.**

Disponível em:

http://www.cursoscbca.com.br/moodle/arquivos/pdfs/Apostila_Sist_Estrut_peq/Apostila_Modulo_2_peq.pdf. Acesso em: 15 outubro. 2022 às 15:15

CIMENTO Maua. [S. I.], 2020. Disponível em: Cimento Maua. Acesso em: 18 maio 2022

COINTO, L. S. et al. **Laje piso nervurada.** Disponível em:

<https://pt.calameo.com/read/read/0056025778c68e648b1dd>. Acesso em: 01 setembro 2022 às 10:23

CONSTRUTORA Engmix. [S. I.], 20 dez. 2021. Disponível em: www.engmix.com.br. Acesso em: 11 abr. 2022

Correa, Marques P. Estruturas em Concreto Armado. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, [Inserir ano de publicação]

ESTUDO comparativo entre estruturas de concreto pré fabricadas com estruturas moldado in loco. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Uni Evangélica, [S. I.], 2019

FIORIN, Eliane. Arranjos de armaduras em estruturas de concreto armado.

1998. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-21122017-113211/pt-br.php> >.

<https://blog.henrilustres.com.br/entenda-e-acompanhe-dicas-sobre-iluminacao-zenital/> acesso 21/11/2022 as 21:35

<https://summitmobilidade.estadao.com.br/guia-do-transporte-urbano/vagas-de-estacionamento-para-deficiente-como-funcionam/#:~:text=A%20Lei%20n%C2%BA%2013.146%2C%20de,ser%20destinada%20para%20esse%20p%C3%ABlico.>

<https://www.escolaengenharia.com.br/bloco-de-coroamento/> cessado dia 22 novembro 2022 as 18:20

<https://www.obramax.com.br/blog-do-max/marcenaria/tipos-de-forro> acesso 20 novembro 2022 as 22:14

<https://www.sinduscon-mg.org.br/cub/tabela-do-cub/> acessado dia 26 novembro 2022 às 21:09

Lei nº13.146/2015

LIMA NETO, A. F., 2012. Punção em Lajes Cogumelo de Concreto Armado com Capitéis.

Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil. Publicação E.TD. - 003 A/12

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 164p

LIMA NETO, A. F.; FERREIRA, M. P.; OLIVEIRA, D. R. C. and MELO, G. S. S. A..Análise experimental e numérica de lajes cogumelo de concreto armado. Rev. IBRACON Estrut.

Mater. [online]. 2013, vol.6, n.2, pp.270-306. ISSN 1983-4195.
<https://doi.org/10.1590/S1983-41952013000200007>.

Lima, S. F., da Silva, J. S., & da Silva, E. de K. S. (2018). PRINCIPAIS TIPOS DE LAJES NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, 5(1), 55. Recuperado de
<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/6057>

MARTINS, M. E. G. Diagrama de Venn. Revista de Ciência Elementar- Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, v. 2, n. 1, 30 mar. 2014.

MELGES, José Luis Pinheiro. UTILIZAÇÃO DE CAPITÉIS PARA AUMENTO DE RESISTÊNCIA À PUNÇÃO EM LAJES DE CONCRETO ARMADO. 2015. Trabalho Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, [S. l.], 2015. 1995. Disponível em:
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-25042018-115908/publico/Dissert_Melges_JoseLP.pdf. Acesso em: 4 jun. 2022

MORIKAWA, Mauro Satoshi. Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado. Campinas, São Paulo, 2013. Disponível em:
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257688/1/Morikawa_MauroSatoshi_M.pdf. Acesso:05-04-2022

NEVILLE, A.M. Tecnologia do Concreto. [S. l.: s. n.], 2013

Parizotto, Liana. Concreto Armado . Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2017.

PIMENTA, A. A. A Bibliometria nas Pesquisas Acadêmicas. SCIENTIA- Faculdade Luciano Feijão, v. 4, n. 7a, p. 13, 2017.

PINHEIRO, L. M. Fundamentos do concreto e projetos de edifícios. Apostila – Escola de Engenharia de São Carlos, 2007.

PINHEIRO, M.L.; MUZARDO, D.C.; SANTOS, P.S.; Lajes maciças. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 2003

PRÉ Fabricar. [S. l.], 27 jan. 2020. Disponível em: www.prefabricar.com. Acesso em: 12 abr. 2022

PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ. Lei Complementar nº 5915, de 5 de junho de 2022. Institui o Plano Diretor Participativo de Muriaé e dá outras providências. [S. l.], 27 jan. 2020

PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ. Lei nº 1232, de 25 de agosto de 2021. Código de Obras do Município de Muriaé. [S. l.], 25 ago. 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ. LEI Nº 5.441, de 21 de junho de 2017. DISPÕE SOBRE O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO DO MUNICÍPIO DE MURIAÉ. [S. l.], 21 jun. 2017

SOUZA JÚNIOR, T. F. **Estrutura de concreto armado: Notas de aula**. 2016. Curso de Engenharia Civil, UFLA - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TAVARES, Arthur Almeida. Concreto Armado I. [S. l.: s. n.], 2008.

TAVARES, Arthur Almeida. Concreto Armado II. [S. l.: s. n.], 2008.

TAVARES, Arthur Almeida. Concreto Armado III. [S. l.: s. n.], 2008.

Teatini, João C. Estruturas de Concreto Armado. Disponível em: Minha Biblioteca, (3rd edição). Grupo GEN, 2016

UTILIZAÇÃO DE CAPITÉIS PARA AUMENTO DE RESISTÊNCIA À PUNÇÃO EM LAJES DE CONCRETO ARMADO. 2015. Trabalho Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, [S. l.], 2015