



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANDRESSA PEREIRA DOS SANTOS
SERGIO VINICIUS MARTINS VIEIRA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE
ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA E
MOLDADA *IN LOCO* EM EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE**

PUBLICAÇÃO Nº: 01

**GOIANÉSIA / GO
2021**



**ANDRESSA PEREIRA DOS SANTOS
SERGIO VINICIUS MARTINS VIEIRA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE
ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA E
MOLDADA *IN LOCO* EM EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE**

PUBLICAÇÃO Nº: 01

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO
AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

ORIENTADOR: ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX

GOIANÉSIA / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, ANDRESSA PEREIRA DOS.
VIEIRA, SÉRGIO VINÍCIUS MARTINS.

Estudo de viabilidade econômica entre estrutura de concreto pré-fabricada e moldada *in loco* em edificação de grande porte, 2021, xvi, 55.

p, 297 mm, (AEE, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
Curso de Engenharia Civil.

1.Elementos estruturais

2. Edificação

3.Eficiência técnica

4. Orçamento

I. ENC/UNI

II. Estudo de viabilidade econômica entre estrutura de concreto pré-fabricada e moldada *in loco* em edificação de grande porte

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, A. P. VIEIRA, S. V.M. Estudo de Viabilidade Econômica Entre Estrutura de Concreto Pré-Fabricada e Moldada *in loco* em Edificação de Grande Porte TCC, Publicação ENC. 01, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 55p. 2021

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Andressa Pereira dos Santos e Sérgio Vinícius Martins Vieira.

TÍTULO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de viabilidade econômica entre estrutura de concreto pré-fabricada e moldada *in loco* em edificação de grande porte

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Andressa Pereira dos Santos

Rua 1004, nº 11, Setor Sul 2

CEP – 76400-000 Uruaçu/ Goiás – Brasil



Sérgio Vinícius Martins Vieira

Rua 06, nº 666, Gran Ville

CEP – 76380-031 Goianésia/ Goiás – Brasil

**ANDRESSA PEREIRA DOS SANTOS
SERGIO VINICIUS MARTINS VIEIRA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE
ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA E
MOLDADA *IN LOCO* EM EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:



ROBSON DE OLIVEIRA FELIX, Mestre (FACEG)
(ORIENTADOR)



LUANA DE LIMA LOPES, Doutoranda
(UFU)(EXAMINADOR EXTERNO)



JEANE SILVEIRA DE OLIVEIRA, Mestra
(FACEG)(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: GOIANÉSIA/GO, 25 de MAIO de 2021.

*Dedico este trabalho:
aos meus pais, Ediones e Luzinete;
e a minha irmã Déborah.*

Andressa Pereira dos Santos

*Dedico este trabalho:
à minha esposa, Kellen;
aos meus pais José e Lúcia (in memoriam)
e ao meu irmão, Paulo Henrique.*

Sérgio Vinícius Martins Vieira

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, por ter permitido que eu tivesse saúde, força e determinação para ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo desses cinco anos de faculdade.

Aos meus pais, Ediones e Luzinete, e minha irmã Déborah, pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações. Gratidão pelo amor incondicional na minha vida sempre. Esta monografia é a prova de que os esforços deles pela minha educação não foram em vão e valeram a pena. Sou grata a minha avó Geralda, que sempre tive como exemplo de força e luta, agradeço à todos meus familiares que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste sonho.

Deixo um agradecimento especial ao meu professor, amigo e orientador Me. Robson de Oliveira Félix, sou grata pela confiança depositada na minha proposta de projeto. Obrigada pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo, saiba que você é uma inspiração de profissional na minha vida.

Deixo um agradecimento as professoras da minha banca, doutoranda Luana de Lima Lopes e Ma. Jeane Silveira de Oliveira, pelos ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado, pela amizade, pelas conversas, por todo empenho. Sou muito grata à vocês. Obrigada!

Agradeço meu parceiro de TCC Sérgio Vinícius Martins Vieira e os meus colegas e amigos, Alessio Nunes, Alex Vieira, Caio César, Fábio Fernando, Higor Bruno, Joyce Rosa, Laysa Mariane, Leomar Rodrigues, Marcos Siqueira, Rivan Antonio, Rodrigo Paulino, Sérgio Lucas e Stéfanny Rosa, por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado, por todo companheirismo ao longo deste percurso, pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda.

Grata à todo corpo docente da Faculdade Evangélica de Goianésia, que sempre transmitiram seu saber com muito profissionalismo, demonstrando comprometimento com a qualidade e excelência do ensino.

Agradeço ainda Gustavo Carvalho, Letícia Virgínia, Isadora Soares, Letícia Santiago, Isabella Gratão, Andressa Reis, Francielle Nunes, Amanda Martins, Rayssa Ramos, Juliana Sinzervinch, Neuvair Sinzervinch, Ana Paula Marinho que acompanharam diariamente minhas lutas e vitórias, por terem contribuído psicologicamente quando necessário. Obrigada !

Andressa Pereira dos Santo

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me proporcionado saúde e força para vencer todos meus desafios que deparei nessa caminhada. À minha mãe que sempre esteve ao meu lado enquanto pode, que hoje está no céu comemorando minha vitória e ao meu pai e irmão que sempre me apoiaram.

Agradeço à todos os docentes que ensinaram seus conhecimentos, pois sem eles não chegaria tão longe nesse momento ímpar em minha vida. A minha colega de TCC Andressa Pereira dos Santos por todo empenho, compromisso e dedicação.

Por fim, agradeço ao meu professor e orientador Me. Robson de Oliveira Félix, por sua enorme capacidade e facilidade de ensinar, contribuindo imensamente para o término desse trabalho.

Sérgio Vinícius Martins Vieira

*“O segredo da mudança é o foco não na luta
contra o velho, mas na construção do novo.”*

Sócrates

RESUMO

Com o avanço tecnológico dos dias atuais, as técnicas construtivas na construção civil estão sempre em atualização, e estudar tais técnicas se faz cada vez mais necessário. Duas metodologias de construção como a estrutura em concreto pré-fabricado e a moldada *in loco*, são exemplos de estruturas muito empregadas em edificações no país, e que gera constantes dúvidas na hora de sua escolha. Alguns fatores devem ser considerados nesta escolha, como a durabilidade, facilidade de instalação, transporte, manutenção, e sobretudo, viabilidade econômica. Ao comparar as características do concreto armado moldado *in loco* com a estrutura pré-moldado, avaliou-se a viabilidade econômica de duas edificações de grande porte, com o intuito de realizar um estudo de caso com comparativos técnicos, econômicos e logísticos, descrevendo as vantagens e desvantagens, indicando a estrutura mais viável para este tipo de edificação. Para se alcançar este objetivo, utilizou-se como metodologia o estudo do tipo qualitativo e quantitativo, de cunho descritivo, com coleta de dados em livros, revistas especializadas, internet e mediante estudo de caso. Realizou-se a análise documental (orçamento financeiro e projetos) referente às estruturas utilizadas na construção de duas edificações de grande porte, cujos estudos de caso se referem às edificações da Associação Educativa Evangélica, localizadas em Goianésia-Goiás e Aparecida de Goiânia-Goiás. Tendo em vista que os orçamentos analisados apresentaram uma diferença de 11,87% no custo por metro quadrado de construção referente aos materiais, mão de obra, dentre outros fatores relacionados diretamente à infra e supraestrutura das edificações, chegou-se ao resultado de que, o empreendimento de Goianésia, com a utilização das estrutura de concreto armado moldadas *in loco* foi o mais vantajoso em caráter econômico, quando comparado com a edificação executada em Aparecida de Goiânia com a técnica de estrutura em concreto pré-moldada.

Palavras-chave: elementos estruturais, eficiência técnica, edificação, orçamento.

ABSTRACT

With the technological advancement of today, construction techniques in civil construction are always up to date, and studying such techniques is becoming more and more necessary. Two construction methodologies, such as the prefabricated concrete structure and the molded in loco, are examples of structures widely used in buildings in the country, and which generates constant doubts when choosing them. Some factors must be considered in this choice, such as durability, ease of installation, transportation, maintenance, and above all, economic viability. When comparing the characteristics of reinforced concrete molded in loco with the precast structure, the economic feasibility of two large buildings was evaluated, in order to carry out a case study with technical, economic and logistical comparisons, describing the advantages and disadvantages, indicating the most viable structure for this type of building. To achieve this objective, a qualitative and quantitative study, of a descriptive nature, was used as methodology, with data collection in books, specialized magazines, internet and through a case study. Documentary analysis (financial budget and projects) was carried out regarding the structures used in the construction of two large buildings, whose case studies refer to the buildings of the Associação Educativa Evangélica, located in Goianésia-Goiás and Aparecida de Goiânia-Goiás. Bearing in mind that the analyzed budgets showed a difference of 11.87% in the cost per square meter of construction referring to materials, labor, among other factors directly related to the infra and superstructure of the buildings, the result was that, the Goianésia enterprise, with the use of reinforced concrete structures molded in loco, was the most economically advantageous when compared to the building carried out in Aparecida de Goiânia with the technique of precast concrete structure.

Keywords: structural elements, technical efficiency, building, budget.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNH – Banco Nacional de Habitação

COVID-19 – Coronavírus

NBR – Norma Brasileira

CP-V-ARI – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

CP-V-ARI-RS – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial e Resistente a Sulfatos

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Porcentagem

kN/m³ - quilonewton por metro cúbico

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Planta baixa da Faculdade Evangélica de Goianésia | 23 |
| Figura 2 – Localização da Faculdade Evangélica de Goianésia..... | 24 |
| Figura 3 – Planta de locação da Associação Educativa Evangélica de Aparecida de Goiânia. | 25 |
| Figura 4 - Localização da futura instalação da Associação Educativa Evangélica de Aparecida de Goiânia..... | 26 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Evolução do perfil da mão de obra no setor de edificações | 18 |
| Quadro 2 - Orçamento do material utilizado na estrutura de concreto moldado <i>in loco</i> (Goianésia) | 28 |
| Quadro 3 - Orçamento do material utilizado na estrutura de concreto pré-fabricado (Aparecida de Goiânia) | 29 |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| RESUMO | X |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS | 3 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 3 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 2.1 CONCRETO ARMADO MOLDADO <i>IN LOCO</i> | 5 |
| 2.1.1 Produção de fôrmas | 5 |
| 2.1.2 Armaduras | 6 |
| 2.1.3 Concreto | 7 |
| 2.2 ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA | 7 |
| 2.2.1 Histórico do concreto pré-moldado | 7 |
| 2.2.2 Pré-moldado no Brasil | 9 |
| 2.2.3 Estruturas pré-moldadas: informações técnicas..... | 10 |
| 2.2.4 Elementos estruturais | 12 |
| 2.2.5 Uso de concreto pré-moldado em edificação de grande porte..... | 14 |
| 2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS | 15 |
| 2.3.1 Estrutura de concreto moldado <i>in loco</i> | 15 |
| 2.3.1.1 Vantagens..... | 15 |
| 2.3.1.2 Desvantagens | 16 |
| 2.3.2 Estrutura de concreto pré-moldado | 16 |
| 2.3.2.1 Vantagens..... | 16 |
| 2.3.2.2 Desvantagens | 17 |
| 2.4 ANÁLISE DE CUSTOS | 18 |
| 2.4.1 Custo de mão de obra | 18 |
| 2.4.2 Materiais e equipamentos..... | 20 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 3.1 PROJETO DE ESTRUTURA EM CONCRETO MOLDADA <i>IN LOCO</i> | 23 |
| 3.2 PROJETO DE ESTRUTURA EM CONCRETO PRÉ-MOLDADA | 24 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 33 |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34

1. INTRODUÇÃO

Diante das inovações e necessidades recorrentes da sociedade, o homem viu-se na posição de otimizar e simplificar os métodos construtivos e as estruturas das edificações de pequeno e grande porte. Um exemplo foi a construção do Estádio San Nicola, que se localiza em Bari, Itália, construído entre 1987 e 1990, sendo uma referência de modelo estrutural (OLIVEIRA, 2015).

Segundo Telles (2017), nos últimos anos com a ampliação da construção civil, a grande demanda e a carência de métodos construtivos que fossem mais eficientes e acelerados, houve a necessidade do desenvolvimento e a aprimoração de tais estratégias no ramo construtivo, principalmente aquelas que envolvem novos produtos e que se referem às construções de grande porte.

Com o progresso de tecnologias, muitos setores industriais e econômicos vêm ofertando a racionalização de recursos, otimização de tempo e a diminuição de custos. Sendo afetado pelo crescimento tecnológico, tratando-se das edificações, o Brasil tem se desenvolvido de forma lenta, ao se comparar com outros países (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

Diante do exposto, segundo Cambraia (2017), foram surgindo outras formas importantes de métodos construtivos, dentre eles a estrutura de pré-moldados e as paredes de concreto moldado *in loco* que foram se ajustando gradativamente. No Brasil, o concreto moldado *in loco* tem-se sustentado gradualmente, sendo um processo que consiste na repetição de várias sequências dentro da construção, em função deste tornar-se acessível.

A chegada da tecnologia através do uso dos pré-fabricados, levou-se a contribuição para a construção civil a industrialização que precisava para o Brasil e o mundo, ganhando elevados índices de qualidade nos canteiros de obras na qual inovando com materiais de qualidade e mão de obra especializada modificaram o método construtivo, onde as obras se tornaram mais seguras e organizadas (SERRA; FERREIRA; PIGOZO, 2005).

A definição do método construtivo no Brasil vem se modificando, trazendo fatores cruciais como: lucro, custo, e retorno do investimento. Diante desse fato, segundo Scopel (2018), a aplicação de estruturas e fechamentos pré-moldados vem sendo uma alternativa em vários empreendimentos no instante de sua geração. A escolha do método construtivo analisada pelos arquitetos, engenheiros e urbanistas implicará na qualidade, custos, no social e no meio ambiente (CHING; ECKLER, 2014).

Essas inovações influenciam no canteiro de obra, pois as peças estruturais estão cada vez mais estreitas, não ocupando o mesmo espaço e tornando-se possível a organização. Perante

a estes novos materiais pré-moldados, a construção civil teve um avanço no aumento de controle de qualidade tornando o processo quase industrial, contando com o baixo rendimento e desperdício de materiais (DUARTE; ELMIR; PITOL, 2016).

Diante deste cenário, os engenheiros observaram que o método do concreto moldado *in loco*, era mais lento em comparação a outros procedimentos. Com isso buscando agilizar essas etapas criaram peças estruturais pré-fabricadas como: vigas, lajes, pilares, entre outros elementos (DUARTE; ELMIR; PITOL, 2016).

É dever do profissional conhecer e apresentar a seus clientes, novas tecnologias, bem como métodos viáveis, analisando a melhor escolha dentro da realidade e da situação para qual foi contratado, ou seja, apresentar um leque de possibilidades que muitas vezes não é de conhecimento dos clientes e de profissionais da área da construção (SABBATINI, 1989).

Um empreendimento depende de muitos itens que possuem grandes relevâncias, influenciando e colaborando para o custo. Onde a quantificação, valorização, identificação, análise e descrição, estão inseridas na técnica orçamentária que requer habilidade técnica e bastante atenção (MATTOS, 2006).

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o crescimento recorrente da construção civil no Brasil, a partir do século XX este âmbito tornou-se bastante competitivo. Consecutivamente a busca por aprimoramento em novos métodos construtivos, que visam acelerar a obra, com qualidade elevada e menos custos, se tornou prioridade para muitas empresas (TELLES, 2017).

Quando se trata de estrutura pré-fabricada, a velocidade conta a favor deste sistema estrutural, só que no Brasil a mão de obra indicada para este tipo de empreitada se torna escassa, sem contar também com as poucas empresas de construção encontradas. Já o concreto moldado *in loco*, como ele é realizado no local da obra, não tem custos com transporte e tem mão de obra abundante.

O estudo de viabilidade econômica destes processos construtivos dar-se-á importância para a sociedade conhecer e adotar o melhor método para a construção, trazendo consigo a realidade dos dois sistemas estudados, demonstrando pontos positivos e negativos a fim de uma melhor compreensão do todo, podendo assim realizar escolhas importantes com intuito de prever um melhor orçamento e alcançar bons resultados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica de duas edificações de grande porte, sendo uma em concreto pré-fabricado e a outra em moldado *in loco*, com o intuito de realizar um estudo de caso com comparativos técnicos e econômicos, demonstrando vantagens e desvantagens, podendo concluir com o método mais viável.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a aplicabilidade entre obra de concreto moldado *in loco* e estruturas pré-fabricadas, considerando as vantagens e desvantagens;
- Avaliar o procedimento adotado entre os métodos de construção com concreto moldado *in loco* e pré-fabricado para execução de uma edificação de grande porte;
- Examinar os orçamentos das estruturas pré-fabricadas e moldado *in loco* a fim de uma análise de comparação de gastos.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado de forma que pudesse contribuir para o entendimento sobre a viabilidade econômica entre estrutura de concreto pré-fabricada e a moldada *in loco* em edificação de grande porte. Para tanto, foi dividido em cinco seções:

Na primeira seção do trabalho apresentou-se a introdução ressaltando a demanda e carência de materiais construtivos para a construção civil que sejam mais eficientes e de menor custo. Ressaltou-se nesta seção a definição de métodos construtivos e suas alterações ao longo dos anos com o surgimento da tecnologia e que tanto os métodos pré-fabricados quanto moldado *in loco* são amplamente utilizados no Brasil, apresentando vantagens e desvantagens. Também foram destacados a justificativa e os objetivos do trabalho.

Na segunda seção apresentou-se a revisão bibliográfica com as informações técnicas sobre o uso do concreto armado *in loco* e/ou das estruturas pré-fabricadas nas construções de grande porte, bem como suas vantagens e desvantagens. Também foi realizada a descrição do conceito de custos, abrangendo mão de obra, materiais e equipamentos.

Na terceira seção apresentou-se o método de pesquisa de forma detalhada com informações sobre o tipo de pesquisa, instrumentos de coleta e análise de dados e o estudo de caso para um melhor entendimento de todas as fases da pesquisa.

Na quarta seção apresentou-se os resultados e discussão, ou seja, a análise dos dados obtidos na revisão bibliográfica, análise do orçamento de custos dos empreendimentos de Goianésia e Aparecida de Goiânia, evidenciando que o método utilizado *in loco* na construção do empreendimento de Goianésia foi o mais viável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica foi desenvolvido os temas estudados: concreto moldado *in loco*; estrutura pré-moldada; vantagens e desvantagens e análise de custos, de modo a concluir todo o estudo teórico fundamental para a compreensão do trabalho.

2.1 CONCRETO ARMADO MOLDADO *IN LOCO*

2.1.1 Produção de fôrmas

As fôrmas são estruturas provisórias utilizadas para moldar o concreto fresco, podendo resistir a todos os efeitos causados pelas cargas variáveis provocadas pela liberação da pressão do concreto fresco, até que o mesmo se torne autossustentável, segundo NBR 15696 (ABNT, 2009).

O material da cofragem pode ser: de madeira, metal, misto e plástico. Uma cofragem está ligada a outra por uma fechadura metálica. No entanto existem formas plásticas modulares podendo ser conectados mudando seus tamanhos, e esse tipo de fechadura não é necessária pois ela é autotravante (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

O molde é um elemento da estrutura em fase de execução estrutural, e visa dar ao concreto uma determinada forma quando ainda está no estado plástico após a cura. Estes devem atender a certos padrões de implementação, pois afetarão significativamente o acabamento final e a estabilidade estrutural dos componentes de concreto. As fôrmas de concreto armado devem atender a certos requisitos, sendo estritamente de acordo com as dimensões enformadas no projeto, resistência suficiente para que não se deforme sob a ação do concreto fresco, até que se alcance a resistência mecânica suficiente para se sustentar, e alcance específico de acordo com os requisitos dos projetos (SALGADO, 2018).

Na maioria dos estados do país, a fôrma de madeira é a mais utilizada na construção civil, geralmente feita de compensados, pranchas e pontaletes de madeira serrada. Se projetadas e executadas adequadamente, elas apresentarão benefícios técnicos e econômicos notáveis que fazem parte do cotidiano de mão-de-obra atual. A escolha de um ou de outro depende do tipo de peça a ser concluída, do tempo para a sua produção ou quantas vezes poderá ser reutilizada, dependendo da disponibilidade de investimentos da empresa. De modo geral, não é correto afirmar que um sistema material seja melhor ou pior que o outro, mas é necessário analisar os

fatores citados para indicar corretamente sua aplicação de acordo com o custo-benefício esperado (NAZAR, 2007).

2.1.2 Armaduras

Segundo Vasconcelos (2015), o primeiro país a utilizar e compreender a função das armaduras no concreto foi a França, espalhando-se em seguida por outros países europeus, e posteriormente, para o Brasil. Uma das principais funções da armadura é a de absorver os esforços de tração em peças estruturais solicitadas à flexão e à tração, contribuindo para a capacidade resistente ou para a estabilidade estrutural (BASTOS, 2006).

No Brasil, a ABNT através da NBR 6118/14 define dois tipos de armadura: a armadura ativa (protensão) é aquela constituída por barra, fios isolados ou cordoalhas, destinada à produção de forças de protensão, ou seja, na qual se aplica um pré-alongamento inicial. Já a armadura passiva é qualquer armadura que não seja usada pra produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada (BASTOS, 2006).

Atualmente, o aço é um material muito usado pela construção civil. As suas propriedades são determinadas em laboratório, onde é de suma importância a declaração dos documentos oficiais. Ao utilizar o aço na construção, deve-se garantir sua utilização correta e conforme previsto em todas as etapas do projeto (NEVILLE; BROOKS, 2013). A norma que regulamenta e especifica a produção de barras e fios de aço é a NBR 7480/2007

Com o surgimento dos aços de alta resistência, melhorou-se a capacidade de aderência das barras, dessa forma, a construção civil passou a utilizar no concreto armado barras redondas lisas ou com saliências, e em alguns casos, malhas ou telas soldadas. Os aços para concreto armado são fabricados com ligas de ferro que contém carbono, manganês, silício, cromo, fósforo e enxofre (FUSCO, 2017).

Os aços estruturais utilizados para construção civil possuem entre 0,18 e 0,25% de carbono, caracterizando-se por sua ductilidade, incombustibilidade, facilidade de ser trabalhado, resistência a tração, compressão, flexão e torção, resistência ao impacto, abrasão e desgaste. Em alguns casos e em condições adequadas os aços estruturais podem apresentar resistência a determinadas temperaturas, intempéries e agressões químicas (FUSCO, 2017).

Dutra (2018), chamou a atenção para o fato de que a proteção das armaduras depende da qualidade do concreto, ou seja, de sua capacidade de impermeabilidade, e de uma camada de revestimento com espessura adequada para o aço que é utilizado nas armaduras. Dessa forma,

para que haja proteção das armaduras, o concreto não pode conter agentes ou elementos agressivos internos, assunto que será tratado em seguida.

2.1.3 Concreto

O concreto possui componentes de vários materiais, quando acrescentado água obtém-se após a sua secagem (cura), peças que contenham propriedades e características estruturais, destinado a formar elementos de uma construção, tendo como exemplo: pilares, vigas, fundações e escadas, entre outros elementos (SALGADO, 2018).

O concreto é resultado da mistura entre o material aglomerante (cimento), agregado graúdo (pedra e brita), agregado miúdo (areia), água e outros produtos como aditivo e minerais, formando um dos elementos estruturais mais utilizados na construção civil. Dentre os vários tipos de concreto, destacam-se o concreto simples, formado apenas por aglomerante (cimento Portland), agregado miúdo e graúdo; o concreto autoadensável que contém adição de aditivos superplastificantes, que no momento da sua utilização ajuda no bombeamento, e o concreto protendido, que possui barras e cabos de aço no seu interior, porém a estrutura metálica suporta tensões de tração e pré-tensão, com isso denominado o nome de protendido (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), os concretos que possuem massa específica entre 20 e 28 kN/m³, e que antes de chegar ao resultado foram secos em estufa, são classificados como concretos de massa específica normal. Adotando-se uma massa específica para o concreto simples o valor de 24 kN/m³ e para o concreto armado 25 kN/m³ utilizados para efeito de cálculo se a massa específica real não for conhecida. Conhecendo a massa específica do concreto em utilização, pode-se adotar para o valor da massa específica do concreto armado a mesma do concreto simples sendo acrescentado o valor de 1 kN/m³ a 1,5 kN/m³.

2.2 ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA

2.2.1 Histórico do concreto pré-moldado

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 9062:(2017), definiu estruturas pré-moldadas de concreto como aquelas em que seus elementos são moldados previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura. Esta mesma norma definiu que no projeto de execução de estruturas pré-moldadas devem ser apresentadas especificações

detalhadas dos processos produtivos e de manuseio, armazenamento, transporte, e montagem dos elementos pré-moldados (ABNT, 2017).

O uso do concreto pré-moldado se destina às chamadas construções secas, por evitar o desperdício de materiais e permitir que sua execução seja mais rápida e sustentável quando comparada com os sistemas convencionais de concreto moldado *in loco*. Além disso, o reuso de suas formas proporcionam mais economia e sustentabilidade para a construção civil (OLIVEIRA, 2015).

A partir destas considerações iniciais sobre o conceito de pré-moldado, descreveu-se o histórico de seu surgimento. Melo (2018), registrou que por volta de 1900 algumas construtoras passaram a utilizar ainda que de forma incipiente, os primeiros elementos pré-moldados em coberturas nos Estados Unidos. A construção do primeiro edifício utilizando-se elementos pré-moldados também foi nos Estados Unidos, sendo que a partir de 1907 iniciou-se a aplicação do sistema *Tilt-up*¹, ou seja, produção de paredes pré-moldadas na posição horizontal próximo ao local onde seriam instaladas de forma definitiva.

Já na Europa, a primeira construção com elementos pré-moldados ocorreu na Inglaterra, em 1906, utilizando-se vigas treliças e estacas pré-moldadas de concreto armado. Entretanto, a intensificação na utilização de elementos pré-moldados ocorreu no pós-guerra com a identificação da necessidade de uso de novos elementos nas edificações, uma vez que a destruição provocada pela guerra exigiu a construção de casas, escolas, hospitais e indústrias, com um material que fosse ao mesmo tempo resistente e que pudesse ser fabricado nos mais diversos locais, independentemente do ponto em que seriam montados e transportados com facilidade (OLIVEIRA, 2015).

De acordo com Serra (2015), a utilização do concreto pré-moldado ocorreu em três períodos principais. O primeiro período ocorreu entre os anos de 1950 a 1970, pois devido à falta de construções no pós-guerra, sentiu-se a necessidade de novas edificações, principalmente casas, escolas, hospitais e indústrias. Essas edificações utilizaram os elementos pré-fabricados do mesmo fornecedor, caracterizando-se pela uniformidade, monotonia e rigidez

¹O **Tilt-up** é o **sistema construtivo** mais amplamente utilizado entre os pré-moldados na América do Norte, chegando a 15% do total das obras industriais. Esse sistema de **pré-moldado** é feito a partir de **concreto** no local da obra. Após nivelar o piso a laser, são moldadas as **paredes em concreto em formas horizontais** com qualquer desenho de estrutura ou texturas. Podem ser incorporados vãos para portas e janelas e ainda é possível adicionar detalhes técnicos de acabamento. Quando atingem a resistência necessária, as estruturas são içadas por guindastes e colocadas nos **blocos das fundações** (MELO, 2018).

na sua arquitetura. Outra característica das edificações neste período é que não havia uma avaliação prévia dos elementos utilizados nas construções, acarretando em muitos danos como fissuras, trincas, infiltrações e outros problemas decorrentes da qualidade do material utilizado nas edificações.

O segundo período ocorreu entre 1970 a 1990, principalmente por causa dos constantes acidentes em alguns edifícios construídos com painéis pré-fabricados, provocando um novo olhar sobre o conceito de uso dos grandes componentes pré-fabricados utilizados em algumas edificações (SERRA, 2015).

E por fim, o terceiro período ocorreu após a década de 1980, principalmente em decorrência da rejeição social de grandes conjuntos residenciais e pela diversificação e uso de novos materiais na construção civil. Neste período surgiu na Europa os sistemas de pré-fabricados conhecidos como ciclos abertos e tinham uma proposta de fabricação de componentes padronizados, associados com produtos de outros fabricantes, tendo como base a modulação e a padronização de componentes compatíveis entre os elementos e seus subsistemas (SERRA, 2015).

Com a expansão do uso de elementos pré-moldados, em 1954 criou-se nos Estados Unidos uma organização denominada Instituto de Concreto Pré-Moldado e Protendido, que se encarregou de desenvolver, manter e divulgar o conjunto de conhecimentos necessários para a concepção, fabricação e construção de estruturas de concreto pré-moldado utilizando-se de diversas técnicas e condições climáticas (SERRA, 2015).

2.2.2 Pré-moldado no Brasil

O uso do concreto pré-moldado no Brasil iniciou-se num contexto um pouco diferente daquele em que se encontrava a Europa após a Segunda Guerra Mundial, uma vez que o país não sofreu devastação como ocorreu em alguns países europeus. Bem antes disso, ainda na década de 1926, uma construtora dinamarquesa utilizou estacas e cercas no perímetro de construção do Hipódromo da Gávea, localizado no Rio de Janeiro, considerado o primeiro empreendimento construído com pré-moldado no país (CAMPOS, 2017).

Já na década de 1950, outra construtora realizou diversas construções de galpões utilizando peças pré-moldadas, mas o que impulsionou o seu uso foi o crescimento da população urbana, que causou um déficit habitacional exigindo novas políticas públicas de habitação para o país. Esse déficit habitacional fez com que o governo brasileiro criasse o Banco Nacional de Habitação (BNH) visando diminuir o déficit de casas populares e ao mesmo tempo

impulsionar a área de construção civil, tendo em vista que se tratava de uma área que absorvia grande número de mão-de-obra, impulsionando o emprego (CAMPOS, 2017).

As primeiras ações do BNH desestimularam o uso do concreto pré-moldado nas edificações, na expectativa de que poderia aumentar a mão-de-obra nos canteiros de obras. No entanto, um grupo de empresários percebeu que a utilização dos concretos pré-moldados poderia trazer inúmeros benefícios para a construção civil e não somente na ampliação de vagas no mercado de construção de casas populares (CARMELO, 2017).

Na década de 1970, o Governo Federal adotou novas diretrizes para o setor de construção, passando a estimular a adoção de novas tecnologias e produtos, como a utilização dos elementos pré-fabricados de concreto. Nesse sentido, o próprio BNH passou a patrocinar as pesquisas com o uso de elementos de concreto pré-moldado, ainda que as primeiras experiências resultassem em problemas patológicos e de ordem funcional, aumento no custo de produção e manutenção de algumas edificações (REBELO, 2015).

A década de 1980 foi considerada um período de retrocesso para o uso de concreto pré-moldado no Brasil por causa dos problemas patológicos apresentados anteriormente. Na década seguinte, com a urbanização das grandes cidades, principalmente no sudeste brasileiro, voltou-se a preocupação pela utilização de materiais e elementos utilizados em pequenas e grandes edificações que se caracterizavam por serem mais econômicas, sustentáveis e que pudessem atender a grande demanda da indústria da construção civil (REBELO, 2015).

Devido ao grande número de edificações utilizando-se os elementos pré-moldados nos Estados Unidos e Europa, vários países do mundo, inclusive o Brasil, passaram a adotar em larga escala o uso destes elementos em suas edificações, uma vez que proporcionam rapidez na sua execução, qualidade dos materiais, durabilidade, redução do desperdício, redução no uso de formas, escoramento e estoques, menor dependência das condições meteorológicas, redução no risco de acidentes e flexibilidade arquitetônica (CAVALCANTI, 2017).

2.2.3 Estruturas pré-moldadas: informações técnicas

Para que todas as vantagens do concreto pré-moldado sejam potencializadas, a estrutura deve ser concebida de acordo com as especificações particulares do projeto. Senden (2015), esclareceu que a presença de ligações é o que diferencia uma estrutura de concreto pré-moldado de uma estrutura convencional utilizada em grande parte das edificações. Dessa forma, há uma preocupação com a segurança de uma estrutura pré-moldada, principalmente no que se refere a suas especificações técnicas.

Os elementos pré-moldados oferecem uma melhor eficiência estrutural, dessa forma, vãos maiores com redução da altura podem ser obtidos com a utilização do concreto protendido para uso nos elementos como vigas e lajes, inclusive nas construções industriais e comerciais nos quais os vãos dos pisos podem chegar a 40 metros ou mais. Já nos estacionamentos, o concreto pré-moldado permite pilares maiores, proporcionando maior vida útil das edificações (SENDEEN, 2015).

Essas especificações estão intrinsecamente ligadas ao conhecimento prévio sobre sua geometria efetiva, rigoroso controle de qualidade do concreto produzido, das suas ligações com o meio externo e ligações entre as peças e das ações dinâmicas que atuarão sobre os elementos pré-moldados. Do ponto de vista técnico, a fabricação e construção dos elementos pré-moldados exigem experiência e conhecimentos técnicos para sua utilização efetiva numa edificação (SOARES, 2017).

Dessa forma, a fabricação e construção dos elementos pré-moldados exigem um conhecimento técnico específico de engenharia, bem como das principais tecnologias utilizadas na concepção e cálculo estrutural, além do controle de qualidade dos materiais empregados, em especial, do concreto que precisa sofrer um rigoroso processo de mistura, com emprego de aditivos e cimentos especiais (SOARES, 2017).

Na execução de elementos pré-fabricados, os encarregados da produção e do controle de qualidade devem estar de posse de manuais técnicos onde poderão consultar as especificações técnicas sobre os materiais utilizados, como as formas, tipo de cimento, agregados e armação (SIRTOLI, 2015).

Uma das vantagens da utilização dos elementos pré-moldados é que o concreto pode ser moldado em qualquer forma, possibilitando uma grande variabilidade arquitetônica. As formas dos elementos de concreto não estão limitadas a superfícies planas, mas também podem assumir superfícies arredondadas. As formas poderão ser de madeira, aço ou alumínio, revestidas ou não com chapas metálicas de fibra, plástico ou outros materiais. As formas devem facilitar a desmontagem sem danificar os elementos pré-moldados, para isso deverão ser utilizados produtos antiaderentes que poderão ser aplicados antes da colocação da armadura (SIRTOLI, 2015).

A construção dos elementos pré-moldados exige o uso de cimento de qualidade e o tipo mais utilizado é o denominado CP V-ARI, devido a sua característica principal e resistência inicial elevada. Outro tipo de cimento utilizado é o CP V-ARI-RS que possui escória de alto-forno em sua composição e é recomendado para regiões com agressividade ambiental maior, pois sua composição confere resistência a sulfatos (SIRTOLI, 2015).

Sobre os agregados, estes podem ser definidos como um componente químico que tem o papel de enchimento e são classificados em miúdo (areias) e graúdos (britas). Soares (2017), recomenda que se deve ter um cuidado especial para que não sejam utilizados agregados lamelares, alongados e os que possam ter muito pó aderido na superfície. É preciso ter um cuidado especial com as peças que irão ficar em contato com ambientes muito úmidos, sob o risco de acarretar manchas na superfície da peça de concreto pré-moldado utilizado na edificação.

Dessa forma, os agregados devem possuir resistência equivalente ou maior ao concreto que será produzido e quanto à sua forma e textura, os grãos mais lisos exigem menos pasta de cimento para que sejam absorvidos, enquanto os mais ásperos têm resistência menor, aumentando a aderência entre a pasta e o agregado (SOARES, 2017).

Quanto à armação, um cuidado especial deve ser dado à armazenagem do aço, pois o correto posicionamento das barras de aço é importante para o bom andamento das atividades de armação, desde o desembarque até sua utilização. Além disso, as barras de aço devem ser separadas por bitolas visando a prevenção de possíveis enganos na hora da montagem. Deve-se evitar também o contato direto do aço com o solo e proteger as barras de condições climáticas severas como ventos fortes, chuvas intensas e temporais evitando as corrosões das armaduras durante sua estocagem (BOESING; PHILIPSEN, 2011).

2.2.4 Elementos estruturais

Destacam-se como elementos estruturais de concretos pré-moldados: a fundação, o pilar, o console, as vigas, os fechamentos e as cintas de amarração. Os blocos de fundação de concreto são os responsáveis por transferir as cargas provenientes dos pilares e das vigas baldrame para as fundações profundas, ou seja, as estacas (DANTAS, 2016).

Os pilares são fabricados em concreto armado, com formas regulares, superfície lisa e cantos chanfrados. Estes podem possuir tubos acoplados de esgoto para escoamento da água pluvial oriundos da cobertura. A sua dimensão mínima recomendada é de 40 cm e o seu comprimento máximo pode chegar a 30 metros. Outra característica dos pilares é que estes podem ter formatos trapezoidais ou retangulares e são usados para fazer ligação à viga. A união entre o pilar e a fundação é obtida por meio de encaixe e preenchimento com graute ou concreto nos vazios entre o pilar e as paredes internas do cálice (DANTAS, 2016).

Para Dantas (2016), os consoles são empregados nas estruturas pré-moldadas visando apoiar as ligações das vigas com os pilares ou entre as próprias vigas; mas também podem ser

utilizados para ligações entre a laje e a parede. Os consoles em sua maioria são vinculados por tirantes ou parafusadas e dentro deles são colocados o neoprene para compensar as irregularidades, distribuindo melhor as tensões sobre a área de contato.

As vigas têm como função estrutural dar suporte à laje do piso, escadaria, elementos de cobertura, painéis de fechamento ou apoio para as paredes de alvenaria. Desse modo, as vigas transferem esforços verticais recebidos para os pilares. Dentre os tipos de vigas destacam-se as vigas baldrame, ou seja, aquelas que servem de apoio e estrutura para o sistema de fechamento, sendo paredes de alvenaria ou painéis pré-moldados, sendo que sua vinculação com a fundação é feita através de barras de aço (BIRO, 2017).

Outro tipo de viga é a chamada de apoio para laje, pois possui em toda sua extensão, uma parte superior armada com estribos para acomodação e amarração das vigotas ou armadura para reforço para consolidação da viga com o pilar. Já a viga calha, além de possuir uma função estrutural e dar apoio à estrutura da cobertura, também faz a parte do sistema de coleta proveniente das águas das chuvas, direcionando o fluxo para os pilares. Normalmente são pré-moldadas e possuem pequenos caimentos para drenagem da água. As vigas de travamento e cobertura também são importantes nas edificações e são utilizadas em obras industriais com vãos maiores. Sua principal função é a de travar os pilares e estabilizar o restante da estrutura metálica da cobertura (BIRO, 2017).

Os fechamentos também fazem parte das estruturas de concreto pré-moldado. Os principais tipos de fechamento são os de alvenaria que servem para dividir os ambientes e são consideradas de vedação aquelas que tem como função exclusiva o fechamento de áreas externas apoiadas sobre a estrutura. Há também os fechamentos de bloco cerâmico e são utilizados para fechamento interno e externo. Este tipo de estrutura de fechamento, devido ao seu material de fabricação, absorve com mais facilidade a água e são de fácil manuseio no canteiro de obra por ter uma baixa densidade; por outro lado, causam desperdício por causa da necessidade de quebra frequente do material durante a execução (BIRO, 2017).

O chapisco também faz parte do elemento estrutural da edificação. Segundo Biro (2017), toda parede de alvenaria precisa receber uma camada de chapisco antes da aplicação da argamassa final. A principal função do chapisco é deixar a superfície da alvenaria mais rugosa, garantindo a melhor aderência entre o revestimento e a base, aumentando a resistência final, além de atuar como impermeabilizante contra a umidade.

Biro (2017), fez alusão à verga, contraverga e cinta de amarração como elementos estruturais que evitam determinadas tensões nas edificações. Para evitar trincas nos cantos inferiores dos vãos devido a pequenos esforços, recomenda-se o uso de vergas (superior) e

contravergas (inferior), com uma pequena armadura moldada em concreto. Para evitar ou reduzir o aumento de trincas, o travamento de alvenaria na estrutura pode ser melhorado com a adição de telas metálicas.

Em relação às patologias estruturais na área de construção civil, estas envolvem a análise, diagnóstico e terapia das manifestações relacionadas a reações químicas no concreto pré-fabricado que podem causar prejuízos de material, mão-de-obra e financeiro. As patologias podem afetar diversos componentes como alvenaria, emboço, rejuntas, contra pisos e vigas. As principais causas das patologias nos elementos pré-moldados estão relacionadas ao planejamento, projeto, produção, execução, fatores climáticos, deslocamento dos elementos, dentre outros (RAMOS; PEREIRA; NASCIMENTO, 2018).

Para Ramos, Pereira e Nascimento (2018), os efeitos resultantes da atuação dos agentes intrínsecos e extrínsecos da deterioração das estruturas do concreto pré-armado são percebidos, principalmente nos pontos fracos de determinadas estruturas. Na maioria dos casos, as suas causas são evidentes e poderiam ter sido evitadas pela escolha mais cuidadosa dos materiais e métodos de execução ou por um programa adequado de manutenção.

2.2.5 Uso de concreto pré-moldado em edificação de grande porte

O uso do concreto pré-moldado em edificações de grande porte já está consagrado na área de construção civil brasileira. Os elementos pré-moldado podem ser utilizados em qualquer ramo da construção, no entanto, no Brasil, sua utilização sempre teve aplicações limitadas como construções de galpões, lajes, estacas, postes e tubos de drenagem e esgoto, situação que vem se modificando desde a década de 1990, com o desenvolvimento da técnica conhecida como *Tilt-up* proporcionando economia nos custos finais da obra, versatilidade e redução nos prazos de conclusão (DAHL, 2015).

Segundo Dahl (2015), a diversidade dos elementos pré-moldados e a facilidade de montagem colaboram para que a produtividade, a segurança e a qualidade sejam características que possibilitam a utilização do concreto pré-moldado em construções de grande porte como prédios de vários andares, shopping, grandes galpões comerciais, hotéis, dentre outros. Outro diferencial presente nas peças pré-moldadas foi o avanço nos materiais utilizados para construção das peças, tornando-as mais versáteis, leves, dispensando equipamentos pesados para sua montagem (DAHL, 2015).

O uso de estruturas de pré-moldados em concreto exige a elaboração de um projeto de canteiro, para que possam ser considerados a colocação de guias e seus raios de abrangência,

devendo ser definido o processo de montagem para que os serviços sejam programados de modo a evitar o acúmulo de componentes no canteiro, o que pode acarretar acidentes (DUARTE; ELMIR; PITOL, 2017).

A elaboração do projeto de canteiro também é importante para a análise da viabilidade do uso de elementos pré-moldados em construções de grande porte, pois, em alguns casos, pode ocorrer a inviabilização da montagem dos componentes, seja por falta de espaço físico para os equipamentos de montagem ou devido a terrenos com relevos acidentados que impeçam sua locomoção (DUARTE; ELMIR; PITOL, 2017).

Dahl (2015), esclareceu que a indústria brasileira de pré-moldados vem passando por transformações importantes visando modernizar e agilizar o uso dos concretos pré-moldados em edificações de grande porte. Essas transformações acompanham uma tendência mundial de adoção de um processo de qualidade importante para a segurança da edificação, além de facilidade na execução e diminuição dos custos finais.

2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

2.3.1 Estrutura de concreto moldado *in loco*

2.3.1.1 Vantagens

- A maioria das solicitações que é submetida, apresenta boa resistência;
- Apresenta boa trabalhabilidade, podendo ser usado de diversas maneiras, com isso o projetista tem maior liberdade em definir, do ponto de vista estrutural a mais conveniente;
- Pode-se obter estruturas com um só corpo rígido, onde essa situação não ocorre em estruturas de madeira, pré-fabricadas e de aço. Na fase de concretagem das peças estruturais, existe boa aderência entre o concreto já duro e o que será concretado posteriormente, com isso apresentando facilidade na transmissão de esforços;
- Em todo país as técnicas de execução são dominadas razoavelmente;
- Sendo bem executado de acordo com as normas técnicas e diminuindo ou até evitando a aplicação de aceleradores de pega, onde os reagentes químicos podem oxidar as armaduras, com isso o concreto passa ser um material durável;

- Em relação a madeira e o aço, o concreto fornece maior resistência e durabilidade ao fogo, se alguns aspectos como: o cobrimento e a qualidade, que estejam corretas com as condições do ambiente que está localizada a estrutura;
- Possui capacidade resistente a desgastes mecânicos, efeitos térmicos, atmosféricos, a choques e vibrações (CARVALHO; FILHO, 2014).

2.3.1.2 Desvantagens

- Com seu peso específico elevado ($\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$), o uso do concreto as vezes se torna limitado em diversas situações, ou podendo aumentar bastante seu custo. Onde surge peças com maiores proporções que o aço;
- Em muitas situações, as ampliações e reformas são de difícil execução, e custo elevado de mão de obra;
- O uso de escoramentos e fôrmas é necessário para execução, onde é essencial que fique intacto até que se obtenha a resistência correta para o concreto, assim podendo fazer a retirada das formas e escoramentos para dar sequências as demais etapas (CARVALHO; FILHO, 2014).

2.3.2 Estrutura de concreto pré-moldado

A utilização de elementos de concreto pré-armado nas construções de grande porte possui algumas vantagens e desvantagens. As vantagens estão relacionadas, principalmente, com a maior facilidade dos métodos de fabricação e economia de materiais. Já as desvantagens estão intrinsecamente ligadas aos custos no transporte e equipamentos de içamento (CARRARO, 2012).

2.3.2.1 Vantagens

As principais vantagens oferecidas pelo uso dos pré-moldados estão relacionadas à execução da estrutura fora do local de utilização definitivo, facilitando a produção dos elementos e reduzindo o cimbramento. Dessa forma, a produção em grandes séries, em fábricas, proporciona facilidades mais significativas, ou seja, essas vantagens possibilitam grande reutilização de formas, emprego de protensão com armadura pré-tencionada, emprego de seções

com melhor aproveitamento dos materiais, maior produtividade da mão-de-obra e maior controle de qualidade (CARRARO, 2012).

Outra vantagem é que no contexto de uma relação que visa a preservação ambiental, a indústria do concreto pré-moldado apresenta-se como uma alternativa viável proporcionando o uso reduzido de materiais em até 45%; redução do consumo de energia de até 30%; diminuição do desperdício com demolição de até 40%, conforme destacado por Carraro (2012).

O processo de pré-moldagem também oferece certas vantagens em relação às técnicas de construção, como por exemplo a massa térmica do concreto tem sido usada satisfatoriamente para armazenar energia térmica em pisos de laje alveolar, resultando em economia substancial em relação a equipamentos de aquecimento. Os alvéolos das placas de piso são utilizados para ventilação antes que o ar entre no ambiente. No inverno, o excesso de energia que vem das máquinas, da luz elétrica, da luz solar e dos usuários é estocada durante o dia e recuperada durante a noite. No verão, os pisos são resfriados durante a noite pelo ar de fora. Esse sistema permite uma economia de energia superior a 30 %. Esses alvéolos também podem ser utilizados para incorporar dutos e tubulações na parte interior dos pisos (CLETO, 2016).

Além das vantagens do uso do pré-moldado do ponto de vista técnico, tais como a racionalização do uso de materiais e menor tempo de execução, existem também aquelas ligadas à esfera social. Essas, além de sua capacidade de redução dos custos da obra, geram benefícios para toda a sociedade, pois o desenvolvimento do sistema construtivo no interior de uma indústria possibilita que a mão-de-obra seja amparada, com local apropriado e inspecionado para o trabalho, melhorando, assim, as condições de trabalho, e diminuindo os riscos de acidentes de trabalho (CLETO, 2016).

2.3.2.2 Desvantagens

As desvantagens do uso do pré-moldado, ou seja, as peculiaridades que desfavorecem o seu emprego, são os custos e limitações de transportes, montagem dos elementos, condições de acesso dos equipamentos necessários (caminhões muck, guinchos e outros) e ainda por serem fabricados distante da obra (MELLO; PREVEDELLO; MASUTTI, 2015).

A montagem dos mesmos deve ser observado as ligações que compõem a estrutura devido à dificuldade do emprego da pré-moldagem, sendo geralmente mais simples, acarretam em estruturas mais pobres em relação ao que se procura, enquanto as ligações que tendem a produzir o monolítico das estruturas de concreto *in loco*, em geral são mais trabalhosas ou com valor mais elevado, mas nem todas as desvantagens devem ser consideradas como restrições da

técnica do pré-moldado, mas sim usar das opções da construção civil para se ter facilidades na execução dos elementos (MELLO; PREVEDELLO; MASUTTI, 2015).

2.4 ANÁLISE DE CUSTOS

2.4.1 Custo de mão de obra

Em qualquer empreendimento, é preciso considerar o custo de mão de obra como um dos aspectos mais importantes para a viabilidade da sua execução. Conforme o país foi se desenvolvendo, passou-se a exigir também um número maior de profissionais da área de construção civil. A partir de 1970, até os dias atuais, a crescente urbanização, e consequentemente, aumento das edificações urbanas, demandou também uma análise mais efetiva do custo de mão de obra (SERRA, 2015).

Furtado (2010), desenvolveu um quadro comparativo de evolução do perfil de mão de obra na construção civil (Quadro 1), aspecto preponderante para a análise do custo de mão de obra no país.

Quadro 1 - Evolução do perfil da mão de obra no setor de edificações

| Período | Características |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1º Período (1500-1850) | Os primeiros profissionais de construção civil no Brasil vieram da Europa e África (trabalhadores livres – brancos – escravos negros e índios. Este período foi marcado por técnicas rudimentares e mão de obra sem qualificação ou treinamento. |
| 2º Período (1850-1930) | Período caracterizado pela construção de obras de infraestrutura como usinas e ferrovias, além da industrialização do país. A mão de obra existente (escravos, colonos e índios) foi substituída pela mão de obra imigrante, mais qualificado e com maiores habilidades técnicas e artísticas. Predominou-se neste período as construções urbanas, exigindo maior número de mão de obra na construção civil. |

Continua

| | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3º Período (1930-1955) | Este período caracterizou-se pela urbanização e obras de base, principalmente construção pesada e industrial. Na construção dos edifícios, observou-se um déficit na mão de obra especializada, pois não conseguiu acompanhar o crescimento quantitativo do setor de construção civil. |
| 4º Período (1955-1970) | Caracterizado pelos planos de infraestrutura (Plano de Metas, BNH) com consolidação do setor de construção civil. O ramo de construção absorveu grande parte da mão de obra. |
| 5º Período (a partir de 1970) | Caracterizado pela diversificação e maturidade tecnológica do setor, configurando-se as características atuais do perfil da mão de obra, qualificada e especializada. |

Fonte: Furtado (2010)

A partir do Quadro 1, ficou evidente que a mão de obra utilizada na construção civil vem se desenvolvendo ao longo dos anos. Fica evidente ainda que o desenvolvimento do país, bem como a crescente demanda por edificações, principalmente na área urbana, passou a absorver grande número de mão de obra, exigindo-se especialização e qualificação destes profissionais voltados para a construção civil.

Para cálculo da mão de obra na construção civil, algumas variáveis devem ser consideradas como: salários; jornada de trabalho; potencial de profissionais/força de trabalho diretamente ligada ao tempo de execução da obra; encargos trabalhistas e previdenciários, férias, 13º salário, descanso semana remunerado e encargos adicionais como insalubridade, periculosidade, adicional noturno (quando houver), por tempo de serviço, transporte, alimentação, horas-extras, dentre outras variáveis regionais (COELHO, 2016).

Por outro lado, Coelho (2016), chama a atenção para o fato de que alguns cálculos dos dias efetivos trabalhos em alguns municípios podem variar em detrimento do local e da região. Os custos com mão de obra, em São Paulo, por exemplo, são menores que os custos do profissional no Nordeste, devido principalmente aos custos de transporte. Desta forma, o custo unitário da mão de obra deve ser calculado em função das particularidades regionais, da produtividade dos profissionais contratados e do custo horário destes profissionais.

Recomenda-se que os contratantes estabeleçam, através de acompanhamento estatístico a própria produtividade para cada serviço que será executado. Ao dispor de índices de produtividade próprios, os contratantes minimizam possíveis discrepâncias orçamentárias,

responsável por parte do encarecimento da obra. Outro fator que deve ser considerado nos custos refere-se ao perfil da mão de obra. É muito comum na atualidade a especialização de alguns profissionais em determinada área (pintura, acabamento, assentamento de cerâmica, dentre outros), elevando o custo (ÁVILA; LIBRELOTTO; LOPES, 2013).

2.4.2 Materiais e equipamentos

Um aspecto que deve ser considerado na construção civil se refere ao custo dos materiais e equipamentos. Em relação aos materiais, Santos (2014, p.32), os definiu como “todo e qualquer material utilizado na realização de qualquer produto de engenharia civil, desde relacionados à infraestrutura e edificações”. A evolução dos materiais utilizados nas edificações vem acompanhando o desenvolvimento do próprio homem, iniciando-se com os povos primitivos, que utilizavam materiais em seu estado natural, ou seja, sem qualquer transformação.

No planejamento de custos dos materiais deve ser considerados os tipos simples e compostos, os primeiros são retirados diretamente da natureza e o segundo é resultado de trabalho industrial. Seu uso correto depende de uma compreensão sobre as propriedades de solidez, durabilidade e acabamento das obras, aspectos importantes para seu desempenho e viabilidade econômica (SANTOS, 2014).

Coutinho (2015) também esclareceu que os materiais utilizados para a composição dos custos unitários podem se apresentar de forma natural, como por exemplo, a areia a granel, brita, madeira, produtos como cimento, aço de construção, fios elétricos, cerâmicas, produtos acabados para instalações hidráulicas e elétricas, dentre outros. Esses materiais são representados por unidades de medida, volume, área, comprimento e peso. Deve ser considerado ainda todos os impostos e taxas que incidirem sobre o produto, além dos encargos com transporte.

Em relação aos equipamentos, quando estes forem de propriedade do responsável pela construção da obra, deve-se considerar a depreciação dos mesmos, juros do capital investido na compra, manutenção com reposição de peças e outras despesas eventuais. Na análise de custos de equipamentos para construção civil, Faria (2014), considerou dois tipos de encargos: os fixos, que correspondem aos custos de gestão, desvalorização, juros, seguros, armazenamento, transporte, montagem e desmontagem e os encargos variáveis, caracterizados pelos custos de conservação, reparação, consumo e manobra.

Tanto em relação aos materiais quanto aos equipamentos, um aspecto que deve ser

considerado em seus custos é a sustentabilidade. Oliveira (2015), chama a atenção para o fato de que a construção civil é uma atividade importante para o desenvolvimento econômico regional e local, mas por outro lado, é uma grande geradora de impactos ambientais tanto pelo consumo e exploração de matérias primas, quanto na geração de resíduos, o que pode impactar negativamente nos custos dos equipamentos e materiais.

Quando se trata de custos de equipamentos e materiais, Flores (2011), esclareceu que não existe material e/ou equipamentos totalmente sustentáveis para qualquer uso na construção civil, seja pelo desgaste, ruído, vedação e o uso dado para estes materiais e equipamentos. Este autor destacou que os custos de materiais e equipamentos, em virtude de sua sustentabilidade, devem levar em consideração a função que deve cumprir (revestimento, vedação, estrutura); local que será aplicado (piso, parede, teto, cobertura), uso que será dado a esse material (comercial, residencial, industrial), modo de produção (artesanal, industrial), região em que se localiza a obra, zona bioclimática, hábitos e costumes de usuário. São poucos os municípios que oferecem incentivos para que as construções contemplem materiais sustentáveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a viabilidade econômica de duas edificações de grande porte, sendo uma em concreto pré-fabricado e a outra em moldado *in loco*, com o intuito de realizar um estudo de caso com comparativos técnicos, econômicos e logísticos, demonstrando vantagens e desvantagens, fez-se necessário o estudo do tipo qualitativo e quantitativo, de cunho descritivo.

Utilizou-se como instrumento e coleta de dados, a análise documental (orçamento financeiro) referente aos materiais utilizados na fabricação de pré-moldados confrontando suas vantagens e desvantagens, o uso destes modelos em edificações e a definição do método de orçamento a ser executado.

Devido ao momento pandêmico verificado no mundo e no Brasil devido à COVID-19, essa análise documental ficou restrita às pesquisas virtuais, disponibilizadas na Internet e fornecidas pelos responsáveis pela obra, em encontros virtuais.

Nesse aspecto, recorreu-se a Triviños (2017), quando afirmou que mesmo com as limitações na amostragem, é importante que o pesquisador considere as interpretações individuais, pois permite analisar questões que estão fundamentadas por diferentes perspectivas, posto que o objeto de pesquisa, neste caso, as construções executadas na Faculdade Evangélica de Goianésia e da Faculdade Evangélica de Aparecida de Goiânia.

Posteriormente a coleta dos dados, estes foram analisados e confrontados com o estudo de caso, chegando-se aos resultados e discussão. Para Triviños (2017), a análise de conteúdo, enquanto método aplicado ao tratamento dos dados permite a submissão dos dados à análise e interpretação, caracterizadas por três etapas inter-relacionadas e interdependentes, sendo essas pré-análise, exploração de material e tratamento das informações, etapas estas que foram consideradas suficientes para o alcance dos objetivos propostos na investigação.

A análise de conteúdo, segundo Bardin (2011), se refere a um conjunto de técnicas de análise que tem como objetivo enriquecer a leitura dos dados coletados, permitindo ao pesquisador uma compreensão crítica destes dados. Este tipo de análise, segundo este autor, é um procedimento adequado para analisar material textual visando o embasamento teórico de estudos de casos, muito comuns em trabalhos de engenharia.

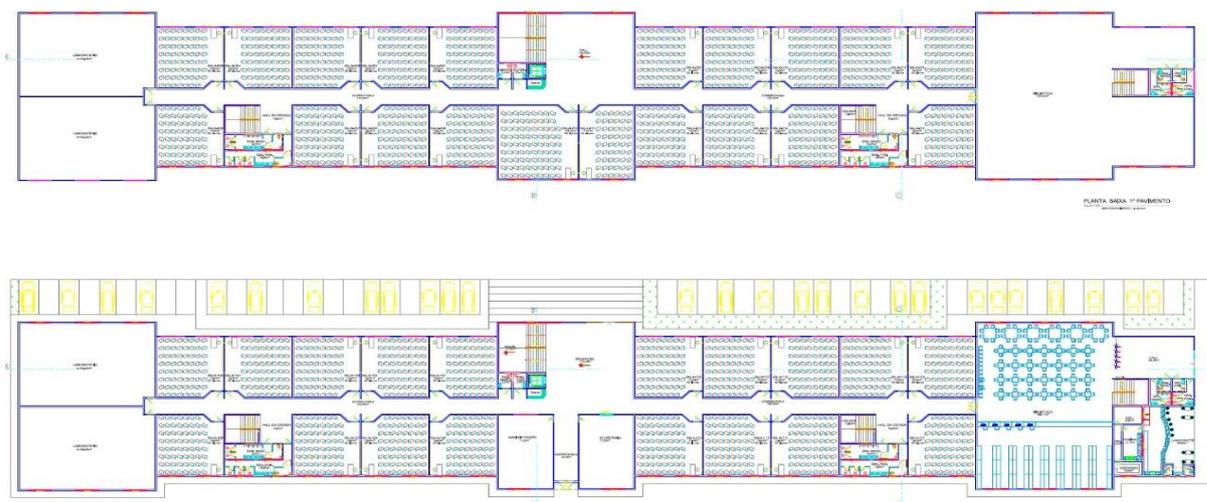
Ao recorrer ao estudo de caso, segundo Ludke e André (2009), as técnicas de coleta permitem a observação, análise de documentos escritos e áudio visuais, e anotações de campo, as quais permitem a produção de um conhecimento tão rico e complexo quanto a realidade da qual derivam. Estas características possibilitam um esquema aberto e flexível de trabalho,

permitindo a ele rever pontos críticos, localizar novos sujeitos, incluir novos instrumentos e técnicas, aprofundando questões no desenrolar da pesquisa.

3.1 PROJETO DE ESTRUTURA EM CONCRETO MOLDADA *IN LOCO*

Para o estudo comparativo entre as duas técnicas de estrutura mencionadas no trabalho, concreto moldada *in loco* e concreto pré-moldado, tem-se o projeto de estrutura em concreto armado *in loco*, projetado e executado no município de Goianésia-Goiás, em edificação destinada a instalações da Faculdade Evangélica de Goianésia. A Figura 1 ilustra a planta baixa do pavimento térreo e do primeiro pavimento da edificação, com área total construída de projeto de 12.596,40 m², com execução iniciada em fevereiro de 2013.

Figura 1 – Planta baixa da Faculdade Evangélica de Goianésia.



Fonte: A estrutural engenharia, 2013.

A edificação em estudo, Faculdade Evangélica de Goianésia, encontra-se na Avenida Brasil, nº 1000, Covaá, Goianésia-Goiás, conforme Figura 2. A edificação sofreu adaptações no projeto inicial, como a execução de rampa de acessibilidade, executada posteriormente em concreto pré-moldado.

Figura 2 – Localização da Faculdade Evangélica de Goianésia.



Fonte: *Google Maps*, 2020.

3.2 PROJETO DE ESTRUTURA EM CONCRETO PRÉ-MOLDADA

Para o estudo comparativo entre as duas técnicas de estrutura mencionadas no trabalho, tem-se o projeto de estrutura em concreto pré-moldada, projetada e executada no município de Aparecida de Goiânia-Goiás, em edificação destinada a instalações da Associação Educativa Evangélica. A Figura 3 ilustra a planta de locação da edificação, com área total construída de 13.915,00 m², projeto desenvolvido em setembro de 2014.

Figura 4 - Localização da futura instalação da Associação Educativa Evangélica de Aparecida de Goiânia.



Fonte: *Google Maps*, 2020.

Analisando a Figura 4, é percebido que a edificação se encontra em fase de construção durante o desenvolvimento desse trabalho, tendo suas atividades iniciadas no primeiro semestre de 2017. Vale ressaltar que as atividades referentes a estrutura, foco deste trabalho, já estão construídas.

O engenheiro responsável pela execução da edificação da Faculdade Evangélica de Goianésia, Eng. Adriano de Sousa Tavares, disponibilizou os dados necessários para o desenvolvimento do comparativo entre as duas propostas, como o projeto estrutural das duas edificações.

Para que possa ser reduzida a variável tempo do orçamento obtido pelos profissionais responsáveis pelas edificações, os preços unitários dos insumos e serviços da obra de Goianésia foram atualizados para a data do orçamento elaborado para a obra de Aparecida de Goiânia, ou seja, os orçamentos originais eram de abril de 2013 e novembro de 2016 respectivamente, com isso, foi feito um comparativo entre os custos apresentados na Tabela Sinapi de Insumos e Composições com data base de 04/2013, localidade Goiás, com a Tabela de Insumos e Composições com data base de 11/2016, também localidade Goiás.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados comparativos foram realizados a partir das informações presentes nas planilhas de custos dos empreendimentos do objeto de estudo: construção da obra da Associação Educativa Evangélica localizada no município de Aparecida de Goiânia e do município de Goianésia.

Estes empreendimentos foram projetados por profissionais distintos, mas com a mesma finalidade, ou seja, oferecer um espaço para ministração das aulas pelo professor, acessibilidade, espaço de convivência de professores, infraestrutura pedagógica e de gestão, além de estacionamento para acadêmicos e professores.

Para uma maior compreensão sobre os dados da planilha relacionados ao estudo de viabilidade econômica entre estrutura de concreto pré-fabricada e moldada *in loco*, fez-se o comparativo nos Quadros 2 e 3 a partir das informações das planilhas de custos utilizados nas obras em questão.

A estrutura deste orçamento foi separada por itens, representados por composições de descrição dos serviços, unidade, quantidade, preço unitário e preço total. O sistema de composição de custos utilizado no orçamento foi o do Sistema Nacional de Preços e Índices da Construção Civil (SINAPI), pois estes dados se encontram disponíveis para consulta pública, utilizado em obras privadas de edificações.

Faz-se necessário o esclarecimento de que apesar da utilização da tabela de composições do SINAPI e de outras ferramentas que são utilizadas para a execução de serviços *in loco*, esses critérios podem, em alguns casos divergir da realidade devido à variabilidade da produtividade de mão de obra, os tipos de contratos feitos, como empreitada, contratação mensal, horistas, critérios de reaproveitamento de materiais, condições da empresa executora das estruturas pré-moldadas e outros fatores que podem interferir no custo real dos serviços (SILVA, 2019).

O Quadro 2 é uma síntese da planilha utilizada como referência para construção do empreendimento de concreto armado *in loco* projetado e executado no município de Goianésia visando a instalação da Faculdade Evangélica de Goianésia, Goiás, totalizando 12.596,40 m².

É preciso destacar ainda as especificidades dos elementos moldados *in loco* utilizados no empreendimento de Goianésia-Goiás em que exigiu algumas modificações a fim de possibilitar a construção posterior da rampa de acessibilidade. Outro fator importante na comparação é que a construção de Goianésia se iniciou em 2013 e de Aparecida de Goiânia em

2017.

Para que o comparativo fosse satisfatório, o Quadro 2 apresenta os serviços referente a etapa de estruturas com os preços unitários atualizados para a data base de 11/2016 conforme descrito acima. Dentro dos serviços descritos, estão andaimes metálicos, estrutura em concreto armado, incluindo formas, escoramentos e armaduras, corpo de prova para testes de resistência à compressão do concreto, concreto usinado e lançamento do mesmo.

Quadro 2 – Orçamento do material utilizado na estrutura de concreto moldado *in loco* (Goianésia)

| Descrição dos serviços | Unid. | Quantidade | Preço Unitário | Preço Total |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Fundações e sondagem | VB | 1,00 | R\$ 485.732,09 | R\$ 485.732,09 |
| Andaime metálico (aluguel) | ML | 8.930,25 | R\$ 12,68 | R\$ 113.235, 57 |
| Estrutura em concreto armado caixaria e ferragem e mão de obra | VB | 1,00 | R\$565.874,90 | R\$565.874,90 |
| Corpo de prova | Un | 841,61 | R\$ 10,00 | R\$ 8.416,10 |
| Laje treliçada, incluindo EPS, armadura negativa, escoras e mão de obra. | m ² | 10.331,83 | R\$ 90,50 | R\$ 935.030,60 |
| Concreto usinado bombeável fck=30 MPa (Obras civis) | m ³ | 5.890,36 | R\$ 364,94 | R\$2.149.602,06 |
| Lanc./Aplic. Concreto em estrutura (Obras civis) | m ³ | 5.890,36 | R\$ 149,72 | R\$ 881.898,83 |
| Total | | | | R\$ 5.139.790,15 |
| Valor por metro quadrado (A = 12596,40m²) | | | | R\$ 408,04 |

Fonte: Autores (2021)

Para a atualização do preço unitário referente ao item 2 do Quadro 2 (Estrutura em concreto armado caixaria e ferragem), foi utilizado o projeto de estruturas disponibilizado pelo engenheiro responsável, separando os itens referentes às formas de madeira e às armaduras (vergalhões CA-50 e CA-60), para que ao fim fosse identificado o percentual de acréscimo referente ao valor total do item, que foi de 25,56% no período. A laje treliçada também teve seu valor acrescido, em um percentual de 5,8%.

Corroborar com a pesquisa realizada os dados de Teles (2017) para mostrar que a escolha

do sistema produtivo é determinante para a construção de empreendimentos de grande porte, possibilitando uma construção com menos desperdício de material e otimização da mão de obra. Para este autor, a utilização de peças de concreto pré-fabricado, mostra-se mais vantajoso onde se utiliza peças da mesma dimensão, permitindo uma execução mais acelerada, evitando perda de material de formas, quando comparado ao uso das estruturas de concreto moldado *in loco*.

O método *in loco* foi o utilizado na construção da Faculdade Evangélica de Goianésia, considerado na atualidade um dos métodos mais vantajosos para os empreendimentos de grande porte, ainda que exija a utilização de um número maior de mão-de-obra e com maior especialização. Por outro lado, grande parte das construtoras no país escolhem este método pelo domínio de sua execução, e que para muitas edificações, ainda é o método com menor custo.

Outro fator que contribui para o uso da moldagem *in loco* é a possibilidade de utilização de métodos racionalizados de manuseios de materiais, reutilização de formas que podem ser montadas e desmontadas no local do empreendimento e a possibilidade de mecanização das operações de acabamento.

O empreendimento de Aparecida de Goiânia utilizou o método pré-fabricado. Os dados da planilha da obra estão presentes no Quadro 3:

Quadro 3 - Orçamento do material utilizado na estrutura de concreto pré-fabricado (Aparecida de Goiânia)

| Descrição dos serviços | Unid | Quantidade | Preço Unitário | Preço Total |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| Fundações e sondagem | VB | 1,00 | R\$ 429.660,42 | R\$ 429.660,42 |
| Andaime metálico torre (aluguel/mês) | ML | 3.708,00 | R\$ 12,68 | R\$ 47.017,44 |
| Pilares pré-fabricados em concreto armado e protendido | PÇ | 107,00 | R\$ 5.476,60 | R\$ 585.996,20 |
| Pilares de mezanino pré-fabricados em concreto armado e protendido | PÇ | 11,00 | R\$ 2.466,61 | R\$ 27.132,71 |
| Descrição dos serviços | Unid | Quantidade | Preço Unitário | Preço Total |
| Vigas de mezanino pré-fabricadas em concreto armado e protendido | PÇ | 292,00 | R\$ 4.305,29 | R\$ 1.257.144,68 |

| | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|---------------|-------------------------|
| Vigas calhas pré-fabricadas em concreto armado e protendido | PÇ | 34,00 | R\$ 1.759,85 | R\$ 59.834,90 |
| Vigas de cobertura pré-fabricadas em concreto armado e protendido | PÇ | 32,00 | R\$ 36.001,20 | R\$ 1.152.038,40 |
| Vigas terças pré-fabricadas em concreto armado e protendido | PÇ | 131,00 | R\$ 547,28 | R\$ 71.683, 68 |
| Laje alveolar pré-fabricada em concreto armado e protendido | m ² | 10.331,83 | R\$ 136,18 | R\$1.406.988, 61 |
| Transporte e montagem de elementos pré-fabricados em concreto armado e protendido | m ² | 13.986,99 | R\$ 45,81 | R\$ 640.711,82 |
| Escadas pré-fabricadas em concreto armado e protendido | m ² | 300,00 | R\$ 561,53 | R\$ 168.459,00 |
| Corpo de prova | Un | 140,00 | R\$ 10,00 | R\$ 1.400,00 |
| Concreto usinado bombeável fck=30 MPa (Obras Civas) | m ³ | 979,09 | R\$ 364,94 | R\$ 357.304,54 |
| Lanc./Aplic. Concreto em estrutura (Obras civis) | m ³ | 979,09 | R\$ 149,72 | R\$ 146.588, 27 |
| Total | | | | R\$ 6.351.960,67 |
| Valor por metro quadrado (A = 13915,00m²) | | | | R\$ 456,48 |

Fonte: Autores (2021)

Ao comparar o custo final referente unicamente a elementos relacionados à estrutura das edificações de Goianésia e Aparecida de Goiânia, obtém-se um custo inferior para a edificação executada com concreto moldado *in loco*, com valor de 408,04 reais por metro quadrado, referente a 11,87% menor que o valor obtido na edificação executada em concreto pré-moldado, que obteve 456,48 reais por metro quadrado de área construída.

O método pré-fabricado, utilizado na construção de Aparecida de Goiânia, mostrou-se mais dispendioso por alguns fatores. Um destes fatores é que o método exige vigas, pilares, lajes e outros elementos moldados em ambiente industrial com alto controle de qualidade, construídos em concreto armado, transportados e fixados de forma apropriada em seus lugares definitivos da estrutura da edificação. Dependendo das dimensões e tipos dos elementos, a

construtora poderá encontrar dificuldades na sua aquisição devido à falta de fábricas especializadas, além de custos adicionais mencionados, como os referentes a transporte e montagem. Também constatou-se um ganho ambiental na edificação com o pré-fabriado.

Os resultados apresentados nesse estudo de caso comprovam que o custo referente a transporte e montagem de elementos pré-fabricados em concreto armado é expressivo. Para a obra de Aparecida de Goiânia, o custo referente a esse serviço foi de R\$ 640.711,82, ou seja, corresponde a 46,04 reais por metro quadrado de obra construída, sendo valor chave para que os dois empreendimentos obtivessem valores similares por metro quadrado.

Outro elemento de destaque na análise de custos dos empreendimentos são as lajes. A edificação de Goianésia utilizou em sua execução, a laje treliçada, com enchimento em EPS, que possuía um valor de 90,50 reais por metro quadrado referente a data base de 11/2016 conforme descrito anteriormente, enquanto que em Aparecida de Goiânia, por se tratar de uma edificação com estrutura pré-moldada, a laje ideal para tal metodologia é a laje alveolar, com custo de 136,18 reais por metro quadrado, um custo superior a 33% em comparação com a laje treliçada.

Alguns pontos merecem destaque, pois ao realizar uma análise comparativa dos custos de grandes empreendimentos, Allén e Iano (2013), constataram que um grande número de investimentos em construção com elementos pré-fabricados no Brasil são desperdiçados devido a imprecisões nas peças e imprevistos em sua instalação, inviabilizando a montagem de estruturas.

É preciso considerar ainda como desvantagem do elemento pré-moldado uma maior exigência nas especificações das estruturas, pois cada peça deve ser detalhada para fabricação e sua aplicação considerada no desenho de montagem, principalmente quando se trata de edificações de grande porte, nos quais se exige maior precisão das peças para se evitar desperdício.

Constatou-se ainda que os elementos pré-fabricados exigem equipamentos de montagem, uma vez que são instrumentos próprios para utilização do pilar pré-moldado e necessários para evitar os riscos no processo de içamento e instalação no seu destino final, sendo um equipamento que eleva os custos da obra.

Nesta comparação de viabilidade do uso de materiais nos empreendimentos em estudo, constatou-se que os dois métodos estruturais utilizaram o concreto armado como elemento comum, garantindo a capacidade quanto às solicitações da estrutura. Apesar dessa condição comum, notou-se as particularidades quanto às vantagens de cada um dos elementos utilizados, sejam eles pré-fabricados ou moldado *in loco*.

A partir da análise da planilha de custos, ficou evidente que a construção do empreendimento realizado em Goianésia é a solução de menor custo, sendo assim, a mais viável economicamente para a construção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para este estudo utilizou-se além da pesquisa bibliográfica, ou seja, coleta de dados em livros, revistas especializadas e internet, os dados constantes nos orçamentos de dois empreendimentos construídos nos municípios de Aparecida de Goiânia e Goianésia.

Verificou-se a partir da análise do referencial teórico que existe uma tendência ao uso de estruturas pré-fabricadas no lugar da estrutura moldada *in loco*, porém a escolha adequada deve levar em consideração outros fatores, mostrando as vantagens e desvantagens de uso de cada uma destas estruturas.

No geral, o estudo mostrou que os sistemas pré-moldados e moldado *in loco* apresentam custos similares, principalmente no que se refere às edificações de grande porte, o que foi confirmado mediante estudo de caso, com uma diferença de 11,87% favorável a estrutura de concreto moldado *in loco*. No entanto, em algumas edificações, principalmente no que se refere à localidade, as estruturas pré-moldadas são mais utilizadas.

Para a melhor escolha é necessário o estudo de algumas variáveis como o porte do empreendimento, as condições de precificação das empresas contratadas, transportes, mão de obra especializada, tecnologia disponibilizada, capacidade da empresa de concluir a obra no tempo e prazo corretos, equipamentos, viabilidade técnica e otimização da obra.

Desse modo, a necessidade de equipamentos específicos para a sua operação, espaço para equipamentos e para estocagem das peças pré-fabricadas, logística de transporte e operação das peças foram fatores que maximizaram os custos da estrutura composta por elementos pré-fabricados utilizados no empreendimento de Aparecida de Goiânia.

Novos estudos devem ser realizados a cerca desse tema, para que se possa ter mais parâmetros comparativos, principalmente pelo fato das inúmeras variáveis citadas que afetam o custo final. Outra sugestão para trabalhos futuros seria um estudo com banco de dados atualizados referente aos custos dos materiais, além de uma análise de viabilidade não apenas econômica, englobando temas de relevância mundial como os impactos ambientais, problema recorrente à construção civil, principalmente ao método de concreto moldado *in loco* pela excessiva geração de resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15696: 2009. Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro, 2009. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: 2014. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003. 221 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9062:2017. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7480:2007. Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação.** Rio de Janeiro 2007.

AVILA, A. V.; LIBRELOTO, L.I.; LOPES, O.C. **Orçamento de obras: construção civil.** 2013. Disponível em:https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/210025/Avila_Libreлото_Lopes_Orçamento.pdf?sequence=1/. Acesso em: 20/11/2020.

BARDIN, L. Organização da análise. **Análise de conteúdo.** São Paulo: Edições, v. 70, p. 229, 2011.

BASTOS, P. S.S. **Fundamentos do concreto armado.** Apostila Fundamentos do Concreto I, Disciplina 1288 – Estruturas de Concreto I, Bauru-SP, Universidade Estadual Paulista, 2006.

BIRO, M. A. D. **Construção sustentável com elementos de concreto pré-armado.** 2017. Disponível em: http://construção_sustentavel_com_elementos_de_concreto_pre_armado./pdf. Acesso em: 01/10/2020.

BOESING, R.; PHILIPPSSEN, R. A. **Manifestações patológicas oriundas do processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BOGDAN, R. C. **Investigação qualitativa em ciências sociais.** Trad. Maria João Alvarez, Porto: Porto Editora, 2014.

CAMBRAIA, M. N. **Processo construtivo de paredes de concreto moldado *in loco* em fôrmas de alumínio.** 2017. 53f. Trabalho de conclusão de curso – Univerdidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

CAMPOS, J. C. **Elementos de fundações em concreto.** São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2017.

CARRARO, F. C. **Estruturas pré-moldadas:** influência no custo das edificações do emprego de elementos moldados no canteiro e por empresa especializada. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CARVALHO, C.R; FILHO, F.R.S; **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado** – SP. São Carlos, 2014, 424p.

CARMELO, C.F.S. **Construção de casas populares no Brasil** - SP. São Paulo, 2017, 184p.

CAVALCANTI, I. V. C. A.. **A utilização de pré-moldados de concreto armado visando a racionalização de obras públicas.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal da Paraíba.

CHING, F.D.K.; ECKLER, J.F. **Introdução à arquitetura.**–Porto Alegre, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 2014, 84p.

CLETO, F. Referenciais tecnológicos para construção de edifícios. **Revista de Arquitetura,** São Paulo, v.2, n.4, 2016.

COELHO, R. S. A. **Orçamento de obras na construção civil.** São Luiz: Edição do Autor, 2016.

COUTINHO, M.S. **Viabilidade econômica para construção de habitações populares.** São Paulo – SP, 2015.

DAHL, Kaare K. B. A habitação e a construção industrializada: a jornada de uma nova tecnologia. **Revista Industrializar**, São Paulo, v.2, n.4, 2015. Disponível em:<http://www.abcic.org.br/arquivos/edições/zdm2pt3.pdf>. Acesso em: 01/10/2020.

DANTAS, M. C. **Concreto pré-molado: usos e aplicabilidade nas grandes construções.** 3.ed. Campinas: Papirus, 2016.

DUARTE, E.L.; ELMIR, J.C.J.; PITOL, A.P.; **As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação.** 2016. 7f. Universidade Unipar, Cascavel, 2016.

DUARTE, E. L.; ELMIR, J. C. Jr.; PITOL, A. P. As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v.8, jan./jun. 2017.

FARIA, J.A. **Equipamentos de construção civil.** Revista Construção, São Paulo, v.1, n.4, 2014. Disponível em:<http://www.construacao.gov.br/article/pdf/> Acesso em: 21/11/2020.

FURTADO, R. **Análise comparativa do custo de mão de obra direta na construção civil.** 2010. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

FUSCO, B.P. **Introdução à engenharias a estruturas de concreto - SP.** São Paulo, 2017, 264p.

FLORES, C.Z. **Procedimento para especificação e compra de materiais da construção civil de menor impacto ambiental.** 2011. 112 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal de Paraná, 2011.

GIONGO, J.S. **Concreto armado: introdução e propriedades dos materiais.** 2007. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) Escola de Engenharia de São Carlos-SP, USP.

MATTOS, D.A. **Como preparar orçamentos de obras** – SP. São Paulo, Universidade Federal da Bahia, 2006, 286p.

MELLO, R. A.; PREVEDELO, V. A. Z.; MASUTTI, G. C. **Estruturas pré-moldadas na construção civil: vantagens e desvantagens do seu uso.** Cruz Alta-Rs, Revista UniCruz, v.1, n.2, jan./fev. 2015.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de projetos pré-fabricados de concreto.** 8.ed. São Paulo: Pini, 2018.

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema** – SP. São Paulo, 2007, 180p.

NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J; **Tecnologia do Concreto** – SP. São Paulo, 2013, 467 p.

OLIVEIRA, D. F. C. **Concreto pré-moldado: processos executivos e análise de mercado.** 2015. 61f. Monografia (Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

QUEIROZ, L.P.; OLIVEIRA, M.P; **Análise dos sistemas construtivos de concreto pré-fabricados e moldados *in loco*.** 2018. 12f. Trabalho de conclusão de curso -Universidade federal rural do semiárido, Rio Grande do Norte, 2018.

RAMOS, Mariana Moreira; PEREIRA, Vítor Lucas; NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins. Manifestações patológicas em estrutura de concreto pré-armado: estudo de caso. **Revista do Construtor**, São Paulo, v.1, n.12, 2018.

REBELO, Yopan C. P. **Fundações, guia prático de projeto, execução e dimensionamento.** 2.ed. São Paulo: Zigurate, 2015.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. Tese (Doutorado em Engenharia de

Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 4ed. São Paulo, 2018, 130p.

SANTOS, G.T. **Engenharia de custos aplicada à construção civil**. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SCOPEL, D. M. **Análise de custo: método convencional x método pré-moldado em salão comercial de pequeno porte**. 2018. 16 f. (Artigo apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da UniCesumar) – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018.

SENDEN, H. O. T. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, C.F. **Comparação Econômica Entre a Utilização de Estruturas Pré-Moldada e Moldada *In loco* Convencional em Sobrado Residencial na Cidade de Macapá-AP**. 2019. 66 f. (Monografia apresentada ao curso de graduação de Engenharia Civil de da UniFap), Universidade Federal do Amapá, Rio Branco, 2019.

SERRA, S.M.B; FERREIRA, M.DE A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 2005. 10f. Núcleo de estudos e tecnologia em pré-moldados – Departamento de engenharia civil da universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SERRA, S. M. B. **Análise e estruturação do processo de planejamento da produção da construção civil**. 2015. Disponível em:http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteúdo/trab_pdf/html. Acesso em: 28/09/2020.

SIRTOLI, A. S. C. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concretos e sua aplicação**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria.

SOARES, A. B. **Estruturas pré-fabricadas de concreto: aplicações e análise de mercado.** 2017. Trabalho de conclusão de curso. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Centro Universitário Anhanguera.

TELLES, A.A. **Estudo comparativo entre métodos construtivos de concreto moldado in loco e concreto pré-fabricado, por meio da plataforma bim.** 2017. 59f. Monografia de projeto final 2 – Faculdade de tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais.** São Paulo: Atlas, 2017.

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** São Paulo-SP: Studio Nobel, 1995.