

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A ESTRUTURA METÁLICA E A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: CUSTO E TEMPO DE EXECUÇÃO

Hugo Henrique Silva Albuquerque¹

Pedro Gomes de Barros Melro Calheiros²

Vitor Gonçalves Tenório Beltrão de Azevedo³

Jonas Rafael Duarte Cavalcante⁴

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

As estruturas, de modo geral, são de extrema relevância na construção civil, fornecendo, primordialmente, segurança para as edificações. Dentro desse setor, existem diversos sistemas construtivos, destacando-se as estruturas em concreto armado e as estruturas metálicas, as quais vêm apresentando crescimento no Brasil. O concreto armado já é um sistema amplamente disseminado, apresentando um custo mais acessível e maior quantidade de profissionais habilitados. Entretanto, a estrutura em aço também apresenta benefícios em relação a outros métodos, resultando na maior recorrência de sua utilização. A determinação do tipo de estrutura a ser utilizada é capaz de gerar grandes impactos em uma obra, tais como: alteração de seu custo e tempo de execução. Tendo isso em mente, o presente trabalho tem como objetivo a execução de uma análise de dois sistemas construtivos: estrutura em concreto armado e estrutura metálica, mediante um estudo de caso, tendo como base o dimensionamento estrutural de uma residência, para cada um dos dois sistemas, buscando comparar, através do levantamento de quantitativos dos elementos estruturais, o custo e tempo de execução. Então, essa comparação é de grande relevância, pois ao conhecer as características desses métodos construtivos, é possível obter uma maior adequação do projeto estrutural às necessidades da edificação e do cliente.

PALAVRAS-CHAVE

Elementos estruturais, orçamento, cronograma.

ABSTRACT

In general, structures are extremely relevant in civil construction mainly by providing safety for buildings. In this sector there are several building systems especially reinforced concrete structures and steel structures which have been growing in Brazil. Reinforced concrete is already a widespread system providing more affordable costs and a greater number of qualified professionals. However, the steel structure also presents benefits compared to other methods, resulting in greater recurrence of its use. Determining the type of structure to be used can generate big impacts in a construction, such as changes in costs and execution time. With this in mind, this paper aims to perform an analysis of two constructive systems, namely: reinforced concrete structure and steel structure, by means of one case study, having a structural design of a residence as reference, for each of the two systems, seeking to compare the cost and execution time by collecting the quantitative of the structural elements. Therefore, this comparison has great relevance because by getting to know the characteristics of these constructive methods it is possible to obtain a better adequacy of the structural project to the building and client needs.

KEYWORDS

Structural elements, budget, schedule

1 INTRODUÇÃO

Para a construção civil, um dos principais setores industriais do país e também um dos que mais geram empregos, o custo e a velocidade estão enraizados em todos os processos envolvidos, desde o escritório à obra, e ainda mais importante: a redução de ambos. Então “Independente de localização, recurso, prazo, cliente e tipo de projeto, uma obra é eminentemente uma atividade econômica e, como tal, o aspecto custo reverte-se de especial importância” (MATTOIS, 1965, p. 22).

Dentre os projetos envolvidos na construção civil, o projeto estrutural é um dos mais importantes, visto que trata diretamente com a segurança de uma edificação e, segundo Pedrozo (2018), a estrutura, juntando fundação e supraestrutura (parte da estrutura localizada acima do nível do solo), corresponde a um intervalo médio de 17% a 29% do custo de uma obra.

Existem diversos outros fatores que podem ser analisados, como também o tempo de execução da obra, o qual pode ocasionar uma alteração da solução estrutural proposta, a depender da necessidade de uma obra mais rápida ou não.

Em razão dessa significância, o entendimento das características e utilizações dos diversos tipos de estruturas existentes no mercado é muito relevante, e ainda mais essencial é o conhecimento dos métodos mais utilizados, dois dos quais são, atualmente, o concreto armado e a estrutura metálica.

Pompermayer (2018) afirma que a estrutura de concreto armado tem uma ampla utilização no Brasil, sendo ela a mais acessível e utilizada, havendo, também, devido à ampla difusão desse método, maior quantidade de profissionais com capacidade de execução de tal estrutura.

A estrutura metálica, apesar de ainda não ser utilizada em escala equiparável ao concreto armado, ao longo dos anos, vem ganhando seu espaço dentro da construção civil, com o aumento da demanda por esse tipo de estrutura. (OLIVEIRA, SOARES e SANTOS, 2020).

O projeto estrutural é a etapa anterior à execução da estrutura e tem a função de determinar a melhor solução para a estrutura a ser utilizada. Devido a isso o presente artigo objetiva a análise comparativa entre os custo e tempo de execução desses dois tipos de estruturas. Visto que dentro das diversas possibilidades existentes no mercado, conhecer suas vantagens e desvantagens para cada situação pode ser o diferencial para aprimorar a decisão do projetista.

2 METODOLOGIA

2.1 METODOLOGIA DO TRABALHO

Este trabalho foi baseado, inicialmente, no dimensionamento de uma edificação residencial de alto padrão, tanto em estrutura de concreto armado como em estrutura metálica. Foi realizada a análise comparativa, tratando, principalmente, as questões observadas em cada projeto e os custos envolvidos.

A residência estudada apresenta uma área de terreno igual a 200 m² e área construída igual a 372 m², sendo composta por térreo, primeiro andar, cobertura e a região do reservatório superior.

Para o dimensionamento das estruturas, foi analisada a comparação entre fundação, vigas e pilares. Sendo os elementos estruturais locados em projeto de forma idêntica para ambos os tipos de estruturas, visando a uma análise mais fiel de cada elemento por estarem resistindo ao mesmo tipo de esforço.

Foram utilizados softwares comerciais para o dimensionamento da estrutura de concreto armado e da estrutura metálica, observando-se as questões apontadas nas normas específicas de cada um dos sistemas construtivos. Finalizando o processo de dimensionamento das estruturas, partiu-se para o levantamento dos dados necessários para as análises propostas.

Figura 01 – Vista da residência analisada

Fonte: Implanta BIM (2022).

2.2 ORÇAMENTO E CRONOGRAMA DAS ESTRUTURAS

Para o orçamento, foi utilizado o ORSE, cujas composições serviram como base para os insumos e serviços (mão de obra, equipamentos e todas as etapas envolvidas em sua execução) das duas estruturas, levando em consideração os elementos de materiais diferentes e os elementos que sofrem influência mais significativa devido à utilização de materiais diferentes, ou seja, que acarretariam uma diferença perceptível no valor final. Visto isso, foram considerados no orçamento somente as vigas, os pilares e a infraestrutura (fundação e vigas baldrame), desconsiderando os elementos lajes e escadas.

Os valores referentes às composições coletadas do ORSE estão datados do mês de janeiro de 2022. E no orçamento não foram considerados os valores dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), dado que a análise entre os custos das estruturas se dará de forma direta, comparando somente os materiais e sua execução.

O cronograma físico-financeiro das estruturas foi baseado, também, nas composições provenientes do ORSE, as quais, quando destrinchadas, apresentam índices de produtividade de cada contribuinte para o serviço especificado. Então, com o levantamento desses índices para cada serviço envolvido nas duas estruturas e os quantitativos já levantados anteriormente, foi elaborado o cronograma da obra.

Para a execução da obra em concreto armado, foram consideradas as seguintes quantidades de mão de obra:

- 2 Pedreiros
- 3 Serventes de pedreiro
- 2 Armadores
- 1 Ajudante de Armador
- 2 Carpinteiros
- 1 Servente de carpinteiro

Para a execução da obra em estrutura metálica, foram consideradas as seguintes quantidades de mão de obra:

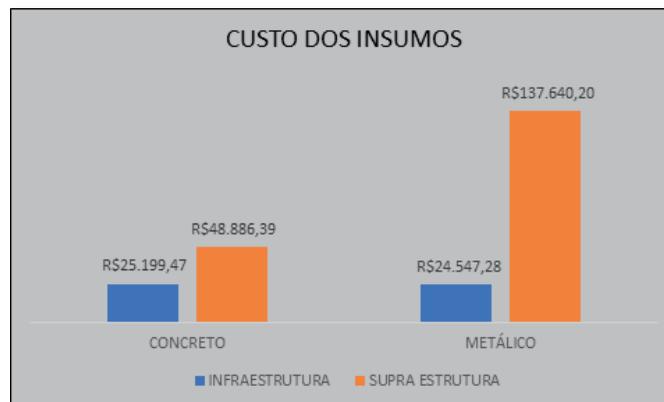
- 2 Pedreiros
- 3 Serventes de pedreiro
- 2 Armadores
- 1 Ajudante de Armador
- 2 Carpinteiros
- 1 Servente de carpinteiro
- 3 Montadores de estrutura metálica
- 1 Ajudante de montador de estrutura metálica

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ORÇAMENTO

Os quantitativos e as especificações coletadas em cada projeto, oriundos dos dimensionamentos nos softwares, juntamente com a base de dados de insumos e serviços do ORSE e SINAPI, foram unificados no Excel e incluídos em planilhas orçamentárias, referentes aos insumos e, também, aos serviços.

Gráfico 01 – Valores referentes aos custos dos insumos



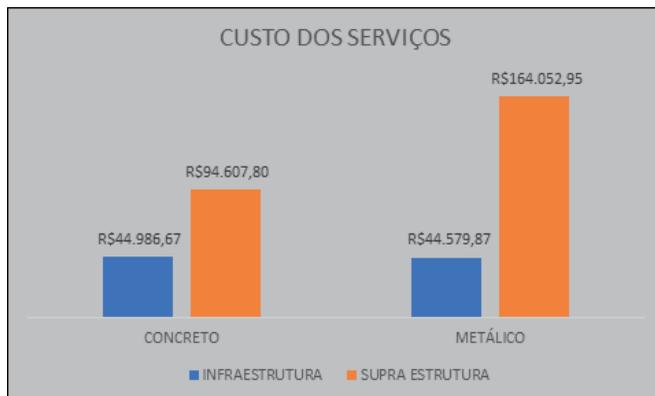
Fonte: Autor (2022).

Como se pode observar nos valores do gráfico 01, os custos com insumos referentes à infraestrutura da edificação têm valores similares, com uma diferença inferior a R\$ 1.000,00. Isso se dá pelo fato de que os elementos de ambas as estruturas, na infraestrutura, são constituídos do mesmo material: o concreto armado.

Tratando-se da supraestrutura, na qual há diferenciação do material utilizado entre os projetos, pode-se notar uma grande divergência dos valores de custo dos insumos. A estrutura metálica apresenta um acréscimo, em relação ao concreto armado, de cerca de R\$ 88.000,00, demonstrando ser um material mais caro, represen-

tando uma diferença de custo total dos insumos das supraestruturas de 281,55% em relação ao concreto armado.

Gráfico 02 – Valores referentes aos custos dos serviços



Fonte: Autor (2022).

Ao observar o custo dos serviços, é analisada a execução da estrutura de forma geral, envolvendo insumos, mão de obra, tempo de serviço, maquinário e qualquer outro componente necessário diretamente para a execução dos elementos estruturais estabelecidos em projeto.

Assim como na relação dos insumos, a parte relacionada à infraestrutura apresenta divergência mínima nos dois projetos, visto que são do mesmo material. Já a supraestrutura da edificação apresenta uma diferença de cerca de R\$ 70.000,00, demonstrando que, neste caso, a mão de obra da estrutura metálica, apesar de ser mais especializada e geralmente em valor maior que a de concreto, foi mais barata, visto que a diferença entre o custo das duas estruturas reduziu em relação ao apresentado pelo custo dos insumos.

O custo da mão de obra e os demais componentes envolvidos na execução, exceto os insumos, foi avaliado pela diferença entre o custo dos serviços e o custo dos insumos. O custo de mão de obra para o concreto armado, na supraestrutura, foi de R\$ 45.721,41 e da estrutura metálica foi de R\$ 26.412,75, representando, assim, um valor de quase R\$ 20.000,00 a menos.

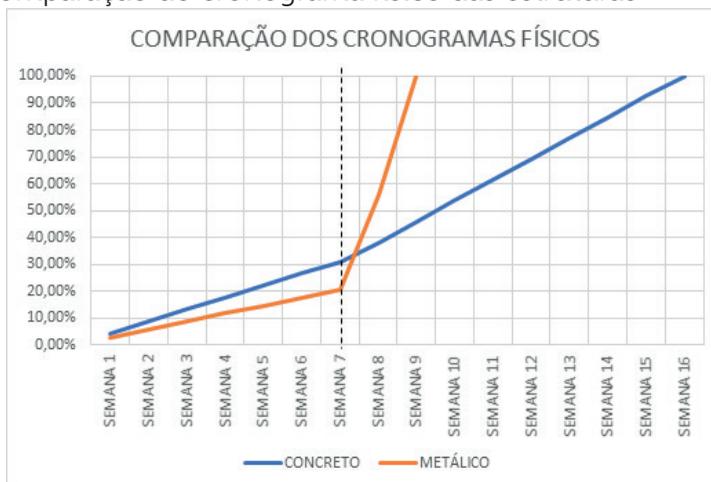
Pode-se observar, de forma geral, que a estrutura de concreto armado é mais barata que a estrutura metálica, correspondendo a 66,91% do valor da estrutura metálica. Já comparando somente a supraestrutura, que é onde há a diferenciação de material, esse valor se torna menor, correspondendo a 57,67% do valor da estrutura metálica.

3.2 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Para a execução do cronograma, partiu-se das especificações dos serviços apresentados no banco de dados do ORSE e SINAPI, os quais fornecem índices de produtividade por executor para cada serviço.

Os cronogramas foram destrinchados em períodos semanais, para melhor análise e observação, por se tratar de uma obra de pequeno porte.

Gráfico 03 – Comparação do cronograma físico das estruturas



Fonte: Autor (2022).

Ao se observar o gráfico 03, percebe-se que a execução em concreto armado tem uma tendência quase que linear ao longo de seu tempo de execução, enquanto que a estrutura metálica, após a execução da infraestrutura, apresenta um aumento da inclinação da curva de execução, representando maior agilidade de execução na fase da supraestrutura. Isto se dá devido à infraestrutura dos dois projetos ser em concreto armado, havendo diferenciação de material somente na supraestrutura, demonstrando que o período executivo da estrutura metálica é menor que o do concreto armado.

Com essa análise, a estrutura de concreto armado seria finalizada durante a semana 16, ou seja, em um período 4 meses, enquanto a estrutura metálica estaria sendo finalizada antes do término da semana 9, resultando em somente 2 meses e 1 semana de obra, o que representa quase 50% a menos de tempo de execução.

Os períodos de execução de cada estrutura são diferentes porque seus processos executivos também divergem. Enquanto a estrutura de concreto é moldada in loco com disposição de formas, concretagem, espera do tempo de cura do concreto, entre outros fatores, a estrutura metálica é constituída de peças pré-fabricadas e, ao chegarem na obra, é efetuada somente a disposição dos elementos nos locais pré-estabelecidos e suas ligações.

Tabela 01 – cronograma físico-financeiro das estruturas

SEMANA	CONCRETO	METÁLICO
SEMANA 1	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70
SEMANA 2	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70
SEMANA 3	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70

SEMANA	CONCRETO	METÁLICO
SEMANA 4	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70
SEMANA 5	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70
SEMANA 6	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70
SEMANA 7	R\$ 6.204,74	R\$ 6.145,70
SEMANA 8	R\$ 9.707,00	R\$ 73.583,68
SEMANA 9	R\$ 10.876,76	R\$ 92.029,25
SEMANA 10	R\$ 10.876,76	-
SEMANA 11	R\$ 10.876,76	-
SEMANA 12	R\$ 10.876,76	-
SEMANA 13	R\$ 10.876,76	-
SEMANA 14	R\$ 10.876,76	-
SEMANA 15	R\$ 10.876,76	-
SEMANA 16	R\$ 10.317,00	-

Fonte: Autor (2022).

A tabela 01 demonstra a necessidade de capital a cada semana durante a execução da edificação. Com esse cronograma, é notória a diferença do capital de curto prazo necessário para a estrutura metálica, resultando em um custo de R\$ 165.612,93 durante um período de 2 semanas.

Com o cronograma físico-financeiro, é possível a programação mais adequada para suprir as necessidades da obra a cada período estabelecido; nesse caso, por semana.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que a escolha do tipo de estrutura a ser utilizada em projeto está sujeita às necessidades do contratante e da edificação, visto que uma estrutura necessitaria de um investimento maior, porém, com período mais curto de execução, enquanto a outra traria economia nos custos de obra, mas sucederia em um maior prazo de conclusão.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, Marco André. **Notas de Aula de Estruturas Metálicas**. Apostila, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 6120/2019: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 6123/1988: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 8800/2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifício. Rio de Janeiro, 2008.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura de; ARAÚJO, Viviane Miranda. **RECOMENDAÇÕES PARA A PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS**. São Paulo, 2006.

BASTOS, Paulo Sérgio. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO**. Apostila, Curso de Engenharia Civil, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

COSTA, Reizilene Nogueira; SILVA, Shirlane Alves da. **Corrosão em Estrutura de Concreto Armado**. TCC, Publicação ENC. PF-001A/20, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, xvii, 47p. 2020.

DEON, Rodrigo; PASSOS, Juliano. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E ESTRUTURA METÁLICA DE UMA EDIFICAÇÃO ATRAVÉS DO SOFTWARE CYPECAD**. Ignis, Caçador, v.8, n.3, p.80-92. 2019.

FERRAZ, Henrique. **Aço na Construção Civil**. Revista Eletrônica de Ciências, São Carlos, n.22, 2003.

GONZÁLES, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. Apostila, Ciências Exatas e Tecnológicas, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2008.

LIMA, João Lucas Rufino de. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO**. Monografia, Curso de Engenharia Civil, UniCEUB, Brasília, 73p. 2017.

MATOS, Rafael Carrijo Bareto de. **SISTEMA DE CONTRAVENTAMENTOS EM EDIFÍCIOS DE ESTRUTURA METÁLICA**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniCEUB – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamento de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

NARDIN, Fabiano. **A importância da Estrutura Metálica na Construção Civil**. Monografia, Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Francisco, Itatiba. 2008.

NETO, Jary de Xerez; CUNHA, Alex Sander da. **ESTRUTURAS METÁLICAS: manual prático para projetos, dimensionamento e laudos técnicos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

OLIVEIRA, Douglas Henrique; SOARES, Renato Alberto Brandão; SANTOS, Victor Hugo Diniz Santos. **Comparação entre as vantagens da utilização de estrutura metálica e estrutura de concreto armado**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.4, p.17783-17793. 2020.

POMPERMAYER, Rafael. **Análise comparativa entre estruturas metálicas e estruturas de concreto armado**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 73p. 2018.

SACCHI, Caio César; SOUZA, Alex Sander Clemente. **MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICAS E CONTROLE DE QUALIDADE NA MONTAGEM E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, São Carlos, v.13, n.1, p.20-34, 2017.

SANTOS, José Sérgio dos. **Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios: concreto armado e protendido**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SOUZA, Marilsa Inês; MURTA, Mirna Moreira. **PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2012.

Data do recebimento: 29 de setembro de 2022

Data da avaliação: 13 de outubro de 2022

Data de aceite: 14 de outubro de 2022

1 Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: huggohenrique1999@gmail.com

2 Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: pcalheiros99@gmail.com

3 Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: vitorazevedo1999@hotmail.com

4 Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: jonas.rafael@souunit.com.br