

## LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL E ESTRUTURA METÁLICA EM EDIFICAÇÕES

MELLO, Eduardo Oliveira de.<sup>1</sup>  
RHEINHEIMER, Tales Marcel.<sup>2</sup>  
PAGANIN, Ricardo.<sup>3</sup>

### RESUMO

O concreto armado é um antigo sistema construtivo utilizado até a atualidade. Porém, com o passar do tempo, houve a necessidade de implementar novas técnicas construtivas. Dentre elas, pode-se citar a utilização de estruturas metálicas. Esse trabalho teve por objetivo levantar as características da utilização de concreto armado convencional e estrutura metálica em diferentes edificações, para, assim, comparar as variações de carga da superestrutura para os métodos analisados, verificar as diferenças relativas às seções transversais dos pilares, identificar as características construtivas de cada método analisado, levantar o volume de mão de obra utilizado e identificar o tempo de execução para as obras analisadas. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram levantados dados relacionados às características de diferentes obras, por meio da aplicação de formulários para os responsáveis, contendo índices baseados na execução. Além disso, foi realizada a análise dos projetos com complementação com referência bibliográfica. Sendo assim, em relação às cargas sobre a fundação, nas obras de estrutura metálica há, em média, um alívio de 33,28% nas cargas que chegam à fundação. Levando em conta o tempo de execução, as obras em estrutura metálica apresentaram uma redução de 38,71% comparadas ao concreto armado convencional. Assim, percebe-se que há especificidades em relação à escolha do método construtivo, seja ele de estrutura de concreto armado convencional ou estrutura metálica, e há vantagens e desvantagens que devem ser levadas em consideração na hora de escolher o método a ser utilizado para o projeto da edificação a ser executada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carga de fundação; Mão de obra; Tempo de execução; Características construtivas.

### 1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é um sistema construtivo utilizado desde meados de 1800 (século XVII), e tem sua utilização em escala aumentada gradativamente até os dias de hoje; configura atualmente o material construtivo mais utilizado no mundo. Estima-se que haja um consumo anual de concreto por habitante por volta de duas toneladas, e é superado apenas pelo consumo de água (ARAÚJO, 2000).

A resistência desse material aliada à plasticidade são características que justificam a disseminação de seu uso. Além disso, pode-se destacar a boa disponibilidade de matéria prima em conjunto com o baixo custo em relação aos demais métodos construtivos. Por outro lado, o peso próprio alto, o maior tempo para execução da obra e a demanda pela organização do canteiro de obras, agem de forma negativa em relação à sua utilização (CORTEZ *et al.* 2017).

<sup>1</sup>Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR. E-mail: eomello@minha.fag.edu.br.

<sup>2</sup>Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR. E-mail: tmrheinheimer@minha.fag.edu.br.

<sup>3</sup>Docente, Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, Eng. Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR. E-mail: ricardop@fag.edu.br.

Buscando suprir as deficiências da utilização do concreto armado convencional, surgiram novas técnicas construtivas com a utilização de novos materiais; dentre elas, podem se destacar as estruturas metálicas. Esse tipo de estrutura passou a ser utilizado na construção civil em maior escala a partir do século XVII, o que possibilitou a realização de construções eficazes e de alto padrão de qualidade e estética.

A utilização do aço está associada à redução do tempo de serviço e aumento da produtividade. Porém, pode apresentar pontos negativos, como a necessidade de mão de obra especializada para a execução; possui uma maior vulnerabilidade contra ventos fortes, pode gerar ruídos devido a vibrações e apresentar uma possibilidade de corrosão (ALMEIDA E AUDAD, 2019).

Considerando que existem diferentes métodos construtivos, como os citados anteriormente, percebe-se que há diferenças relacionadas à sua utilização. A verificação das características em relação à utilização destes métodos em diferentes construções pode auxiliar profissionais na escolha do método construtivo a ser empregado em uma edificação. Conforme destaca Fabiano Ferraz (2018), o concreto armado atende ao mais variado tipo de edificações, como edifícios, pontes, viadutos, barragens, casas térreas, sobrados e edifícios maiores de oito pavimentos. Por outro lado, a estrutura metálica pode atender maiores vãos e um melhor acabamento, estando mais presente em barracões industriais, fachadas de empresas, dentre vários outros tipos de edificações. Considerando isso, essa pesquisa torna-se relevante ao visar auxiliar os profissionais em relação à indicação do uso destes métodos construtivos, de acordo com o tipo de edificação a ser executada.

Para isso, esse trabalho busca responder à seguinte questão: quais são as características dos métodos construtivos de concreto armado convencional e estrutura metálica aplicadas em diferentes obras localizadas em diferentes estados?

Para o desenvolvimento desta pesquisa, delimitou-se a utilização de informações relativas ao projeto de execução de quatro obras localizadas em diferentes cidades e estados; duas que utilizam a estrutura de concreto armado convencional e duas de estrutura metálica para execução. Foram levantados os dados relativos a parâmetros de execução, organização do canteiro, prazo e volume de mão de obra, características construtivas específicas e cargas da estrutura.

Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo geral levantar as características da utilização de concreto armado convencional e estrutura metálica em diferentes edificações localizadas em diferentes estados. Visando o êxito para este trabalho científico, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Comparar as variações de carga da superestrutura para os métodos analisados;

- Verificar as variações das dimensões de seção transversal dos pilares para as estruturas.
- Identificar as características específicas para os métodos construtivos analisados;
- Levantar parâmetros relativos ao volume de mão de obra utilizado nas obras analisadas;
- Levantar o tempo de execução estimado das obras analisadas;

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

A utilização do concreto armado teve como marco inicial a primeira associação de um metal a argamassa, na cidade de Paris, na França, no ano de 1770. Associou-se ferro com pedra, para a formação de vigas com barras longitudinais, resistindo à tração, e barras de aço transversais resistindo ao esforço cortante (BASTOS, 2006).

O concreto armado apresenta inúmeras vantagens; por ser composto de materiais econômicos e disponíveis em abundância, por poder ser construído em diversos formatos, pela mão de obra não necessitar de treinamentos complexos e requerer equipamentos simples. O concreto tem como principais características a elevada resistência, grande estabilidade sob ação de intempéries e facilidade de aplicação, o que gera economia na construção de estruturas contínuas, sem juntas (ANDOLFATO, 2002).

No entanto, de acordo com Santos (2008), o concreto apresenta aspectos negativos, como, por exemplo, a degradação ambiental e falta de flexibilidade espacial. Sobretudo, a hegemonia do concreto fez aumentar a defasagem entre prática construtiva e conhecimento técnico, o que desqualifica os trabalhadores da construção.

O concreto é dito como o material mais utilizado nas construções do Brasil, considerado o sistema construtivo do século XX. Dentre as construções que se destacam, está a Ponte da Amizade em Foz do Iguaçu, com o maior arco de concreto armado do mundo e 290 metros de vão, e a Usina Hidroelétrica de Itaipu, a maior do mundo, com 190 metros de altura (RODRIGUES, 2021). De acordo com a Itaipu Binacional (2022), estima-se que a construção da usina consumiu cerca de 12,7 milhões de metros cúbicos de concreto, sob uma concretagem de velocidade incomum, com volume de concreto lançado chegando a 15 mil metros cúbicos diários e 340 mil metros cúbicos mensais.

### 2.2 ESTRUTURA METÁLICA

É visível que a construção civil está em constante mudança e, assim, ao longo das últimas décadas, as estruturas em aço têm proporcionado soluções inovadoras, avançadas e eficientes para o âmbito (CORTEZ *et al.*, 2017). O aço tem sido um material bastante utilizado na construção civil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020), durante o período de 2002 a 2012, a utilização de aço na construção civil no país alcançou 1,7 milhão de toneladas anuais, consumo que vem crescendo ao decorrer dos anos.

O aço, com suas características peculiares, permitiu um enorme avanço em soluções de arquitetura. Assim, proporciona diversas vantagens como projetos mais leves, reduções nos custos da fundação, dispensa de escoramentos, realização imediata de lajes, emprego de pilares de menos seção e vigas de menores alturas. Esses fatores levam à redução do tempo de execução, além de aumento de espaço útil de construção (NARDIN, 2008).

Assim como as estruturas de concreto armado, o sistema construtivo que utiliza o aço também possui desvantagens, como a exigência de mão de obra qualificada, uma vez que não se permitem falhas de execução, vulnerabilidade maior quanto a fortes ventos, possíveis ruídos devido a vibrações, um maior cuidado durante situações de incêndio, entre outros (CORTEZ *et al.*, 2017).

Levando em consideração a evolução da utilização do aço, pode-se destacar o marco inicial de sua aplicação à construção do Palácio de Cristal localizada em Londres, executada no ano de 1851. Desde então, o aço vem ganhando espaço na utilização em construções de grandes obras, e projeta-se um volume de cerca de 20% das construções do ano de 2019 até 2024 (MACEDO, 2019).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS A SEREM CONSIDERADAS PARA A UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Dentre os parâmetros pautados anteriormente à definição do sistema estrutural mais adequado, deve-se levar em conta a finalidade da edificação, projeto arquitetônico, cargas de utilização, tamanho dos vãos, equipamentos, mão de obra, disponibilidade de materiais e custos (CARVALHO, 2003).

Para Oliveira (2017), a presença do concreto armado convencional em obras de pontes, rodovias, casas de alvenaria, edifícios e outros, está relacionada com as características que essas obras demandam. Dentre as características do concreto armado convencional, pode-se destacar a

resistência elevada aos esforços de compressão, aliando-se aos esforços de tração que são supridos pela utilização de barras de aço nos elementos estruturais.

A utilização da armadura em conjunto com o concreto tem o objetivo de absorver os efeitos da deformação, contendo a fissuração dos elementos e promovendo a segurança. Isso é destacado ao se considerar que a estrutura apresenta deformações anteriormente à ruptura, em casos que a carga solicitada está acima do valor da carga de projeto (BAUER, 2015).

Levando em consideração a viabilidade econômica, fatores como mão de obra qualificada, em sua maioria, para o método construtivo tradicional, o custo da matéria prima, e a resistência a maiores cargas, fazem do concreto armado o método construtivo mais utilizado em construções de casas térreas, sobrados e edifícios maiores de oito pavimentos (MISURELLI E MASSUDA, 2009).

A estrutura metálica, assim como qualquer outro tipo de material, possui seus pontos positivos e pontos negativos; porém, os pontos negativos estão relacionados, em sua maioria, a um manuseio inapropriado, ou à dificuldade de contratação de mão de obra especializada para a execução desse tipo de estrutura. Por outro lado, a utilização de estruturas metálicas tem como pontos positivos os benefícios para o meio ambiente, atendendo às expectativas dos consumidores em relação à qualidade de vida das futuras gerações (CORTEZ *et al.*, 2017).

Em relação à utilização da estrutura metálica, podem-se destacar as vantagens de redução do tempo da obra, facilidade de alocação ao canteiro de obra, maior garantia de qualidade, maiores vãos, entre outros pontos que possibilitam o uso da estrutura metálica em diversos tipos e padrões de estrutura (CORTEZ *et al.*, 2017).

### 3. METODOLOGIA

Esse trabalho referiu-se a uma pesquisa de campo, de caráter descritivo, de quatro obras localizadas nas cidades de Cascavel e Marechal Candido Rondon, no estado do Paraná, e Caraguatatuba, no estado de São Paulo, visando levantar as características das construções em concreto armado convencional e estrutura metálica para cada tipo de obra visitada.

A pesquisa foi realizada considerando os métodos qualitativo e quantitativo, pois foram levantados dados relacionados às características das obras, por meio de formulários, contendo índices baseados na execução, como o tipo de estrutura, tamanho de obra, tamanho de vão, tempo de execução, mão de obra, entre outros. Além disso, os dados levantados relacionados a tempo de execução e carga da superestrutura foram quantificados para serem analisados.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A pesquisa foi realizada considerando quatro obras localizadas em diferentes cidades presentes nos do Paraná e São Paulo. As características das obras podem ser identificadas no Quadro 1.

Quadro 1: Caracterização da amostra

| Obra | Localização                                         | Método construtivo                        | Finalidade                                   | Área construída         | Número de pavimentos                           | Orçamento           |
|------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|---------------------|
| 1    | Av. Rio Grande do Sul, Marechal Cândido Rondon - PR | Estrutura metálica                        | Sala comercial destinada à franquia de pneus | 311,08 m <sup>2</sup>   | Um pavimento de pé direito duplo e um mezanino | 550 mil reais       |
| 2    | Rua Riachuelo, Cascavel – PR                        | Estrutura de concreto armado convencional | Sala comercial destinado ao comércio local   | 371 m <sup>2</sup>      | Dois pavimentos                                | 650 mil reais       |
| 3    | Rua Bugarville, Caraguatatuba - SP                  | Estrutura metálica                        | Residência unifamiliar                       | 1.239,82 m <sup>2</sup> | Dois pavimentos                                | 1,2 milhão de reais |
| 4    | Rua Alameda das Árvores, Cascavel - PR              | Estrutura de concreto armado convencional | Residência unifamiliar                       | 761,63 m <sup>2</sup>   | Três pavimentos                                | 1,2 milhão de reais |

Fonte: Autores, 2022.

### 3.2 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de um formulário de pesquisa, a fim de levantar as características e especificidades de cada método. Esse formulário foi preenchido pelos autores do trabalho, observando obras, projetos e respostas fornecidas pelos engenheiros responsáveis. A pesquisa foi realizada a partir de visitas técnicas nas obras, em estudo entre os meses de Julho e Setembro de 2022. Para o levantamento dos dados, foi utilizado o questionário da Figura 1.



Figura 1: Formulário para levantamento de características construtivas

| FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS              |                                                                          |      |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA</b>                                            |                                                                          |      |
| Obra:                                                                      |                                                                          |      |
| Endereço:                                                                  |                                                                          | Nº:  |
| Complemento:                                                               | Bairro:                                                                  |      |
| Município:                                                                 | UF:                                                                      | CEP: |
| Eng. Civil responsável pela obra:                                          |                                                                          |      |
| <b>2. INFORMAÇÕES SOBRE A OBRA</b>                                         |                                                                          |      |
| Tipo de estrutura:      ( ) Concreto armado convencional      ( ) Metálica |                                                                          |      |
| Finalidade da edificação:                                                  |                                                                          |      |
| Área construída (m²):                                                      |                                                                          |      |
| Quantidade de pavimentos:                                                  |                                                                          |      |
| Orçamento da matéria prima (R\$):                                          |                                                                          |      |
| Orçamento da mão de obra (R\$):                                            |                                                                          |      |
| Tempo para execução estimado:                                              |                                                                          |      |
| Tempo para execução real (apenas se concluído)                             |                                                                          |      |
| Quantidade de funcionários utilizados:                                     |                                                                          |      |
| <b>3. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS</b>                                    |                                                                          |      |
| 1.                                                                         | O tempo de execução ocorreu dentro do planejado?                         |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 2.                                                                         | Obteve dificuldade em encontrar mão de obra?                             |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 3.                                                                         | Obteve dificuldade na disponibilidade da matéria prima?                  |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 4.                                                                         | Durante a execução, houve variação do custo da matéria prima?            |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 5.                                                                         | Durante a execução, houve algum erro relacionado ao manuseio inadequado? |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 6.                                                                         | Para o projeto, houve alguma limitação em relação ao método executivo?   |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 7.                                                                         | Para a execução, foi utilizado algum equipamento específico?             |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 8.                                                                         | Em relação ao método, houve uma perda significativa de material?         |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 9.                                                                         | Houve alguma alteração de projeto durante a execução?                    |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 10.                                                                        | Existiu limitação de espaço para o canteiro de obras?                    |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 11.                                                                        | Em relação à finalização, atendeu o padrão de acabamento esperado?       |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 12.                                                                        | Exigiu um descarte específico de resíduos?                               |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |
| 13.                                                                        | Se finalizado, o valor da edificação ficou dentro do orçamento?          |      |
|                                                                            | ( ) Sim    ( ) Não                                                       | Obs: |

Fonte: Autores, 2022.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

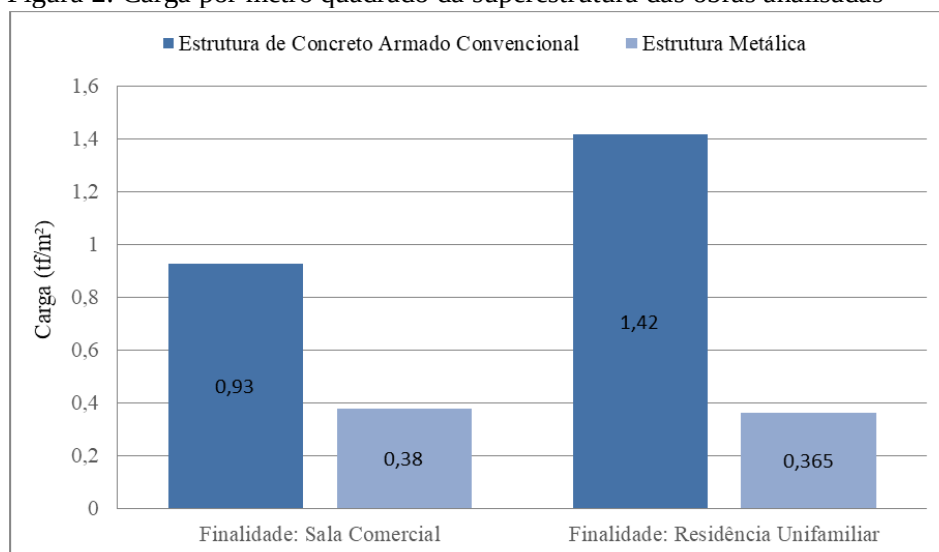
Após a coleta de dados, foi realizada a respectiva análise, baseada no referencial bibliográfico, relacionando as características de cada método construtivo de acordo com a obra analisada. Consideraram-se os dados levantados, como prazo de execução, volume de mão de obra utilizado, custo dos materiais, custo da mão de obra utilizada, a carga da superestrutura, separando-se os métodos construtivos analisados. Os dados foram tabulados em planilhas, com auxílio do programa *Excel*, possibilitando, assim, a elaboração de gráficos comparativos que puderam ser utilizados para análise dos resultados da pesquisa.

## 4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

### 4.1 COMPARAÇÃO DA VARIAÇÃO DA CARGA DA SUPERESTRUTURA

Foi analisado o projeto estrutural das edificações, obtendo-se, assim, a carga total da superestrutura. No gráfico da Figura 2, pode-se observar os valores referentes à carga total da superestrutura das edificações analisadas.

Figura 2: Carga por metro quadrado da superestrutura das obras analisadas



Fonte: Autores, 2022.

Observou-se que as estruturas metálicas, para sala comercial e para residência unifamiliar, apresentaram uma redução em relação à carga sobre a fundação, sendo respectivamente de 40,86%



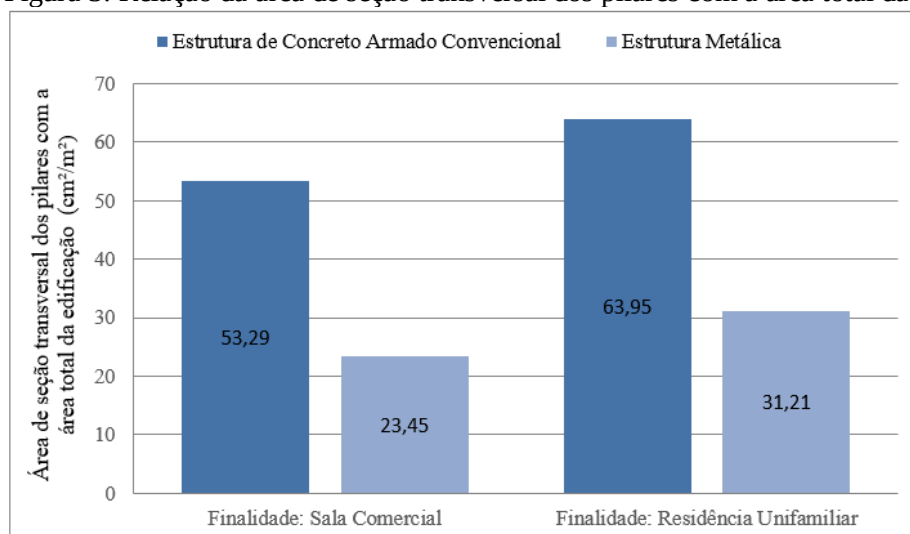
e 25,70%. Esse resultado é corroborado pela pesquisa realizada por Torquato (2017), que identificou diferença das cargas totais entre os sistemas de estrutura, podendo-se afirmar que há um alívio de cargas que chegam à fundação com a utilização de elementos metálicos, o que resulta em fundações menores e menos onerosas.

No entanto, o menor peso da estrutura acarreta uma maior preocupação com as forças atuantes do vento, fazendo com que, em algumas ocasiões, seja necessário o uso de elementos estruturais para contraventamento (TORQUATO, 2017). Esse resultado demonstra que na análise da estrutura a ser utilizada também devem ser considerada as ações do vento, visto que estruturas mais leves tendem a sofrer mais com ação de forças horizontais.

#### 4.2 VERIFICAÇÃO DAS VARIAÇÕES DAS DIMENSÕES DA SEÇÃO TRANSVERSAL DOS PILARES

Para verificar as variações das áreas de seção transversal dos pilares, foi analisado o projeto estrutural das edificações, obtendo-se, assim, a área da seção transversal dos pilares das estruturas. No gráfico da Figura 3, pode-se observar os valores referentes à relação entre as áreas da seção transversal dos pilares em centímetros quadrados, divididos pela área total da edificação analisada em metros quadrados, em que os pilares em estrutura foram considerados como uma seção transversal retangular, embora não sejam, uma vez que não se ocupam os espaços livres do perfil estrutural.

Figura 3: Relação da área de seção transversal dos pilares com a área total da edificação



Fonte: Autores, 2022.

Identificou-se que as obras executadas em estruturas metálicas apresentam um menor índice, se comparadas à área de seção transversal dos pilares da estrutura com a área da edificação, tanto para as salas comerciais, quanto para as residências unifamiliares. Quando comparados os índices de área de seção transversal dos pilares e área da edificação, verificou-se que as estruturas metálicas resultaram em valores inferiores, de respectivamente 44,01% e 48,80%, quando comparadas à estrutura de concreto armado convencional.

Esse resultado também foi identificado pela pesquisa realizada por Sousa (2021), que pontuou a diferença das áreas necessárias da seção dos pilares para os tipos de estrutura, podendo-se afirmar que há um maior aproveitamento de área útil da estrutura metálica devido à sua estrutura esbelta, se comparada com o sistema construtivo de concreto armado convencional, resultando, assim, em um maior aproveitamento da edificação em questão.

#### 4.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Foram realizadas pesquisas para coletar informações sobre referencial teórico, relativo a características construtivas gerais dos tipos de estruturas pesquisados; a estrutura de concreto armado convencional e a estrutura metálica. A partir disso, foi montado o Quadro 2, em que foram resumidas as principais informações relativas aos métodos construtivos.

Quadro 2: Características construtivas dos tipos de estrutura analisados

|                    | <b>Estrutura de concreto armado convencional</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Estrutura metálica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mão de obra</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>mão de obra abundante; não exige qualificação; processo construtivo manual. Devido a isso, elementos estruturais costumam apresentar patologias (STHAU, 2021).</li> <li>baixo custo (BASTOS, 2006).</li> </ul>                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>exige qualificação de mão de obra e equipamentos especializados. Devido a isso, resulta em um maior custo; apresenta falhas na produção quando não alcança a qualidade de mão de obra necessária (CHAVES, 2020).</li> <li>mão de obra de grande qualidade (NARDIN, 2008).</li> </ul>                                                                                                          |
| <b>Execução</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>permite ser moldada de diversas maneiras e formatos; apresenta uma grande disponibilidade de matéria prima; existe a necessidade de utilizar fôrmas, seja de madeira ou metálica, aumentando o custo da produção (BASTOS, 2006).</li> <li>tempo para execução elevado devido ao tempo de cura; apresenta necessidade de um</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>rápida execução; canteiro de obras otimizado, gerando uma maior organização na obra; resíduos recicláveis, resultando em uma execução mais limpa; bom padrão de acabamento; menos tempo de fabricação e montagem de peças; fácil adaptação e modificação durante a execução; dispensa fôrmas e escoramentos (NARDIN, 2008).</li> <li>Apresenta facilidade de transporte e manuseio</li> </ul> |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | canteiro de obras avantajado para organização dos materiais; gera resíduos, pouco ecológico (STHAI, 2021).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | (PEREIRA, 2018).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Resistência / Característica da estrutura</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• apresenta elevada resistência a compressão; boa resistência ao fogo e ao tempo; boa resistência ao desgaste mecânico, como choques e vibrações; apresenta fissuras na região tracionada; contém uma área de seção de pilares elevada, se comparada com outros tipos de métodos construtivos; peso próprio da estrutura alto (BASTOS, 2006).</li> <li>• por ser produzida <i>in loco</i>, a resistência final pode ser afetada devido a erros de execução; apresenta baixo custo de manutenção; demolição e restauração dificultada (STHAI, 2021).</li> <li>• apresenta baixa resistência por unidade de volume (MADEIROS E PACHECO, 2019)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• estrutura esbelta, reduzindo cargas na fundação; permite maiores vãos livres, gerando um maior espaço útil (NARDIN, 2008).</li> <li>• feita de peças únicas e homogêneas (PEREIRA, 2018).</li> <li>• por ser produzida industrialmente, garante uma grande qualidade, controle e confiabilidade; requer uma maior atenção à flambagem; exige cuidados em situações de incêndio; apresenta uma maior vulnerabilidade a ventos fortes, e à corrosão quando não há manutenção de sistemas preventivos; pode gerar ruídos devido a vibrações (CHAVES, 2020).</li> <li>• fabricação dos elementos estruturais com precisão milimétrica, obtendo um alto controle de qualidade do produto (PINHEIRO, 2005).</li> <li>• por permitir um acabamento uniforme, é possível executar estruturas com partes aparentes, sem comprometer a parte estética da edificação; é necessário efetuar tratamento superficial dos elementos, para evitar a oxidação das peças devido ao contato com o oxigênio (MADEIROS E PACHECO, 2019).</li> </ul> |

Fonte: Autores, 2022.

Em relação à mão de obra, observou-se que, a partir da aplicação dos questionários para os responsáveis das obras pesquisadas, nas obras de concreto armado, não houve dificuldade em relação à contratação de mão de obra, uma vez que a mão de obra para o sistema construtivo é abundante no âmbito da construção civil. Já para a estrutura metálica, diante da necessidade de especialização, houve a necessidade de contratação de mão de obra terceirizada, visando garantir a qualidade e rapidez da execução.

Na Obra 1 (estrutura metálica), observou-se que, a respeito da execução, a utilização desse método construtivo foi necessária visando à utilização do espaço reduzido do canteiro de obras e facilitando o manuseio e a construção, uma vez que não se utilizam escoramentos, permitindo assim a construção da estrutura de dentro para fora, além da necessidade de uma maior resistência por metro quadrado no mezanino, com carga de uma tonelada, sendo possibilitada uma estrutura mais

esbelta do que a de concreto armado convencional; essas conclusões foram também destacados por Nardin (2008) e Pereira (2018) em suas pesquisas.

A respeito dos resíduos, observou-se que, por serem (Obra 1 e Obra 3) industrializadas, as peças vêm destinadas a cada parte da estrutura, resultando assim em um menor desperdício de material, tornando-a uma obra seca, em que seus poucos resíduos gerados são passíveis de reciclagem, assim como evidencia a pesquisa realizada por Nardin (2008).

Observou-se na Obra 2 que, referente a mão de obra, o valor de contratação e a abundante disponibilidade se fez importante, uma vez que a obra em questão visa ser uma estrutura para aluguel à terceiros, dentro do centro da cidade, sendo importante uma execução de menor custo, garantindo um retorno mais rápido ao proprietário. Esse resultado é corroborado também, pela pesquisa realizada por Bastos (2006), que identificou as características do processo construtivo manual do concreto armado convencional.

Em relação à Obra 3, referente às características da estrutura, pode-se observar que, devido a estar localizada sobre um solo característico de mangue, era necessária uma estrutura leve e esbelta para a execução da residência, tendo sido optado pela estrutura metálica. Observa-se que essa característica da estrutura metálica também é destacada por Nardin (2008), que identificou que a estrutura metálica é mais leve e esbelta se comparada a outros tipos de estruturas, resultando assim em uma redução nas cargas de fundação, além de permitir maiores vãos e um maior espaço útil.

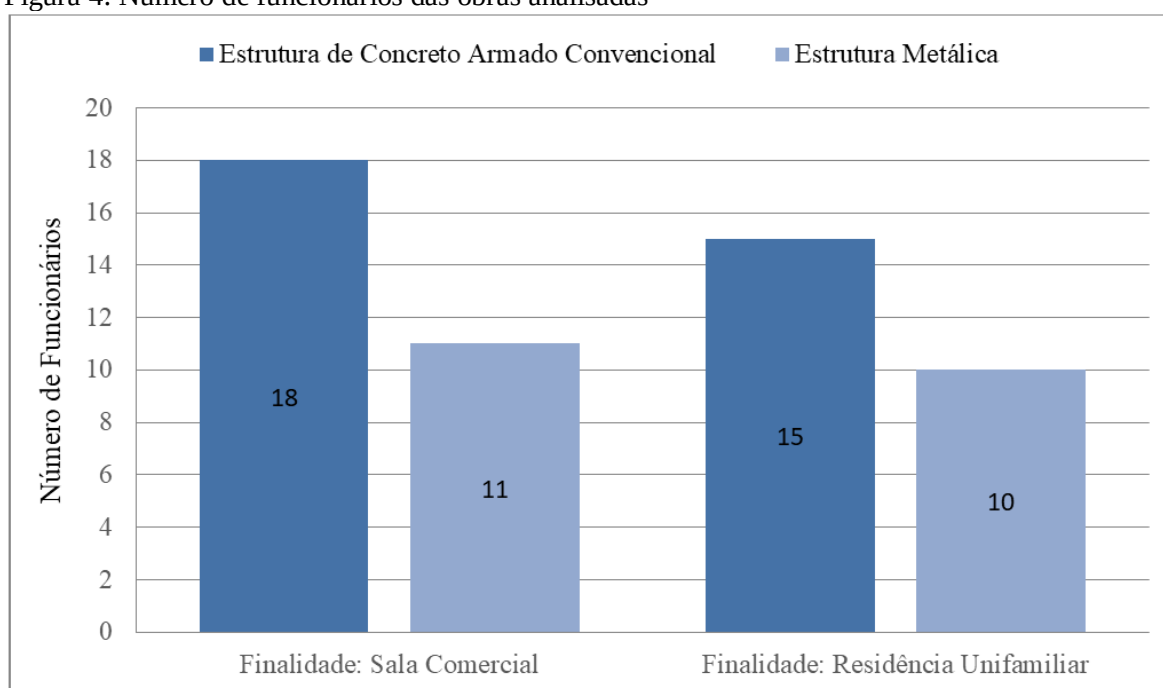
A respeito do tempo de execução, também se observou, a partir da aplicação do questionário, que essa obra levou dois meses para ser executada. Essa característica das estruturas metálicas também é destacada por Nardin (2008), que verificou que as estruturas metálicas apresentam um menor tempo de execução.

Para a Obra 4, observou-se que, devido a sua arquitetura moderna e fachada de formatos diferentes e específicos, com relação à execução, a utilização do sistema de concreto armado convencional teve sua escolha acertada, uma vez que permite uma maior trabalhabilidade e, assim, é possível que haja execução de detalhes com maior facilidade. Essa observação também foi destacada por Bastos (2006), o qual identificou que as estruturas de concreto armado convencional permitem uma maior maleabilidade, por poderem ser moldadas de diversas maneiras e formatos, uma vez que utiliza fôrma e escoramentos para sua execução.

#### 4.4 LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS RELATIVOS AO VOLUME DE MÃO DE OBRA

Foram analisados os formulários com as respostas fornecidas pelos responsáveis de cada obra, obtendo-se, assim, a quantidade de funcionários necessários para a execução. No gráfico da Figura 4, pode-se observar os valores referentes às quantidades de funcionários, compreendendo contratados e terceirizados, para a execução das edificações analisadas.

Figura 4: Número de funcionários das obras analisadas



Fonte: Autores, 2022.

Observou-se que as obras em estruturas metálicas, para sala comercial e para residência unifamiliar, apresentaram uma redução em relação à quantidade de mão de obra utilizada, de respectivamente 38,89% e 33,34%, quando comparada às obras executadas em estrutura de concreto armado convencional. Esse resultado também foi identificado por Chaves (2020), que observou uma diferença na quantidade de mão de obra necessária dentre os sistemas construtivos pesquisados, podendo-se afirmar que há uma menor necessidade de mão de obra manual na utilização de elementos metálicos, devido ao fácil manuseio da estrutura, uma vez que produzida industrialmente.

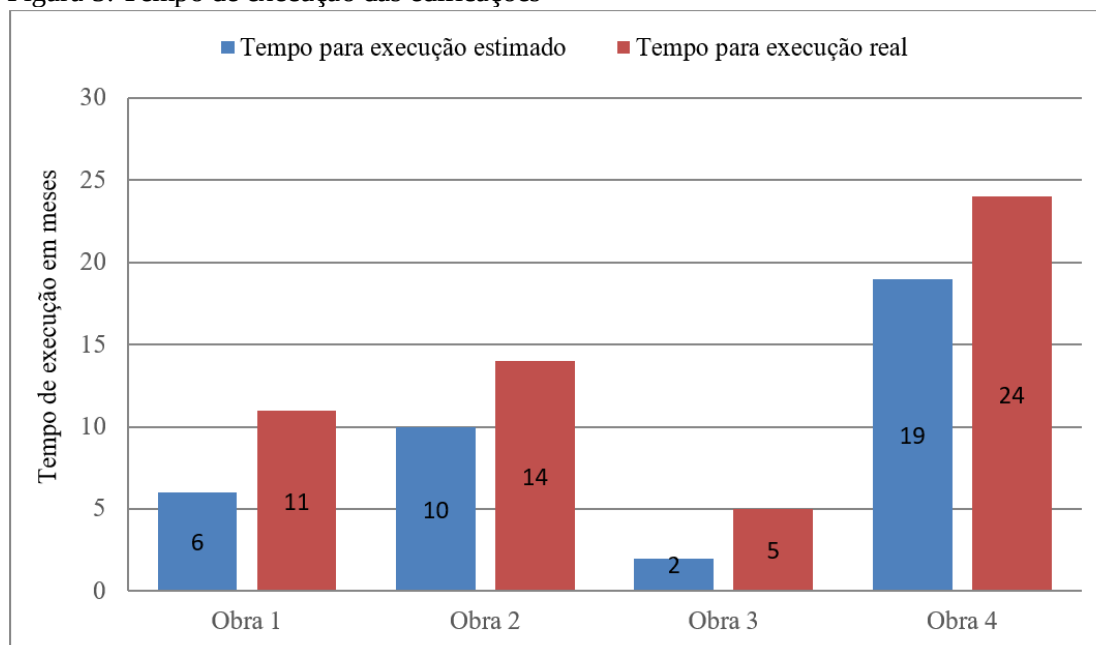
No entanto, o menor número de funcionários não representa um menor custo de mão de obra, uma vez que, por não exigir qualificação específica e ser abundante, a mão de obra para a execução

de estrutura de concreto armado convencional acarreta um menor custo, se comparada à de estrutura metálica, o que foi destacado por Bastos (2006). Esse resultado demonstra que a análise da estrutura a ser utilizada também deve ser considerada, não só em relação ao tempo de execução da mão de obra, mas também à disponibilidade e seu custo.

#### 4.5 LEVANTAMENTO DO TEMPO DE EXECUÇÃO

Foram analisados os formulários com as respostas fornecidas pelos responsáveis de cada obra, obtendo-se, assim, o tempo de execução para as edificações. No gráfico da Figura 5, pode-se observar o tempo de execução estimado e o tempo real gasto para conclusão da obra.

Figura 5: Tempo de execução das edificações



Fonte: Autores, 2022.

Observou-se que, em todas as obras, houve atrasos em relação ao prazo de execução; esses atrasos estão relacionados à falta de matéria prima no mercado, devido à pandemia que atingiu o planeta nos últimos anos. Além da escassez de matéria prima, também se observou que a utilização de serviços terceirizados influenciou no atraso de execução das obras, visto que, de acordo com as respostas fornecidas pelos responsáveis pela execução, os funcionários terceirizados somente começaram a executar os serviços após todos os materiais estarem disponíveis nas obras. Também,

destacam que as condições climáticas, devido a longos períodos de chuva, influenciaram nesse tempo de execução.

Na obra 3 (estrutura metálica), houve um atraso de três meses do tempo estimado, e na obra 1 (estrutura metálica), houve um atraso de cinco meses, pela falta de fornecimento de aço. Na obra 2 (estrutura de concreto armado convencional), houve um atraso de quatro meses, e na obra 4 (estrutura de concreto armado convencional), houve um atraso de cinco meses.

De acordo com Nardi (2008), obras de estrutura metálica apresentam rápida execução, levando em conta o canteiro de obras otimizado, resultando em uma construção mais ágil e limpa. Segundo Pereira (2018), o fato de apresentarem peças únicas e homogêneas, de fabricação industrial, resulta em um fácil transporte e manuseio, o que influencia diretamente em um menor tempo de execução.

Porém, uma das ressalvas da estrutura de aço, segundo Pinheiro (2005), é a disponibilidade de capital, pois, devido ao curto prazo de montagem, o capital é requerido em prazos mais curtos para realização da obra. Já estruturas de concreto têm uma maior folga em relação ao capital, pois quanto maior for o tempo na construção de um projeto, maior será o tempo de utilização dos materiais, postergando, assim, o uso de capital totalitário da obra. Diante disso, vale destacar que, por mais que as obras em estrutura metálica tiveram um atraso, o tempo de execução foi menor que o tempo total de execução das obras em concreto armado convencional.

Em relação ao tempo de execução em concreto armado convencional, vale destacar que Sthai (2021), em sua pesquisa, observou que esse tipo de obra demanda um maior tempo de cura, necessário para o concreto, e um canteiro de obras avantajado, fatores que podem estar relacionados a um maior tempo de execução despendido pelas obras em concreto armado.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após a realização dessa pesquisa, verificou-se que os objetivos foram atingidos. Observou-se que, a partir da comparação entre a carga da superestrutura para as estruturas de concreto armado convencional e estrutura metálica, houve uma redução por volta de 40% para salas comerciais e 25% para residências unifamiliares, podendo-se afirmar que há um alívio nas cargas de fundação, com a utilização de elementos metálicos, o que resulta em fundações menores e menos onerosas.

Já na análise quanto à seção transversal dos pilares, pode-se observar que há uma redução significativa em relação à área de seção dos pilares da estrutura, de respectivamente 55,99% e



48,80%, tanto para as salas comerciais, quanto para as residências unifamiliares, podendo-se afirmar que há um maior aproveitamento de área útil da estrutura metálica, devido à sua estrutura esbelta, se comparada ao sistema construtivo de concreto armado convencional, resultando, assim, em um maior aproveitamento da edificação em questão.

No que diz respeito à análise das características construtivas, a mão de obra é abundante, e com uma menor necessidade de qualificação para obras em concreto armado. Em contrapartida, para estruturas metálicas, depende-se de qualificação da mão de obra e equipamentos especializados.

No âmbito da execução, o concreto comumente é mais demorado, pois necessita de um tempo de cura e de um canteiro de obras avantajado; mas, também, permite-se ser moldado e apresenta matéria prima abundante. Já nas estruturas em aço, a rapidez da execução é resultado de dispor-se de um canteiro de obras otimizado, e de dispensar-se a utilização de fôrmas e escoramentos, peças fabricadas industrialmente, e de fácil transporte e manuseio.

Ao analisar-se o volume de mão de obra utilizado para execução, notou-se que as obras em estruturas metálicas para sala comercial e para residência unifamiliar apresentaram uma redução em relação à quantidade de funcionários, de respectivamente 38,89% e 33,34%, quando comparadas às obras executadas em estrutura de concreto armado convencional. Isso porque há uma menor necessidade de mão de obra manual na utilização de elementos metálicos, devido ao fácil manuseio da estrutura, uma vez que produzida industrialmente.

Quanto ao tempo de execução, observou-se uma redução de 38,71% em obras de estrutura metálica, quando comparadas a obras em concreto armado convencional. Levando em conta os atrasos em ambos os métodos executivos, a disponibilidade de material é um fator predominante, independentemente do método, tornando, assim, os tempos de execução das obras semelhantes aos estimados em projeto.

Por fim, conclui-se que, no quesito de métodos construtivos, a racionalização e industrialização são dois fatores indispensáveis e que são buscados no desenvolvimento da construção civil, pelo fato de que a racionalização busca otimizar o tempo, os gastos e desperdícios. A partir da comparação entre o aço e o concreto, percebeu-se que as estruturas metálicas apresentaram vantagens para quem deseja construir em larga escala, porque reduz tempo de execução, requer menor número de funcionários e maior área útil, quando comparada à estrutura de concreto armado convencional. Portanto, para escolha do sistema estrutural de uma construção, deve-se levar em consideração todos os fatores envolvidos na obra.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. V. S; AUDAD, S. F. D. K. **A Importância da Estrutura Metálica na Construção Civil.** *Brazilian Journal of Development*, Curso de Engenharia Civil – Faculdade de Vassouras – RJ, 2019.

ANDOLFATO, R. P. **Controle Tecnológico Básico do Concreto.** Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2002, p. 02-03. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/control-tecnologico-basico-do-concreto.pdf>>. Acesso em: 30 de jun. 2022.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.** 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

BASTOS, P. S. S. **Fundamento do Concreto Armado: notas de aula.** Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2006, p. 01. Disponível em: <<https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>>. Acesso em: 30 de jun. 2022.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção:** Novos Materiais para Construção Civil. v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p. 409.

CARVALHO, G. **A Aventura do Concreto no Rio de Janeiro: 1900-1936.** Rio de Janeiro, SNIC, 2003.

CHAVES, H. **Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas, 2020.** Disponível em: <<https://neoipsum.com.br/vantagens-e-desvantagens-das-estruturas-metalicas>>. Acesso em: 04 de set. 2022.

CORTEZ, L. A; LIMA, R. T; MACIEL, C. A. S; NASCIMENTO, M. M. G; SANTOS, P; B; SANTOS, T. M. F. **Uso das Estruturas de Aço no Brasil.** Ciências Exatas e Tecnologias (Curso de Engenharia Civil) – Centro Universitário Tiradentes, UNIT, Maceió – AL, 2017.

FERRAZ, F. **Métodos construtivos em paredes de concreto.** Disponível em: <[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_pronto\\_fabiano\\_02-12.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_pronto_fabiano_02-12.pdf)>. Acesso em 07 de ago. 2022.

ITAIPU BINACIONAL. **Concretagem.** Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/concretagem>>. Acesso em: 12 de ago. 2022.

MADEIROS, F. G; PACHEDO, R. S. **Análise comparativa do custo benefício de execução das estruturas de casas geminadas entre concreto armado com alvenaria e estrutura metálica com drywall.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL, Tubarão – SC, 2019.

MISSURELLI H.; MASSUDA, C. **Equipe de obra. Como construir na pratica.** Disponível em: <[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_pronto\\_fabiano\\_02-12.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_pronto_fabiano_02-12.pdf)>. Acesso em: 30 de jun. 2022.

NARDIN, F. A. **A importância da estrutura metálica na construção civil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba – SP, 2008.

OLIVEIRA, D. H; SANTOS, V. H. D; SOARES, R. A. B; **Comparação entre as vantagens da utilização de estruturas metálicas e estruturas de concreto armado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Unievangélica, Anápolis – GO, 2020.

OLIVEIRA, M. L. **Relação entre a qualificação da mão de obra e a qualidade do concreto.** Disponível em: <<https://repositorio.ivc.br/handle/123456789/837?show=full&locale-attribute=es>>. Acesso em: 31 de jun. 2022.

PEREIRA, C. **Estrutura Metálica: Processo executivo, vantagens e desvantagens.** Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estrutura-metalica>>. Acesso em: 17 de set. 2022.

PFEIL, M; PFEIL, W. **Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008.** 8. ed. (2009) Rio de Janeiro: Editora Diagrama Ação – Produção Editorial Ltda., 1977.

PINHEIRO, A. C. F. B. **Estruturas metálicas: cálculo, detalhes, exercícios e projetos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

RODRIGUES, R. C. **Análise Comparativa da Viabilidade Econômica entre Alvenaria Estrutural e Paredes de Concreto Armado Moldadas In Loco com Forma de Alumínio: Estudo do Caso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Delmiro Gouveia - AL, 2021.

SOUSA, B. R. R. **Gestão de Projeto de Estrutura Metálica.** 2020/2021. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, 2021.

STHAI ENGENHARIA. **Projetos estruturais: Vantagens e desvantagens do concreto armado.** Disponível em: <<https://sthai.com.br/vantagens-e-desvantagens-do-concreto-armado>>. Acesso em: 04 de set. 2022.

TORQUATO, V. F. **Construções comerciais: comparativo de custos entre supraestrutura de concreto armado e laminado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB, 2017.