

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

JOABE SOARES EVANGELISTA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESTRUTURAS DE
AÇO E CONCRETO ARMADO PARA VERIFICAÇÃO DE
VIABILIDADE DE ESCOLHA E USO DE UMA DELAS PARA
UMA MESMA FINALIDADE**

Paracatu

2019

JOABE SOARES EVANGELISTA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO
ARMADO PARA VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE DE ESCOLHA E USO DE UMA
DELAS PARA UMA MESMA FINALIDADE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção civil

Orientador: Prof. Msc. Romério Ribeiro da Silva.

Paracatu

2019

JOABE SOARES EVANGELISTA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO
ARMADO PARA VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE DE ESCOLHA E USO DE UMA
DELAS PARA UMA MESMA FINALIDADE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Msc. Romério Ribeiro da Silva.

Banca examinadora:

Paracatu-MG, 04 de Junho de 2019.

Prof. Msc. Romério Ribeiro da Silva
Centro Universitário Atenas

Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira
Centro Universitário Atenas

Prof. Marcos Henrique Rosa dos Santos
Centro Universitário Atenas

Dedico aos meus pais José Mateus e Lúcia, ao meu irmão Eliabe, a minha esposa Júnia e minha filha Stella e a todos os meus familiares e amigos pelo apoio. Obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve do meu lado me abençoando e me dando força para a conclusão deste curso.

Aos meus pais Jose Mateus e Lucia, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, e me dando esta oportunidade de estudar e concluir o curso.

A minha esposa Junia, por estar sempre do meu lado me dando apoio e me ajudando com o que precisar.

Aos meus professores, que ao longo do curso contribuíram com um pouco de seus conhecimentos.

Aos meus colegas, por terem compartilhado comigo os sentimentos e emoções durante estes cinco anos juntos, que vocês tenham muito sucesso em suas próximas jornadas.

Agradeço também ao professor Msc. Romério Ribeiro da Silva, obrigado pelas suas valiosíssimas palavras de orientação, isso me fez crescer não só profissionalmente, mas também como pessoa. Muito obrigado.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram para a realização e conquista de mais um sonho de me tornar um Engenheiro Civil.

Cada material tem as suas características específicas que temos de entender se o queremos usar. Por outras palavras, nenhum design é possível até que todos os materiais que você projeta sejam totalmente compreendidos.

Ludwig Mies van der Rohe
Arquiteto

RESUMO

O presente trabalho aborda um estudo comparativo entre as estruturas de aço e concreto armado para verificação de viabilidade de escolha e uso de uma delas para uma mesma finalidade. Tem como objetivo comparar entre estruturas de aço e concreto armado suas vantagens e desvantagens, mostrando de que forma pode influenciar na escolha de qual método utilizar, apresentando a sua importância e suas diversas aplicabilidades na construção civil. O trabalho foi realizado através de pesquisas de acordo com o tema e através dessas pode-se responder de que maneira o estudo comparativo entre as estruturas de aço e concreto armado pode ser aplicado na construção civil visando a maximização dos resultados e minimização dos custos. Os objetivos de abordar a importância da escolha entre ambas estruturas na construção civil, analisar as características de uma estrutura de aço e outra de concreto armado e exemplificar aplicações mais comuns na construção civil foram atingidos no decorrer dos capítulos e a metodologia detecta-se também a necessidade da revisão bibliográfica no momento em que se faz uso de materiais já elaborados: livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e enciclopédias na busca e alocação de conhecimento sobre as estruturas de aço e concreto armado como forma de verificar a viabilidade técnica, construtiva e econômica, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores. Verificou-se que tanto a estrutura de concreto armado quanto a de aço são duas alternativas com particularidades distintas mas para um mesmo fim, pautando diferenças no quesito dos custos e igualdade no que se refere a estrutura da edificação com um tempo de vida útil prolongado com qualidade, ambas com abrangência na execução de um projeto.

Palavras-chave: Estruturas. Aço. Concreto Armado. Escolha.

ABSTRACT

The present work deals a comparative study between steel structures and reinforced concrete to verify the feasibility of choosing and using one of them for the same purpose. It aims to compare steel and reinforced concrete structures with their advantages and disadvantages, showing how it can influence the choice of which method to use, presenting its importance and its different applications in civil construction. The work was carried out through research according to the theme and through these can answer how the comparative study between steel structures and reinforced concrete can be applied in civil construction aiming at maximizing results and minimizing costs. The objectives of addressing the importance of choosing between both structures in civil construction, analyzing the characteristics of a steel structure and another of reinforced concrete and exemplifying more common applications in civil construction were reached during the chapters and the methodology. The need for bibliographical revision at the time of use of already elaborated materials: books, scientific articles, magazines, electronic documents and encyclopedias in the search and allocation of knowledge on the structures of steel and reinforced concrete as a way of verifying the technical, constructive viability and economic, correlating this knowledge with approaches already worked by other authors. It was found that both the reinforced concrete structure and the steel structure are two alternatives with different characteristics but for the same purpose, with differences in cost and equality in terms of the structure of the building with an extended service life with quality, both with scope in the execution of a project.

Keywords: Structures. Steel. Reinforced Concrete. Choice.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM	Building Information Modeling
CAD	Desenho assistido por computador
PRF	Polímero de reforço com fibra
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PIB	Produto Interno Bruto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ISIS	Intelligent Sensing For Innovative Structures

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.2 HIPÓTESES	10
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GERAL	11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	11
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 COMPARAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E EM AÇO	13
3 SOLUÇÕES APROPRIADAS VISANDO CUSTOS MENORES QUANTO À ESCOLHA DE UMA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO OU EM AÇO	18
4 AQUISIÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS SOBRE AS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E AÇO	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, com o crescimento da construção civil e as diversas maneiras de se edificar, veio à tona a incógnita de qual estrutura utilizar-se na execução de um projeto, pautando as estruturas de concreto armado e aço visando verificar a viabilidade de ambas as estruturas.

Segundo Rossatto (2015), percebendo-se as vantagens das estruturas de aço com maior resistência, e menor peso, com capacidade para suportar vãos maiores, perfis estruturais com alta esbelteza, sendo assim, maior área útil, tal método construtivo com o tempo foi tornando-se usual. Atualmente este método construtivo em aço está sendo cada vez mais utilizado, possibilitando a elaboração de projetos mais ousados com total liberdade de criação. Entretanto, a funcionalidade do concreto armado é ponto predominante no Brasil, pois em sua maioria a mão de obra é qualificada apenas para métodos construtivos convencionais como o concreto armado e a alvenaria como também custo da estrutura de concreto armado é mais viável comparado a estrutura aço.

Diante deste contexto, o público alvo tem a condição de poder escolher entre qual estrutura poderá ser utilizada na execução de um projeto: concreto armado ou aço, visando as particularidades de cada material dependendo do uso da edificação, isto é, a que se destina; do tempo de execução, custo-benefício e a particularidade de cada projeto.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De que maneira a comparação entre características próprias das estruturas de aço e concreto armado podem influenciar na escolha por qual delas utilizar em um mesmo projeto?

1.2 HIPÓTESES

Por conta dos processos de customização e economia na construção civil, pode ser razoável comparar custos para uma edificação em estrutura de aço outra semelhante em concreto armado em um processo que agregue valor ao processo de escolha a ser feito pelos envolvidos no projeto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Comparar entre estruturas de aço e concreto armado, suas vantagens e desvantagens na construção civil, mostrando de que forma pode influenciar na escolha de qual método utilizar, fazendo-se a verificação de viabilidade técnica, construtiva e econômica, para fins de análise de benefício de execução do projeto no estudo sobre a comparação entre as referidas estruturas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Comparar do ponto de vista técnico e econômico estruturas em concreto armado e em aço;
- b) Buscar soluções visando custos menores quanto à escolha da estrutura de aço ou concreto armado;
- c) Verificar e adquirir novos conhecimentos acerca das estruturas feitas em concreto armado ou aço.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Sempre que um dado projeto de construção civil ganha corpo para ser executado, surge a incerteza sobre qual estrutura utilizar, isto é, aço ou concreto armado.

Neste sentido, esta pesquisa é relevante ao propor uma comparação entre as principais características, tais como viabilidade financeira, facilidade de alocação de recursos e materiais, logística de transporte, tempo de execução, durabilidade e estética facilitando a tomada de decisões.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

Será realizado um estudo de pesquisa exploratório para um melhor tratamento dos objetivos e uma máxima apreciação. Segundo Santos e Candeloro (2006):

As pesquisas de delineamento descritivo-exploratório têm o objetivo fundamental de proporcionar ampla visão sobre o tema selecionado. Sendo uma pesquisa exploratória, não requer a coleta de dados. Vale lembrar que por coleta de dados compreende-se a aplicação de um instrumento de levantamento de dados, tal como um questionário ou entrevista. Este tipo de pesquisa, com delineamento exploratório, antecede investigações de maior fôlego, como dissertação ou tese, dedica-se, pois, ao levantamento bibliográfico e/ou documental. (Santos e Candeloro, 2006, p.73).

Também é necessária revisão bibliográfica no momento em que se utiliza materiais já elaborados, como livros, revistas, artigos científicos, enciclopédias e documentos eletrônicos com o objetivo de obter conhecimento acerca das estruturas de aço e concreto armado, bem como para verificação de viabilidade técnica, construtiva e econômica, comparando os dados obtidos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo, há uma pequena introdução sobre esse trabalho. São descrita também: a hipótese, objetivos gerais e específicos, como também a justificativa do estudo e a metodologia a ser abordada.

No segundo capítulo, o presente estudo apresenta uma comparação do ponto de vista técnico e econômico de uma estrutura em aço e em concreto armado.

O terceiro capítulo, o estudo visa buscar soluções apropriadas visando menores custos quando da escolha de uma estrutura em concreto armado ou em aço.

O quarto capítulo, o presente trabalho visa verificar e adquirir novos conhecimentos acerca das estruturas de concreto armado e aço.

No quinto capítulo, o presente trabalho se volta para as considerações finais que validam a pesquisa, bem como são destacados pontos críticos do estudo.

2 COMPARAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E EM AÇO

Conforme Bastos (2006), o concreto armado representa uma combinação de concreto simples com uma armadura, usualmente composta por barras de aço. Ambos devem resistir de forma conjunta aos esforços solicitantes, o que é garantido pela aderência.

Ducatti (1993) cita que, a aderência é um fator indispensável para o cálculo de ancoragem e emenda por transpasse nas barras de aço, cálculo das deflexões e controle de fissuração, ou seja, a quantidade mínima de armadura.

Segundo Vasconcellos (2002), não se tem uma data precisa de quando se iniciou a pré-moldagem. O surgimento do concreto armado ocorreu-se através da pré-moldagem de elementos, fora do seu local de uso. Por isso, pode-se afirmar que a pré-moldagem iniciou-se com a criação do concreto armado.

No âmbito da construção civil, o termo pré-fabricação conceitua-se como: "fabricação de certo componente antecedendo o seu posicionamento final na obra" (REVEL, 1973).

Na NBR 9062 (Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado- ABNT, 1985), define-se estrutura pré-fabricada como um elemento pré-moldado com execução industrial, mesmo que sejam instalações com pouco tempo de duração nos canteiros de obra, ou instalações permanentes no que se refere a empresa determinada para este na qual atenderá aos requisitos mínimos com mão-de-obra qualificada. A matéria-prima desses elementos pré-fabricados deve passar por ensaio e realização de testes quando do recebimento pela empresa, previamente ao uso.

Segundo Revel (1973), a pré-fabricação geralmente é aplicada a toda fabricação de elementos de obra civil em indústrias, partindo-se de matérias primas e produtos escolhidos com cuidado, o que é seguido do transporte desses materiais para a obra, local em que serão utilizados.

De acordo com Ordonéz (1974), após a Segunda Guerra Mundial, principalmente dentro da Europa, observou-se a pré-fabricação como uma "manifestação mais significativa do processo de industrialização na construção",

na qual o uso abundante do concreto pré-fabricado ocorreu devido a uma necessidade de se edificar em larga escala.

Assim cita Serra, Ferreira e Pigozo (2005) *apud* Salas (1988), que o uso de concreto pré-fabricado pode ser dividido em três etapas:

- De 1950 a 1970 – período na qual a falta de edificações ocasionou-se com a devastação da guerra, com isso teve-se a necessidade de se construir diversos edifícios, para habitações, escolas, hospitais e indústrias. Edificações construídas nessa época eram compostas de elementos de pré-fabricação, seus componentes tinham procedência do mesmo fornecedor, classificando assim com o ciclo fechado de produção.

Conforme Serra, Ferreira e Pigozo (2005) *apud* Ferreira (2003), as realizações ocorridas na Europa na área de habitação, no período pós-guerra, criaram um estigma que por muitos anos associou a obra pré-fabricada à consistência, rigidez, e monotonia na arquitetura, mas com flexibilidade quase nula, quando a pré-fabricação de elementos “pesados” marcou esse período. Além disso, as construções em massa, sem uma avaliação prévia exercida nos sistemas construtivos, ocasionou o surgimento de inúmeras patologias.

- De 1970 a 1980 – Período que ocorreram inúmeros acidentes com edifícios construídos através de grandes painéis pré-fabricados. Tais acidentes propiciaram, muito adiante de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito referente à funcionalidade nos processos de construção de elementos pré-fabricados com grandes formatos. Neste contexto, teve início o declínio dos sistemas pré-fabricados em ciclo fechado de produção.

- Período Pós 1980. Foi marcado por fatos que culminaram na demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificados dentro de um quadro crítico. Em especial, revelaram deterioração funcional e uma rejeição social. Logo após, pela consolidação da pré-fabricação em ciclo aberto, para base de componentes compatíveis, de origens diversas.

Segundo Serra, Ferreira e Pigozo (2005), *apud* Bruna (1976), “elementos de cunho industrializados destinados ao mercado e não, unicamente, às necessidades de uma só empresa é denominada como ciclo aberto”. Assim reforça Serra, Ferreira e Pigozo (2005) *apud* Ferreira (2003), que sistemas pré-fabricados de “ciclos abertos” surgiram na Europa com proposta para uma pré-fabricação de

componentes padronizados, por esse poder-se-iam associar com mercadorias de outras mais empresas, onde teria uma padronização e modulação de componentes com isso fornecendo a base para conciliar dentre elementos e subsistemas.

Serra, Ferreira e Pigozo (2005) *apud* Elliot (2002) ainda inclui, uma terceira geração de sistemas pré-fabricados voltados para edificações, esta é favorecida de alto grau de caracterização nos últimos 20 anos vem tomando formato na Europa, muitos dos projetistas europeus estão tendo percepções cada vez mais possíveis com acabamentos de alta qualidade em elementos pré-moldados. Contudo, interiormente nesta inovação tecnológica ainda tem-se a necessidade de uma mudança em sua forma tradicional de conceito e de projeto dos sistemas pré-moldados de concreto.

Neste âmbito, a indústria da construção se volta para o chamado projeto versátil, onde a otimização dos componentes que formam a edificação deve ser potencializado.

Assim sendo, a denominada terceira geração da pré-fabricação, em caráter “preliminar” ou ciclos “flexibilizados”, como é chamada, entendendo assim que não somente os componentes que são considerados “abertos”, mas todo o sistema. Consequentemente, o projeto também passa a ser nitidamente aberto e com flexibilização para adequação a qualquer tipologia arquitetônica.

De acordo com Serra, Ferreira e Pigozo (2005) *apud* Ferreira (2003), o sistema de ciclo flexibilizado dispõe características tanto do sistema fechado quanto aberto, e na qual a definição de sistemas flexibilizados na produtividade vai além da indústria, proporcionando produção de componentes no canteiro, dentro de um método com um alto grau de processo com qualidade e organização no texto da produção, caracterizando o caso dos sistemas tipo “tilt-up”. O sistema “tilt-up” constitui-se na execução de paredes adequadas in loco em cima de um piso de concreto. Paredes estas que sua adequação é realizada na horizontal, dando permissividade a introduzir-se portas, janelas, acabamentos de fachada, revestimentos e diferentes tipos de texturas no decorrer de sua fabricação. Após alcançarem a resistência pela qual necessitam para o içamento, as paredes são erguidas por equipamentos adequados para tal atividade como; guindastes e posicionando-se sobre blocos de fundações executadas antecipadamente.

Segundo Ferraz (2003), no Brasil um dos principais motivos que levaram a utilização do ferro e conseqüentemente do aço depois de algum tempo, foram as temperaturas elevadas, necessárias para sua fabricação, e que aumentariam o custo em seu processo de fabricação, dificultando tanto a popularização quanto a comercialização.

Conforme Nardin (2008), o método construtivo em aço apresenta propriedades distintas que deve ser considerado entrementes o período de projeto.

Nardin (2008) complementa que, nas estruturas convencionais a exatidão é medida em centímetros, nesta armação de aço a unidade empregada é o milímetro, garantindo uma armação totalmente no prumo e no nível, ocasionando uma facilitação nas atividades como o lançamento de esquadrias e a colocação de elevadores, diminuindo assim no gasto de materiais para revestimento da edificação.

Processo construtivo em aço é inteiramente conciliável junto a qualquer tipo de material de remate, tanto vertical como horizontal, começando pelos mais convencionais: tijolos, blocos e lajes moldadas no local da edificação, até componentes pré-fabricados como: lajes, painéis de concreto e chapa drywall, etc.

Como a armação em aço é completamente pré-fabricada, há uma organização superior do canteiro devido à insuficiência de grandes depósitos de: areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, impactando na redução das inevitáveis perdas desses materiais. O recinto asseado com mínima geração de entulho oferece inclusive excelentes requisitos de proteção e segurança ao operário, contribuindo para a diminuição dos acidentes na edificação. Não se deve esquecer também da preservação e do cuidado com o meio ambiente.

Nardin (2008) ainda reforça que o aço permitiu um importante avanço em soluções a nível de arquitetura. Mais adiante, propiciou muitas vantagens como componente construtivo comparado ao concreto. Sendo assim, ele cita:

- Alívio das fundações: a resistência do aço confere uma permissibilidade quanto da execução de um projeto considerado mais leve, com garantia na redução de custos e segurança na execução das fundações.
- Canteiro de obras: a desnecessidade de uso de escoramento, a execução imediata de várias lajes propiciou ambientes limpos e organizados, pouca geração de resíduos sólidos, visando evitar gastos com remoção, canteiro de obras organizado, bem como segurança para o profissional.

- Redução do tempo de construção: obtém-se através de vários condicionantes, no que refere a fabricação da estrutura, sua execução, facilidade na utilização de escoramentos, a dispensa do uso de formas. Outra coisa importante é que a construção em estrutura metálica não é afetada por eventos climáticos, como a ocorrência de chuvas.

- Maior espaço útil: esse tipo de estrutura admite o uso de pilares de menor seção, de vigas com menor altura e vãos livres maiores (com menor número de pilares). Em razão disso, há aumento do espaço útil da construção.

- Qualidade da obra: com um maior percentual de industrialização da estrutura metálica, além de conseguir um resultado primoroso no alinhamento de uma edificação, há que se ressaltar a qualidade dos materiais a serem testados, o que antecede o encaixe na obra, garantindo mais segurança no seu uso.

- Adaptação: inúmeros são os fatores determinantes no que se refere à possível obsolescência da edificação, citando quanto a indispensabilidade de movimentação de paredes, a instalação de novas escadas e elevadores, a ausência de espaço aumenta de carga e o rearranjo de áreas e serviços. Dessa forma, as edificações em estrutura metálica permitem maiores adaptações do que as estruturas de concreto, pelo fato da facilidade que as peças em aço podem ser modificadas, reparadas ou reutilizadas.

- Ponto de vista econômico: as estruturas metálicas revelam uma grande competitividade econômica frente ao concreto, principalmente se for alinhada a um projeto adequado. Destaca-se a precisão de medidas, em milímetros, em contraposição aos centímetros utilizados no concreto, o que possibilita significativa economia em mão-de-obra e argamassa, baixa necessidade de uso secundário de madeira, rápido no retorno do investimento realizado e baixa utilização de mão-de-obra.

3 SOLUÇÕES APROPRIADAS VISANDO CUSTOS MENORES QUANTO À ESCOLHA DE UMA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO OU EM AÇO

Segundo Albuquerque (1999), o conceito de estrutura econômica também teve evolução no decorrer dos anos. Existia uma preocupação em um primeiro instante, de se trabalhar com seções mais esbeltas possíveis; a dedicação hoje em dia está voltada para o ajuste das formas, visando a facilidade quanto a produtividade da mão-de-obra e o reaproveitamento, dentro do contexto construtivo para que serão usados. Isso em razão de ter ocorrido uma conscientização dos projetistas cujo o custo de uma estrutura não resume-se ao do concreto e do aço, tendo que ser levados em consideração também a forma (representa em média 30% do custo da estrutura), o período de execução (retorno financeiro), outros materiais indispensáveis visando também a mão-de-obra empregada.

Segundo AALAMI (1994), “a economia é conquistada através de repetições, clareza dos detalhes, formas aceitáveis e provisões para uma fácil instalação”.

Segundo ABECE (1998), a sistemática dos materiais, sem dúvida, é exigência importantíssima para aprimoramento dos processos construtivos. Na conjuntura internacional, ela é requisito básico para o alcance de menores custos, aumento de produtividade e melhor qualidade. Além do mais, pelo meio dela que alcançaremos o alto grau de industrialização nas obras, modificando-as, como ocorre em outros setores da economia, em uma linha de montagem, conquistando a datar ganho de escala, melhor produtividade da mão-de-obra e mais concorrência.

Conforme Albuquerque (1999), notadamente nas estruturas de concreto armado, padronização de elementos traz benefícios inerentes que concedem grandes ganhos, não só na execução da estrutura, contudo para o contexto global da obra. Tal fato ocorre porque com a padronização da estrutura, e todos os demais elementos que serão edificados sobre ela seguem automaticamente o padrão pré-estabelecido no projeto estrutural. Inúmeros trabalhos têm sido realizados separadamente referente aos sistemas estruturais usuais. Observa-se, porém, um desprovimento na literatura técnica de comparações entre eles, que sirvam de incentivo aos profissionais e ao meio acadêmico, para a concepção estrutural. Verifica-se também que diversos trabalhos tratam fatores econômicos apenas em

função dos consumos de um determinado sistema estrutural, quando verdadeiramente o custo tem de ser composto de uma maneira mais complexa, considerando-se: profissionais, duração de execução e recursos necessários para execução.

Segundo Brandão (1998), o estudo do desempenho do concreto armado é voltado à agressividade ambiental, com foco nos principais instrumentos de deterioramento no qual podem trazer a tona à deterioração das estruturas. No contexto do estudo, tem-se a pretensão de justificar o acolhimento de estabelecidos critérios de projeto, entre eles, espessura mínima de cobertura, limitação para abertura das fissuras etc. Vale frisar também a necessidade e a magnitude de utilizar procedimentos adequados na produção do concreto no que se refere a execução das estruturas, particularmente questões com relação à cura, fator este que, obviamente, decisivamente exerce grande influência na qualidade da produção do concreto. Destacando assim o estudo de severidade do meio ambiente, tendo em vista que a mesma afeta diretamente a resistência das estruturas.

Brandão (1998), ainda enfatiza a percepção que nitidamente associa tais aspectos: agressividade ao meio ambiente, qualidade e resistência das estruturas. Estudos acerca da agressividade ao meio ambiente têm a pretensão de conhecer o comportamento das estruturas e dos seus materiais que a compõem (concreto e aço), com foco nos diversos ataques exercidos por agentes externos agressivos ambos presentes no meio ambiente, de maneira que consigam ser tomadas as medidas de cunho preventivo e também de proteção, com objetivo de proporcionar que as estruturas exibam durabilidade. Uma vez garantida a durabilidade, tem-se a contribuição de forma considerável em razão da qualidade das estruturas, visto que ambos os padrões estão profundamente correlacionados, conforme mencionado anteriormente. A qualidade de um produto pode ser considerada como a capacidade de atender a definições primordiais, circunstâncias usuais previstas, satisfazendo requisitos como: condições de segurança, higiene, conforto, funcionalidade, bem como economia e durabilidade, dentre outras. O domínio da qualidade equivale, principalmente, em um conjunto de técnicas operacionais e desenvolvimento de atividades na intenção de garantir que o processo final do produto possa cumprir com os requisitos de qualidade específicos que lhe são impostos por normas pré-estabelecidas.

Por um longo período, o concreto foi considerado um material de boa durabilidade, opinião esta que está baseada em obras antigas, mas ainda com bom estado de conservação. Alguns exames realizados, como o realizado no ano de 1987, em Santos/SP, na estrada de ferro Mairinque, construída entre as décadas de 1910 e 1930, mostraram vitalidade notável para uma obra antiga e com pouquíssimos reparos sofridos no decorrer dos anos.

Brandão (1998) cita que, por outro lado, em comparação com o exemplo citado anteriormente, diagnósticos realizados no ano de 1989 em relação à inúmeras obras-de-arte da cidade de São Paulo, que originaram-se em especial nos anos 70, expuseram problemas surpreendentes quanto da sua resistência, levando em consideração a pequena idade de ambas as obras. Cerca de 100 obras foram objeto de investigação, sendo alguma delas consideradas como grave.

Por meio de analogia entre diferentes tipos reações das estruturas, o passar dos anos endereça quanto dos porquês das inúmeras patologias que podem atingir o concreto, o que pode resultar na sua deterioração como resultando de diversos fatores. Dentre eles, citam-se: projeto com erros, erros de execução, má utilização da obra, materiais inadequados, hostilidade do meio ambiente, ausência de reparos e ineficiência de controle da qualidade no âmbito da construção civil.

Conforme Brandão (1998), *apud* Mather (1987), admite-se, que hoje, o meio técnico dispõe-se de conhecimento suficiente para projetar, detalhar e edificar estruturas mais duráveis de concreto. É viável a produção de concretos com resistência às inúmeras influências do meio ambiente, apresentando deterioração tolerável no decorrer de um determinado período de tempo, desde que sejam apoderadas as pertinentes precauções, considerando sempre a agressividade do meio ambiente. Atualmente o desafio consiste, portanto, na garantia de que o concreto não sofra deterioração em excesso ao longo do tempo, por intermédio de especificações adequadas, sem a necessidade, do aumento dos custos. No momento o que tem faltado, é a concordância e a engenhosa aplicabilidade de diversos conhecimentos disponíveis e desenvolvidos recentemente.

Segundo Mingione (2016), a construção de edificações compreende uma das partes um tanto relevantes dentro da indústria da construção civil, tendo correspondido no ano de 2011 a 37,6% dos setores de trabalho formais e 37,4% do PIB do setor (IBGE, 2011). Um edifício pode ser definido e compreendido com base

em uma abordagem conjunta na qual o todo é considerado um sistema que pode ser dividido hierarquicamente com base no grau operante de suas partes. Nesse sentido, um subsistema do sistema edifício seria a maior parte operante do mesmo, destinado a cumprir uma macro função que a define – subsistema fundação, subsistema estrutura, subsistema vedação vertical, subsistema instalações, etc. Um subsistema é formado por um conjunto de elementos, que por sua vez já são formados por um conjunto de componentes e que por sua vez já são constituídos por um conjunto de materiais.

Segundo Mingione (2016), *apud* Caçador (2014), a estrutura é um dos subsistemas mais importantes do edifício, sendo responsável por volta de 20% a 30% do custo de construção do edifício, e compondo o caminho crítico na sua execução.

Mingione (2016) reforça que, o uso de estruturas em aço aparece como uma alternativa interessante para a produção de edificações de variados pavimentos, uma vez que a característica mais industrializada desse método de construção tem potencial de permitir ganhos de produção, na execução do sistema estrutural, podendo ter impactos na redução dos preços e tempo na construção da edificação.

Apesar deste método de construção já ser muito conhecido e utilizado internacionalmente, seu uso na construção de edificações de diversos pisos ainda é pouco propagada no Brasil, onde distintivamente predomina-se o uso de estruturas em concreto armado.

O Brasil é atualmente um dos primordiais produtores globais de aço. No entanto, a produção de perfis e tubos de aço estrutural para uso na construção civil no país ainda é baixa tendo correspondido, em 2008, por volta de 4% da produção da China (principal produtor), 18% da produção dos Estados Unidos e 40% da produção da Índia, apenas para mencionar alguns exemplos (FALEIROS et al., 2012). Dessa forma, verifica-se o grande potencial de crescimento no uso dessa os diferentes tipos de projetos estruturais no país.

Especificamente, a escolha do serviço de montagem da estrutura se explica não só por conta de sua relevância em termos de preços na execução da estrutura de aço (conforme sugerido na Tabela 1, os preços de montagem argumentam por entre 20% e 35% do custo total da estrutura) como também por ser

uma etapa fundamental na execução de estruturas de aço, pois como bem sabemos sem a montagem, não há a estrutura. Deve-se considerar também que a montagem é uma etapa da execução realizada fora de local industrial e, portanto, um tanto sujeita a razões que possibilitem variar sua produção.

Tabela 1 -Faixa de custo relacionada a diferentes serviços envolvidos na execução de estruturas de aço para edificações (elaboração do autor com base em BELLEI ET Sinônimos al., 2008).

Serviço	Faixa de Custo
Projeto estrutural	1 a 3%
Detalhamento	2 a 5%
Materiais e componentes	20 a 50%
Fabricação da estrutura	20 a 40%
Transporte	1 a 3%
Montagem	20 a 35%
Proteção anti-corrosão (caso houver)	10 a 30%
Revestimento anti-incêndio (caso houver)	8 a 15%

Mingione (2016) relata, quanto da escolha do estudo da produção, focando a eficiência física da mão de obra e dos equipamentos. A produção, entendida como a relação com entradas e saídas de um processo de produção, pode ser estudada conforme diferentes óticas, seja em termos de abrangência do processo a qual se refere, sejam das entradas e saídas que estão sendo vistas seja do método específico usado para calculá-la.

A construção de uma obra é um processo que exigirá para sua realização o consumo de recursos de natureza física, financeira e social e da mesma forma gera produtos de tais naturezas. Por produção física em uma obra, entende-se a produção, tomada como a relação com o consumo de recursos físicos (materiais, mão de obra e equipamentos) e os produtos físicos produzidos (edifício ou partes dele).

Por mais que dentre outras afinidades sejam importantes, é utilizada a relação com valor adicionado e o número de trabalhadores como proporção da produção, perante uma perspectiva setorial, compreendendo-se que é na produção, física no canteiro de obras que se encontra o maior potencial para a busca de melhoras no processo de gerir a produção na área da construção civil. Por fim, por mais que se necessite analisar a produção, do setor por meio de indicadores mais Vasta é no canteiro de obras que esta produção, efetivamente se objetiva. Para o estudo da produção, física, optou-se por utilizar o consumo de mão de obra e de equipamentos como ferramenta para análise da produção. Tal escolha se permitiu por diversos motivos:

- Por ser uma alternativa de elevado grau de industrialização, a montagem de estruturas de aço tem seu andamento imposto seja através do andamento da mão de obra quanto pela eficácia dos equipamentos de içamento utilizados.
- Mão de obra e equipamentos são os mais importantes responsáveis pelo crescimento recente dos preços de construção.

Segundo Souza (1996), a mão de obra é o recurso onde as maiores perdas são analisadas e é o recurso de mais difícil gestão em obra.

A potencial redução no consumo de mão de obra devido a maior industrialização do método de construção de estruturas de aço pode formar um dos seus mais importantes benefícios frente a soluções mais tradicionais, como a estrutura em concreto armado.

4 AQUISIÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS SOBRE AS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E AÇO

Segundo Garcez (2007), os polímeros reforçados com fibras (PRF) são, em resumo, materiais compósitos. Bem como explica Askeland e Phulé (2003), um material compósito é produzido quando dois ou mais materiais são definidos na intenção de conseguir um novo material, com características consideráveis às dos materiais participantes, que se mantêm suas identificações visualmente.

Garcez (2007) reforça que, as fibras representam cerca de 50 a 70% da porcentagem em volume de um PRF. Justificando, que suas propriedades é muito importante para determinar as propriedades mecânicas de um PRF. A escolha de fibras adequadas na formação do compósito é baseada em seu custo, rigidez, resistência e em seu comportamento no decorrer do tempo. Dependendo da fibra a ser utilizada, é alcançado diversos tipos execução. As fibras de alto desempenho mais utilizadas para reforçar polímeros utilizados para fins de reforço estrutural são: Carbono, aramida e vidro, embora fibras de boro, polietileno, poliéster, poliamida e basálticas já tenham, também, sido utilizadas.

Como relata Callister (2004), a maior parte dos materiais compósitos compreende duas fases distintas: uma fase contínua, também conhecida como matriz, e outra é fase dispersa, ela é envolta e com proteção da matriz. Pelo começo da mistura de ações, as propriedades dos compósitos vão variar conforme o volume, a geometria e as propriedades das partes que o compõe.

Garcez (2007) ainda complementa, os materiais compósitos reforçados podem ser delimitados em dois grandes grupos: os compósitos reforçados com partículas e os compósitos reforçados com fibras. Nos compósitos reforçados com partículas, as medidas, comprimento e largura das partículas que formam a fase dispersa são aproximadamente idênticos. Já os compósitos reforçados com fibras compõem uma elevada razão cerca de o comprimento e a largura dos materiais que a constitui referente fase dispersa, ambos com aparência alongada. Quando a matriz de um compósito reforçado com fibras é fabricada a partir de um material polimérico, o mesmo se denominara PRF. Dependendo da espécie entreo elemento de reforço e do tipo de polímero que forma a matriz, poderá se ter a obtenção de compósitos com propriedades bem diferentes. Aplicação com fibras com alto desempenho

estabelecidas com matrizes poliméricas possibilita obter alternativas importantes para a produção de materiais com aplicação no reforço estrutural de elementos de concreto armado.

Callister (2004) ressalta quanto a consideração pela classificação dos compósitos que podem ainda ser categorizados como compósitos estruturais, ambos formados por uma combinação de elementos estruturais, onde que inclui tanto materiais homogêneos tal como materiais compósitos, das quais respectivas propriedades mecânicas se tornam dependentes do projeto geométrico ou do arranjo entre os elementos estruturais que formam o compósito. Compósitos laminares e estruturas com modelo sanduíche são exemplos de compósitos estruturais. Devido alguns PRF podem ser fabricados com camadas de fibras orientadas envoltas em camadas de matriz polimérica, formando assim estruturas de modelo sanduíche, assim sendo os mesmos também podem ser definidos compósitos estruturais.

ISIS (2003) cita que, as vantagens dos PRF sobre materiais convencionais, como o aço, abrangem fatores como alta relação resistência versus peso, boa resistência em diversos tipos de ambientes, facilidade e velocidade de instalação, flexibilidade de formas e neutralidade eletromagnética. Assim sendo por estes motivos, demonstra-se que os compósitos à base de PRF tornam se considerados um dos mais marcantes desenvolvimentos feitos nas áreas de construção e recuperação de estruturas nas últimas décadas.

Garcez (2007) reforça ainda, que por outro lado, o alto custo dos PRF, no momento em que é comparado com o de outros materiais convencionais para uma mesma finalidade, pode ser considerado como a principal limitação para o espalhamento mais enfático de sua utilização. Para tal, o emprego destes materiais justifica se absolutamente apenas em situações pelas quais suas propriedades podem trazer benefícios não obtidos através de materiais convencionais, tornando-os assim tecnicamente competitivos. Isto ocorre, principalmente, onde condições ambientais, interrupções na utilização da estrutura e condições de acessibilidades são questões críticas.

Meier (1995) ressalta, que, quando os preços são considerados no decorrer de toda a vida útil das estruturas, a durabilidade a longo prazo oferecida por estes materiais poderá torná-los competitivos num maior número de circunstâncias. Para tal neste sentido, defende que, num reforço estrutural, os custos com materiais representa aproximadamente 20% do custo total da obra, estando o restante atribuído à mão-de-obra e custos indiretos, que podem ser reduzidos com a utilização de PRF.

Garcez (2007) complementa ainda, dada a natureza especial da relação custo-benefício em obras já existentes, os PRF descobriram grande receptividade e normalmente são empregados como elementos de reforço, fixados na parte externa dos elementos estruturais reforçados. Já encontram-se exemplos, contudo, de estruturas compostas apenas por perfis de PRF, e de estruturas híbridas onde materiais convencionais são empregados em conjunto com perfis ou cabos de PRF. Algumas pesquisas estão realizando a exploração quanto a possibilidade de empregar barras de PRF em substituição ou complementação à armadura tradicional. Trata-se de uma ideia antiga, mas que ainda não foi definida.

Segundo Garcez (2007), *apud* Bernardi e Silva (2003), o modelo, a proporção e a orientação das fibras afetam diretamente as propriedades do compósito. Normalmente, na geração de compósitos para um reforço estrutural é necessário o emprego de fibras de alto desempenho, ambas são denominadas por apresentarem elevados valores de módulo de elasticidade e resistência à tração, além de deterem características especiais como resistência à corrosão ou resistência ao impacto, dependendo do modelo de fibra.

Geralmente, as fibras representam cerca de 50 a 70% da porcentagem em volume de um PRF. Porém com a justificativa, de que as propriedades das fibras possuam grande importância no quesito de determinação das propriedades mecânicas de um PRF. A seleção das fibras adequadas para formar o compósito é baseada em considerações de custo, rigidez, resistência e comportamento ao longo do tempo. Isto dependerá do modelo de fibra que será utilizado e diferentes performances poderão ser alcançadas.

Coelho (2008) relata que os Sistemas BIM se tornam compreendidos considerados um crescimento comparado ao CAD, em que o ciclo de vida do projeto, que é aquilo que vai da criação à construção, é gerenciado por um banco de dados com varias informações integrado à modelagem 3D.

Mozzato (2013) destaca que antes de decidir a efetivação da edificação e fazer as contratações para a obra, através do BIM, verifica-se com maior precisão se o tamanho da construção, o nível de qualidade e os requisitos da programação da obra podem ser finalizados dentro de um custo e de um determinado tempo.

Mozzato (2013) ainda relata que a utilização do BIM que em algumas empresas adotaram para tirar proveito das varias vantagens que proporciona dentro dos projetos, pois os softwares possuem recursos disponíveis para gerar todo tipo de informação necessária, pois as mudanças estão na modelagem da criação com a criação 3D, ganhando uma versão mais próxima do real.

Azevedo (2009) enfatiza, que na utilização da metodologia BIM, muito adiante á vantagem com agregação de todos os dados gráficos e não gráficos de um empreendimento em uma única pasta, estes estão disponíveis para serem utilizados durante todo o período devida útil da obra, desde o projeto até a construção, incluindo a manutenção, a reabilitação, a demolição ou a mudança de uso.

Assim segundo o autor, diversas outras vantagens podem ser destacadas no uso desta metodologia no processo de projeto e execução de obras:

- Melhor compreensão do projeto durante as fases ou etapas;
- Melhor colaboração entre todos os envolvidos nos projetos e execuções;
- Melhor visualização;
- Conciliação espacial 3D das especialidades;
- Detecção de interferências e não conformidades no projeto;
- Antecipação dos problemas;
- Aumento de produtividade;
- Prevenção das repetições de trabalhos (eliminação do retrabalho);
- Obtenção de quantidades de materiais e de recursos necessários;
- Possibilidade de serem efetuadas várias simulações e análises econômicas;

Azevedo ainda relata quanto da existência, de algumas desvantagens na utilização da metodologia BIM, que são:

- Investimento em novo(s) software(s);
- Trabalhar na mudança da mentalidade de toda a equipe;
- Contratação de mão de obra com especialização com uma oferta muito baixa no mercado de trabalho ou o investimento na formação de futuros usuários;
- Domínio das ferramentas de planejamento (4D) e custo (5D);
- Conceito com pouco desenvolvimento no país.

Fortes (2009) complementa que, uma das principais desvantagens no que se refere metodologia BIM é a questão do tempo de aprendizagem é demorado que será necessário, podendo levar até um ano. A mudança do CAD para o BIM é como a mudança da prancheta para o CAD (computador). Inicialmente, aprende-se a projetar em BIM; na fase seguinte do aprendizado, realizam-se as trocas simples de arquivos entre os projetistas. Finalmente, na última fase, integram-se as etapas de sondagem, terraplenagem, orçamento e cronograma.

O BIM agrega uma tecnologia potencialmente transformadora, por meio da sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de uma edificação, do início da preparação do desenho preliminar até a gestão de instalações. Como um banco de dados visual dos componentes do edifício, o BIM pode fornecer a quantificação exata e automatizada e ajudar na redução significativa da variabilidade das estimativas de custos (SABOL, 2008).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi realizado através de pesquisas acerca do tema estudo comparativo entre as estruturas de aço e concreto armado para verificação de viabilidade de escolha e uso de uma delas para uma mesma finalidade, o qual nos permitiu a compreensão da importância quanto da escolha de uma estrutura para execução de um projeto.

Hoje em dia, diante de um cenário construtivo de grande proporção, onde as edificações crescem cada vez mais frequentes, deve-se sempre pensar em qual o tipo de estrutura a se utilizar para execução de um projeto, projetos estes que são de grande importância na geração de emprego, com grande abrangência na economia e satisfação do usuário.

A hipótese que foi abordada verificou que, por conta de evidentes processos customizados e com visão de economia na construção civil, pode ser razoável a comparação de custos para uma edificação seja ela em concreto armado ou outra idêntica em aço num processo que abrange valor, referente à escolha a ser feita pelos envolvidos no projeto.

Com isso, pode-se concluir que tanto a estrutura de concreto armado quanto a de aço são duas alternativas com particularidades distintas que atendem a um mesmo fim. Portanto, deve ser observado o tipo de projeto a ser executado, pois, no que refere às questões de viabilidade técnica e econômica, em obras de pequeno e médio porte as estruturas em concreto armado são mais viáveis, em contrapartida para obras de grande porte as estruturas em aço possui maior viabilidade.

Em continuidade ao trabalho proposto sugerem-se alguns temas para pesquisa, temas estes que possam complementar o estudo e elaboração de um novo trabalho, tais como:

- Estudo comparativo entre as estruturas de aço e concreto armado na construção civil visando maximização de resultados e minimização de custos;
- Estudo comparativo de custos para uma edificação de estrutura em aço e outra em concreto armado visando economia e viabilidade técnica na execução;
- Estudo do desempenho do concreto armado voltado à agressividade ambiental visando redução de custos;
- O uso de estruturas em aço como alternativa na produção de edificações de variados pavimentos;

- Comparação de custos de uma edificação de médio porte utilizando-se estruturas em aço e outra em concreto armado.

REFERÊNCIAS

AALAMI, B.O. **Unbonded and bonded post-tensioning systems in building construction**. Phoenix, PtiTechnical Notes, 1994. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/44375617/Bonded-vs-Unbonded>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira de. **Análise De Alternativas Estruturais Para Edifícios Em Concreto Armado**. 1999. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1999ME_AugustoTeixeiradeAlbuquerque.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE) (1998). **A revolução nos custos**. ABECE informa, n.15. São Paulo. Disponível em: <<https://site.abece.com.br/>>. Acesso em: 14 de abril de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (1985). NBR-9062: **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado**. Rio de Janeiro. ABNT. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/noticias/5228-projeto-e-execucao-de-estruturas-de-concreto-pre-moldado>. Acesso em: 14 de abril de 2019.

ASKELAND, D. R. & PHULÉ, P. P. **The Science and Engineering of Materials**. United States of America: Thomson, 2003. Disponível em: <http://home.ufam.edu.br/berti/nanomateriais/0495296023MaterialsEnginee.pdf>. Acesso em: 31 de março de 2019.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM- BuildingInformationModeling na Direção Técnica de Obras**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Portugal, 2009. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10695/1/Tese%20de%20Mestrado-Orlando%20Azevedo-2009.pdf>. Acesso em: 24 de março de 2019.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. 2006. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>. Acesso em: 24 de março de 2019.

BELLEI, I.H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. Disponível em: <https://aea.com.br/pdf-download/?id=2486>. Acesso em: 13 de abril de 2019.

BRANDÃO, Ana Maria da Silva. **QUALIDADE E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: - ASPECTOS RELATIVOS AO PROJETO** -. 1998. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_AnaMariadaSilvaBrandao.pdf. Acesso em: 24 de março de 2019.

CALLISTER, W. D. **Materials Science and Engineering - An Introduction. United States of America:** WILEY, 2004. Disponível em: https://www.academia.edu/7950376/Materials_Science_and_Engineering_-_Callister_7_Ed. Acesso em: 12 de Março de 2019

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.** VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. 03-04 nov. 2008, São Paulo, SP. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2019.

DUCATTI, Vitor Antonio. **Concreto de elevado desempenho: estudo da aderência com a armadura.** 1993. 25f. Resumo Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/item/000737938>. Acesso em: 04 de maio de 2019

FALEIROS, J. P. M.; JUNIOR, J. R. T.; SANTANA, B. M.; **O crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas e o boom da construção civil: um panorama do período 2001-2010.** [S.I.]: BNDES Setorial 35, 2012. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1517/1/A%20set.35_O%20crescimento%20da%20ind%C3%BAstria%20brasileira%20de%20estruturas_P.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2019.

FERRAZ, Henrique. **O Aço na Construção Civil.** Revista Eletrônica de Ciências. São Carlos, p.01-16, 2003. Mensal. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/search?q=etapas+de+constru%C3%A7%C3%A3o&start=50>. Acesso em: 11 de abril de 2019.

FORTES, B. A. C. **Estudo do planejamento para a implementação de construção industrializada em aço.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, 2009. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp108307.pdf>. Acesso em 31 de março de 2019.

GARCEZ, Mônica Regina. **Alternativas para Melhoria no Desempenho de Estruturas de Concreto Armado Reforçadas pela Colagem de Polímeros Reforçados com Fibras.** 2007. 267 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10593/000599781.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

IBGE. Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2009: Volume 19. Rio de Janeiro: 2011. 98p.

INTELLIGENT SENSING FOR INNOVATIVE STRUCTURES. **ISIS Educational Modules about FRP**. Winnipeg: ISIS, 2003. ISIS Educational Modules 1 to 4– Intelligent Sensing For Innovative Structures, 2003. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=cuqsBAAAQBAJ&pg=PA260&lpg=PA260&dq=INTELLIGENT+SENSING+FOR+INNOVATIVE+STRUCTURES.+ISIS+Educational+Modules+about+FRP.+Winnipeg:+ISIS,+2003.+ISIS+Educational+Modules+1+to+4%E2%80%93+Intelligent+Sensing+For+Innovative+Structures,+2003.&source=bl&ots=rN3pcQYNxx&sig=ACfU3U2VyknRIPm7tPPGc61d5p2OOMZHng&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwib-snbu6viAhVAK7kGHWUgA4UQ6AEwAnoECAkQAQ#v=onepage&q=INTELLIGENT%20SENSING%20FOR%20INNOVATIVE%20STRUCTURES.%20ISIS%20Educational%20Modules%20about%20FRP.%20Winnipeg%3A%20ISIS%2C%202003.%20ISIS%20Educational%20Modules%201%20to%204%E2%80%93%20Intelligent%20Sensing%20For%20Innovative%20Structures%2C%202003.&f=false>. Acesso em: 26 de abril de 2019.

MEIER, U. **Strengthening of structures using carbon fibre/epoxy composites**. Construction and Building Materials, volume 9, número 6, 1995. p. 341-351. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0950061895000712>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

MINGIONE, Caio Marranghello. **Produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios**. 2016. 409 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ciências, Departamento de Engenharia de Construção Civil., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-24062016-155713/publico/CaioMarranghellMingioneCorr2016.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2019.

MOZZATO, Ricardo Coelho. **Subsídios para a implementação da metodologia BIM no projeto e fabricação de estruturas de aço**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Infraestrutura e Meio Ambiente, Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/browse?type=author&value=Mozzato%2C+Ricardo+Coelho>. Acesso em: 21 de março de 2019.

NARDIN, Fabiano Ângelo. **A Importância da Estrutura Metálica na Construção Civil**. 2008. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1268.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

ORDONÉZ, J. A. F. **Pre-fabricacion: teoría y práctica**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados. v.1. 1974. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000208&pid=S1678-8621201400020000400014&lng=es. Acesso em: 10 de abril de 2019.

REVEL, M. **La pré fabricacion em La construccion**. 1.ed. Bilbao: Urmo. 457p. 1973. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/prefabricacion-en-la-construccion/oclc/432837346>. Acesso em 02 de maio de 2019.

ROSSATTO, Bárbara Maier. **Estudo Comparativo de uma Edificação em Estrutura Metálica/Concreto Armado**: 2015. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria RS, 2015. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_BARBARA%20MAIER%20ROSSATTO.pdf. Acesso em: 10 de março de 2019.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling. IFMA World Workplace**. 2008. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31506884/2_sabol_cost_estimating.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1558406927&Signature=exLNEry4ZT177HkqHAUcZLuetjl%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D2_sabol_cost_estimating.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2019.

SANTOS, Vanice dos; CANDELORO, Rosana J. **Trabalhos acadêmicos: Uma orientação para a pesquisa e normas técnicas**. Porto Alegre: Age Ltda, 2006. 149 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Trabalhos_Acad%C3%AAmicos.html?hl=pt-BR&id=REvrU90M2OUC. Acesso em: 22 de Abril de 2019.

SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. **A Armação do Concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. 338 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/FAEC-84KQ4X/2000000140.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

SERRA, Sheyla; FERREIRA, Marcelo; PIGOZZO, Bruno. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. São Carlos: 1o. Encontro Nacional de Pesquisa-projeto-produção em Concreto Pré-moldado., 2005. 10 p. Evolution of Precast Concrete Systems. Disponível em: <http://docplayer.com.br/15141278-Evolucao-dos-pre-fabricados-de-concreto.html>. Acesso em: 10 de março de 2019.

SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. 1996. 280 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?user=xyB6odAAAAAJ&hl=pt-BR>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo. 2002.