

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Brunna Frias Gomes¹
Gustavo Okabayashi Odaguiri²
Valmir Torres de Oliveira³

Resumo

O presente trabalho tem como foco principal demonstrar a importância da utilização das estruturas metálicas na construção civil, bem como a facilidade e praticidade de programar sua utilização nas construções mais recentes, também chamadas de construções modernas ou construções com designer arquitetônico ousado. Houve um acréscimo exorbitante na quantidade de obras recentes que vêm utilizando estruturas metálicas no lugar das mais convencionais. Isso acontece, devido aos benefícios que as estruturas metálicas possuem diante dos outros modelos estruturais. Desde sua praticidade, tempo de obra e até mesmo seu custo, tem influência no momento da escolha do tipo de estrutura a ser utilizada na construção. O objetivo desse artigo é justamente demonstrar os motivos que tornam a migração para as estruturas metálicas, algo tão positivo e em quantidades tão elevadas recentemente. Além disso, serão apresentados quais são os benefícios que as estruturas metálicas proporcionam em sua utilização, e até mesmo como efetuar o descarte, caso essas estruturas se tornem ociosas.

Palavras-chave: Estruturas Metálicas. Construção Civil. Sustentabilidade e Modernidade.

STUDY OF THE USE OF METALLIC STRUCTURES IN CIVIL CONSTRUCTION

Abstract

The present work has as main focus to demonstrate the importance of the use of metallic structures in civil construction, as well as the ease and practicality of implementing their use in the most recent constructions, also called modern

¹Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Geraldo Di Biase.

²Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Geraldo Di Biase.

³Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense. Docente do Curso Superior em Engenharia no Centro Universitário Geraldo Di Biase.

constructions or constructions with bold architectural designer. There has been an exorbitant increase in the number of recent works that have been using metal structures instead of the more conventional ones. This happens due to the benefits that the metallic structures have in front of the other structural models. From its practicality, time of work and even its cost, has influence in the moment of the choice of the type of structure to be used in the construction. The purpose of this paper is precisely to demonstrate the reasons that make the migration to metallic structures something so positive and in quantities so high recently. In addition, it will be presented what are the benefits that the metallic structures provide in their use, and even how to effect the disposal, if these structures become idle.

Keywords: Metallic Structures. Construction. Sustainability and Modernity.

Introdução

Segundo o Portal Aprende Brasil (2001), em meados dos anos 1750, começa a era da produção industrial, das máquinas e da energia a vapor: tudo isso se faz representar também na arquitetura. As construções definitivamente passam a ser voltadas à praticidade, rapidez e economia de tempo e dinheiro.

A primeira construção em ferro fundido que ficou conhecida foi a de Coalbrookdale (Figura 1), ela está localizada na Inglaterra, sobre o rio Severn, foi construída no ano de 1779, e possui um vão com 31 metros de extensão, tendo as dimensões de 15 metros de largura e comprimento total de 59 metros. É considerada a primeira grande obra no âmbito de estrutura metálica por apresentar exclusivamente ferro fundido em toda sua extensão, foi projetada pelo ferreiro Abraham Darby.

Figura 1. Ponte Coalbrookdale, Inglaterra.



Fonte: Arquivo do blog Coisas da Arquitetura⁴.

⁴Disponível em: <https://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2013/10/11/forma-estrutural-ii/>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

De acordo com PFEIL (2009), no Brasil a primeira ponte a ser inaugurada nessas condições de utilização de material, foi a ponte sobre o rio Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro, inaugurada em 1857. Possuindo vãos de 30 metros, utilizando arcos atirantados. Os arcos eram constituídos de peças de ferro fundido e possuíam montagem feita por encaixe, e o tirante em ferro forjado.

Atualmente, o aço tem sido de grande importância para a construção civil, uma vez que, as palavras “Tempo” e “Qualidade” são extremos importantes na pirâmide de produção, e o aço consegue cumprir muito bem essas duas definições, fazendo parte da modernização da construção e urbanização mundial.

Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo principal: especificar, demonstrar e exemplificar a importância das estruturas metálicas para a construção civil atualmente, bem como indicar suas características relevantes, e diferenciar o uso do aço para o uso do concreto armado em posição de estruturas mais utilizadas na construção civil.

Objetivos Específicos

- Demonstrar como o aço chegou até a construção civil.
- Demonstrar como o aço faz a construção ser mais sustentável.
- Demonstrar os benefícios da utilização das estruturas metálicas.
- Demonstrar a diferença entre a escolha de utilização do aço e da utilização do concreto armado na construção civil.
- Demonstrar patologias e acidentes decorrentes da utilização errada do aço nas estruturas.

Metodologia

Para a realização do presente trabalho foi necessária uma revisão bibliográfica específica sobre as estruturas metálicas nas construções mais atuais, desde os primórdios até atualmente. Essa revisão ocorreu por meio de diversos artigos científicos já publicados. Foram pesquisados diferentes aspectos da utilização e aplicação das estruturas metálicas nessas construções, visando também o estudo da sustentabilidade que a utilização do aço proporciona em relação a utilização de outros tipos de materiais. Também foram utilizados para a elaboração deste artigo diversos sites específicos que fazem estudos e abordam diferentes temas sobre a utilização do aço nas construções.

Referencial Teórico

Sustentabilidade e Reciclagem do Aço

A Construção Sustentável tem como foco principal minimizar a utilização de recursos naturais, ou seja, uso de energia e consumo de matérias-primas que geram detritos e impactos, como: resíduos, tráfego e ruídos sonoros, no canteiro de obras. “O material economiza água, justamente no momento em que este recurso vem se tornando mais escasso”, como revela o engenheiro metalúrgico Fernando Matos (2010).

Colocando em análise as diversas etapas de vida de uma estrutura metálica, as vantagens desse tipo de estruturas em relação a outros tipos utilizados nas construções, foram relativamente altas e interessantes. É estimado que as estruturas em aço consomem apenas 6,3% do ciclo de vida total da energia de uma residência.

O engenheiro metalúrgico ainda acrescenta “Além disso, por exemplo, 200 metros quadrados de uma casa com estrutura em aço podem gerar apenas um metro cúbico de resíduos recicláveis durante a construção” (MATOS, 2010).

De acordo com Gervásio (2008), o aço pode ser reutilizado de diversas formas, no caso de estruturas metálicas, as que não estão mais sendo utilizadas

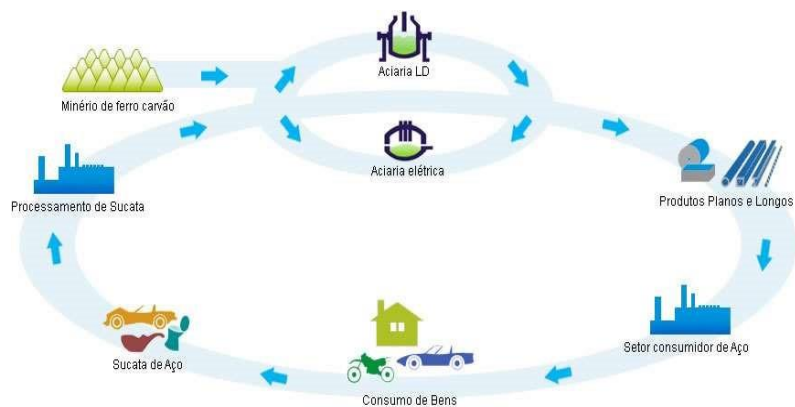
naquele ambiente podem ser reutilizadas em outros locais onde se fazem necessárias, apenas efetuando seu desmantelamento total e reconstruindo-as em outros locais onde são úteis naquele momento. Caso ao final de sua utilização, sua finalidade seja realmente o descarte e não o reaproveitamento da estrutura, ela pode ser destinada a reciclagem, onde ele será transformado em outro tipo de produto por indústrias especializadas em reciclagem de aço.

(...) Note-se que o aço pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder qualquer uma das suas qualidades, contribuindo assim para a minimização do consumo de recursos naturais e para a maximização da reutilização desses mesmos recursos”. (GERVÁSIO, 2008, p. 7)

O setor tem feito o possível para estimular a coleta do aço, e executar a reciclagem desse material existente nos produtos quando eles chegam ao final de sua vida útil, essa reciclagem utiliza esse material para a fabricação de novos produtos, sem que ocorra a perda de qualidade ou das propriedades do aço.

Na reciclagem, o consumo de energia elétrica pode chegar a ser até cerca 80% menor, do que o consumo de energia elétrica utilizada em um material novo, ou seja, que não seja sucata. Segundo Ricchini (2015 apud PEREZ, 2009), se comparado a outros materiais quimicamente reciclados atualmente, o aço tem sido o material que consome menos energia e provoca menos impacto ambiental no momento da reciclagem. O fluxograma abaixo (Figura 2) demonstra o ciclo da reciclagem do aço, de forma rápida e eficaz:

Figura 2. Fluxograma do Processo de Reciclagem do Aço.



Fonte: Arquivo elaborado pelo Instituto Aço Brasil⁵.

⁵Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/reciclagem.asp>. Acesso em: 11 de novembro de 2016.

Vantagens e Desvantagens do Uso do Aço

Assim como qualquer outro tipo de material, as estruturas metálicas possuem benefícios e malefícios na sua utilização. Porém, na maioria dos casos de malefícios, eles não são causados propriamente pelas estruturas metálicas, e sim pelo manuseio inapropriado ou dificuldade de mão de obra especializada para sua execução.

Diminuição do Peso nas Fundações

Como o aço possui resistência maior que os outros tipos de estruturas convencionais mais utilizadas nas construções, a realização do projeto consegue ficar mais leve, o que garante a redução dos pesos descarregados nas fundações, diminuindo assim o custo gasto com construção de fundações mais fortes. Estima-se que sejam reduzidos os custos e o peso nas fundações em até 30%.

Organização do Canteiro de Obras

Por ser pré-fabricado, não precisam de grandes materiais de manuseio para sua montagem, e por possuírem montagem rápida de suas partes, a área de utilização para armazenamento dessas estruturas é menor, proporcionando um ambiente mais limpo e com pouco entulho. O que além de ser um benefício por economizar na remoção de entulhos, também é benéfico para os trabalhadores, que por possuírem um canteiro de obras mais limpo e organizado, correm menos riscos de acidentes dentro da obra.

Minimização no Tempo de Construção

Esse item tem influência direta de diversos fatores, desde a fabricação dessas estruturas que ocorrem por processos repetitivos e padronizados dentro das

indústrias; até sua montagem que não é afetada pelas condições climáticas do ambiente, como no caso de chuvas; levando em conta também a não necessidade de utilização de escoras e fôrmas, dispensando assim a perda de tempo para retirada do escoramento, como ocorre no processo de estrutura em concreto.

Maior Área de Utilização

Por serem mais resistentes, as estruturas metálicas conseguem ser mais esbeltas do que uma estrutura em concreto, por exemplo. Dessa forma, seus pilares e vigas conseguem ter uma seção menor, aumentando o espaço útil dentro da construção.

Qualidade do Material

Por serem pré-fabricadas em indústrias, as peças das estruturas metálicas passam por um rigoroso processo em sua confecção e distribuição, havendo a ocorrência de testes dentro dessas indústrias para manter o padrão das peças e segurança das mesmas. Dessa forma, a segurança é maior e a margem de erro é reduzida de acordo com sua confecção.

Flexibilidade

Por ser um tipo de estrutura que necessita de montagem, ele também tem a “facilidade” de ser desmontado caso haja necessidade. Isso significa que caso ele não se torne mais necessário em determinada localização, ele pode ser desmontado e remontado em locais onde sua presença seja necessária.

Menor Desperdício

Em processos convencionais, o desperdício de material chega até a 25% em peso. Em construção metálica, o desperdício é drasticamente reduzido, já que as peças podem ser recicladas ou usadas em outros lugares.

Além disso, suas medidas são mais precisas, facilitando a compra do material, economizando assim com descartes de materiais que poderiam sobrar devido à estimativa alta no orçamento de compra.

Desvantagens das Estruturas Metálicas

Mão de obra Especializada

Esse item tem maior influência negativa no Brasil, devido a dificuldade de disponibilidade de profissionais capacitados para executar montagem de estruturas metálicas. Apesar de a mão de obra especializada ser melhor para a garantia de um produto final com mais qualidade e menor índice de riscos, economicamente ela não é nada atraente, principalmente em locais onde se há mão de obra especializada escassa, isso faz com que a construção metálica possa ficar mais cara do que realmente ficaria em outras localizações.

Transporte

Esse item só tem influência negativa em casos onde há necessidade de se transportar grandes estruturas já montadas. No caso de uma ponte ou viaduto, para facilidade de montagem é muito benéfico, pois quando a estrutura chega na construção é só um guindaste levantar e os soldadores estarem a postos, que ela fica em prumo muito mais rápido. Porém no quesito estrada, é um fator negativo, pois por serem de grande porte, podem atrapalhar o trânsito ou haver dificuldade de passagem em determinadas localidades.

Contração e Dilatação Constantes

Esse item, assim como o superior, só tem influência negativa se o calculista não especificar bem as regras do material a ser utilizado. No caso das estruturas metálicas, as normas devem ser seguidas a risca, a fim de evitar trincas ou danificar as estruturas devido a erro de cálculo ou não cumprimento das especificações do aço utilizado.

Segundo o CBCA (2014), os aços estruturais são divididos em três grupos de classificação, de acordo com a tensão de escoamento mínima especificada. E dentre todos os existentes, o que mais tem utilização na construção civil, é o aço ASTM 36, que possui classificação de “aço carbono de média resistência mecânica”.

(...) sob condições de contínuo molhamento, determinadas por secagem insatisfatória, a formação da pátina fica gravemente prejudicada. Em muitas destas situações, a velocidade de corrosão do aço patinável é semelhante àquela encontrada para os aços carbono. (CBCA, 2014)

É possível observar na Tabela 1, os aços patináveis que são produzidos no Brasil, e seus respectivos fabricantes:

Tabela 1. Aços patináveis produzidos no Brasil.

EMPRESA	AÇO	WEBSITE
Arcelor Mittal Aços Longos	ASTM A588	www.arcelormittal.com.br
Arcelor Mittal Tubarão	CST COR 400 e CST COR 500	www.arcelormittal.com/br/tubarao
Gerdau	ASTM A588, AÇOCOR 500	www.gerdau.com.br
USIMINAS	USI-SAC-300, USI-SAC-350, USI-FIRE-350, ASTM A242, ASTM A588	www.usiminas.com
V&M do Brasil SA	VMB 250 COR, VMB 300 COR, VMB 350 COR	www.vmtubes.com.br

Fonte: Tabela elaborada pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço⁶.

⁶Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-acos-estruturais.php>. Acesso em: 11 de novembro de 2016.

Estrutura Metálica X Concreto Armado

Uma das etapas mais relevantes da execução de qualquer serviço, independente de qual área ele seja, é o planejamento, pois é no planejamento que ocorrem todas as decisões e métodos a serem seguidos para a execução do serviço.

É no planejamento que são estudados e escolhidos os tipos de materiais e procedimentos que serão utilização e executados.

Logo, é nesse momento em que se precisa determinar o tipo de estrutura que atende melhor aquela construção economicamente, de acordo com a necessidade do cliente, e o mais consciente possível com o meio.

O comparativo a seguir, se prende exclusivamente entre as estruturas metálicas e as estruturas convencionais de concreto armado.

A Tabela 2 aborda de forma resumida as características relevantes dos dois tipos de materiais:

Tabela 2. Comparativo entre Estruturas Metálicas e Concretos Armado.

COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS METÁLICAS E CONCRETO ARMADO		
PARÂMETROS	ESTRUTURAS METÁLICAS	CONCRETO ARMADO
Velocidade (prazo) de execução	Alta	Lenta
Materiais para execução	Pouco	Muito
Precisão de construção	Alta	Moderada
Quantidade de mão de obra	Baixa	Alta
Resistência da estrutura	Alta	Alta
Isolamento térmico-acústico	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelos autores.

Especificações de Cada Construção

Prazo de Execução

Se houver necessidade de rapidez, ou curto prazo para a entrega da obra, as estruturas metálicas são mais recomendadas. Como ela já vem pré-fabricada e é apenas montada dentro do canteiro de obras, sua rapidez é muito maior do que a estrutura de aço. Isso, sem levar em conta o fato de que os pavimentos podem ser construídos até de 3 em 3, enquanto na estrutura de concreto para passar para o pavimento superior, é necessário que o inferior tenha sido completamente terminado. Para se ter uma ideia, o tempo de execução em um prédio de 4 pavimentos usando estrutura metálica é de 120 dias, e em concreto convencional, é de 210 dias.

Materiais para Execução

As estruturas metálicas também são mais positivas nesse item, pois necessitam apenas da estrutura em si, e de outros poucos materiais, por exemplo: porcas, parafusos, tinta; enquanto a estrutura de concreto necessita de muitos materiais, como: brita, areia, tinta, água, ferragem, etc.

Precisão de Material

Nas estruturas metálicas é possível calcular precisamente a quantidade de material que será necessário para a construção do início ao fim - com o mínimo de erros, pois os cálculos são efetuados utilizando milímetros. No caso da estrutura de concreto, essa estimativa não pode ser precisa, pois diversos fatores influenciam na utilização dos materiais durante toda a construção.

Mão de Obra

Nesse caso, as estruturas metálicas perdem para as estruturas de concreto, pois para a execução de estruturas metálicas, são necessárias mão de obra

especializada, o que acaba tornando esse tipo de mão de obra mais escassa em relação a mão de obra utilizada nas estruturas de concreto. Porém, como a execução das estruturas metálicas é de manuseio menos demorado, a utilização de muitos profissionais atuando ao mesmo tempo, é dispensável. Enquanto nas estruturas de concreto, são necessários muitos profissionais ao mesmo tempo, pois sua execução, além de demorada é mais trabalhosa.

Resistência da Estrutura

É importante esclarecer, que nesse item nenhum dos dois tipos de estruturas deixam a desejar. Ambos os modelos são extremamente resistentes, se executados corretamente seguindo o projeto. Logo, esse item não se torna um fator de relevância para um possível desempate na escolha de uma delas para execução.

Temperatura, Barulho e Proteção contra o Fogo

Com relação à estrutura em si, esses quesitos não tem distinção entre as estruturas metálicas e as estruturas de concreto, porém, pelo fato de as estruturas em concreto possuírem os fechamentos também utilizando material parecido, elas acabam sendo mais resistentes normalmente, sem a necessidade de nenhum cuidado extra. No caso das estruturas metálicas, depende do material utilizado para o fechamento da construção, pois elas aceitam muito bem todo tipo de material. Logo, para que ela seja tão resistente quanto às estruturas de concreto que automaticamente já são preparadas para isso, é necessário que os fechamentos sejam feitos com material resistente, ou que ele tenha um preparo um pouco maior, a fim de tornar esse tópico de escolha igual para ambas as estruturas.

Segundo Nardin (2008), uma das grandes vantagens das estruturas metálicas está associada ao meio ambiente.

(...) Outro aspecto importante associado à construção em estrutura metálica, frente à construção em concreto, é seu caráter menos agressivo ao meio ambiente. Atualmente, 50% do aço produzido no mundo são provenientes de reciclagem. (NARDIN, 2008, p. 15.)

O que acaba tornando a escolha da utilização das estruturas metálica mais positiva em relação ao uso das estruturas de concreto devido aos fatores já citados em outro tópico mais acima. Os principais fornecedores do Brasil, segundo a World Steel Association (2015) foram a Arcelor Mittal e a Gerdau S.A.

Patologias em Estruturas Metálicas

As estruturas metálicas possuem um alto grau de qualidade em sua fabricação, devido à quantidade de testes e rigorosa produção a que é submetida. Porém, ainda com esse grau de segurança mais elevado devido sua fabricação, elas estão sujeitas a acidentes. Esses acidentes podem ser causados por erro de execução, erro de projeto, ou até mesmo erro na escolha do tipo de material a ser utilizado em determinada construção.

Quando se escolhe executar um projeto de estrutura metálica, é necessário que ocorra a análise de aspectos importantes e extremamente relevantes para a sua utilização, como: segurança, durabilidade e funcionalidade. Determinadas falhas também podem surgir por fatores como: baixa capacitação dos profissionais destinados à montagem, materiais escolhidos de baixa qualidade ou até mesmo por ações externas do meio.

Analisando com mais precisão, por um ponto de vista mais técnico, somos capazes de identificar:

Diferentes e Reais Causas dessas Falhas

Falhas no Projeto e na Leitura do Mesmo

Onde podem ocorrer patologias e problemas que não eram esperados no projeto inicial, já que com a leitura do projeto, ou com ele errado, a estrutura se

comportará de uma maneira completamente diferente da que foi proposta e desenhada, podendo chegar até mesmo a um colapso total.

Utilização Negligente da Estrutura:

O que acarretará danos e redução significativa de sua vida útil, já que o projeto inicial foi para outra atividade ou propósito completamente diferente da que está sendo utilizada.

Ausência de Manutenção:

O engenheiro responsável deve observar sempre a manutenção dos materiais empregados nas estruturas, a fim de evitar problemas maiores e proteger o projeto. A ausência ou falha na manutenção ocasiona problemas que vão se agravando até chegar ao ponto de colapso, podendo haver ocorrência até mesmo de fatalidades.

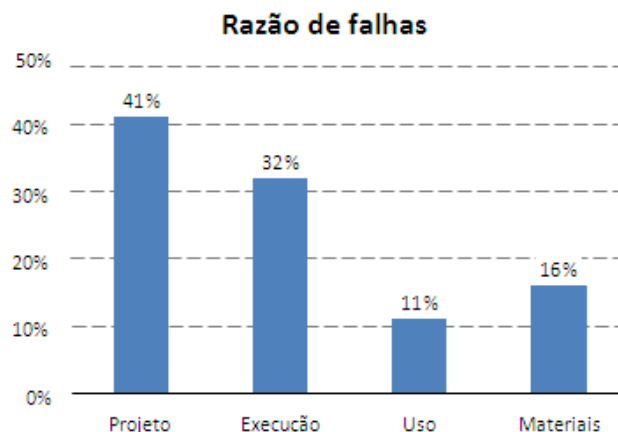
Uma das limitações que devem ser observadas durante o desenvolvimento de um projeto com estruturas metálicas, e precisa ser respeitada a fim de evitar um colapso por utilização inapropriada da estrutura, é a disponibilidade dos perfis estruturais a serem utilizados na construção que está sendo projetada. É necessário que se faça uma verificação no mercado consumidor se as peças necessárias para o projeto estejam disponíveis no mercado, a fim de não utilizar peças inferiores apenas com o intuito de cumprir o prazo inicial estimado.

Segundo Gonçalves (2015), os grandes causadores das patologias mais sérias decorrentes atualmente têm ligação direta com o meio ambiente. São consideradas catástrofes, como por exemplo: abalos sísmicos. As localidades onde existem determinados tipos de alterações climáticas devem ser estudadas e analisadas com muito mais cuidados, justamente a fim de preparar uma estrutura que consiga suportar e sobreviver àqueles tipos de acidentes que podem vir a surgir. O grande erro de muitos profissionais se encontra nesse quesito, eles não preparam a estrutura para esse tipo de influência, e acabam por danificar seus projetos e até mesmo prejudicar a vida de pessoas em determinadas ocorrências.

(...) Esses agentes causam patologias das mais simples às mais graves, e é missão do profissional de Engenharia prever e dimensionar a estrutura, de modo a evitar ao máximo o acontecimento de patologias decorrentes desses fenômenos. (GONÇALVES, 2015, p. 35.)

No gráfico da Figura 3, é possível observar que as falhas de projeto possuem a maior porcentagem. Os erros de projeto chegam a representar 41% do gráfico total, se feito um comparativo com as demais razões de falhas. Os erros de projeto possuem uma parcela significativa nos acidentes que ocorrem, reforçando a ideia de que para uma edificação ou estrutura ter um bom rendimento, o projeto é primordial e, precisa ser impecável e com a maior riqueza de detalhes possível. No momento do desenvolvimento do projeto, o engenheiro deve ter ciência de que outra pessoa o executará. Ao fazer um projeto que tenha um fácil entendimento, o engenheiro responsável pelo desenvolvimento do projeto, não apenas se certifica de que fez um bom trabalho, mas também consegue obter uma garantia maior de que qualquer funcionário que tenha conhecimento suficiente e seja designado para a execução daquele projeto, possa interpretá-lo da maneira correta, para que haja uma boa execução, minimizando assim, os riscos de falha por erros de projeto.

Figura 3. Tipos de falhas mais comuns.



Fonte: Arquivo dos Autores, feito de acordo com o estudo de MESENGUER⁷, 1991.

Um grande exemplo que ocorreu recentemente foi a queda de uma peça em estrutura metálica, durante a montagem da Arena Corinthians, em São Paulo. No dia

⁷Estudo disponível no livro Controle e Garantia da Qualidade na Construção. Autor: Álvaro Garcia Meseguer.

27 de novembro de 2013, a última peça (Figura 4) pertencente à cobertura do estádio caiu sobre um caminhão enquanto estava sendo posicionada para sua montagem. A queda da viga de 420 t ocasionou a morte de dois operários. Estudos da Universidade Federal do Rio de Janeiro apontaram como causa: fatores externos e ambientais, nesse caso como afundamento do solo. Porém, a Odebrecht apontou como possível causa erro de operação ou problema no equipamento transportador da peça.

Esse é apenas um dos incontáveis acidentes grandes que acontecem na utilização desse tipo de estrutura. Em alguns casos, a quantidade de vítimas é muito maior, e estranhamente não conseguem encontrar as causas do acidente, colocando o erro apenas em cima das variações climáticas ou na execução dos operários. Apenas quando ocorrem processos, ou pedido de estudo de caso, é que são encontrados os erros de cálculo ou na escolha de material apropriado para aquela construção.

Figura 4. Acidente com viga metálica no processo de montagem.



Fonte: Revista Técnica⁸, 2014.

Segundo Yazigi (2009), “Nos últimos anos, vêm sendo realizados grandes esforços para introduzir uma construção de qualidade total, que já predomina em outros setores. [...] Em outras palavras, a construção requer uma adaptação específica de tais teorias, devido à complexidade do processo, no qual intervêm muitos fatores.” Por esse motivo, e muitos outros, é que ainda ocorrem tantos acidentes no setor de construção civil. Por dependerem de diversas etapas, passando por diversos profissionais diferentes, com visões diferentes e maneiras

⁸Disponível na edição impressa de Julho de 2014 da Revista Técnica.

diferentes de se trabalhar, acabam por ocorrer mais acidentes do que o esperado. Outros dois exemplos que são interessantes citar, são os exemplos das Figuras 5 e 6. A Figura 5 mostra que houve falta de parafusos de conexão, após notarem o erro, revisaram as plantas e puderam chegar a conclusão de que houve um erro no projeto, pois os gabaritos de furação da viga e da coluna não coincidiam. Se tivessem efetuado uma revisão das plantas dentro da fábrica, essa falha poderia ter sido evitada.

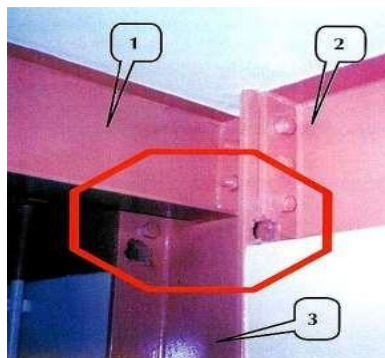
Figura 5. Falta de parafusos na conexão.



Fonte: Imagens elaboradas pelo site Metalica⁹.

No caso da Figura 6, ela apresenta dois furos na coluna, que foram executados com a intenção de passar tubulações elétricas, que não estavam previstas no projeto original. Neste caso, seria necessário avaliar a influência que essas aberturas teriam na resistência da coluna, principalmente, porque essas aberturas reduzem as abas das mesas do perfil metálico.

Figura 6. Furos não previstos no projeto.



Fonte: Imagens elaboradas pelo site Metalica¹⁰.

⁹Disponível em: <http://www.metalica.com.br/patologias-comuns-em-estruturas-metalicas>. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

Considerações Finais

As indústrias de construção civil são, direta ou indiretamente, responsáveis por uma parcela significativa dos impactos ambientais. Alguns desses impactos são: geração de processos erosivos, assoreamento de corpos d'água, emissão de particulados na atmosfera, alteração do micro-clima (devido a extração de muitos recursos naturais), mortalidade da fauna e da flora, etc.

Se esses impactos se tornarem extremamente agravados, podem vir a comprometer a curto ou longo prazo, o futuro das gerações posteriores. Por esse motivo, uma das principais preocupações do setor da construção, deve ser o de desenvolver e fornecer soluções novas, a fim de minimizar a ocorrência desses tipos de problemas. Graças às características que o aço possui naturalmente, as estruturas metálicas permitem a diminuição do uso de recursos naturais e a obtenção de ambientes construídos com mais responsabilidade e eficácia, fazendo com que desta forma a construção seja mais sustentável.

O resultado da adoção das estruturas metálicas consiste na limpeza e organização do canteiro de obras, praticidade para execução dos serviços, montagem rápida e custos minimizados. Além de possuir melhores acabamentos devido aos projetos mais ousados e modernos. As estruturas metálicas, apesar das desvantagens ou contras que possui, ainda são a melhor saída atualmente para uma construção mais inteligente e com maior índice de preocupação ambiental. Concluiu-se que as estruturas metálicas são materiais estruturais muito vantajosos na construção civil nos dias atuais. No que diz respeito a comparação com o concreto armado, sugerimos como tema para trabalhos futuros, a comparação entre estruturas metálicas e outros tipos de concreto, como o concreto protendido e o concreto pré-moldado.

¹⁰Disponível em: <http://www.metalica.com.br/patologias-comuns-em-estruturas-metalicas>. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

Referências

CBCA. **Aços Estruturais**. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-acos-estruturais.php>. Acesso em: 11 de nov. 2016.

COISAS DA ARQUITETURA. **Forma Estrutural II**. Disponível em: <https://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2013/10/11/forma-estrutural-ii/>. Acesso em: 20 out. 2016.

GERVÁSIO, Helena Maria. **A Sustentabilidade do Aço e das Estruturas Metálicas**. Disponível em: http://www.abcem.org.br/construmetal/2008/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf. Acesso em: 11 de nov. 2016.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys, **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras e edificações**. Rio de Janeiro/RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2015.

MATOS, Fernando (2010), Revista Digital – **Aço é Solução Durável e Sustentável**. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/aco-e-solucao-duravel-e-sustentavel_7269_10_0. Acesso em: 12 de nov. 2016.

MESEGUER, Álvaro Garcia, **Controle e Garantia da Qualidade na Construção**. São Paulo: Editora SINDUSCON/SP, 1991.

NARDIN, Fabiano Ângelo, **A importância da Estrutura Metálica na Construção Civil**. Itatiba: Universidade São Francisco (USF), 2008.

PFEIL, Michèle; PFEIL, Walter, **Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008**. ed 8. Rio de Janeiro Editora LTC, 2009.

PORTAL APRENDE BRASIL. Revolução Industrial. Disponível em: http://www.aprendebrasil.com.br/reportagens/arquitetura/industrial_imprimir.asp?strTitulo=Revolu%C3%A7%C3%A3o%20Industrial. Acesso em: 23 de nov. 2016. **Revista TÉCNICA**, Ano 22, edição 207, 22 de Jun. 2014.

RICCHINI, Ricardo, apud PEREZ, Antônio Costa, **Aço, o material mais reciclado do mundo**. Disponível em: <http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-metal/acoo-material-mais-reciclado-do-mundo/>. Acesso em 20 de nov. 2016.

WORLD STEEL ASSOCIATION. **Top Steel Producing Companies**. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/statistics/top-producers.html>. Acesso em 12 de dez. 2016.

YAZIGI, Walid, **A Técnica de Edificar**. Décima edição. São Paulo: Editora Pini, 2009.