

# OS PRINCIPAIS AÇOS CARBONO UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

## THE MAIN CARBON STEELS USED IN CIVIL CONSTRUCTION

**Guilherme Wanka Imianowsky<sup>1</sup>**  
**Marcus Alberto Walendowsky<sup>2</sup>**

**RESUMO:** O aço representa um dos materiais que contribuíram significativamente para a evolução tecnológica da humanidade, propiciando modernização das cidades e o crescimento econômico. O Brasil, atualmente, está entre os dez maiores produtores mundiais de aço, e particularmente na construção civil o aço é uma das principais matérias-primas. Neste contexto, o objetivo geral do presente artigo é identificar os tipos de aços a serem aplicados em armaduras de concreto, em estruturas metálicas e em pontes, viadutos e fundações. Constatou-se que para o concreto armado os aços utilizados são os que atendem à Norma NBR 7480:2007. Já para estruturas metálicas, viadutos, pontes e fundações são indicados os aços de alta resistência e baixa liga.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aço. Construção civil. Estruturas.

**ABSTRACT:** *Steel represents one of the materials that contributed significantly to the technological evolution of humanity, providing modernization of cities and economic growth. Brazil is currently among the ten largest steel producers in the world, and particularly in civil construction, steel is one of the main raw materials. In this context, the general objective of this article is to identify the types of steels to be applied in concrete reinforcement, metal structures and bridges, viaducts and foundations. It was verified that for the reinforced concrete the steels used are those that comply with the Norm NBR 7480: 2007. Steel structures, viaducts, bridges and foundations are indicated for high strength and low alloy steels.*

**KEYWORDS:** *Steel. Civil construction. Structures.*

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE. E-mail: guilhermewanka@unifebe.edu.br

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE. E-mail: marcus.walend@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

O aço é um produto que se encontra presente de forma expressiva no cotidiano da sociedade. Como matéria-prima pode ser encontrado tanto em objetos residenciais, como mesas e cadeiras, ou até em estruturas mais complexas, tal como ônibus espacial. O aço está entre os produtos que contribuíram para o desenvolvimento econômico e tecnológico da humanidade.

O aço é o produto siderúrgico obtido por via líquida através da fusão do ferro como componente básico e acrescentado o carbono com um teor em até 2 % resultando em uma liga Ferro-Carbono. São encontrados nessa liga também níquel, volfrâmio, manganês, cromo, fósforo, enxofre entre outros elementos e resíduos resultantes do processo de fabricação (CHIAVERINI, 1982).

Particularmente na construção civil, o aço representa uma das principais matérias-primas, com inúmeras aplicações, tais como armaduras de concreto, fundações, pontes, viadutos, estruturas metálicas e o setor é um grande consumidor dos produtos derivados das usinas siderúrgicas.

Desta forma, a construção já é o maior mercado para o aço, perfazendo um total de 30% de vendas ao redor do mundo, um volume equivalente a 300 milhões de toneladas por ano. Existe uma forte tendência internacional de crescimento da construção com aço. Os produtores de aço têm reconhecido cada vez mais a importância deste segmento nos seus negócios (CIMM, 2015).

Sendo assim conhecer os principais tipos de aço, suas vantagens e limitações, é de fundamental importância para o engenheiro civil, com a finalidade de se fazer a escolha certa para cada aplicação, com o intuito de que as obras tenham maior durabilidade. Neste sentido, o objetivo geral de presente artigo é identificar os tipos de aços a serem aplicados em armaduras de concreto, em estruturas metálicas e em pontes, viadutos e fundações.

Para atingir este objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos a seguir: apresentar um histórico do aço no mundo e no Brasil; descrever as características técnicas dos aços; apontar usos do aço na construção civil; demonstrar quais tipos de aço devem ser utilizados em armaduras de concreto, estruturas metálicas, pontes, viadutos e fundações.

Como problema de pesquisa, levanta-se a questão a seguir: os aços recomendados para armaduras de concreto, estruturas metálicas, pontes, viadutos e fundações apresentam características semelhantes?

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 HISTÓRIA DO AÇO

Os primeiros artefatos de ferro que se tem notícia são objetos encontrados no Egito, por volta de 2900 a.C. Fogueiras foram construídas a base de rochas de minério de ferro, a fim de promover o contato de partículas quentes de carbono com partículas de óxido de ferro, dando início ao processo de redução, resultando em uma massa escura, não fundida, mas permitindo a sua deformação plástica através de técnicas de forjamento, produzindo utensílios de diferenciadas propriedades mecânicas (NOLDIN JUNIOR, 2002).

Numa sequência cronológica, o Quadro 1 mostra a evolução histórica do descobrimento e da fabricação do aço.

<b>Quadro 1 - Histórico do aço</b>	
<b>Período</b>	<b>Acontecimento</b>
<b>1500 a.C.</b>	O registro mais antigo de um processo de redução de minério de ferro foi encontrado no Egito nesse período, sendo um simples buraco no solo, contendo minério e um combustível desconhecido.
<b>Século XIII a.C.</b>	A grande difusão dos utensílios de aço ocorreu nesse período, quando no Império Hitita, região onde hoje se situa a Turquia, o ferro foi introduzido em utilizações militares em detrimento ao uso do bronze. Após localizarem um grande depósito de minério de ferro, os Hititas desenvolveram técnicas de forjamento, transformando seus armamentos e construindo um verdadeiro império mantido por várias décadas.
<b>Século VI a.C.</b>	Nessa época foram construídos os portões da cidade de Babilônia com colunas e vigas cobertas de cobre reforçadas com estruturas de ferro.
<b>Século V a.C.</b>	Os chineses começaram a fabricar o ferro carburado, mais tarde chamado ferro-gusa.
<b>221 a.C.</b>	Vários processos de obtenção do ferro foram desenvolvidos ao longo do tempo e usados longamente nas distintas regiões, como o forno de redução africano, o buraco de redução, usado em vários países do mediterrâneo, o

	forno de exaustão natural, desenvolvido pelos gregos, entre outros.
<b>1600</b>	A partir deste ano, várias leis no Reino Unido foram criadas visando a preservação das florestas, obrigando a retirada de operação de vários altos-fornos. Concomitante a isto, a produção de ferro nas colônias norte americanas fora fortemente apoiada, devido a abundância de madeira e minério de ferro.
<b>1622</b>	O primeiro alto-forno foi construído na América do Norte, Virginia, porém nunca chegou a entrar em operação, pois os índios nativos americanos massacraram o chefe de obras John Berkeley e todos os trabalhadores, além de destruírem todo o trabalho realizado.
<b>1645</b>	Um novo alto-forno nos Estados Unidos foi construído, e daí efetivamente operado.
<b>Século XVIII</b>	No início deste século, o consumo de aço conhece um grande avanço, começando também os problemas ecológicos. Dentro das minas, o trabalho era feito à luz de velas e o minério de ferro era retirado em cestas puxadas por cordas.
<b>1779</b>	Deu-se o início a utilização de estruturas metálicas na construção civil, a primeira obra realizada foi a Ponte “Ironbridge” na Inglaterra no ano de 1779.

Fonte: Noldin Junior, 2002; Inaba, 2014.

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por causa dessas propriedades e do seu baixo custo o aço passou a representar cerca de 90 % de todos os metais consumidos pela civilização industrial (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011 apud FELÍCIO, 2012).

No atual estágio de desenvolvimento da sociedade, é impossível imaginar o mundo sem o uso do aço. A produção de aço é um forte indicador do estágio de desenvolvimento econômico de um país. Seu consumo cresce proporcionalmente à construção de edifícios, execução de obras públicas, instalação de meios de comunicação e produção de equipamentos. Esses materiais já se tornaram corriqueiros no cotidiano, mas fabricá-los exige

técnica que deve ser renovada de forma cíclica, por isso o investimento constante das siderúrgicas em pesquisa. O início e o processo de aperfeiçoamento do uso do ferro representaram grandes desafios e conquistas para a humanidade (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011 apud FELÍCIO, 2012).

Atualmente, a China é o maior produtor mundial de aço, com 48,5% da produção global; a produção chinesa é quase 7 vezes maior que a do Japão, segundo maior produtor mundial (SICETEL, 2014).

## 2.2 BREVE HISTÓRICO DO AÇO NO BRASIL

Com a criação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, na década de 1920, a indústria siderúrgica brasileira começa efetivamente a ganhar escala, mas até a inauguração da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, em 1941, a produção de aço no Brasil ainda é bastante restrita (PALATNIK, 2011).

A criação da Fábrica de Estruturas Metálicas - FEM, em 1953, pertencente à CSN, e que foi muito ativa na década de 1960 e 70, contribuiu para a difusão da tecnologia da construção em aço no Brasil, tendo construído importantes edifícios de andares múltiplos em estrutura metálica, tais como: o Edifício Avenida Central, em 1957, de Henrique Mindlin, o Edifício Montepio dos Empregados do Estado e o Edifício Garagem da nova sede do Jockey Club, de Lucio Costa, no Rio de Janeiro. E ainda, o Brasília Palace Hotel, em 1958, e o Palácio do Desenvolvimento, em 1973, ambos de Oscar Niemeyer, em Brasília (DIAS, 1999).

Até a metade da década de 60, quase toda a produção siderúrgica nacional era consumida internamente, especialmente pela quantidade de obras do governo em andamento. Foi, nesse período, que o parque industrial brasileiro mais se expandiu. Essa expansão foi suficiente para que, em 1966, o Brasil fosse considerado o maior produtor de aço da América Latina. A implantação do I Plano Siderúrgico Nacional, em 1969, fez a siderurgia evoluir ainda mais, através de empreendimentos de origem estatal e privada<sup>3</sup>.

O estabelecimento definitivo da indústria brasileira de base se dá, a partir da década de 70, a partir do crescimento da demanda de aços planos. É criada, então, pelo governo federal, em 1973, a Siderurgia Brasileira S.A. (Siderbrás), empresa holding estatal, integrando a Aços Finos Piratini (AFP), a Companhia Ferro e Aço de Vitória (Cofavi), a Companhia Siderúrgica de Mogi das Cruzes (Cosim), a Companhia Siderúrgica Nacional

---

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.abmbrasil.com.br/quem-somos/historico/os-anos-50/>. Acesso em: 30 nov. 2015.

(CSN), a Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), a Usina Siderúrgica da Bahia - Usiba, uma empresa coligada, a Mendes Júnior - SMJ, e a Aço Minas Gerais (Açominas), construída exclusivamente com tecnologia nacional<sup>4</sup>.

A privatização do setor siderúrgico brasileiro, a partir da década de 1990, ocasionou uma modernização do setor, um forte crescimento e a diversificação da produção. O Brasil possui atualmente uma significativa indústria de insumos de aço para a construção civil. Mas somente em 2008, o setor da construção civil tornou-se o maior consumidor de produtos siderúrgicos, com 30% de participação do consumo total (PALATNIK, 2011).

Entretanto, devido ao lento desenvolvimento do uso do aço na indústria da construção civil ocorrido no Brasil nos últimos cinquenta anos, as construções em aço não alcançam 5% do total, segundo o CBCA, mas há um grande potencial de crescimento face às necessidades de ampliação da infraestrutura brasileira e de redução do déficit habitacional (PALATNIK, 2011).

Com relação à produção nacional de aço, na última década a produção brasileira ficou estagnada entre 33 e 35 milhões de toneladas/ano e a participação do Brasil na produção mundial de aço bruto caiu de 3% para 2,1% (SICETEL, 2014).

A Figura 1 mostra uma relação dos principais países produtores de aço no mundo.

**Figura 1 - Principais países produtores de aço no mundo**

Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013
China	512	577	639	702	731	779
Japão	119	88	110	108	107	111
Estados Unidos	91	59	81	86	89	87
Rússia	69	60	67	69	70	70
Índia	58	64	69	74	77	81
Coréia do Sul	54	49	59	69	69	66
Alemanha	46	33	44	44	43	43
Ucrânia	37	30	33	35	33	33
Turquia	27	25	29	34	36	35
Brasil	34	27	33	35	35	34

Fonte: SICETEL, 2014.

Conforme demonstrado na Figura 1, a produção mundial de aço do Brasil mantém-se estável desde, 2008. Em 2013, o Brasil ocupava a décima posição entre os maiores produtores, com 34 milhões de toneladas, enquanto a China é a líder mundial com 779 milhões de toneladas.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www.abmbrasil.com.br/quem-somos/historico/os-anos-50/>. Acesso em: 30 nov. 2015.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DOS AÇOS

Existe uma grande e diversificada variedade de aços que se diferenciam pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos que o compõem e, é claro, por sua composição química. Sendo que esta pode ser alterada em função do interesse de sua aplicação final, obtendo-se através da adição de determinados elementos químicos, aços com diferentes graus de resistência mecânica, soldabilidade, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros. De maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado, forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos (FERRAZ, 2003).

O Quadro 2 apresenta algumas propriedades dos aços, tais como a ductilidade, a tenacidade, a elasticidade e a plasticidade, com a caracterização de cada alguma destas propriedades.

<b>Quadro 2 - Propriedades dos aços e suas características</b>	
<b>Propriedade</b>	<b>Característica</b>
<b>Ductilidade</b>	É a capacidade do material de se deformar plasticamente sem se romper e é definida pela extensão do patamar de escoamento. Nas estruturas metálicas, esta característica é de extrema importância pelo fato de permitir a redistribuição de tensões locais elevadas. Desse modo, as peças de aço sofrem grandes deformações antes de se romper, constituindo um aviso da presença de tais tensões. Além disso, a ductilidade é uma propriedade que torna o aço resistente a choques bruscos.
<b>Tenacidade</b>	É a capacidade do material de absorver energia quando submetido à carga de impacto. É a energia total, elástica e plástica, absorvida pelo material por unidade de volume até a sua ruptura, representando a área total do diagrama tensão de formação. Logo, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil possui uma maior tenacidade, já que requer maior quantidade de energia para ser rompido.
<b>Elasticidade</b>	É a capacidade do material de voltar à forma original após sucessivos ciclos de carregamento e descarregamento. O aço sofre deformações devido ao efeito de tensões de tração ou de compressão. Tais deformações podem ser

	elásticas ou plásticas, devido à natureza cristalina dos metais através de planos de escorregamento ou de menor resistência no interior do reticulado. Os aços estruturais possuem um módulo de elasticidade da ordem de 205000 MPa, a uma temperatura de 20°C.
<b>Plasticidade</b>	É uma deformação definitiva provocada pelo efeito de tensões iguais ou superiores ao limite de escoamento do aço. Deve-se impedir que a tensão correspondente ao limite de escoamento seja atingida nas seções transversais das barras, como forma de limitar a sua deformação.

Fonte: Bandeira, 2008; Teobaldo, 2004.

Um fator importante a ser observado no emprego do aço é a corrosão, alteração físico-química sofrida devido à sua reação com o meio, estas alterações transformam o aço em compostos químicos semelhantes ao minério de ferro, fazendo com que o material perca características essenciais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, entre outras, além da redução da seção resistente (TEOBALDO, 2004).

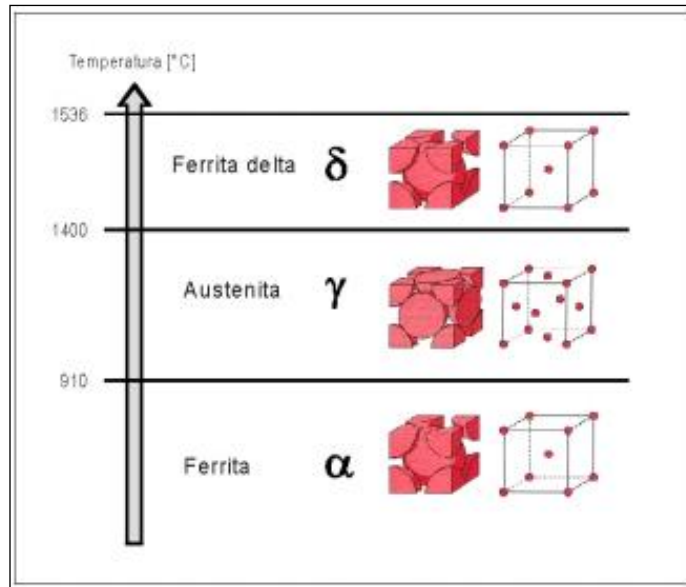
Nos metais, a corrosão se dá por corrosão química ou eletrolítica, sendo a última mais frequente. Outro aspecto a ser considerado é a fadiga do aço, influenciada principalmente pela amplitude de variação de tensões, pela frequência de aplicação das cargas, o chamado número de ciclos de carregamento e pela concentração de tensões na seção. A ruptura por fadiga ocorre sem deformações, não indicando a iminência do colapso (TEOBALDO, 2004).

### 2.3.1 Microestrutura

O ferro pode ter diferentes fases no estado sólido e todas são do tipo mistura. Até 910 °C a fase é chamada de ferrita, ou ferro alfa, conforme pode ser visto na Figura 2, e à medida que a temperatura aumenta, outras fases podem se tornar estáveis.



**Figura 2** - Fases do ferro desde a temperatura ambiente até o ponto de fusão



Fonte: Heck (S.D.).

As fases da liga Fe-C – que chamamos “aço ao carbono”<sup>5</sup>, quando o teor de C é baixo menor que aproximadamente 1% em massa<sup>6</sup> 5 – são as mesmas já vistas para o ferro puro – à exceção da cementita, Fe<sub>3</sub>C (HECK, S.D.).

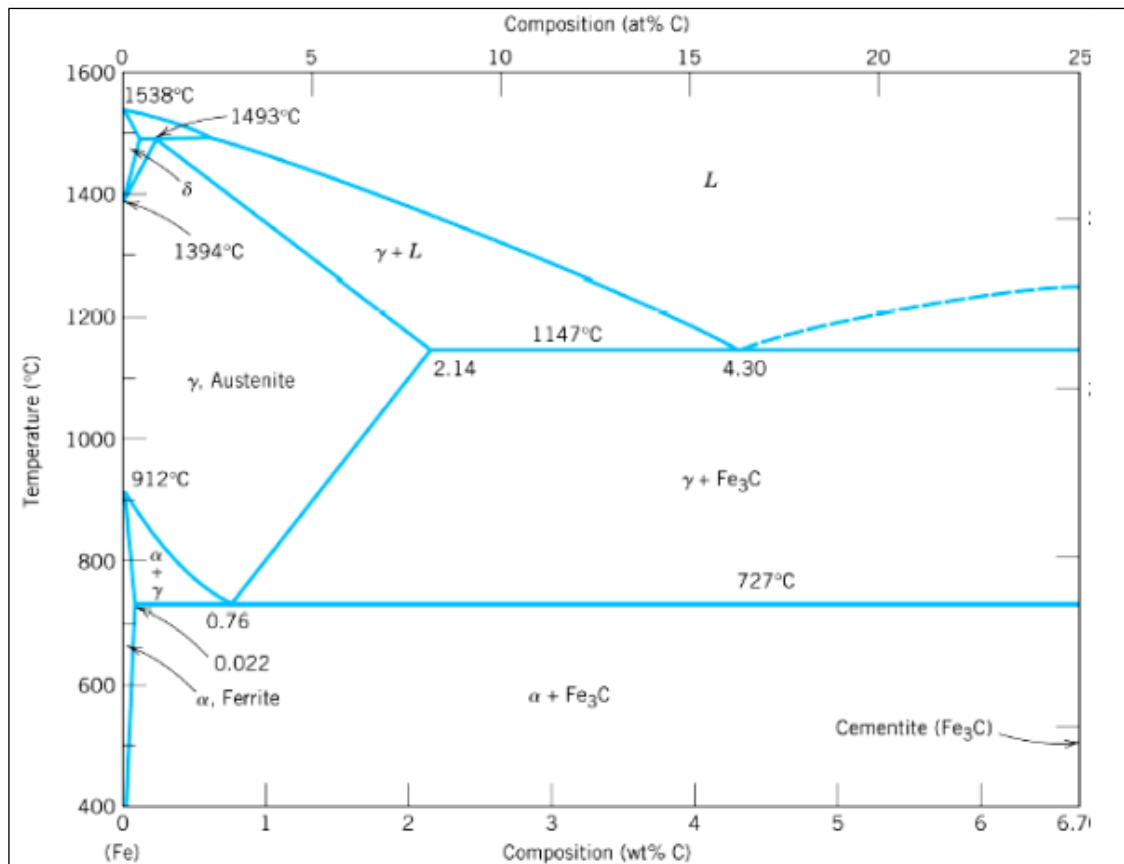
A ferrita dissolve, no máximo, apenas 0,004% C (em massa) à temperatura ambiente, mas sabemos que há aços com o teor de 1% em massa de carbono. Desse ponto em diante, a única maneira de se aumentar o teor de carbono é pelo aparecimento de uma mistura mecânica entre a ferrita (saturada com carbono) e uma fase de maior teor de carbono: (normalmente) a cementita<sup>7</sup>. Para outras temperaturas, as proporções (e mesmo as fases) poderão ser diferentes, do mapeamento geral (no “canto” rico em ferro) das fases que se apresentam em função da temperatura e da composição, nasce o diagrama de fases do sistema Fe-C, conforme apresentado na Figura 3 (HECK, S.D.).

<sup>5</sup> O aço ao carbono é melhor representado pela liga ternária de Fe, C e Mn (HECK, S.D.).

<sup>6</sup> Quando o teor é maior, por volta de 3 a 4%, temos os materiais chamados de ferros fundidos (HECK, S.D.).

<sup>7</sup> Nos ferros fundidos, a fase rica em carbono (termodinamicamente estável) é a grafita (HECK, S.D.).

**Figura 3** - Fases da liga Fe-C em função da temperatura e da composição



Fonte: Heck (S.D.)

### 2.3.2 Processo simplificado de fabricação do aço

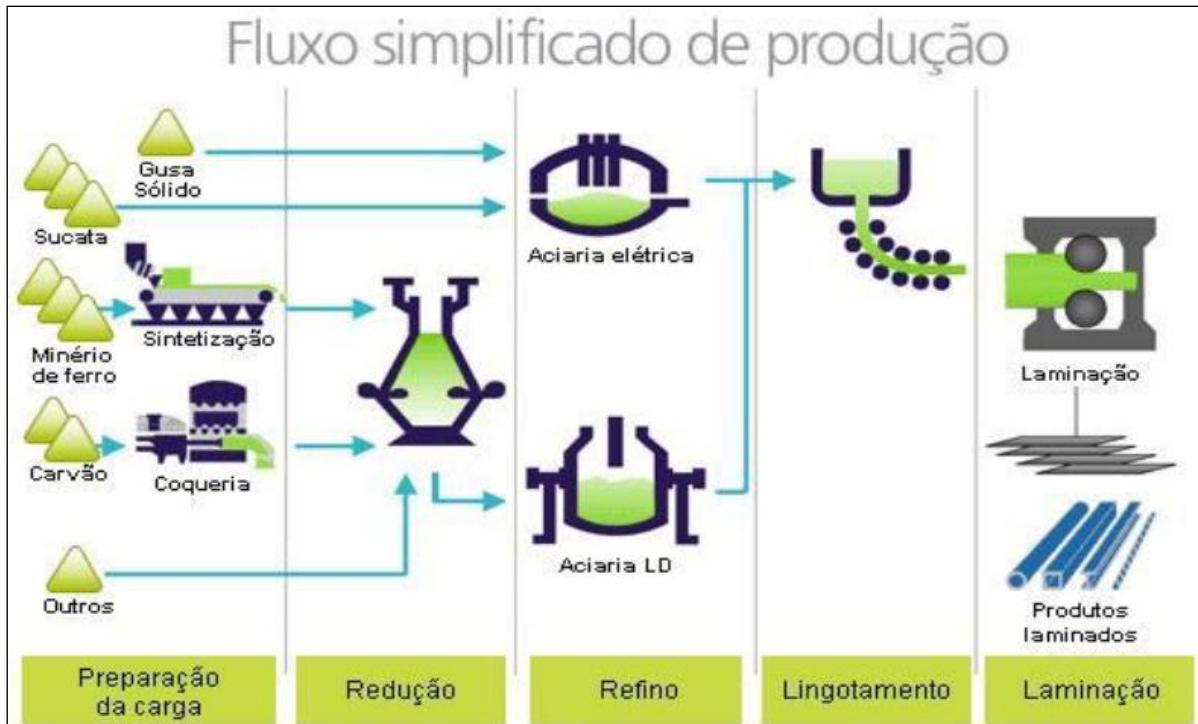
A usina siderúrgica é a responsável em transformar minério de ferro em aço, a fim de torná-lo um produto que possa ser comercializado. Esse minério de ferro (óxido de ferro) é superaquecido em altos fornos adicionados carvão vegetal ou coque (ambos carbonos) e de fundentes que são adicionados a fim de produzir a escória que é formada de materiais indesejáveis ao processo de fabricação. Nessa primeira fase o objetivo é reduzir ao máximo o teor de oxigênio na composição do FeO, a partir disso surge o ferro-gusa que contém de 3,5 a 4% de carbono em sua composição, em uma segunda fusão obtém-se o ferro fundido com teores de carbono entre 2 e 6,7% (FERRAZ, 2003).

Após essas etapas é realizada uma análise química desse produto onde verificam-se os teores de carbono, silício, fósforo, enxofre, manganês entre outros elementos e assim segue para outra unidade da siderúrgica onde será transformado em aço. O aço será o resultado da descarbonatação do ferro gusa controlando para que o carbono fique no máximo em 2%,

assim tem-se uma liga metálica FeC variando de 0,008% até cerca de 2,11% (FERRAZ, 2003).

A Figura 4 mostra um fluxograma simplificado de produção do aço.

**Figura 4** - Esquema simplificado de produção do aço



Fonte: Instituto de Aço Brasil (apud FELÍCIO, 2012).

De acordo com Felício (2012), as etapas de produção do aço se dividem, conforme Figura 4, em:

1º) Preparação: antes de serem levados ao alto forno, o minério e o carvão são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. O minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, para obtenção do coque, dele se obtendo ainda subprodutos carbo-químicos.

2º) Redução: neste processo, o ferro se liquefaz e é chamado de ferro gusa ou ferro de primeira fusão. Impurezas como calcário, sílica, etc. formam a escória, que é matéria-prima para a fabricação de cimento.

3º) Refino: nesta etapa o ferro gusa é levado para a aciaria, ainda em estado líquido, para ser transformado em aço, mediante queima de impurezas e adições. O refino do aço se faz em fornos a oxigênio ou elétricos.

4º) Laminação: nesta etapa o aço, em processo de solidificação, é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras, etc.

### 2.3.3 Classificação dos aços

De acordo com Pannoni (2005) os aços podem ser classificados conforme uma distinção entre os aços carbono comuns e os aços ligados. O aço-carbono é uma liga de Ferro-Carbono contendo geralmente de 0,008% até 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais resultantes dos processos de fabricação. Já o Aço-liga é o aço carbono que contém outros elementos de liga, ou apresenta os elementos residuais em teores acima dos que são considerados normais.

Os aços-carbono são divididos em 3 (três) categorias:

- Aços com baixo teor de carbono: com  $(C) < 0,3\%$ , que possuem grande ductilidade, ou seja, são ótimos para o trabalho mecânico e soldagem como a construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras e peças de grandes dimensões em geral. São aços que não admitem têmpera.
- Aços de médio carbono: com  $0,3 < (C) < 0,7\%$ , são aços utilizados em engrenagens, bielas, cilindros, isto é, peças para motores. São aços que, temperados e revenidos, atingem boa tenacidade e resistência.
- Aços com alto teor de carbono: com  $(C) > 0,7\%$ , são aços de elevada dureza e resistência após à tempera, e são comumente utilizados em molas, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, ferramentas, pinos, entre outros acessórios de máquinas (PANNONI, 2005).

## 2.4 USO DO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Existem mais de 3500 tipos diferentes de aços e cerca de 75% deles foram desenvolvidos nos últimos 20 anos. Os aços-carbono possuem em sua composição apenas quantidades limitadas dos elementos químicos que é ajustada de acordo com o interesse de sua utilização. Na construção civil, o interesse maior recai sobre os chamados aços estruturais de média e alta resistência mecânica, termo designativo de todos os aços que, devido à sua

resistência, ductilidade e outras propriedades, são adequadas para a utilização em elementos da construção sujeitos a carregamento (CBCA, 2014).

A composição química determina muitas características dos aços para aplicações estruturais, permitindo sua obtenção com qualidades mecânicas e propriedades diferenciadas a partir de pequenas variações dos elementos componentes deste material. Os aços são ligas ferro-carbono que podem ter até dois por cento de teor de carbono em sua composição, embora este valor no mercado não ultrapasse um por cento, a fim de evitar a alta dureza e possibilitar sua aplicação. Os outros elementos constituintes do material são o manganês (Mn), o silício (Si), o fósforo (P) e o enxofre (S), que são elementos residuais resultantes do processo de fabricação (TEOBALDO, 2004).

Os principais requisitos para os aços destinados à aplicação estrutural são: elevada tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade, homogeneidade micro estrutural, susceptibilidade de corte por chama sem endurecimento e boa trabalhabilidade em operações tais como corte furação e dobramento, sem que se origine fissuras ou outros defeitos (CBCA, 2014).

Os aços comuns, como, por exemplo, aqueles utilizados nas armaduras de concreto armado, se diferem dos especiais pela proporção de seus elementos e adição de novos elementos de acordo com sua finalidade. Diferentes elementos exercem diferentes funções na formação do aço, como o aço inoxidável, que além dos elementos residuais contém o cromo e, às vezes, níquel, tornando-o resistente à corrosão. A presença de alguns elementos na composição dos aços, consequência do processo de fabricação, e de ligas resultam em aços fabricados para diversas funções, sendo a classificação e os tipos dos aços dependentes de sua composição química (TEOBALDO, 2004).

Os aços utilizados na construção civil, os chamados aços estruturais, são aqueles que, devido à suas propriedades de resistência, ductilidade, entre outras, são adequados para a utilização em elementos que suportam cargas. São apresentados nas normas de dimensionamento NBR 8800, AISC/LRFD e AISI/LRFD e são classificados em diversos tipos. As propriedades mecânicas definem o comportamento do aço quando sujeito a esforços mecânicos e determinam a capacidade do material de resistir e transmitir os esforços aplicados sem que haja ruptura ou deformação excessiva (TEOBALDO, 2004).

Um fator importante a ser observado no emprego do aço é a corrosão, alteração físico-química sofrida por uma substância devido à sua reação com o meio. Estas alterações transformam o aço em compostos químicos semelhantes ao minério de ferro, fazendo com que o material perca características essenciais como resistência mecânica, elasticidade,

ductilidade, entre outras, além da redução da seção resistente. Nos metais, a corrosão se dá por corrosão química ou eletrolítica, sendo a última mais frequente. Soluções inadequadas devem ser evitadas na fase do projeto, para que não sejam executadas e prejudiquem a estrutura posteriormente (DIAS, 1998).

Muitas vezes, para peças de aço serem transformadas em elementos estruturais, são utilizados processos de soldagem. Sendo assim, a soldabilidade é uma propriedade de extrema importância para o material. Para sua execução é necessário que o aço seja composto por elementos químicos em percentuais ideais<sup>8</sup>.

Caso isso não aconteça, precauções especiais devem ser consideradas, acarretando, muitas vezes, no aumento do custo do produto final (TEOBALDO, 2004).

#### 2.4.1 Aços utilizados em armaduras de concreto

O concreto armado é a união do concreto com a armadura, construída por barras de aço, sendo o material de construção mais usado no planeta. Basicamente, é utilizado nas estruturas, que é a parte resistente da construção e deve ter a função de resistir às diversas solicitações e transmiti-las para o solo (PINHEIRO, 2007).

Os principais elementos estruturais de uma construção civil, de acordo com Pinheiro (2007), são:

- Lajes: são placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios, travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento.
- Vigas: são barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios.
- Pilares: são barras verticais que recebem as ações das vigas ou das lajes e dos andares superiores as transmitem para os elementos inferiores ou para a fundação. A fundação são elementos como blocos, radier, sapatas e estacas que transferem os esforços para o solo.

De acordo com Peinaldo et al. (2013), pode-se trabalhar o aço em uma obra de duas maneiras:

---

<sup>8</sup> A composição química ideal de um aço soldável é estabelecida por uma variação normal de 0,06% a 0,25% de carbono (C), 0,35% a 0,80% de manganês (Mn), 0,10% ou menos de silício (Si), 0,035% ou menos de enxofre (S) e 0,030% ou menos de fósforo (P) (TEOBALDO, 2004).

- a) Cortando, dobrando e montando na obra desta forma adquire-se o aço em barras retas de 12m de comprimento e nos diâmetros especificados, realiza-se todo o serviço de corte, dobra e montagem no canteiro de obras. Sua desvantagem é que a necessidade de mais mão-de-obra (armador e ajudante).
- b) Adquirindo cortado e dobrado apenas montado na obra é a maneira ideal para grandes obras, onde se consome grandes quantidades de aço, é mais prático comprar cortado e dobrado de acordo com o seu projeto, o fornecedor também disponibiliza essa opção. A desvantagem é que o projeto da armação deve estar perfeito para não ocorrer desvios.

A norma NBR 7480:2007 é a responsável por especificar o aço destinado para armaduras de estrutura de concreto armado, de acordo com ela podemos verificar quais os aços indicados para este tipo de construção. São classificados conforme sua resistência, definida por sua composição e processo de fabricação. No mercado são encontradas na forma de barras de diâmetros variados de 4,2 mm a 40 mm<sup>9</sup>.

O Quadro 3 lista os aços indicados para a armadura de estruturas de concreto armado, que são usualmente chamados de barras.

<b>Quadro 3 - Características dos aços usados indicados para concreto armado</b>							
<b>Tipo de aço</b>	<b>Limite de tensão de escoamento (mPa)</b>	<b>Limite de resistência à tração (mPa)</b>	<b>Alongamento (%)</b>	<b>% C</b>	<b>% Mn</b>	<b>% P</b>	<b>% S</b>
Aço CA-25	250	300	18	0,12	0,82	0,02	0,04
Aço CA-50	500	540	8	0,26	0,91	0,03	0,026
Aço CA-60	600	660	5	0,12	0,78	0,02	0,031

Fonte: ABNT NBR 7480.

<sup>9</sup> Disponível em: [http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/AU405\\_2007/acos.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/AU405_2007/acos.pdf). Acesso em: 07 dez. 2015.

O aço CA-25 é pouco utilizado, tem superfície obrigatoriamente lisa e é fabricado através de laminação a quente.

O aço CA- 50 é muito utilizado, tem a superfície nervurada e é fabricado através do processo de laminação a quente. Este tipo de aço apresenta capacidade de soldabilidade com ótimo dobramento e alta resistência<sup>10</sup>.

O aço CA-60 é utilizado em meia escala, tem superfície nervurada e é fabricado através do processo de trefilação.

#### 2.4.2 Aços utilizados em estruturas metálicas, pontes, viadutos e fundações

Os aços comumente recomendados para utilização em estruturas metálicas, pontes, viadutos e fundações são os aços de alta resistência e baixa liga. Este tipo de material, conforme a CCBA (2014), apresenta elevada resistência à corrosão atmosférica. Enquadrados em diversas normas, tais como as normas brasileiras NBR 5008, 5920, 5921 e 7007 e as norte-americanas ASTM A242, A588 e A709, que especificam limites de composição química e propriedades mecânicas, estes aços têm sido utilizados no mundo inteiro na construção de pontes, viadutos, silos, torres de transmissão de energia, etc.

A grande vantagem dos aços de alta resistência e baixa liga, além de dispensarem a pintura em certos ambientes, é possuírem uma resistência mecânica maior que a dos aços carbono. Em ambientes extremamente agressivos, como regiões que apresentam grande poluição por dióxido de enxofre ou aquelas próximas da orla marítima, a pintura lhes confere um desempenho superior àquele conferido aos aços carbono (CCBA, 2014).

Este tipo de aço também é denominado de aço estrutural e, de acordo com Pannoni (2005), os elementos que influenciam as propriedades mecânicas dos aços carbono estruturais são a composição química, a termomecânica do material, a geometria, temperatura, tensões e velocidade de deformação da estrutura. O aspecto de maior relevância nas propriedades do aço é sua composição química. Nos carbonos comuns o carbono e o manganês influenciam no controle da resistência, ductilidade e soldabilidade (PANNONI, 2005).

Grande parte dos aços carbonos estruturais tem mais de 98% de Ferro e de 0,2 a 1% de Carbono e aproximadamente 1% de manganês em seu peso. O carbono é responsável pela dureza e resistência do aço, mas em contrapartida afeta sua ductilidade e soldabilidade, desta forma são adicionadas pequenas quantidades de outros elementos de liga a fim de melhorar

---

<sup>10</sup> Disponível em: [http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/AU405\\_2007/acos.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/AU405_2007/acos.pdf). Acesso em: 07 dez. 2015.



significativamente as propriedades do aço, assim é possível ter o máximo de propriedades de uma liga contendo o menor carbono possível. De alguma forma sua ductilidade é afetada para que se consiga um aumento na resistência mecânica, essa tolerância exibe uma quantidade adicional de ductilidade (PANNONI, 2005).

A base do dimensionamento de estruturas deve levar em consideração diversos aspectos desde a estabilidade, conforto, durabilidade e segurança. As estruturas devem ser dimensionadas com uma margem conveniente de segurança evitando estados limites últimos, perda de estabilidade, ruptura, transformação em mecanismo, instabilidade elástica (flambagem) e deterioração por fadiga (PINHO; BELLEI, 2007).

A fim de conseguir que as solicitações atuantes a partir dos carregamentos característicos sejam diminuídas, as resistências dos materiais devem ser majoradas. Já os estados limites de serviço, deformações excessivas, fissuração excessiva, corrosão e vibração devem ser minorados. Devemos considerar também ações diretas como cargas permanentes e acidentais, e indiretas como temperatura, retração e recalques, ainda existem os excepcionais como terremotos, maremotos e incêndios (PINHO; BELLEI, 2007).

A segurança nas estruturas ainda depende dos fatores de incerteza, como por exemplo, os valores da resistência dos materiais, medições nas obras, desconhecimento de razões e hipóteses simplificadoras no cálculo. Os coeficientes de segurança podem ser exemplificados abaixo (PINHO; BELLEI, 2007):

### **Coeficientes de segurança (C.S.)**

Ações atuantes:

Cargas permanentes: 0,9 ou 1,4

Cargas acidentais: 1,4

Deformações: 1,2

Resistências:

Resistência de cálculo = resistência característica/y

Aço:  $y = 1,15$

Concreto:  $y = 1,4$

Tratando-se mais especificamente de construção de pontes e viadutos, no mercado atual se encontra uma diversidade significativa de aços estruturais esses tipos de construções.

A escolha do material ideal para essa finalidade deve levar em consideração vários aspectos, dentre eles a disponibilidade na região.

Na construção de pontes e viadutos são utilizados vários materiais de diversas propriedades, cada material é escolhido de acordo com a responsabilidade dessa obra. A maioria das pontes e viadutos construídos no Brasil é construída com aço de alta resistência e baixa liga, usam em sua composição diversos elementos de liga adicionados ao carbono a fim de que possam atingir resistências mecânicas maiores (PINHO; BELLEI, 2007).

Este tipo de aço é resistente à corrosão e apresenta em sua composição os elementos cromo, cobre, vanádio, titânio e nióbio, e por serem resistentes à corrosão não necessitam de pintura. Ressalta-se que os aços comumente utilizados nesse tipo de construção são o ASTM A-572 e o ASTM A-588 (PINHO; BELLEI, 2007).

Dentre os aços estruturais existentes atualmente, o mais utilizado e conhecido é o ASTM A36, que é classificado como um aço carbono de média resistência mecânica, eles dependem do teor de Carbono para desenvolver sua resistência (PANNONI, 2005). As características deste material são apresentadas no Quadro 4.

Há também outros tipos de aço (Quadro 4): o ASTM-242, cujo processo de fabricação é a laminação a quente. É um aço estrutural de alta resistência e baixa liga, sendo utilizado para chapas e perfis; o ASTM A-572; o ASTM A-588.

**Quadro 4 - Características dos aços alta resistência e baixa liga**

<b>Aço</b>	<b>Limite de tensão de escoamento (mPa)</b>	<b>Limite de resistência a à tração (mPa)</b>	<b>Alongamento (%)</b>	<b>% C</b>	<b>% Mn</b>	<b>% P</b>	<b>% S</b>	<b>% Si</b>	<b>% Cu</b>	<b>% Cr</b>
ASTM A-36	195 a 260	400-550	21	0,25 - 0,30	0,95 -1,2	0,4 5	0,0 5	--	0,2	--
ASTM -242	290 a 345	480	18	0,15	1	0,4 5	0,0 5	--	0,2	--

ASTM A-572	345	450	18	0,21 - 0,26	1,35	0,0 4	0,0 5	0,4	0,2	--
ASTM A-588	345	485	18	0,10 - 0,20	0,50 - 1,35	0,0 4	0,0 5	0,15 -0,9	0,2 -05	0,3- 0,9 5

Fonte: CBCA (2014).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo foi realizado a fim de identificar os tipos de aços indicados para armaduras de concreto, estruturas metálicas, pontes, viadutos e fundações. Constatou-se que para o concreto armado os aços utilizados são os que atendem à Norma NBR 7480:2007. Já para estruturas metálicas, viadutos, pontes e fundações são indicados os aços de alta resistência e baixa liga, também chamados de aços estruturais.

Com relação ao problema de pesquisa levantado inicialmente, se os aços recomendados para estruturas metálicas, pontes, viadutos e fundações apresentam características semelhantes, pode-se afirmar que a constituição dos aços recomendados para estruturas metálicas, viadutos, pontes e fundações deve ter propriedades químicas semelhantes, tendo sido identificados, entre outros, o aço ASTM A36, o aço ASTM-242, o ASTM A-572 e o ASTM A-588. Quanto às armaduras de concreto, identificou-se como o mais utilizado o aço CA- 50, cujos valores de limite de tensão de escoamento e de resistência à tração são superiores aos apresentados pelos aços estruturais, sendo respectivamente 500 e 540 MPa. Outra característica detectada nos aços indicados para armaduras de concreto é a soldabilidade e a capacidade de dobramento.

Por fim, pode-se afirmar que o estudo realizado é de fundamental importância para o engenheiro civil, no sentido de possibilitar um maior conhecimento dos materiais e suas propriedades, e, principalmente, para que se identifique o aço mais adequado para cada aplicação, de forma que as construções possam ter aumentada sua durabilidade e se obtenha uma maior responsabilidade da obra.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **O aço estrutural**. Disponível em: <[http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/AU405\\_2007/acos.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/AU405_2007/acos.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

**Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. Os anos 50, a época das consolidações**. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br/quem-somos/historico/os-anos-50/>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7480:2007: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação**.

BANDEIRA, Adriana Almeida de Castro. **Análise do uso de estruturas de aço em edificações habitacionais de interesse social**. 2008. 109 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CCBA. Aços estruturais. 2014. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-acos-estruturais.php>. Acesso em: 25 nov. 2015.

CHIAVERINI, Vicente. Aço e Ferros Fundidos. **São Paulo: ABM–Associação Brasileira de Metais**, p. 321-358, 1982.

CIMM. 2015. [http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/6334#.VdTJSfIVikp](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6334#.VdTJSfIVikp). Acesso em: 16 nov. 2015.

DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Edificações de Aço no Brasil**. São Paulo: Ziguarte, 1999.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Estruturas de Aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 2. ed. São Paulo: Ziguarte Editora, 1998.

FELÍCIO, Eduardo Alves. **Estudo da implementação de conceito da produção enxuta para redução de resíduos em uma manufatura do ramo**. 2012. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. **CDCC USP**, núm. 22, out./nov./ dez./ 2003.

HECK, Nestor Cezar. Microestrutura. UFRGS. [S.D.]. Disponível em: <http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06638/IEM-Texto-8.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2015.

INABA, Roberto. **O aço na construção civil**. São Paulo. 2014.

NOLDIN JÚNIOR, José Henrique. **Contribuição ao estudo da cinética de redução de briquetes auto-redutores**. 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado Ciência dos Materiais e Metalurgia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

PALATNIK, Sidnei. **Ensino a distância de Estruturas de Aço**. 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2011.

PANNONI, Fabio Domingos. **Aços Estruturais**. 2005.

PEINADO, Hugo Sefrian; MORI, Luci Mercedes de; MIOTTO, José Luiz. Aço cortado e dobrado de fábrica para estruturas de concreto armado. **Téchne (online)**, ed. 195, jun. 2013.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**.

PINHO, Fernando Ottoboni; BELLEI, Ildony Hélio. **Pontes e viadutos em vigas mistas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2007. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2007.

SICETEL, 2014. Análise do Mercado de Aço. In: 5º Seminário de Trefilação. 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SICETEL, 2014. Disponível em: <http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20do%20Seminario%20da%20ABM-%20distribui%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2015.

TEOBALDO, Izabela Naves Coelho. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas**. 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.